



TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS PARA MÁQUINAS FERRAMENTA DE ALTA VELOCIDADE - HSM/HSC

Rafael Agresta Corrêa

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Ricardo Manfredi Naveiro, DSc

Rio de Janeiro

Agosto 2013

TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS PARA MÁQUINAS FERRAMENTA DE
ALTA VELOCIDADE - HSM/HSC

Rafael Agresta Corrêa

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE
ENGENHARIA MECÂNICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO MECÂNICO.

Examinado por:

Prof. Ricardo Manfredi Naveiro, DSc

Prof. Silvio Carlos Anibal de Almeida, DSc

Prof. Fernando Pereira Duda, DSc

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

AGOSTO 2013

TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS PARA MÁQUINAS FERRAMENTA
DE ALTA VELOCIDADE - HSM/HSC

Corrêa, Rafael Agresta

Tendências Tecnológicas Para Máquinas Ferramenta
de Alta Velocidade - HSM/HSC/Rafael Agresta Corrêa - Rio
de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

XIV, 120 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Ricardo Manfredi Naveiro

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/Curso de
Engenharia Mecânica, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 118.

1. Máquinas Ferramenta. 2. Evolução e Tendências Tecnológicas.
Naveiro, Ricardo Manfredi. II. Universidade Federal do Rio de
Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Mecânica. III.
Tendências Tecnológicas Para Máquinas Ferramenta e Alta
Velocidade - HSM/HSC

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Ricardo Manfredi Naveiro, meu orientador, pelas conversas e orientações que recebi no decorrer do curso de graduação e durante a realização deste trabalho, além da parceria de mais de dois anos como seu monitor.

A todos os colegas e amigos que fiz durante esse período da graduação, pelos bons momentos entre dias e noites de muito estudo. Em especial quero agradecer aos amigos Rafael Louro Avelino, Jorge Dario Filho, Marcos Miranda, Cícero Furtado de Mendonça Lopes, Rodrigo Camara, Diego Busson e Rafael Bessa.

Aos professores e funcionários da graduação da Engenharia Mecânica, em especial aos membros da Secretaria Acadêmica que por tanto tempo e tantas vezes nos auxiliaram nessa árdua caminhada, em especial aos membros da banca de defesa deste projeto final Prof. Fernando Duda e o Prof. Silvio Carlos.

Aos meus avôs e avós, tios e tias, primos e primas que sempre me incentivaram e apoiaram em todos os aspectos. Em especial, agradeço ao meu tio João Vitor, por toda força, apoio e positividade, mesmo que a distância.

A minha namorada e companheira Karina Alves, que vem mudando minha vida tornando-a mais fácil, alegre e divertida, desde 2008.

À minha irmã Andréia Agresta, pelos momentos de companheirismo demonstrados estando sempre ao meu lado.

Aos meus pais Rogério Corrêa e Marina Aparecida Agresta Corrêa, por terem acompanhado e compreendido os meus momentos de dificuldade ao longo desta caminhada. A eles devo tudo e por eles conquistei e irei conquistar muito mais.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Tendências Tecnológicas Para Máquinas Ferramenta de Alta Velocidade - HSM/HSC

Rafael Agresta Corrêa

Agosto/2013

Orientador: Ricardo Manfredi Naveiro

Curso: Engenharia Mecânica

Este trabalho apresenta a exploração das patentes como fonte de informação tecnológica para Máquinas de Alta Velocidade, com o objetivo primário de utilizar das informações de propriedade industrial para identificação das tendências para este segmento. Com objetivo secundário, apresentar uma revisão histórica da evolução das Máquinas Ferramenta para fins didáticos, compreendendo desde o período pré-histórico até as novas tecnologias de processo lançados nos últimos anos, como a prototipagem rápida e a eletroerosão. As máquinas ferramenta de alta velocidade se caracterizam por centros de usinagem com parâmetros de corte muito elevados, como velocidade de corte e velocidade de rotação, o que permite diminuir custos e tempo de produção, além de proporcionar elevada qualidade superficial, podendo até suprimir as etapas posteriores de acabamento. Ao mapear as tecnologias de processo, identificaram-se variáveis que são objetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico na atualidade, entre elas, por exemplo, o material de corte e projeto e geometria da aresta nas ferramentas; e eixo-árvore e comando CNC relacionados especificamente ao conjunto da máquina. A partir do mapeamento, foi feita uma busca nas bases de patente emitidas entre 2008 e 2012 no escritório americano USPTO e europeu Espacenet para verificar o estado da arte de máquinas ferramenta e, após análise qualitativa do estado da arte das patentes, comparou-se com os avanços relatados em periódicos, revistas e sites especializados, concluindo-se que as variáveis de maior concentração, tanto nas patentes emitidas, quanto nas inovações tecnológicas comercialmente publicadas, incidem sobre os as

características da ferramenta, sobre a programação do comando numérico computadorizado e sobre alterações e avanços no eixo-árvore.

Palavras-chave: máquinas de alta velocidade, patentes, tendências tecnológicas, usinagem

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

TECHNOLOGICAL TRENDS FOR HIGH SPEED MACHINING

Rafael Agresta Corrêa

August/2013

Advisor: Ricardo Manfredi Naveiro

Course: Mechanical Engineering

This paper presents the exploitation of patents as a source of technological information for High Speed Machining, with the primary objective of using proprietary information to identify trends for this segment. As a secondary objective, provide a historical review of the evolution of Machine Tools for academic purposes, including from the prehistoric period until the new process technologies released in recent years, such as rapid prototyping and Electrical Discharged Machine. A HSM is characterized as a machining center with excellent cutting parameters, like cutting speed and rotation speed, which allows to reduce production time and costs, and provides high surface quality and may even suppress the finishing subsequent steps. By mapping process technologies, we identified variables that are objects of research and technological development today, including, for example, the coat-surface and cutting edge geometry on cutting tools; spindle and CNC related specifically to the machine set. From the mapping, a survey was made on the basis of patent issued between 2008 and 2012 in the American office USPTO and European Espacenet to check the state of the art of machine tools. After a qualitative analysis, was compared with the advances reported in journals, magazines and specialized sites, concluding that the variables with the highest concentration, both in issued patents, as technological innovations commercially published, focus on the features of the cutting tool, on the CNC software and high advances in spindle.

Keywords: high speed machining, high speed cutting, patents, technological trends, machining

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	HISTÓRICO.....	2
2.1	Antecedentes Históricos	2
2.2	Máquina Convencional	6
2.2.1	Automação Rígida	6
2.2.2	Torno Universal.....	7
2.2.3	Fresadora	9
2.2.4	Furadeira.....	11
2.2.5	Torno Revólver.....	13
2.2.6	Torno Copiador	14
2.2.7	Torno Automático	17
2.3	Automação Flexível.....	19
2.3.1	Fita e Cartão	20
2.3.2	CNC.....	23
2.3.3	Centros de Usinagem.....	24
2.3.4	Outras Tecnologias de Processo.....	29
3	MÁQUINAS FERRAMENTA DE ALTA VELOCIDADE	34
3.1	Composição da Tecnologia.....	34
3.2	Princípios de Funcionamento.....	36
3.2.1	Histórico	36
3.2.2	Tecnologia	39
3.3	Vantagens e Desvantagens.....	43
3.4	Aplicação na Indústria	44
3.5	Estudo de Caso.....	44
3.5.1	Dados Técnicos	45
3.5.2	Análise dos Dados	46

3.5.3	Análise do Resultado	48
3.5.4	Conclusão	49
4	USO DE PATENTES.....	50
4.1	Definição, Tipos e Sistemas de Patentes	50
4.2	Patentes como Informação Tecnológica e Competição	51
4.3	Prospecção Tecnológica	53
4.4	Minação de Dados	55
4.5	Análise da Maturidade Tecnológica	57
4.6	Identificação das Variáveis das Máquinas de Alta Velocidade	60
5	BASES PESQUISADAS	61
5.1	USPTO.....	61
5.2	Espacenet	62
5.3	Pesquisa na Base de Dados	62
5.3.1	USPTO	63
5.3.2	Espacenet	69
5.4	Consolidação de Resultados	74
5.5	Análise Qualitativa das Variáveis de Processo.....	80
6	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
6.1	Análise das Tendências Gráficas (S-Curve)	90
7	– Referências Bibliográficas	92
	APÊNDICE 1 – Fornecedores de HSM	96
	APÊNDICE 2 – Dados da Consulta das Patentes	97
	APÊNDICE 3 – Roteiro de Busca nos Bancos de Patentes	101
	APÊNDICE 4 – Abstract das Patentes Mencionadas	105
	APÊNDICE 5 – Cotação de uma Máquinas Alta Velocidade.....	107

1 INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste trabalho de conclusão de curso é apresentar as tendências tecnológicas para “*High Speed Machining/High Speed Cutting*”, além de apresentar a evolução histórica das máquinas ferramentas, dentro de um horizonte temporal pré-estabelecido e que demonstre os possíveis pontos de inflexão das curvas de difusão tecnológica, a partir da análise específica da determinada tecnologia de processo.

A partir do estabelecimento das trajetórias tecnológicas, identificar se as novas tecnologias e tendências representam novas trajetórias ou confirmam a anterior. Essas informações farão parte da metodologia prospectiva em feiras tecnológicas e, principalmente, na análise de patentes e servirão como base analítica para o possível estabelecimento da trajetória tecnológica para o segmento de máquinas ferramenta.

Define-se uma trajetória tecnológica como um padrão de progresso através da solução incremental dos trade-offs explicitados por um paradigma tecnológico. Por sua vez, um paradigma tecnológico é um pacote de procedimentos que orientam a investigação sobre um problema tecnológico, definindo o contexto, os objetivos a serem alcançados e os recursos a serem utilizados. [1]

O estabelecimento das trajetórias tecnológicas poderá ser estipulado por meio de diversas variáveis evolutivas, como por exemplo: velocidade, economia de insumos e matéria-prima, eficiência energética, eficiência produtiva, flexibilidade de produção, porte dos equipamentos, adequação ao meio ambiente, automação, complexidade dos produtos, durabilidade, entre outros.

O segundo capítulo traz o histórico das máquinas ferramentas, desde o princípio na pré-história até os mais avançados centros de usinagens e seus diversos eixos de atuação. Algumas das novas tecnologias também são lembradas nos outros processos, como a eletro erosão, prototipagem rápida e corte a água.

Em seguida, o terceiro capítulo trata de especificamente das máquinas de alta velocidade, trazendo diversas informações e definições sobre tal tecnologia. Um estudo de caso na indústria automobilística é apresentado.

No quarto capítulo apresentam-se as razões para usar a pesquisa de patentes como fonte de informação tecnológica.

Posteriormente, no quinto capítulo, apresentam-se as bases de patentes pesquisadas e os dados quantitativos por ano, de acordo com a definição e da categorização das patentes, além da consolidação dos dados de pesquisa em Figuras e tabelas.

O sexto capítulo trata das conclusões e definições das tendências tecnológicas nas máquinas de alta velocidade, de acordo com a pesquisa feita sobre as patentes.

2 HISTÓRICO

2.1 Antecedentes Históricos

Os seres humanos vêm desenvolvendo, ao longo do tempo, maneiras de construir artefatos para ajudar nas tarefas do dia a dia, desde a Pré-História até os dias atuais. Inicialmente processavam pedras, depois metais, depois artefatos cada vez mais elaborados, até chegar às máquinas simples, de propulsão manual, capazes de prolongar, sem energia própria, a inteligente ação humana. Por serem de propulsão manual, ainda não eram consideradas máquinas-ferramenta. [2]

Alguns livros apontam o ano de 6000 A.C como marca das primeiras plainas primitivas movidas à propulsão humana, utilizando pedaços de madeira para prover uma estrutura e pedras pontiagudas como ferramenta, como se observa na Figura 1.1 abaixo:

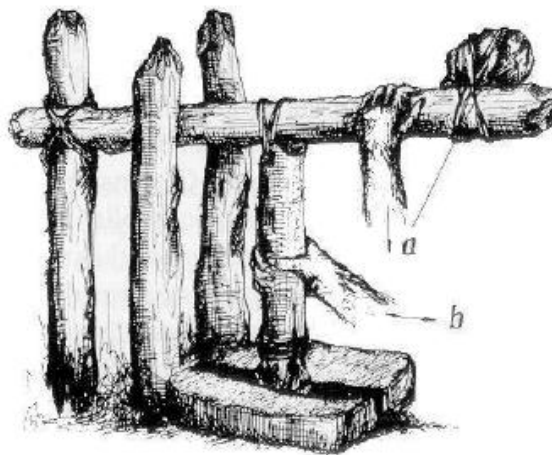


Figura 1.1 – Plaina Neolítica [2]

No Egito antigo, pinturas em paredes datadas de 1500 AC retratam maior complexidade na utilização das máquinas ferramentas a propulsão humana, utilizando furadeiras e ferramentas rotativas acionadas a arco, como podemos observar na Figura 1.2.



Figura 1.2 – Furadeira a arco - Egito antigo – 1500 a.C. [2]

A definição de máquina-ferramenta não é exatamente simplória, devido ao grau de refino a que chegou: *“máquina estacionária, não portátil, acionada por uma fonte de energia externa – não humana nem animal – que modifica a forma de peças metálicas sólidas, ou de materiais alternativos com finalidades similares, por deformação plástica ou por corte de natureza mecânica, abrasiva, eletro física, eletroquímica ou fotônica, com decorrente remoção de massa”*. (ABIMAQ, 2006)

Baseado nessa definição, a primeira máquina ferramenta que se tem histórico é a madriladora de canhões de bronze dos séculos XVI, XVII, XVIII. Era composto de um eixo giratório confeccionado de um tronco robusto de árvore, apoiado num mancal de couro, com a fixação tipo engaste num furo de uma robusta pedra, normalmente lubrificado com gordura animal, conforme figura 1.3:

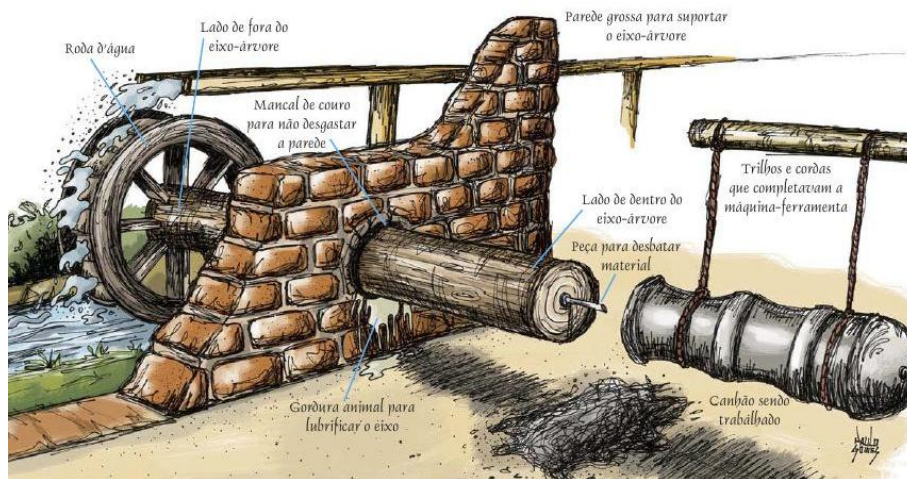


Figura 1.3 – Esquema da Primeira Máquina Ferramenta da História [5]

Como elemento acionador do eixo, do lado de fora da parede robusta, uma roda d'água girava o tronco. Na ponta do tronco, uma ferramenta de corte era posicionada, normalmente feita de ferro e, nesse caso inicial, utilizada para usinar o furo do canhão de bronze fundido.

A máquina também tinha trilhos, polias e cordas, que possibilitavam puxar ou empurrar o canhão para dentro do eixo em movimento. Atualmente, uma máquina deveras primitiva, entretanto foi o pontapé inicial da mecanização industrial. Da mesma época do canhão são as laminadoras e perfiladoras de metais igualmente propulsionadas pela força das águas dos rios.

No contexto histórico, a Europa passava pelo período Renascentista, período o qual se intensificou novamente o comércio e, junto com ele, a necessidade do aumento da produção e da qualidade, agregando valor às matérias primas e diminuindo os custos e tempo de produção. Nesta fase, quem se destacou no chamado torneamento ornamental foram o francês Jacques Benson e o italiano Leonardo da Vinci.

Da Vinci é autor de esboços antigos que retratam máquinas-ferramentas de características surpreendentemente revolucionárias, ideias as quais influenciaram muitos projetistas e desenvolvedores na 1ª Revolução Industrial.

Já em fins do século XVI, com a introdução e disseminação da pólvora nas guerras promovidas pelos países europeus, houve um desenvolvimento das técnicas de furação, associado aos avanços nas técnicas de fundição, principalmente no desenvolvimento para o setor bélico.

Uma das primeiras obras conhecidas sobre torneamento é publicada pelo francês Charles Plumier no século XVIII, no mesmo período surgem as primeiras máquinas projetadas de acordo com princípios modernos [4].

Já em 1755, foi aprimorada a técnica de furação de canhões, que já permanecia idêntica por mais de quatro séculos, pelo holandês *Jan Verbruggen*. Ele desenvolveu o primeiro torno não manual do mundo, um torno horizontal, retratado na figura 1.4. Originalmente, a técnica de furação de canhões era baseada na orientação da ferramenta pelo furo proveniente da fundição, o que resultava em furos desalinhados e imprecisos. Já a técnica desenvolvida por *Verbruggen* consistia em guiar a broca em ambos os extremos.



Figura 1.4 – Torno Horizontal de *Verbruggen* [6]

Os primeiros tornos projetados segundo princípios modernos foram realizados pelo francês Vaucanson, por volta de 1765. Tratava-se de tornos com barramentos prismáticos paralelos em V, os quais só encontraram aceitação no século seguinte, por intermédio de Maudslay. Este reuniu sob um único projeto o uso do ferro, aço e bronze em oposição à madeira como elemento estrutural de uma máquina-ferramenta. Maudslay aliou seu bom senso de fabricante de instrumentos ao projeto de máquinas e gerou discípulos como Bramah, Clement, Whitworth, Nasmyth entre outros (Morre, 1989; Thyer, 1991). Na figura 1.5 abaixo, vemos uma figura com as principais alterações com o decorrer do tempo, já discriminadas por avanço e o autor. [2],[3],[4],[5]

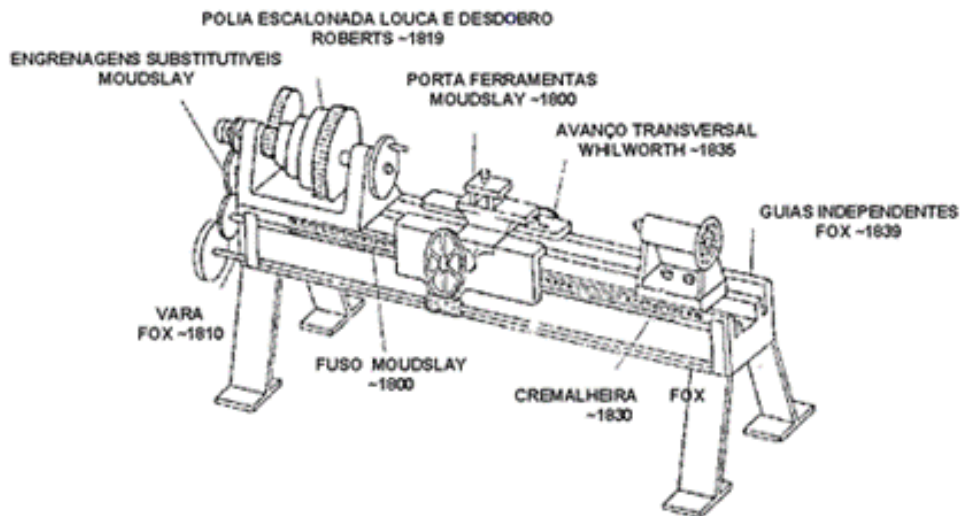


Figura 1.5 – Evolução do Torno Convencional [7]

Nos próximos capítulos, serão abordadas as mais importantes máquinas ferramentas, como as Máquinas Convencionais (fresadora e furadeira), Máquinas de Automação Rígidas (torno revólver, copiador, automático) e Flexíveis (controle numérico – fita e computadorizado – e centros de usinagem).

Posteriormente, será analisado mais profundamente as Máquinas de Alta Velocidade, procurando nessas informações, juntamente com análises de patentes e informações complementares em feiras tecnológicas nacionais e internacionais o estabelecimento e identificação de novas trajetórias tecnológicas ou então a confirmação de já existentes.

2.2 Máquina Convencional

2.2.1 Automação Rígida

Automação designa a integração de descobertas científicas e de engenharia no processo de produção. É um sistema automático de controle pelo qual os mecanismos

verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência do homem. Hoje em dia está presente em diferentes níveis de atividades do homem, desde a medicina até a astronomia, ampliando a capacidade de interação com a natureza e os processos.

Neste primeiro momento, falaremos sobre a automação rígida, representada pelas máquinas a seguir. Ela se caracteriza pelo uso de máquinas automatizadas e de difícil reversão para outros produtos, ou seja, caso tenha alguma alteração nas características de produção da peça todo ou parte do processo deverá ser alterado para que se consiga chegar na configuração de fabricação necessária.

Entre as suas características principais, observa-se o alto custo inicial, indicação para produção em grandes volumes, realiza operações básicas e simples.

2.2.2 Torno Universal

O torno universal é a mais comum e antiga máquina-ferramenta existente, sendo uma máquina operatriz extremamente versátil utilizada na confecção ou acabamento de peças. Permite usinar peças com geometria de revolução. Operam fazendo girar a peça a usinar presa em um cabeçote ou fixada entre os contra pontos de centragem, conforme a Figura 2.1.

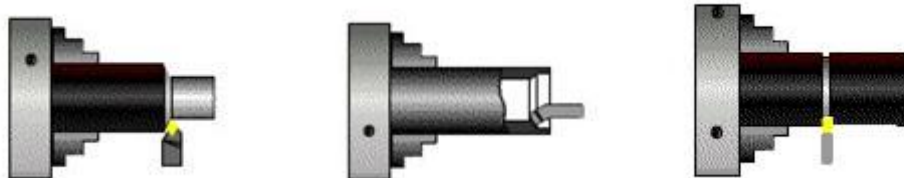
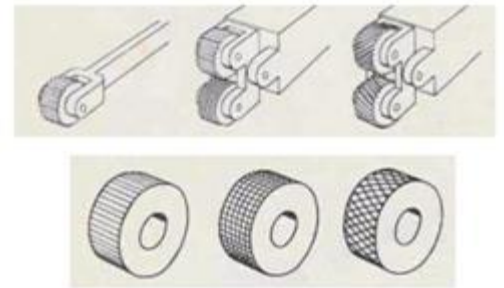


Figura 2.1 – Torno Mecânico Universal [8]

A fixação no cabeçote se dá através das placas com castanhas, podendo ser de três castanhas (autocentrantes – indicadas para seções circulares) ou 4 castanhas (indicadas para seções quadradas).

Após a peça estar fixada, a operação de usinagem ocorre quando as ferramentas de corte são pressionadas sobre sua superfície, retirando a quantidade de material designada no projeto. As peças mais comuns feitas em tornos universais são eixos, polias, roscas, pinos, peças cilíndricas entre outros variados formatos.

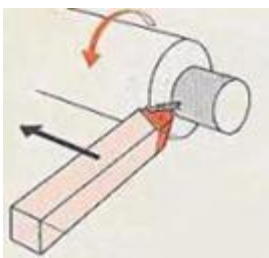
O princípio de funcionamento consta de três movimentos: movimento transversal de ferramenta, a rotação da peça e movimento longitudinal de avanço. Para atuar na redução do diâmetro, o movimento de avanço da ferramenta deve se dar ao longo da peça. Por outro lado, caso queria avançar na direção do centro da peça (radial), significa que a peça será faceada, representado na figura 2.2. Frequentemente, são combinações dessas duas direções, resultando em superfícies cônicas ou curvas. Outras operações possíveis são torneamento interno, sangramento, rosqueamento e recartilhamento.



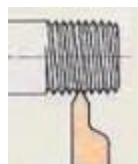
(a)

(b)

(c)



(d)



(e)

(f)

Figura 2.2 – (a) torneamento externo (b) torneamento interno (c) sangramento

(d) faceamento (e) rosqueamento (f) recartilhamento – [7]

Em relação aos parâmetros ajustáveis na operação de torneamento, são divididos conforme a figura 2.3, em:

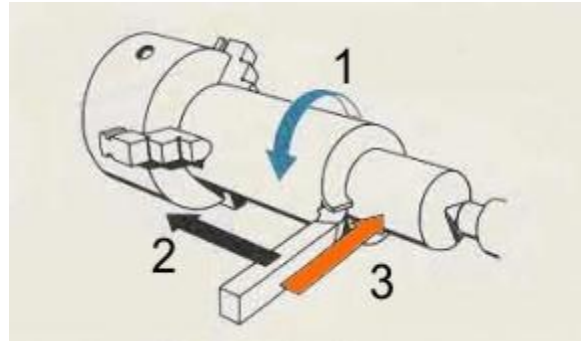


Figura 2.3 – Visualização dos Parâmetros de Corte [7]

- Movimento de Corte #1 – é o movimento entre a ferramenta e a peça, que, sem o movimento de avanço gera apenas uma remoção de cavaco durante uma volta.
 - Movimento de Avanço #2 – é o movimento entre a peça e a ferramenta que, junto com o movimento de corte, gera um levantamento repetido ou contínuo de cavaco durante várias voltas.
 - Movimento Efetivo de Corte – é o resultado dos movimentos de corte e avanço simultaneamente.
 - Movimento de Profundidade #3 – é o movimento entre a peça e a ferramenta no qual a espessura da camada de material a ser retirada é determinada por projeto.
- [9]

2.2.3 Fresadora

A fresadora, também destinada à usinagem, executa um processo de remoção progressiva de material de uma determinada peça, a uma taxa de movimento ou avanço baixa, mediante a uma ferramenta multicortante (a fresa) que gira em alta velocidade.

A principal característica da ferramenta é que cada aresta de corte da ferramenta multicortante remove quantidade específica de material na forma de cavacos individuais. O fresamento se diferencia dos demais processos de usinagem devido a sua cinemática onde a peça translada e ferramenta gira. Esta operação pode gerar superfícies não planas e não de revolução, ao contrário o processo proveniente do torno universal.

A fresadora realiza uma grande variedade de trabalhos tridimensionais. O corte pode ser realizado em superfícies situadas em planos paralelos, perpendiculares, ou formando ângulos diversos: construir ranhuras circulares, elípticas, fresagem em formas esféricas, côncavas e convexas, com rapidez e precisão. Um exemplo de fresadora pode ser observado na figura 2.4:



Fig 2.4 - Fresadora Universal KONE [10]

A figura acima demonstra uma fresadora universal. Podem-se observar outros tipos, como fresadora vertical, fresadora horizontal, fresadora especial, fresadora ferramenteira. Abaixo, algumas características das fresas mais comumente usadas na indústria:

- Horizontal - A fresadora horizontal é utilizada para trabalho de faceamento na horizontal e para efetuar ranhuras e perfis retilíneos. A ferramenta mais empregada é a fresa cilíndrica.
- Vertical – A fresadora Vertical dispõe somente do eixo vertical. São máquinas muito robustas e empregadas em serviços com necessidade de grandes potenciais. Isto tudo devido à grande rigidez permitida pela forma da coluna e pela disposição da cadeia cinemática (engrenagens, eixos e rolamentos). Servem para facear e efetuar ranhuras e perfilados retilíneos ou circulares. São conhecidos dois subtipos de fresas verticais: a fresadora vertical de banco fixo e a fresadora vertical de torre.

- Especiais - enquadram-se na classe das fresadoras que se destinam a trabalhos específicos. Por exemplo, fresadora copiadora, cortadora de rodas dentadas, ferramenteira, etc.

Cabe destacar que o universo das fresadoras não se limita às descritas acima, existem diversas fresadoras para objetivos pontuais determinados que não fosse citado nesse trabalho. Em relação às ferramentas, podem ser classificadas quanto ao método de fresamento (tangencial, frontal), quanto ao tipo de construção de fresa (inteiriça, calçada, dentes substituíveis), quanto a forma geométricas (cilíndrica, de disco, serras, com haste, angulares, detalonadas). [11]

2.2.4 Furadeira

Assim como a fresadora, a furadeira é uma máquina operatriz derivada dos tornos universais. As máquinas de furar, ou simplesmente furadeiras, consistem basicamente de uma árvore, que gira com velocidades determinadas, onde se fixa a ferramenta. Esta árvore pode deslizar na direção de seu eixo. Também se pode ter uma mesa onde se fixa e movimenta-se a peça.

As partes principais de uma furadeira variam de acordo com a sua estrutura.

Para uma furadeira de coluna podem-se destacar partes, ilustradas pela Figura 2.5.

- 1 - Base;
- 2 - Coluna;
- 3 - Mesa;
- 4 - Sistema motriz;
- 5 - Alavanca de movimentação da ferramenta;
- 6 - Árvore de trabalho;
- 7 - Mandril;
- 8 - Broca.

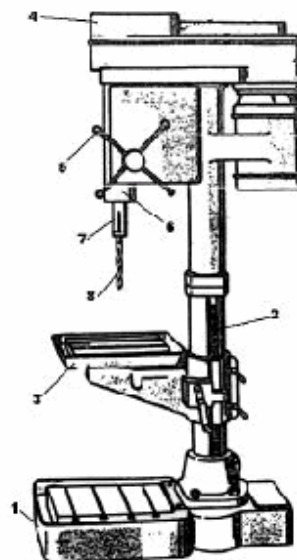


Figura 2.5 – Furadeira Mecânica [13]

A variedade de detalhes em furadeiras é enorme. Algumas máquinas possuem avanço automático com limitadores de profundidade. Outras máquinas possuem mesa giratória. Há equipamentos que dispõem de inversão de rotação e avanço sincronizado, que permitem execução de roscas com machos.

Podem-se classificar as furadeiras de diversas maneiras. Quanto ao sistema de avanço pode-se classificar como manual (ou sensitiva) ou automática (elétrico ou hidráulico). Ao contrário do que possa parecer, as furadeiras sensitivas possuem grande aplicação no meio industrial.

Quanto ao tipo de máquina pode-se classificar como: portátil, de coluna, de bancada, radial e horizontal. A furadeira de coluna apresentada pela Figura 2.6, é a mais encontrada em oficinas de manutenção e de produção sob encomenda devido a sua versatilidade. A furadeira de bancada é bastante similar à furadeira de coluna, como pode ser observado pela comparação das figuras.

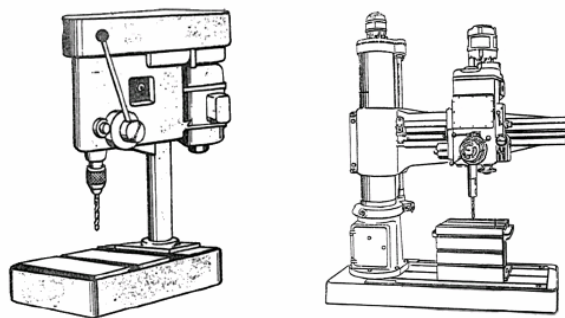


Figura 2.6 – Furadeira de Bancada e Furadeira Radial [13]

Quanto ao número de árvore podem-se classificar as furadeiras como: simples, quando possuem apenas uma árvore, gêmea como na Figura 2.7, que possui duas árvores e múltipla quando possui três ou mais árvores.

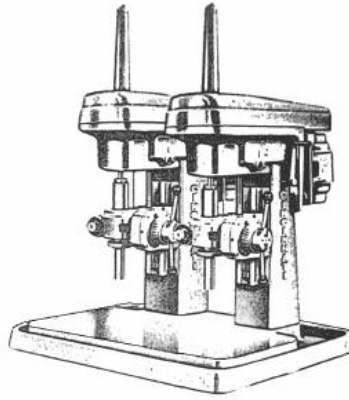


Figura 2.7 – Furadeira Gêmea [13]

Os dispositivos de fixação de peças utilizados nas furadeiras são similares, e muitas vezes os mesmos, utilizados nas fresadoras. Utilizam-se cantoneiras, morsas, grampos, blocos e gabaritos.

Ferramentas

As brocas são as ferramentas de abertura de furos. Possuem de 2 até 4 arestas de corte e sulcos helicoidais por onde corre o cavaco. Os tipos de brocas mais comuns são: broca cilíndrica, broca de centro, broca calçada com pastilha e broca múltipla. [12]

2.2.5 Torno Revólver

O torno revólver, colocado na família dos tornos semiautomáticos, tem como característica fundamental o emprego de várias ferramentas, convenientemente dispostas e preparadas para executar as operações de forma ordenada e sucessiva. Um desenho esquemático pode ser observado na figura 2.8.

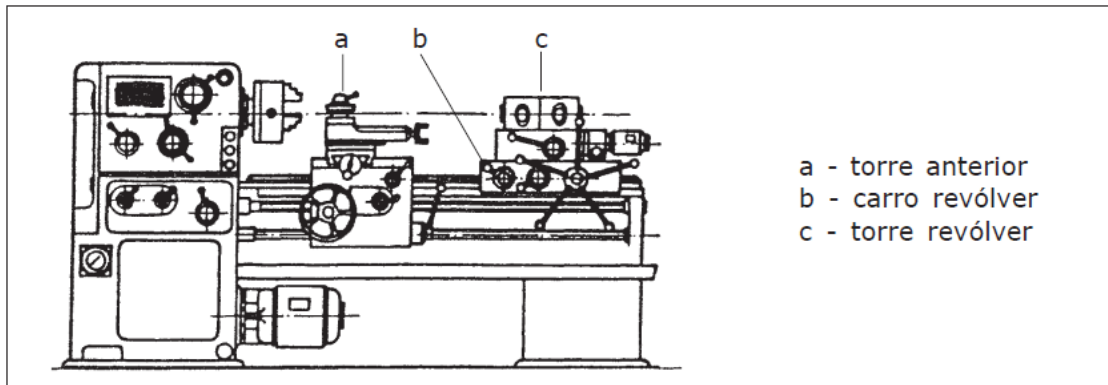


Figura 2.8 – Representação Torno Revólver [13]

As ferramentas adicionais são fixadas em um dispositivo chamado torre revólver, que pode ser observado na figura 2.9. Essas ferramentas devem ser montadas de forma sequencial e racionalizada para que se alcance o objetivo visado. [13]

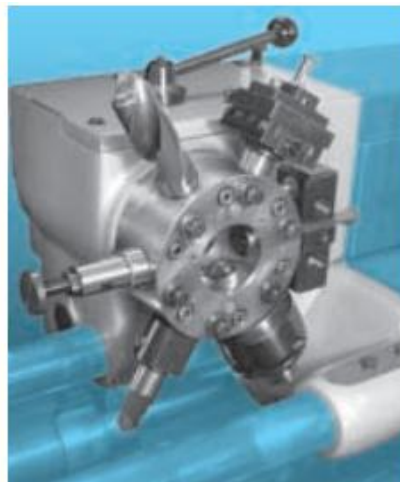


Figura 2.9 – Torre Revólver com as Ferramentas acopladas [13]

2.2.6 Torno Copiador

O torno copiador é aquele tipo de torno que, mediante o uso de um dispositivo hidráulico ou eletrônico, permite o torneamento de peças até alcançar uma réplica da peça a ser copiada. Isso se verifica mediante a utilização de uma peça padrão que facilita o torneamento da peça de acordo com as suas próprias características.

Os tornos copiadores são utilizados para tornear peças com diferentes escalas de diâmetros, previamente forjadas e/ou fundidas e que têm pouco material excedente. Também são utilizados em trabalhos em madeira e em trabalhos com mármore artístico, pois são muito úteis para realizar acabamentos nestes materiais, como por exemplo, trabalho em colunas decorativas.

Os exemplares mais modernos de tornos copiadores, conforme podemos ver um exemplo da figura 4.5, permitem variar a velocidade de rotação do cabeçote e também o avanço do carro porta-ferramentas. Da mesma forma, esses tornos copiadores sofisticados possuem mais de uma possibilidade de alocação de ferramentas, o que permite realizar os trabalhos de desbaste e acabamento sem ter que alterar ou parar a máquina para efetuar a troca. Todas essas alterações e programações são previamente ajustadas no programa de fabricação da peça, previamente designadas em seus projetos.

Em relação ao seu funcionamento propriamente dito, consiste basicamente na ação de uma “sonda” muito sensível que segue o contorno da peça matriz, transmitindo seu movimento por um mecanismo hidráulico ou magnético a um carro que tem movimentos independentes. Geralmente, o sistema copiador não está junto ao torno, e sim um dispositivo que pode ser ou não conectado a um torno. Da mesma maneira, podemos encontrar em escala comercial dispositivos copiadores que se adaptem a qualquer torno de precisão para transformá-lo, assim, em um torno copiador.

A preparação do mecanismo de um torno copiador é simples, de modo que estas máquinas são mais utilizadas e recomendadas quando queremos lotes de peças usinadas que não sejam muito grandes.

Em relação à tecnologia dos tornos copiadores, apresenta-se similaridade a maioria dos demais. Dentre as indicações necessárias, necessita-se de ferramentas que permitam o escoamento de cavacos facilmente, assim como a lubrificação e sistema de arrefecimento adequado.

Na figura 2.10 abaixo, podemos identificar um dispositivo copiador. Neste esquema, os movimentos que definem a geometria da peça são comandados por mecanismos do modelo específico, também chamado de chapelona. No copiador hidráulico, um apalpador, em contato com o modelo, transmite o movimento através de um amplificador hidráulico que movimenta o carro porta-ferramentas.

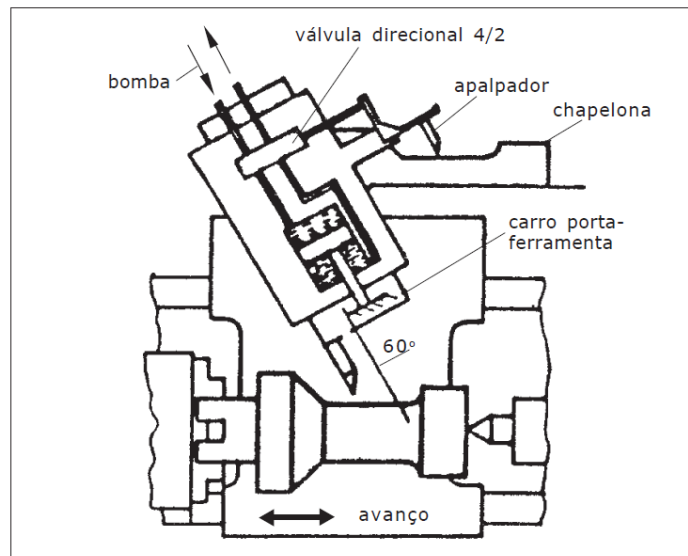


Figura 2.10 – Dispostivo Copiador [13]

O torno copiador tem grande aplicabilidade e não deve ser utilizado em produções de peças pequenas, por ser antieconômico. Um exemplo de torno copiador moderno pode ser visto abaixo, na figura 2.11. [14]



Figura 2.11 – Torno Copiador Moderno [15]

2.2.7 Torno Automático

Como seu próprio nome indica, são máquinas as quais todas as operações são executadas sucessivamente, sequencialmente e de forma automática. Muito utilizado na produção seriada em função dos curtos tempos dos ciclos de trabalho.

O que fundamentalmente diferencia o torno automático dos outros tipos, é que todo processo de usinagem feito através dos deslocamentos das ferramentas é mecanizado. Uma vez ajustado, o torno automático não requer a intervenção de nenhum operador; o acionamento faz com que cada uma das ferramentas se aproxime da peça em seu devido tempo com velocidade de corte e avanço adequados, e segundo uma sequência pré-estabelecida. Um exemplo de torno automático pode ser observado na figura 2.12.



Figura 2.12 – Torno Automático “Corta Tubos” Atlasmaq [16]

A automatização dos tornos se consegue através de uma série de dispositivos elétricos, mecânicos, pneumáticos, hidráulicos ou combinação destes, figurando como elemento principal, o came, ou outros sistemas. Entende-se por came como um mecanismo que transmite movimento alternado ou variável a outro mecanismo. É uma parte de roda ou eixo giratório ressaltado e projetado para transmitir um movimento

alternado ou variável a um outro mecanismo, que tem seu movimento rotativo modificado para que cause um novo movimento em linha reta.[14] Um exemplo de came pode ser visto na figura 2.13 abaixo:

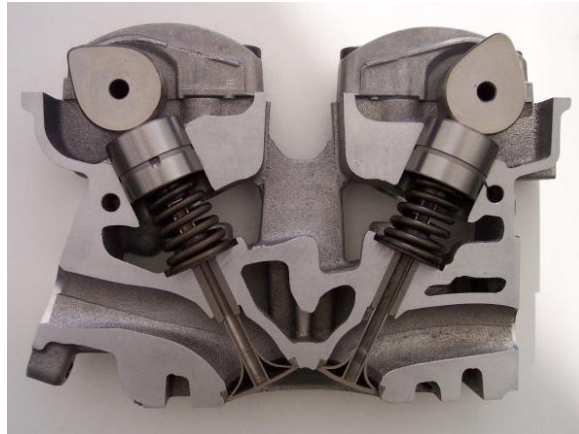


Figura 2.13 – Exemplo dispositivo Came [17]

Na produção de peças, automaticamente, todos os movimentos das ferramentas são programados de modo a reduzir os tempos ociosos, ou seja, os tempos durante os quais não se efetua corte de material. Por isso, os tornos automáticos alcançam rendimentos muito maiores daqueles obtidos por tornos convencionais.

Por outro lado, o torno automático tem um tempo de preparação mais longo e cada tipo de peça a ser fabricado requer um plano de operações para posterior cálculo de produção e desenvolvimento dos comes, que devem ser feitos por pessoal com conhecimentos de trabalho nestas máquinas. Sendo a preparação, de um torno automático, relativamente demorado, a utilização dos tornos automáticos torna-se interessante quando se trata de produzir grandes e médias séries, de tal forma que os tempos de preparação sejam absorvidos no custo total.

Portanto, o torno automático foi concebido para a produção de peças iguais, a partir de barras ou pré-fabricadas, com auxílio de aparelhos automáticos de alimentação. Uma vez preparado o torno e posto em movimento, a barra avança automaticamente através do eixo árvore até um encosto, que determina o comprimento que a peça deverá ter. A seguir, as ferramentas, automaticamente, iniciam a usinagem, uma após a outra, com uma distribuição lógica até realizarem todas as operações necessárias para deixar a peça formada. Duas ou mais ferramentas podem trabalhar simultaneamente, diminuindo

os ciclos de trabalho. Quando se trabalha a partir de barras, a última operação é sempre a de corte, que destaca a peça da barra de trabalho.

Após o corte da peça, inicia-se um novo ciclo para a fabricação da peça seguinte, e assim sucessivamente até que se termine a barra e se introduza uma nova.

Os principais tipos de tornos automáticos se classificam de acordo com as seguintes características:

- Número de fusos: monofuso, bifuso e multifuso;
- Tipo de cabeçote do fuso: fixo e móvel;
- Posição do fuso principal: fixo e móvel;
- Tipo de acionamento: cames, pneumático, hidráulico e CNC;
- Forma de alimentação de material bruto: a partir de barras, arames e peças pré formadas como forjadas, fundidas e etc;
- Tipo de fixação: pinça, placa, arrastador frontal entre outros. [14]

2.3 Automação Flexível

A automação flexível é conhecida pela utilização de máquinas ferramenta com controle numérico, com programação de produção reversível para outros produtos. Exemplos de máquinas ferramenta de automação flexível são os tornos controlados por CN (fitas, cartões e etc), por CNC (Comando Numérico Computadorizado) e os modernos Centros de Usinagem.

O controle numérico é um gigante passo além do controle automático convencional, é uma filosofia fundamental da fabricação.

Os equipamentos comandados com controle numérico se diferenciavam basicamente dos convencionais, uma vez que não necessitam de acessórios que proporcionem o controle dos movimentos da máquina, tais como gabaritos, cames, limites, nem mesmo a interferência direta do operador. Tais movimentos são comandados através de dados de entrada, previamente determinados.

As máquinas de controle numérico, além do objetivo inicial de solucionar usinagem de peças complexas, vieram auxiliar na redução de tempos improdutivos, no

posicionamento e retirada de ferramenta de corte e na garantia de melhor uniformidade e qualidade de peça para peça e de lote para lote.

É de fundamental importância a diferenciação entre a usinagem convencional e a com controle numérico, uma vez que o adequado selecionamento de peças que deverão ser usinadas em controle numérico, proporcionarão a utilização de todos os recursos técnicos disponíveis, possibilitando, portanto, rápido retorno de investimento.

Como regra geral, selecionam-se peças para usinagem em controle numérico nos seguintes requisitos básicos:

- peças geometricamente complexas e de precisão;
- peças com pequenos lotes de produção;
- menor espaço de tempo entre projeto e fabricação;
- produtos com vida curta.

O comando numérico é um equipamento eletrônico capaz de receber informações por meio de entrada própria, compilar estas informações e transmiti-las em forma de comando à máquina operatriz, de modo que esta, sem a intervenção do operador, realize as operações na sequencia programada. É composto da unidade de recepção de dados que pode ser leitora de fitas, de cartões, fitas magnéticas entre outras.

Nos próximos subcapítulos serão abordados alguns tipos de mecanismos que guardavam as informações a serem transmitidas para as máquinas para executar as tarefas, ou seja, eram previamente programados e armazenados para fazer operações contínuas assim que requeridas pelo operador. [18]

2.3.1 Fita e Cartão

a) Fita Perfurada e Cartão Perfurado

A Fita Perfurada foi uma evolução no sistema de transmissão de dados. Ela é constituída por uma fita de papel, perfurada por carreiras de 8 furos, que representam uma combinação binária de um determinado caractere (letra, algarismo,

símbolos especiais etc.), que são interpretados pelo comando. Tais carreiras de furos são normalizadas através dos códigos ISO e EIA, que são normas internacionais, onde a diferença básica entre ambas está no número de furos de uma determinada linha da fita, no qual para o código ISO, temos um número par de furos e no código EIA temos um número ímpar de furos em sua combinação. Apesar da evolução este sistema ainda tinha alguns problemas, onde o principal é a necessidade de se adaptar ao comando um Leitor de Fita e de ter a máquina Codificadora / Perfuradora da Fita, o que acarreta em um maior custo à máquina CN. Um exemplo de fita perfurada utilizada pode ser observado na figura 2.14. [19]

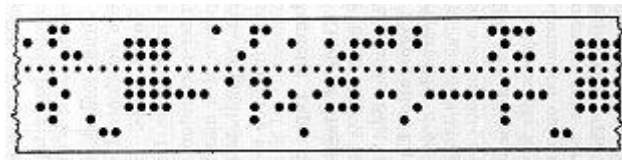


Figura 2.14 – Fita Perfurada [19]

Já o cartão perfurado, os mesmo usados nos antigos computadores, com 80 colunas de perfuração, saíram de uso rapidamente nas oficinas. Observa-se um exemplo do cartão na figura 2.15.

Um dos motivos era que para cada sequencia de programação deveria ter um cartão específico, o que acumulava pilhas e mais pilhas de cartões, todos tendo que estar na ordem exata de execução.

Outro motivo identificado para que esse sistema logo tenha ficado obsoleto é que era frequente as pausas na fabricação devido a erros de leitura, o que acarretava prejuízo para a produção.

Tabela de Códigos		ISO DIN 66024					ELA 244											
		F	7	6	5	4	3	2	1									
No. do bit (teste de paridade)										8	7	6	5	4	3	2	1	
No. da trilha		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	
Significado	Caracteres	Combinação de furos					Caracteres					Combinação de furos						
No hole	(NULL)									No hole								
Backspace	BS									RE								
Tabulator	HT									TAB								
Line feed (End of record)	LF									<≡								
Carrriage return	CR									LC								
Space	SP									Space								
Control out (mark)	()									UC								
Control in (mark)	()									End								
Program start	%									+								
Reference block	:									.								
Block skip	/									/								
Plus	+									+								
Minus	-									-								
Number 0	0									0								
Number 1	1									1								
Number 2	2									2								
Number 3	3									3								
Number 4	4									4								
Number 5	5									5								
Number 6	6									6								
Number 7	7									7								
Number 8	8									8								
Number 9	9									9								
Angular coordinate about X axis	A									a								
Angular coordinate about Y axis	B									b								
Angular coordinate about Z axis	C									c								
Angular coordinate about arbitrary axis	D									d								
Double feed function	E									e								
Feed function	F									f								
Preparatory function	G									g								
Auxiliary function	H									h								
Interpolation parameter parallel to X axis	I									i								
Interpolation parameter parallel to Y axis	J									j								
Interpolation parameter parallel to Z axis	K									k								
Paper tape subprogram	L									l								
Machinon function	M									m								
Record number	N									n								
Not used	O									o								
Third X motion coordinate or advance	P									p								
Third Y motion coordinate or advance	Q									q								
Third Z motion coordinate or advance	R									r								
Spindle speed function	S									s								
Tool number	T									t								
Second X motion coordinate	U									u								
Second Y motion coordinate	V									v								
Second Z motion coordinate	W									w								
Primary X motion coordinate	X									x								
Primary Y motion coordinate	Y									y								
Primary Z motion coordinate	Z									z								
Delete	DEL									DEL								

ZMOR = space character

Figura 2.15 – Cartão Perfurado [19]

b) Fita Magnética

A inovação da Fita magnética na introdução de dados se constituiu numa forma mais barata de introduzir dados no comando das máquinas CNC, porém não é um sistema muito seguro, pois, as fitas são muito suscetíveis à sujeira e a campos eletromagnéticos.

Normalmente, eram utilizadas fitas de 12,7 mm de largura. Este tipo de entrada tem como grande vantagem que, em um pequeno espaço, pode conter grande quantidade de informações. Um comprimento de 25.4mm de fita pode conter 500 caracteres de entrada. Portanto, este modelo de aplicação era viável quando se queria um sistema onde todos os programas, ou grande parte deles ficassem nas máquinas, e os mesmos eram chamados pelo operador a medida em que eram requeridos.

Uma fita comum magnética poderia conter cerca de 15 milhões de caracteres de informação. [19]

2.3.2 CNC

A sigla CNC significa Computer Numeric Control ou em português controle numérico computadorizado. É um controlador numérico que permite o controle de máquinas, permitindo o controle simultâneo de vários eixos, através de uma lista de movimentos escritos num código específico (código G).

O sistema de linguagem ISO, também conhecido como Linguagem de Código G, é a forma que se utiliza para escrever os programas de usinagem CNC, ou seja, é por meio dessa linguagem de programação que as máquinas CNC entendem os comandos e as coordenadas para executar a usinagem de peças. Foi desenvolvido no início da década de 1960 pela EIA (Electronic Industries Alliance), e uma revisão final foi aprovada em fevereiro de 1980 como RS-274D.

Na década de 40 foi desenvolvido o NC (Controle Numérico) que evoluiu posteriormente para CNC. A utilização de CNC's, permite a produção de peças complexas com grande precisão, especialmente quando associado a programas de CAD/CAM.

A introdução do CNC na indústria mudou radicalmente os processos industriais. Curvas são facilmente cortadas, complexas estruturas com 3 dimensões tornam-se relativamente fáceis de produzir e o número de passos no processo com intervenção de operadores humanos, é drasticamente reduzido.

O CNC reduziu também o número de erros humanos (o que aumenta a qualidade dos produtos e diminui o retrabalho e o desperdício), tornou as linhas de montagens mais rápidas, além de mais flexíveis, pois a mesma linha de montagem pode agora ser adaptada para produzir outro produto num tempo muito mais curto do que com os processos tradicionais de produção. Acompanhando o desenvolvimento tecnológico da informática e a tendência por uma interatividade cada vez maior com o usuário, o código e linguagem de máquina também evoluíram.

Uma máquina ferramenta à CNC é composta basicamente da unidade de comando (onde está armazenado todo o software usado e onde é processados todos os cálculos do sistema), máquina propriamente dita (estrutura e cadeia cinemática) e os acionamentos (servomecanismo) responsáveis pelos movimentos dos eixos. Um exemplar de máquina ferramenta comandada por CNC pode ser observado na figura 2.16.



Figura 2.16 – Máquina Ferramenta CNC [21]

Para que possamos colocar uma máquina a CNC em funcionamento é necessário que se estabeleça um diálogo com o equipamento. Todo comando acoplado em uma máquina a CNC, necessita de um meio de comunicação entre o programador e a máquina. Essa comunicação é feita por meio de códigos ou símbolos padronizados, e recebe o nome de linguagem de programação. [20]

2.3.3 Centros de Usinagem

Um centro de usinagem é uma máquina de grande automatização que é capaz de realizar diversas operações mecânicas dentro de um aparato CNC, com a mínima intervenção humana. As operações mais comuns as quais utilizamos esses centros de usinagem são aquelas que usam ferramentas de corte rotatórias como brocas e fresas. Em uma comparação rápida desse sistema mecanizado com os sistemas mais tradicionais vistos anteriormente nesse trabalho, destaca-se como vantagem a

velocidade de produção e como desvantagem principal o investimento necessário para início da operação. [22]

2.3.3.1 Características de um Centro de Usinagem

Centros de usinagem modernos contam com as seguintes características:

- ➔ A versatilidade e flexibilidade que, devido ao alto grau de automatização, são capazes de executar diferentes operações mecânicas em uma só peça;
- ➔ Proporciona um ótimo acabamento superficial (em comparação com as tradicionais – com os devidos parâmetros ajustados corretamente), tornando-os adequados para a forma final das peças a serem fabricadas em cada lote;
- ➔ Máquinas completamente reconfiguráveis, já que podem mudar rapidamente de configuração, mesmo que se esteja já no meio do processo de execução da tarefa;
- ➔ Uniformidade atingida da produção, necessária e exigida para a produção em massa;
- ➔ Alta velocidade de produção, pois realizam uma série de operações concomitantes e automaticamente.

Algumas das virtudes que demonstram a flexibilidade e a possibilidade de reconfiguração da programação podem ser observadas pelas trocas automáticas de ferramentas, a utilização de transporte de paletes e de posicionamento automático da peça de trabalho.

Na tabela 2.1, observa-se as diferenças principais entre uma máquina ferramenta convencional e uma com CNC:

Tabela 2.1 – Comparação entre Máquina Convencional e Máquina com CNC.

[22]

<i>Máquina Convencional</i>	<i>Centro de Usinagem</i>
É necessário que se consulte constantemente o plano de operação	Não é necessário consultar o plano de operação
Um operário pode operar apenas uma máquina	Um operário pode operar várias máquinas
O operador controla o avanço, a profundidade de corte, e etc.	O programa tem o controle de todos os parâmetros de corte
Peças extremamente complexas são impossíveis de se fabricar	Possibilidade de fabricar qualquer tipo de peça
Baixo custo inicial	Alto custo de máquina, operação e capacitação inicial
Possibilidade de produção em pequenos lotes	Necessita de produção em escala para reduzir o custo unitário

2.3.3.2 Estrutura de um Centro de Usinagem

Algumas características a se levar em conta no que se refere à estrutura de um Centro de Usinagem são os materiais usinados, a rigidez, as dilatações térmicas e a capacidade de amortecimento de vibrações mecânicas.

Em relação aos materiais a serem usinados, tem que se levar em conta a utilização respeitando alguns requisitos:

- Rigidez, para que se possa minimizar as deformações mecânicas e vibrações;
- Baixa dilatação térmica;
- Baixa densidade, para que se minimize as forças inerciais;
- Alta condutividade térmica desejável, para que seja mais fácil extrair rapidamente o calor que é gerado pelo corte;
- Capacidade de absorver vibrações;

- Baixo Custo.

Os materiais que compõem a estrutura de um centro de usinagem são, normalmente, de ferro fundido cinzento, concreto, compósitos poliméricos e cerâmicos. [22]

2.3.3.3 Tipos de Centro de Usinagem

Existe uma grande variedade de Centros de Usinagem, caracterizados por seus tamanhos, tipos, funcionalidades e graus de automação (4, 5 eixos, e etc). Foto 5 eixos

- ✓ Tipo (a) – os dois eixos de rotação estão dispostos na mesa;
- ✓ Tipo (b) – os dois eixos de rotação estão dispostos no fuso;
- ✓ Tipo (c) – um eixo de rotação é disposto na mesa e outro no fuso.

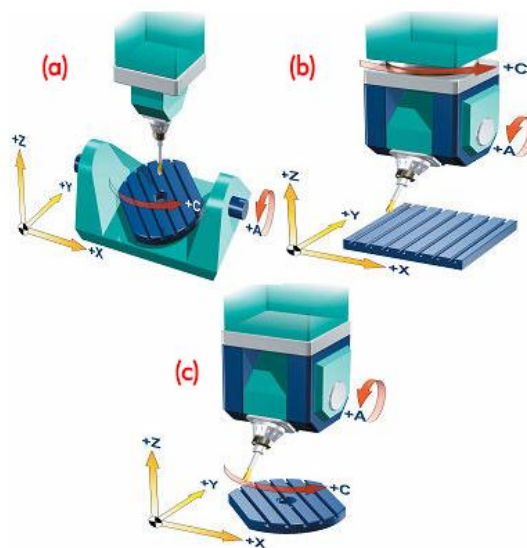


Figura 2.17 – Demonstração dos 5 eixos do Centro de Usinagem [23]

As potências nominais chegam aos 75 KW e as velocidades de rotação das máquinas mais comumente usadas variam entre 4000 e 8000 RPM.

Atualmente, muitas máquinas são desenvolvidas e construídas de forma modular, para que possam instalar e modificar vários acessórios e equipamentos

periféricos, uma vez que são necessários para alterações que se adaptam de acordo com os produtos a e peças a serem confeccionados.

Entre os tipos de Centros de Usinagem, podemos diferenciar os de eixo vertical e os de eixo horizontal:

- O centro de usinagem com o eixo vertical são mais adequados para superfícies planas, em cavidades profundas. Um exemplo é a fabricação de matrizes e moldes. Os impulsos de usinagem verticais são direcionados para baixo, sendo essa máquina, então dotada de alta rigidez, produzindo peças com boa precisão dimensional. Em geral, estas máquinas são mais baratas que as de eixo horizontal. Um exemplo pode ser observado na figura 2.18



Figura 2.18 – Centro de Usinagem Vertical [24]

- Os centros de Usinagem com eixo horizontal são recomendados para usinagem de peças com dimensões maiores, que requerem usinagem em suas variadas faces e superfícies. Em alguns casos, a peça que está sendo usinada pode se inclinar e ocupar diferentes posições angulares para facilitar a retirada de material. Estes tornos têm geralmente mais do que apenas um eixo horizontal e tem em seu porta-ferramentas uma enorme variedade de ferramentas de corte. Um exemplo de um centro horizontal pode ser visto na figura 2.19. [22]



Figura 2.19 – Centro de Usinagem Horizontal [25]

2.3.4 Outras Tecnologias de Processo

2.3.4.1 Prototipagem Rápida

As raízes da prototipagem rápida são derivadas em grande parte de duas áreas, são elas: A Topografia e a Fotoescultura. Após anos de pesquisa e subsequente desenvolvimento, projetou-se a máquina que pode ser considerada como precursora da técnica atual de Estereolitografia. A técnica desenvolvida por Munz por volta de 1951 consistia de um sistema com exposição seletiva de seções transversais do objeto a ser desenvolvido, sobre a emulsão foto transparente. Ao término da produção de uma camada, um pistão era acionado abaixando a plataforma e acionando-se a quantidade apropriada de emulsão do agente fixador para o início da produção da próxima camada e assim sucessivamente, acabado este processo o objeto era esculpido manualmente ou fotoquimicamente estampado, criando-se, portanto, um objeto tridimensional. Com avanços na área de fotopolimerização, em 1982, Herbert, da empresa 3M, propôs um sistema no qual o feixe de laser Ultravioleta (UV) polimerizava uma camada através de um sistema de prismas em uma plotter X-Y. A tarefa seria realizada por meio de um computador, sendo este utilizado para comandar os movimentos do laser. O processo era repetido camada por camada até o término da peça. As técnicas foram desenvolvidas por mais alguns anos e em 1987 a prototipagem rápida começou a ser empregada

comercialmente por meio do equipamento SLA-1, desenvolvido pela empresa americana 3D Systems [26], [27], [28]. Um exemplo de produto aplicado a biomedicina pode ser visto na figura 2.20, além de um exemplo de uma máquina de prototipagem rápida comercial na figura 2.21.



Figura 2.20 – Crânio reproduzido pelo processo de Prototipagem Rápida [29]



Figura 2.21 – Exemplo de Máquina de Prototipagem Rápida [30]

2.3.4.2 Eletro Erosão

A eletro erosão baseia-se na destruição de partículas metálicas por meio de descargas elétricas. Também conhecida como usinagem por descargas elétricas, ou ainda EDM (Electrical Discharge Machining), é um processo indicado na usinagem de formas complexas em materiais condutores elétricos, especialmente aqueles de alta

dureza, e de dimensões diminutas, difíceis de serem usinados por processos tradicionais de usinagem.

O processo se dá da seguinte forma: aplica-se uma diferença de potencial (em corrente contínua) entre duas placas condutoras de eletricidade, chamadas de eletrodo e peça, separadas por uma pequena distância (de 0,012mm a 0,050mm) denominada GAP, ocorrendo descargas elétricas entre elas.

Na verdade, neste espaço entre a peça e o eletrodo, circula o fluido dielétrico que se torna eletrolítico na forma gasosa. No instante da descarga elétrica, o eletrodo e a peça não estão em contato devido ao meio dielétrico que os envolve.

Ao iniciar o ciclo de erosão, na pequena região de descarga elétrica, a potência despendida por unidade de área pode chegar até 1000 W/m², a temperatura até 12.000°C, assim o fluido dielétrico evaporará, tornando-se eletrolítico e no meio gasoso a pressão poderá alcançar as marcas de até 200 atm. Essa descarga elétrica durará alguns milionésimos de segundo. Este período é denominado de Ton. Cessada a descarga elétrica, inicia-se, por alguns milionésimos de segundo, o período Toff, período que ocorrerá a emersão dos gases eletrolíticos. Os espaços ocupados pelo gás serão preenchidos pelo fluido dielétrico em temperatura menor que a região em usinagem, assim, com o choque térmico, ocorrerá uma micro-explosão e a desagregação das partículas fundidas da peça, dando início ao processo de usinagem.

O ferramental pode ser definido como o conjunto que engloba a geometria da ferramenta propriamente dita, o sistema de fixação da peça e o sistema de lavagem. A geometria da ferramenta modifica a velocidade de usinagem e a TRM (Taxa de Remoção de Material). Um exemplo é um eletrodo cilíndrico maciço e um eletrodo cilíndrico vazado. A usinagem por EDM com eletrodo cilíndrico maciço com parâmetros do processo constantes, terá uma velocidade menor que a usinagem com eletrodo cilíndrico vazado. Isso acontece porque com o eletrodo vazado, o volume de material a ser fundido é bem menor que no caso do eletrodo maciço, onde todo o volume do furo, por exemplo, deverá ser fundido. No eletrodo vazado, o tarugo interno não será fundido, terá que ser fundido apenas o material em volta do mesmo para obtenção da geometria desejada.

Atualmente, com o advento de máquinas CNC, as ferramentas se restringem a uma fina haste com extremidade esférica. Com métodos computacionais, é possível obter-se trajetórias definidas, o que viabiliza a obtenção de superfícies complexas, como se fosse uma fresadora CNC. Isto favorece o processo, pois não há a necessidade de se fabricar ferramentas com geometrias não convencionais, que com o decorrer da usinagem requer novas correções de forma.

O sistema de lavagem é outro fator de significativa importância no ferramental, tendo várias funções importantes. Uma delas é a de arrastar todo material erodido entre a ferramenta e peça, garantindo um avanço contínuo da ferramenta. Outra função é a renovação constante do fluido dielétrico na interface, mantendo as características físicas e químicas do mesmo. Essa renovação garante também o resfriamento mais pronunciado através da ferramenta ou peça. A lavagem interna pode ser feita por sucção ou injeção. As vantagens de um ou outro sistema dependem de cada caso e deve ser levado em conta não só a geometria da peça, mas também a precisão requerida. Um exemplo de máquina de eletro erosão pode ser visto na figura 2.22.



Figura 2.22 – Máquina de Eletro Erosão [5]

2.3.4.3 Corte com Jato de Água

O corte com jatos de água é um dos processos mais versáteis da indústria. Também conhecido como *jet-cutting*, é uma das variações da hidrodemolição, que consiste em cortar materiais com água a extrema pressão, entre 2.500 e 3.000 bar, com

um fluxo de água entre 20 e 40 l.p.m., incorporando por efeito Venturi um abrasivo ao jato de água [31], conforme podemos observar na figura 2.23 abaixo:

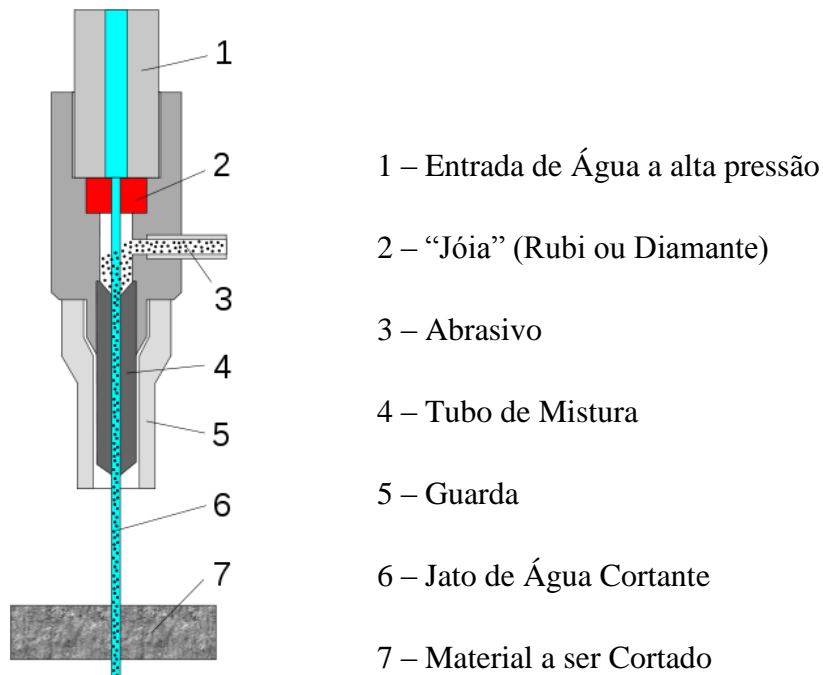


Figura 2.23 – Corte a Água [31]

Bem apropriada para cortar metais com altíssimo desempenho, a tecnologia de jatos de água, quando utilizada com a adição de abrasivos, produz cortes limpos, sem rebarbas, que não requerem acabamentos secundários e não permitem o surgimento de regiões afetadas pelo calor. Virtualmente todos os tipos de corte são possíveis, desde uma perfuração rápida até cortes detalhados para aplicações automotivas. Os sistemas de corte com jatos de água são também menos dispendiosos do que os sistemas a laser, tornando-os uma opção incontestável para o corte de metais, inclusive o aço na indústria manufatureira.

A adição de abrasivos amplia a variedade de cortes que a tecnologia de jatos de água é capaz de realizar, no entanto os abrasivos são frequentemente um dos componentes mais dispendiosos de um sistema de cortes com jatos de água. Para compensar os custos do uso de abrasivos com a água para cortar materiais mais resistentes, desenvolveu-se um sistema que ajusta a quantidade de abrasivos utilizados, controla o fluxo e elimina o desperdício. O controle mais criterioso de abrasivos torna o corte com água um processo verdadeiramente eficiente.

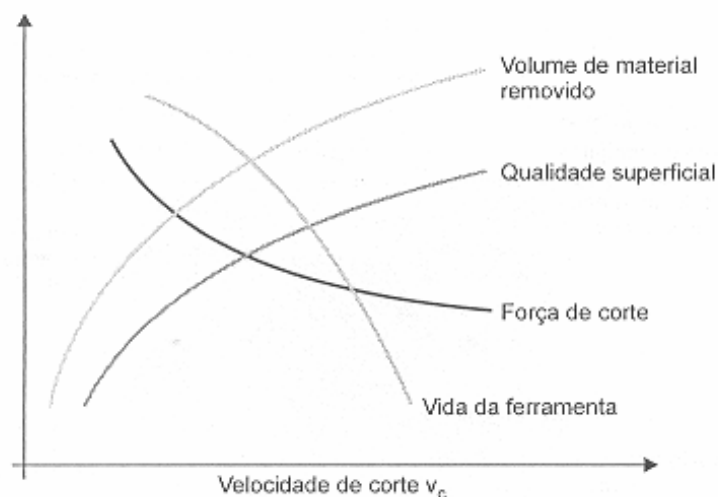
Características Principais do Corte a Água:

- Processo extremamente versátil
- Sem zonas afetadas pelo calor
- Sem tensões residuais
- Fácil programação
- Fluxo fino (de 0,05 cm a 0,13 cm de diâmetro)
- Geometria extremamente detalhada
- Corte de materiais finos
- Corte de 25 cm de espessura
- Corte de material empilhado
- Pouca perda de materiais devido ao corte preciso
- Simples fixação
- Uma única configuração de jato para quase todos os trabalhos com o jato abrasivo
- Facilmente trocado do modo de uso único para o de uso múltiplo
- Muda rapidamente de jato de água pura para jato abrasivo de água
- Operações secundárias reduzidas
- Pouca ou nenhuma rebarba [31]

3 MÁQUINAS FERRAMENTA DE ALTA VELOCIDADE

3.1 Composição da Tecnologia

A usinagem em alta velocidade (High Speed Cutting – HSC e High Speed Machining – HSM) é uma tecnologia de usinagem que ocorre em altíssimas velocidades de corte, normalmente entre 600 m/min e 1500 m/min. Ela permite que sejam usinadas



peças com altas durezas e em um menor período de tempo do que na usinagem convencional. As peças usinadas com esta tecnologia possuem uma superfície com alta qualidade, o que diminui ou mesmo elimina operações posteriores para acabamento. A figura 3.1 mostra como estas propriedades se comportam com o aumento da velocidade de corte. [32]

Figura 3.1 – Propriedades do HSM com o aumento de velocidade de corte. [32]

A tabela 3.1 apresenta as principais características da Usinagem com Altíssima Velocidade e como estas características são importantes para as propriedades do produto e para a eficiência do processo. Para cada característica é apresentado também um exemplo de aplicação.

Tabela 3.1 – Características, Propriedades e Aplicação [32]

Características da Usinagem a Altíssimas Velocidades	Proriedades do Produto / Eficiência do Processo	Exemplos de Aplicação
Grande remoção de material	Ligas metálicas leves	Indústria aeroespacial
	Aço e ferro fundido	Moldes e Matrizes
Alta qualidade superficial	Usinagem de precisão	Peças óticas e mecânica fina
	Peças especiais	Compressores espirais
Baixas forças de corte	Peças de paredes finas	Indústria aeroespacial, indústria automotiva e equipamentos domésticos.
Elevada frequência de excitação	Usinagem de peças complexas sem vibração	Peças de alta precisão da indústria ótica
Dissipação de calor através do cavaco	Usinagem sem empenamento	Peças de alta precisão
	Baixa temperatura do processo	Ligas de magnésio

3.2 Princípios de Funcionamento

3.2.1 Histórico

Esta tecnologia foi desenvolvida durante os estudos de C.Salomon em 1931 na usinagem com serra circular. Em seus experimentos ele usinou aço, bronze, cobre e alumínio com velocidades de 440, 1600, 2840 e 16500 m/min respectivamente. A principal conclusão desta pesquisa foi que a temperatura de corte aumenta com o aumento da velocidade de corte até um determinado valor, a partir do qual, a temperatura decresce com o aumento da velocidade de corte, como mostra o Figura da figura 3.2.

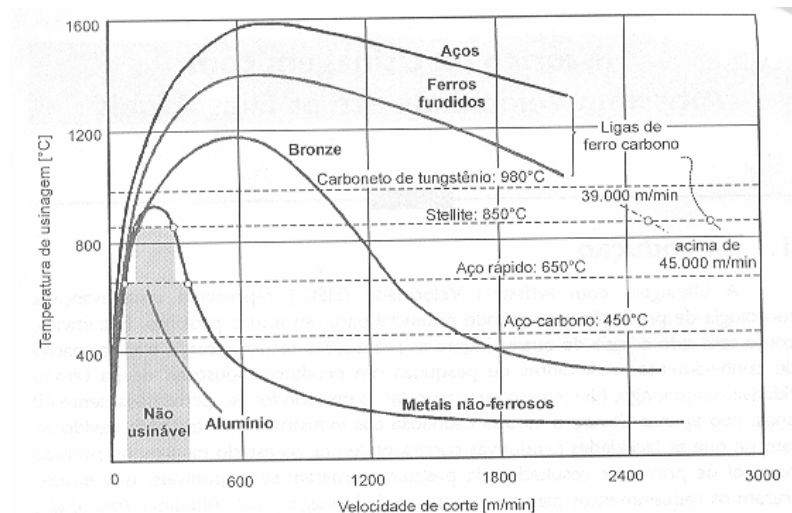


Figura 3.2 – Comportamento da temperatura com o aumento da velocidade de corte.[33]

Os resultados deste estudo mostram que a usinagem pode ser efetuada em uma faixa inicial de velocidades de corte, em seguida existe uma faixa onde ela não pode ocorrer e finalmente ela pode ocorrer outra vez a partir de um determinado valor. Esta última faixa se inicia com uma velocidade de corte de 5 à 10 vezes maior do que a velocidade de corte empregada na primeira faixa para usinar o mesmo material.

Ao longo dos anos diversos estudos foram efetuados principalmente nos Estados Unidos da América e na Alemanha. A figura 3.3 mostra de forma resumida as velocidades de corte usadas nos diversos estudos ao longo do tempo.

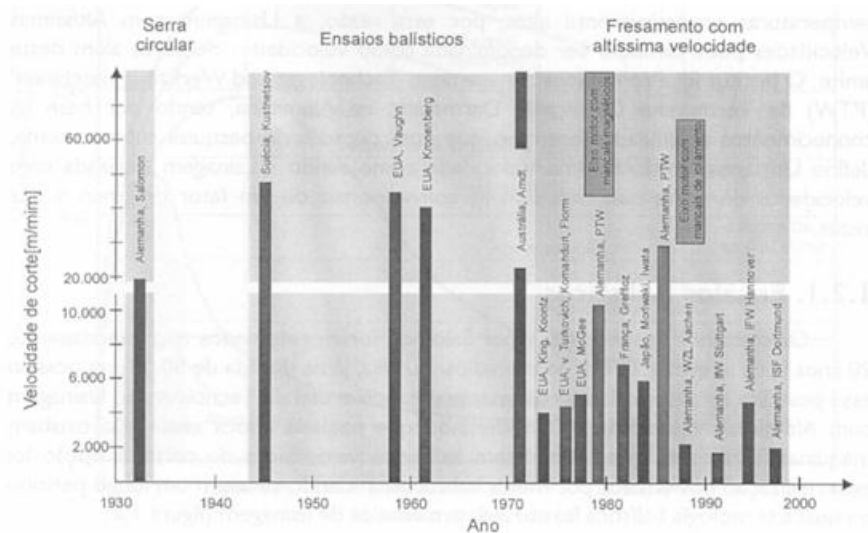


Figura 3.3 - Histórico dos ensaios de usinagem com altíssimas velocidades de corte[33]

A evolução do HSM ao longo do tempo foi possível devido à evolução das máquinas ferramenta com eixos de altíssimas rotações, que possibilitaram que a usinagem fosse efetuada com altíssimas velocidades de corte. O desenvolvimento desta tecnologia exigiu também o desenvolvimento de novas ferramentas e de novos programas para controle das máquinas operatrizes com as características necessárias para a otimização do processo. A figura 3.4 apresenta a faixa de transição da velocidade de corte convencional para a velocidade de corte com HSM para alumínio, ferro fundido e aço.

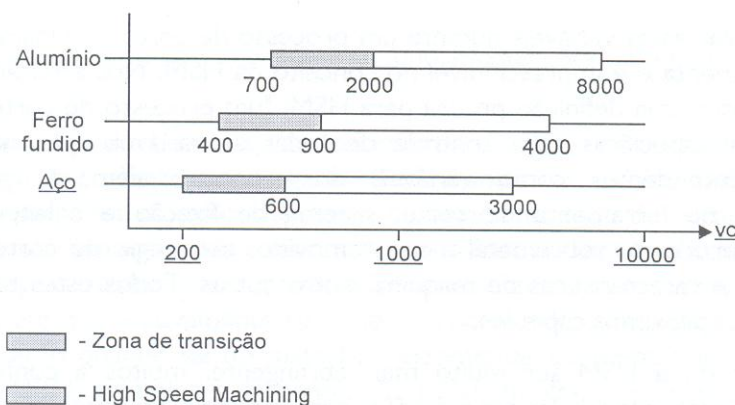


Figura 3.4 Faixa de transição e de uso de HSM para alumínio, ferro fundido e aço. [33]

Outro fator importante são as altas velocidades de avanço comparadas com as velocidades empregadas na usinagem convencional. A figura 3.5 apresenta um

com as faixas de velocidade de avanço e rotação das árvores das máquinas operatrizes para os diferentes tipos de fresamento.

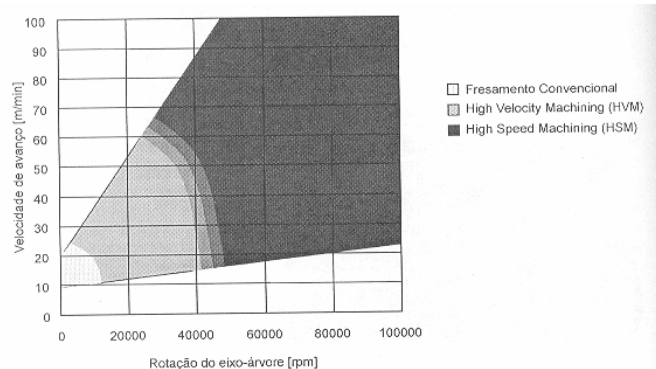


Figura 3.5 – Figura com as faixas de velocidades de avanço e rotação das árvores das máquinas operatrizes para os diferentes tipos de fresamento.[33]

Os valores típicos dos outros parâmetros de corte no fresamento com HSM são:

- Profundidade de corte – 0,01 à 0,5 mm
- Largura de corte – 0,05 e 4,0 mm
- Avanço por dente – até 0,25 mm/dente.

Apesar destes parâmetros de corte ser pequenos, o processo é extremamente produtivo devido às altíssimas velocidades de corte e de avanço envolvidos na usinagem com Altíssimas velocidades de corte.

O emprego de HSM permite diminuir a cadeia de processo necessária a fabricação de um produto. O bom acabamento superficial em muitos casos elimina a necessidade de retificação e reduz bastante o tempo de polimento. A tecnologia HSM permite também a usinagem de peças com altas durezas eliminando a necessidade de usinagem por eletro-erosão e de se efetuar têmpera após a usinagem.

Esta tecnologia é subdividida em:

- Usinagem com Altas Velocidades (HVM – High Velocity machining)
- Usinagem com Altas Velocidades de Corte (HSC – High Speed Cutting) – nesta categoria o fator principal é a alta capacidade de remoção de material. Ela só deve ser efetuada no desbaste e acabamento de metais leves, cobre, grafite e plásticos e para acabamento e pré-acabamento na usinagem de aços e ferros fundidos.

- Usinagem com Altíssimas Velocidades (HSM – High Speed Machining) – possui capacidade de remoção de metal menor do que a HSC e HVM, mas velocidades de corte bastante elevadas. [33]

3.2.2 Tecnologia

A tecnologia empregada é similar a da usinagem convencional, diferenciando principalmente na ordem de grandeza dos parâmetros de corte, nas máquinas ferramentas empregadas, nas ferramentas e no sistema de controle da máquina operatriz.

3.2.2.1 Mecanismo de Corte

O mecanismo de formação do cavaco na usinagem a altíssimas velocidades é semelhante aos formados na usinagem com um processo convencional, mas os cavacos tendem a ser mais segmentados.

O fator de maior influência no desgaste das ferramentas de usinagem é a alta temperatura, que surge devido à energia empregada para formar e arrancar o cavaco e do material usinado. O calor gerado migra para a aresta da ferramenta pela região de contato peça x ferramenta e para a superfície de saída pela área de contato cavaco x peça. A quantidade de calor gerado, e conseqüentemente o aumento da temperatura na ferramenta, durante a formação do cavaco cresce com o aumento das velocidades de corte e de avanço, e com o aumento da seção do cavaco. Estes parâmetros representam o volume de material deformado e arrancado na unidade de tempo.

A quantidade de calor gerado durante a HSM não é muito maior do que o gerado durante a usinagem convencional, porque embora as velocidades envolvidas neste tipo de usinagem sejam bem maiores, as seções dos cavacos são bem menores e, com isso, a energia térmica gerada durante os dois tipos de usinagem possui a mesma ordem de grandeza. Por esta razão, as temperaturas nas regiões da ferramenta são semelhantes nestes dois tipos de usinagem.

Como as temperaturas nas ferramentas durante a usinagem com os dois processos são semelhantes, podem-se empregar ferramentas convencionais na usinagem com HSM.

O emprego de HSM permite a remoção de grandes volumes de material na usinagem de ligas de alumínio, de alguns metais não ferrosos, e de alguns ferros fundidos. As altas taxas de remoção de cavaco são possíveis quando o material usinado possuir baixa resistência ou for frágil. Na usinagem dos materiais de baixa resistência a energia necessária para formar o cavaco é baixa e, portanto o calor gerado é pequeno o que acarreta em baixa temperatura na ferramenta. Na usinagem de materiais frágeis, ocorre pouca deformação durante a formação do cavaco e, portanto o calor gerado durante esta usinagem também é pequeno. Como a pressão específica de corte (K_s) representa a resistência do material à formação do cavaco, ela será pequena em ambos os casos. Sabendo que a potência de corte é o produto pressão multiplicando-se a pressão específica de corte pela seção calculada do cavaco e pela velocidade de corte, o baixo valor de K_s implica em menor consumo de energia durante a usinagem.

Além dos tipos de desgastes que são facilitados ou acelerados pelo aumento de temperatura, existem também os desgastes causados pela variação dos esforços dinâmicos (vibração), que são as trincas da aresta de corte e o lascamento. A variação dos esforços dinâmicos é uma característica dos processos de usinagem, principalmente nos que formam cavaco interrompido, como o fresamento. Assim, a qualidade da superfície usinada depende da rigidez do sistema máquina/peça/ferramenta.

A rigidez da estrutura e dos componentes da máquina deve ser elevada, já que todos os esforços serão suportados pela mesma.

A geometria da peça e a sua fixação têm um papel importante na estabilidade do sistema. Peças longas e com baixa inércia vibram com grande amplitude quando excitadas pela variação de esforços causada pela formação do cavaco durante a usinagem. Peças que apresentem irregularidades, como por exemplo: furos ou rasgos introduzem vibração no sistema durante a usinagem devido ao choque da ferramenta com o material cada vez que a ferramenta passe por um vazio, quando a usinagem é interrompida e, em seguida, é reiniciada.

A rigidez da fixação da peça também é fundamental, o sistema ficará instável caso ocorra um movimento relativo entre a peça e a máquina, mesmo que a peça e a máquina possuam uma rigidez adequada. [34]. [35]

3.2.2.2 Máquinas

A tecnologia de máquinas para HSM está em constante desenvolvimento, buscando sempre máquinas com maiores velocidades de corte e com maiores velocidades de avanço. O objetivo é desenvolver máquinas que tenham grande capacidade de remoção de cavaco. O limite de velocidades do que é HSM depende do material usinado. O que para um determinado material é HSM, para o outro não é. Cada fabricante de máquina tem a sua definição de HSM, e isso tem grande influência nas características das máquinas fornecidas pelo mesmo. Entretanto existe um consenso de que as principais características de uma máquina HSM devem ser:

- Altas velocidades de corte
- Altas rotações da árvore (acima de 10.000 RPM);
- Altas velocidades de avanço;
- Possuir altas acelerações;
- Alta rigidez (garantir movimentos de corte e avanço sem vibração);
- Grande precisão de posicionamento;
- Grande estabilidade térmica.

Estas características têm por objetivo proporcionar uma usinagem com alta taxa de remoção de material e gerar superfícies com ótima qualidade superficial. A alta eficiência de corte causada pelas altas velocidades de corte aliada à alta rigidez destas máquinas, possibilita também a usinagem de materiais endurecidos.

3.2.2.3 Ferramentas

A ferramenta tem um importante papel na estabilidade do sistema que depende de sua forma de fixação na máquina. Durante a usinagem a aresta de corte da ferramenta precisa permanecer afastada do dispositivo de fixação para impedir que este dispositivo raspe no material usinado. Quando a ferramenta é inteiriça, a geometria e o material da mesma serão os responsáveis pela sua rigidez. Quando a ferramenta é montada em um suporte, o material e a geometria do suporte também exercem grande influência na estabilidade do sistema.

As ferramentas empregadas em HSM são de metal duro, nitreto cúbico de boro, cerâmicos e diamantadas, estas últimas empregadas na usinagem de materiais não ferrosos.

O risco de instabilidade na usinagem de cavidades é grande nos casos em que a sua profundidade é muito maior do que as outras dimensões porque a fresa empregada precisa ser longa e possuir um pequeno diâmetro. Este tipo de ferramenta possui baixa rigidez, e para que ela não sofra vibração com grandes amplitudes é preciso selecionar cuidadosamente os parâmetros de corte e haver alta rigidez no sistema de fixação da peça na máquina.

A seleção das ferramentas bem como os parâmetros de corte para elas podem ser efetuados com o auxílio das informações dos fabricantes das mesmas. Após a seleção da ferramenta é recomendável que sejam realizados testes de corte para definir os parâmetros de corte que possibilitem maior eficiência da usinagem e, portanto, melhor aproveitamento da máquina HSM.

3.2.2.4 Comando Numérico para Máquinas de Alta Velocidade

As altíssimas velocidades das máquinas HSM exigem uma alta eficiência de programação de trajetória e de transmissão de dados entre o comando numérico e o sistema de acionamento das máquinas. Isto obriga uma evolução não apenas em programação, mas também no “hardware” envolvido em toda a cadeia. O desempenho do CNC é fundamental para que se obtenham altas velocidades de avanço durante toda a usinagem da peça.

Na usinagem à comando numérico, são empregados programação manual do CNC ou os programas CAD, CAM e NC. A programação manual é muito trabalhosa e não permite efetuar simulações e otimizações dos percursos das ferramentas, por isso só é empregado em peças muito simples. Para a usinagem de peças complexas, que é quando a tecnologia HSM é indicada, é empregada uma cadeia de programas eficientes para gerar a programação do CNC. Nestes casos programa CAD é o responsável pela modelagem (desenho) da peça. O programa CAM recebe o modelo do sistema CAD e as informações sobre a matéria prima e os parâmetros de usinagem. Com isso ele gera o percurso da ferramenta por meio de diversos pontos cartesianos. O programa NC recebe os pontos cartesianos do sistema CAM e traduz para os comandos CNC da máquina em questão.

Como tudo que é empregado para HSM precisa ser eficiente para que se possa usar de forma eficiente as máquinas, os pontos críticos são a estratégia de programação de trajetória efetuada pelo programa CAM e a transmissão de dados para as máquinas.

3.3 Vantagens e Desvantagens

Como estratégia de marketing para a empresa detentora de uma máquina de alta velocidade, conta a favor a possibilidade da usinagem do mesmo produto com mais eficiência que o seu concorrente. Outra vantagem é poder atender o cliente nos aspectos que ele valoriza, mas que o concorrente não faz, como por exemplo: menor prazo de entrega, melhor qualidade e menor preço.

Permite ter competitividade internacional de produtos e serviços de usinagem. Desenvolvimento de ferramentas para processamento de polímeros e para conformação de metais (principalmente estampagem e corte) em menor tempo.

Em relação ao lucro, aumenta-se os ganhos com a diminuição do tempo de usinagem e pela queima de etapas no processo de fabricação.

Positivamente

- Menor tempo de usinagem;

- Melhor acabamento superficial;
- Usinagem de produtos com alta dureza;
- Eliminação de várias etapas (retificação, eletro-erosão, tempera e etc).

Negativamente

- Alto custo das máquinas. Investimento inicial.
- Relativamente pouca experiência na seleção de parâmetros de usinagem para diversos pares material/ferramenta. Necessidade de fazer testes para se chegar aos parâmetros ideais.
- Sistemas CAM próprios [34], [35]

3.4 Aplicação na Indústria

Uma vez que a técnica de usinagem em alta velocidade esteja avançando na área de ferramentas e em recursos de controle, está encontrando maior aceitação principalmente nas aplicações aeroespaciais. Embora especialmente bom para o alumínio, a técnica vem encontrando e estabelecendo sua posição também nos compósitos e nos metais duros.

Assim como na indústria aeroespacial, a Mecânica Fina também está entre as principais aplicações da tecnologia. Tendo em vista que as pressões competitivas estão cada vez maiores, os fabricantes de peças e máquinas necessitam de maior eficiência. A Usinagem de alta velocidade (HSM) pode reduzir o tempo de ciclo e ao mesmo tempo permitindo que os fabricantes possam usinar com cada vez mais precisão e menor rugosidade superficial.

3.5 Estudo de Caso

Este estudo de caso apresenta alguns resultados referentes à usinagem, durante a implementação da tecnologia HSC em uma grande empresa da indústria automobilística que inovou tecnologicamente seu processo de ferramentaria instalando novas máquinas operatrizes, das quais duas fresadoras com tecnologia HSC.

Com essa inovação, que substituiu a máquina fresadora CNC convencional, a empresa esperava a otimização da área, com a redução de custos, o aumento de

produtividade e a qualidade do produto obtido, para tornar-se mais competitiva no mercado.

Trata-se de uma inovação do processo porque, uma vez que é possível usar o material já endurecido, também é possível tirar o produto acabado da máquina com a tecnologia HSC; assim, é praticamente eliminado o trabalho manual final (polimento manual). Por outro lado, alguns erros ou falhas no processo, que passavam despercebidos, como defeitos na modelagem do produto ou perdas de dados geométricos do produto na transferência de arquivos entre sistemas CAD/CAM, passam a ser significativos, uma vez que não serão corrigidos nas etapas de trabalho manual. Em alguns casos, é necessário rever todo o ciclo de fabricação do produto. Usinar em alta velocidade não significa usinar mais rápido; às vezes, significa um repensar sobre como fazer o produto de uma forma melhor. Segundo FREEMAN e SOETE (1997), existem três razões para falhas em projetos de inovação: incerteza técnica, incerteza de mercado e incertezas político-econômicas. A “Inovação em Produtos” envolve tanto incertezas técnicas quanto de mercado, enquanto a “Inovação em Processos” envolve apenas incertezas técnicas.

Como a inovação destacada neste estudo de caso é uma inovação no processo, havia somente a incerteza técnica. Para minimizar ou até mesmo eliminar essa incerteza de projeto, a empresa decidiu, antes de adquirir as máquinas e todo o ferramental, efetuar testes no Laboratório de Engenharia de Fabricação do CCM/ITA. Com isso, a inovação tecnológica estaria baseada em dados concretos e confiáveis. [36]

3.5.1 Dados Técnicos

Durante o processo de usinagem foram utilizados uma fresadora horizontal CNC, WOTAN B105 MIT, com 1.000 rpm, e um centro de usinagem marca HERMLE, modelo C1200 V, com 15.000 rpm e 10,5 kw.

Os dados comparativos da introdução da nova tecnologia (inovação) foram analisados pelo CCM/ITA e destacados a seguir:

Dados relacionados à punção:

- análise de desbaste;
- alívio de raio;
- acabamento;
- retoque de raio.

Dados relacionados à matriz:

- análise de desbaste;
- alívio de raio;
- acabamento;
- retoque de raio.

Os tempos para cada procedimento estão destacados no Tabela 3.2 para as duas tecnologias analisadas. Inicialmente, não se tem alteração nos tempos de Desbaste e Alívio de Raio. Entretanto, em ambos, a diferença no Pré-Acabamento é brutal, chegando a redução de mais de 90% no caso da Matriz.

Tabela 3.2 – Tempos de Usinagem para cada um dos processos [36]

Itens	Operação	Usinagem Convencional	Usinagem HSC
		Tempo (horas)	Tempo (horas)
1	Punção	Desbaste	10:15
2		Alívio Raio	2:35
3		Pré-acabamento	21:30
4		Acabamento	1:30
5	Matriz	Desbaste	15:00
6		Alívio Raio	4:30
7		Pré-acabamento	24:00
8		Acabamento	1:00
Tempo Total de Usinagem		107:06	68:06

3.5.2 Análise dos Dados

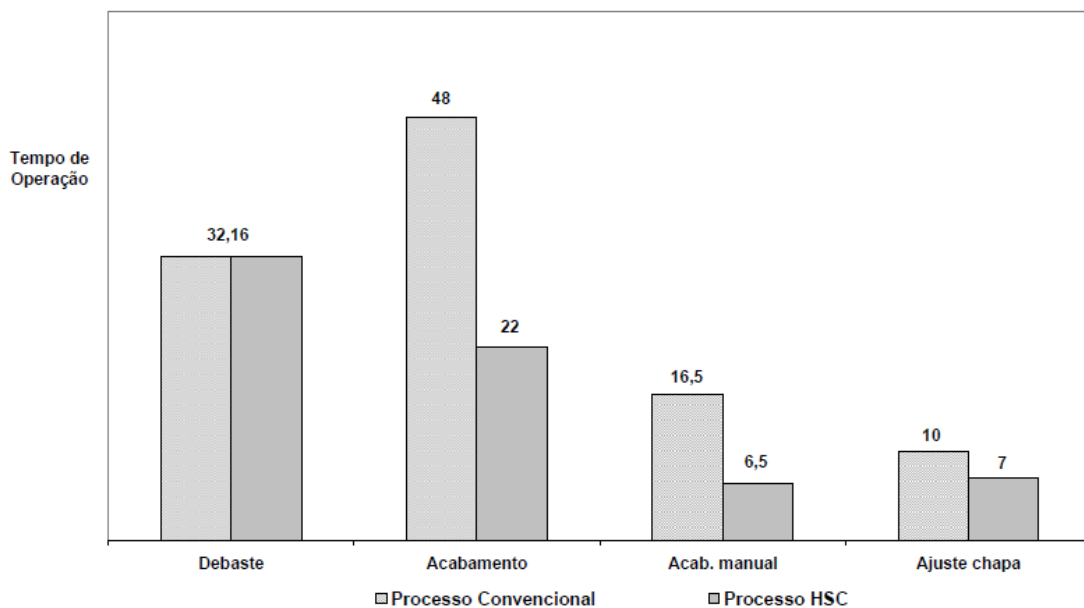
Observou-se que os tempos do item relativo à operação de desbaste realizada tanto pela fresadora com processo de usinagem convencional como pela com HSC não se diferenciaram, continuando os mesmos, ou seja, não houve ganho no desbaste coma inovação.

A operação de acabamento (itens 3, 4, 7 e 8) realizada com a usinagem convencional totalizou 48 horas de trabalho. No caso da usinagem com HSC, o total foi de 22 horas e 5 minutos. Houve uma redução de 54% nessa operação, resultante dos seguintes fatores:

- apesar dos baixos valores de profundidade de corte, utilizaram-se altas velocidades de avanço e de corte na máquina HSC;
- maior capacidade de processamento e memória do comando numérico da máquina;
- o software de CAM utilizado para HSC permitiu que se usinasse com estratégias otimizadas para maiores taxas de avanços;
- ferramentas de corte e fixações apropriadas para HSC.

A seguir, é apresentado no Figura 3.3, um comparativo entre o processo convencional e o processo HSC das operações realizadas nos testes.

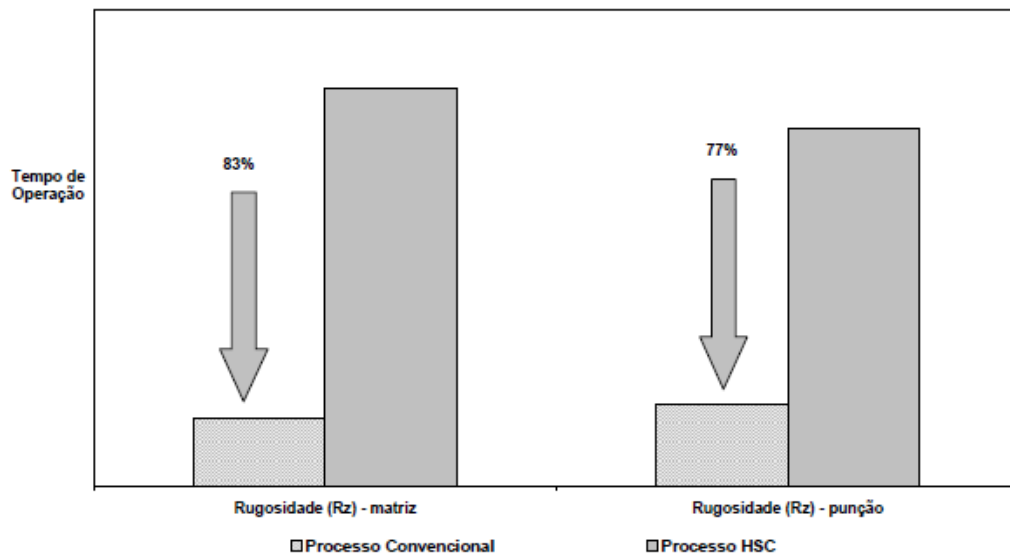
Figura 3.3: Tempos de usinagem: processo convencional versus HSC [36]



Em relação ao acabamento manual, o Figura 3.4 mostra uma redução de 60% no tempo de realização dessa atividade, porque na operação anterior, de acabamento, a

ferramenta com tecnologia HSC apresentou uma rugosidade até 83% menor que a da ferramenta do processo convencional.

Figura 3.4 – Tempos de acabamento manual: processo convencional versus HSC. [36]



3.5.3 Análise do Resultado

A usinagem HSC proporcionou uma redução de 37% no ciclo total de fabricação e uma melhoria de até 83% na qualidade superficial da ferramenta após operação de acabamento na máquina CNC.

Possibilitou também uma significativa redução de custo e do tempo de resposta, ou seja, a entrega da ferramenta ao cliente em menos tempo, com ganhos de até 65% na redução do tempo de fabricação.

Observou-se que o processo de usinagem HSC requer um refinamento na concepção do produto e do meio de produção, ou seja, etapas do ciclo de desenvolvimento do produto que antes não eram importantes passaram a ser mais significativas, como, por exemplo, a qualidade do modelo gerado no CAD e a fidelidade dos dados geométricos transferidos entre os sistemas CAD/CAM. Não adianta obter uma ferramenta com uma boa qualidade superficial após o acabamento, se em razão dos defeitos oriundos do módulo forem necessárias mais horas de trabalho manual.

O processo de usinagem em HSC implica uma otimização de todo o ciclo de desenvolvimento do produto. O Computer Aided Engineering (CAE), por meio de simulação, permite otimizar a geometria funcional da ferramenta, diminuindo ou até mesmo eliminando o retrabalho na ferramenta.

A implementação do software CAE no setor de projeto de meios de produção é extremamente desejável, uma vez que em HSC já é possível usinar peças com a dureza final de trabalho. [36]

3.5.4 Conclusão

O processo analisado de inovação tecnológica – a usinagem em HSC – está diretamente relacionado à estratégia de motivação, pela qual as empresas buscam novas tecnologias, num processo contínuo, onde existe competitividade, seja no meio externo, seja no ambiente fabril.

Os benefícios obtidos da inovação tecnológica HSC na ferramentaria da indústria automobilística foram: um ciclo de vida mais curto do produto, pouco ou nenhum defeito, oferta do produto cada vez mais diversificada, o que possibilita ainda redução de custos, além da utilização de novos materiais com padrões de qualidade mais rigorosos, observados criteriosamente em todo o processo produtivo: TG, Just in Time, Lear Manufacturing.

Usinar em HSC não é fazer o processo antigo rodar mais rápido; em muitos casos, significa seguir um caminho diferente e melhor para fabricar o produto.

O ganho efetivo da usinagem em HSC não deve ser medido pela redução do tempo de usinagem, mas sim pela redução do tempo do ciclo de fabricação do produto. [36]

4 USO DE PATENTES

4.1 Definição, Tipos e Sistemas de Patentes

A patente pode ser definida como um título de propriedade temporário outorgado pelo Estado, por força de Lei, ao depositante de um pedido, para que este exclua terceiros, sem sua prévia autorização, de atos relativos à matéria protegida, tais como fabricação, comercialização, importação, uso, venda etc. As patentes também são definidas como um direito de exclusividade de exploração tecnológica conferido pelo Estado ao titular. Para se obter tal direito de exclusividade deve-se obedecer aos seguintes requisitos.

a) **Novidade:** a tecnologia não deve ter sido tornada pública, de modo a ser reproduzida por um técnico no assunto que dela tivesse tido conhecimento;

b) **Atividade inventiva (patente de invenção):** que a invenção não decorra de maneira óbvia, do estado da técnica, para um técnico no assunto ou ato inventivo (patente de modelo de utilidade): que o modelo não decorra de maneira comum ou vulgar do estado da técnica, para um técnico no assunto;

c) **Utilidade industrial:** a tecnologia deve ser capaz de emprego numa atividade econômica;

d) **Possibilidade de reprodução (ou suficiência descritiva):** como contrapartida ao privilégio concedido, o inventor deve descrever o seu invento de forma suficiente para torná-lo reproduzível por outros.

Em alguns países as patentes podem ser tanto patentes inventivas, definida por lei como: atividade inventiva quando não decorrente de maneira evidente ou óbvia do estado da técnica, para um técnico no assunto, ou uma patente de um modelo de utilidade, que é um invento, ou seja, não revela uma nova função, mas apenas uma melhora funcional. Ele se refere sempre a um objeto, partindo de modelos conhecidos, porém apresentando nova forma ou disposição que resulte em melhoria funcional no seu uso ou na sua fabricação.

No Brasil, a legislação sobre patentes surge com o Alvará de 1809, proclamado pelo então Príncipe Regente de Portugal Dom João. No aparato da atual legislação brasileira, a Lei de Propriedade Industrial nº. 9279/96, em vigor desde 15 de maio de 1997, substituindo a lei 5572/71 e atualizada de acordo com a Lei 10.196/01, vigora em todo o território nacional.

A instituição concedente do direito de patente no Brasil é o INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual), autarquia federal vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. [37], [38], [39]

4.2 Patentes como Informação Tecnológica e Competição

No mercado atual globalizado, competitivo e repleto de inovações tecnológicas, as empresas brasileiras ainda não atentaram para a importância da utilização de patentes como instrumento competitivo, assim como não atentaram para a importância da exploração das patentes como fonte de informação tecnológica.

O documento de patente deveria ser a mais importante fonte primária de informação tecnológica, pois permite o conhecimento de novas tecnologias e de inovações de base para a indústria, de forma mais rápida e a partir da descrição original do invento. Além disso, uma vez que as patentes têm restrição territorial (só valem nos países que concederam carta-patente), cerca de 95% daquelas em vigor nos países industrializados são de domínio público nos demais países, podendo ser livremente usadas. Entretanto, raramente a patente é levada em consideração, quer pelo usuário tecnologista ou engenheiro, quer pelo profissional da informação, no momento da recuperação de informações técnicas.

Várias são as possibilidades de uso das patentes :

- apresentam a informação mais recente em dado setor tecnológico, para a atualização de conhecimentos sobre seu estado-da-arte, uma vez que o pedido de patente deve demonstrar o que preexistia e o que está sendo reivindicado como novidade. A informação de patente é abrangente, cobrindo praticamente todos os setores da técnica humana;

□ o conjunto de documentos de um setor específico indica, ao longo do tempo, a evolução do estado-da-arte e aponta novos caminhos de pesquisa e desenvolvimento - portanto, de inovações - nessa área, para os quais podem ser direcionados os esforços de P&D;

☒ o conjunto de documentos de um dado setor tecnológico oriundos de vários países indica as tendências de ramificação do desenvolvimento de uma área industrial, de acordo com as características regionais, em termos de economia, recursos naturais, mercado etc., e pode ser considerado como um alerta tecnológico para uso de empresas e governos;

□ o documento de patente identifica claramente as datas de prioridade e de concessão da carta-patente, seu autor, seu titular (muitas vezes o titular da patente não é o inventor, como no caso de empresa onde este era empregado para desenvolver inovações, ou no caso de venda dos direitos da patente), seus respectivos endereços etc., permitindo verificar se a patente ainda está em vigor, e possibilitando um contato direto para o licenciamento da inovação ou, alternativamente, para obtenção de know-how;

□ no caso de negociação de transferência de tecnologia, o conhecimento de patentes permite a identificação de alternativas técnicas, bem como de empresas capacitadas no setor tecnológico considerado, permitindo ainda avaliar o estado da-arte no setor;

□ a patente informa detalhadamente sua aplicação prática na indústria, por meio da descrição da especificação e de esquemas, diagramas e desenhos, sendo mais abrangente e detalhada do que os artigos de periódicos técnicos ou mesmo do que a documentação do fabricante; qualquer pessoa competente no campo técnico em questão poderá pôr em prática a invenção sem ter que inventar mais além do que já revelado;

□ a patente disponibiliza a informação técnica bem antes que as demais fontes: na maioria dos casos, ela está disponível antes do produto estar no mercado;

□ os documentos de patente pós-1978 têm uma apresentação uniforme quanto ao tamanho do papel, ordem, arranjo e dados bibliográficos, facilitando o processo de recuperação de um assunto específico;

□ as invenções mais importantes são patenteadas simultaneamente em vários países, formando a família de patentes – basicamente é o mesmo documento traduzido em várias línguas, o que facilita a compreensão da informação pela escolha da língua mais apropriada;

□ normalmente os documentos de patente contêm um resumo, permitindo uma compreensão abrangente e imediata do seu conteúdo;

□ o uso da Classificação Internacional de Patentes (CIP/IPC) permite também a recuperação de informações com grau razoável de especificidade, já que cada subdivisão dessa classificação constitui uma fonte altamente concentrada de informação relevante em campos tecnológicos muito especializados. [37], [38], [39]

4.3 Prospecção Tecnológica

A prospecção tecnológica pode ser definida como um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo. Diferentemente das atividades de previsão clássica, que se dedicam a antecipar um futuro suposto como único, os exercícios de prospecção são construídos a partir da premissa de que são vários os futuros possíveis. Esses são tipicamente os casos em que as ações presentes alteram o futuro, como ocorre com a inovação tecnológica. Avanços tecnológicos futuros dependem de modo complexo e imprevisível de decisões, tomadas no presente por um conjunto relativamente grande de variáveis. Os exercícios de prospecção funcionam como meio de atingir dois objetivos: O primeiro é preparar as empresas na indústria para aproveitar ou enfrentar oportunidades ou ameaças futuras. O segundo objetivo é desencadear um processo de construção de um futuro desejável. Neste projeto de graduação, o objetivo será em parte o primeiro, pois pretende-se achar tal tecnologia dominante, porém, sem se ter a pretensão de um possível aproveitamento por alguma empresa. [40], [41]

De forma geral pode-se caracterizar a prospecção tecnológica da seguinte forma:

- É um processo e não somente um conjunto de técnicas

- Concentra-se em criar e melhorar o entendimento dos possíveis desenvolvimentos futuros e das forças que parecem moldá-los
- Assume que o futuro não pode ser cientificamente demonstrado a partir de certas premissas. O ponto central é tratar quais as chances de desenvolvimento e quais as opções para a ação no presente
- Não se espera um comportamento passivo frente ao futuro, mas um posicionamento ativo. O futuro será criado pelas escolhas que forem feitas hoje.

No plano lógico, a literatura consagra três abordagens para o problema de prospectar o futuro. A primeira delas e, também, a mais convencional, é a abordagem baseada em inferência. Nesse caso, entende-se que o futuro tende a reproduzir, em alguma medida, os fenômenos já ocorridos, não implicando em rupturas ou descontinuidades nas trajetórias evolutivas dos objetos analisados. A inferência pode ser realizada por “extrapolação de tendências”, baseada tanto em modelos teóricos ou empíricos da realidade quanto em construção por analogia dos antecedentes históricos do problema.

Uma segunda abordagem lógica para a prospecção do futuro é a geração sistemática de trajetórias alternativas. Nesse caso, o futuro é projetado por meio da construção de cenários em um processo de contraposição de determinadas variáveis.

Uma terceira abordagem lógica é a construção do futuro por consenso, baseada em intuição ou cognição coletiva. Nesse caso, o futuro é construído a partir de visões subjetivas de especialistas ou outros grupos de indivíduos dotados de capacidade de reflexão sobre os objetos do exercício de prospecção. Esses planos lógicos se desdobram em uma grande variedade de metodologias de prospecção que, de modo geral, podem ser organizadas em três grupos principais:

- Monitoramento (Assessment) – consiste no acompanhamento da evolução dos fatos e na identificação dos fatores portadores de mudanças, realizados de forma sistemática e contínua.
- Previsão (Forecasting) – consiste na realização de projeções com base em informações históricas e modelagem de tendências
- Visão (Foresight) – consiste na antecipação de possibilidades futuras com base em interação não estruturada entre especialistas, cada um deles apoiados exclusivamente

em seus conhecimentos e subjetividades.

Tanto o monitoramento quanto os exercícios de previsão são metodologia predominantemente quantitativas enquanto que o foresight é qualitativo. Já a “extração” de conhecimentos de especialistas (visão) pode ser feita de diferentes formas, dentre elas questionários, entrevistas entre outros métodos.

O que se planeja então ao se atrelar a prospecção tecnológica à uma base de dados de patentes é se ter uma noção de como tais tecnologias se posicionam frente às outras. Através da busca de anterioridade é possível avaliar se a tecnologia em questão já foi desenvolvida previamente, se já foi apropriada, ou se já está sendo utilizada. Através da Prospecção Tecnológica são levantadas todas as tecnologias existentes, identificando o estágio de maturidade da tecnologia em questão e como ela se insere na sociedade.

São identificados também aspectos de tecnologias concorrentes e lacunas a serem preenchidas, onde é possível que determinada tecnologia ou suas variações sejam avaliadas como competitivas. Também podem ser levantados os inventores que pesquisam o mesmo tema, países de origem das patentes, países onde ocorreram os depósitos, principais empresas depositantes e a classificação dos depositantes das patentes, entre outros dados. [41]

4.4 Mineração de Dados

A mineração de dados é o processo de descobrir informações relevantes, como padrões, associações, mudanças, anomalias e estruturas, em grandes quantidades de dados armazenados em banco de dados, depósitos de dados ou outros repositórios de informação. Sua função principal é a varredura de grande quantidade de dados a procura de padrões e detecção de relacionamentos entre informações gerando novos sub-grupos de dados. Usado comumente em grandes bancos de dados. Por enquanto, a grosso modo, pode se dizer que Mineração de Dados é como um agregador e organizador de dados.

A formação de sub-grupos de dados é feito pela Mineração de Dados (Data

Mining) através da execução de algoritmos capazes de conhecer e aprender mediante a varredura dessas informações. Baseado em sistemas de redes neurais, esses dados são examinados e pensados, gerando uma nova informação associativa com outros dados. A formação de estatísticas também é uma de suas funções. Números estatísticos são gerados trazendo resultados comparativos e levando a uma tomada de decisão inteligente[42],[43].

Em geral, um processo de descoberta de conhecimento consiste em uma iteração das seguintes etapas:

- **Preparação:** é o passo onde os dados são preparados para serem apresentados às técnicas de data mining. Os dados são selecionados (quais os dados que são importantes), purificados (retirar inconsistências e incompletude dos dados) e pré-processados (reapresentá-los de uma maneira adequada para a mineração). Este passo é realizado sob a supervisão e conhecimento de um especialista, pois o mesmo é capaz de definir quais dados são importantes, assim como o que fazer com os dados antes de utilizá-los no data mining.

- **Data Mining:** é onde os dados preparados são processados, ou seja, é onde se faz a mineração dos dados propriamente dita. O principal objetivo desse passo é transformar os dados de uma maneira que permita a identificação mais fácil de informações importantes.

- **Análise de Dados:** o resultado da mineração é avaliado, visando determinar se algum conhecimento adicional foi descoberto, assim como definir a importância dos fatos gerados. Para esse passo, várias maneiras de análise podem ser utilizadas, por exemplo: o resultado do data mining pode ser expresso em um Gráfico, em que análise dos dados passa a ser uma análise do comportamento do Gráfico, assunto abordado no capítulo 4.5.

A Mineração de Dados é uma das ferramentas mais utilizadas para extração de conhecimento através de bancos de dados (Knowledge Discovery in Databases - KDD), tanto no meio comercial quanto no meio científico. A extração de conhecimento em bases de dados consiste na seleção e processamento de dados com a finalidade de identificar novos padrões, dar maior precisão em padrões conhecidos e modelar o mundo real. [42],[43].

Muito se utiliza a técnica de Mineração de Dados para prospecção tecnológica atualmente. Aqui, no entanto, tal coleta e filtragem de dados foram feitas de forma manual.

4.5 Análise da Maturidade Tecnológica

O desenvolvimento de novos produtos no ambiente industrial se tornou uma dimensão competitiva vital em função de todas as mudanças políticas, comerciais e tecnológicas que ocorreram, globalmente, nas últimas duas décadas. Como consequência disso, o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) é considerado crítico para as empresas, hoje em dia. A propriedade intelectual está assumindo enorme importância nas estratégias tecnológicas das empresas, a partir do uso das informações de patentes e da metodologia da TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving ou Teoria para Resolução de Problemas Inventivos*) para a avaliação e a seleção de tecnologias, e de novas ideias para os produtos. [45]

Um dos axiomas da TRIZ é o de que existe uma evolução dos sistemas técnicos. Na tecnologia, evolução é um estudo relativamente recente, diferentemente do que ocorre na biologia. Para Altshuller, criador da TRIZ, a evolução dos sistemas técnicos ocorre de acordo com a Curva S e as Leis da Evolução dos Sistemas Técnicos.

A Curva S é a representação de qualquer fenômeno que possa ser descrito por uma variável que cresce no decorrer do tempo. O primeiro uso conhecido da mesma foi feito por Pierre F. Verhulst, em 1838, para descrever o crescimento de uma população. A Curva S foi difundida para várias áreas, inclusive a da gestão da tecnologia, porque o desempenho de uma tecnologia cresce no tempo, de acordo com o padrão da Curva S, conforme figura 4.1 abaixo.



Figura 4.1 - Curva S [44] (adaptado de Millet e Honton, 1991)

Inicialmente, o crescimento da tecnologia é lento. Então, ele aumenta, voltando a diminuir, quando se está próximo do limite. A adoção de uma tecnologia diferente significa a mudança para uma nova Curva S. As Curvas S podem ser utilizadas para prever, de forma aproximada, como e quando uma dada tecnologia atingirá seu limite.

O limite de uma tecnologia é definido por leis naturais, que determinam seu nível de desempenho máximo. A Curva S é traçada a partir de dados históricos que, no caso deste trabalho, serão as propriedades industriais ou patentes, emitidas entre 2008 e 2012. Um dos usos das Curvas S é a análise de substituição, ou seja, a previsão da taxa segundo a qual uma nova tecnologia substituirá uma tecnologia antiga numa determinada aplicação.

A figura 4.2 a seguir apresenta a Curva S (A), o número de invenções (B), o nível inventivo (C) e a lucratividade das invenções (D) ao longo do tempo, para um mesmo sistema.

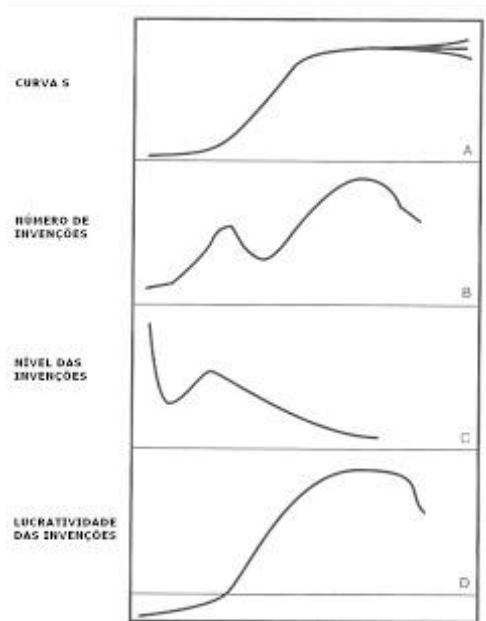


Figura 4.2 - Correlações da Curva S, de acordo com Altshuller [45]

As curvas B e C mostram, segundo Altshuller, que o máximo nível inventivo e o menor número de invenções acontecem na criação do sistema. Em seguida, o número de invenções cresce, com as tentativas de viabilizar tecnicamente o novo sistema. Neste momento, há um pico na curva C.. Depois disto, a quantidade de invenções cresce e o nível inventivo cai. São grandes quantidades de invenções, que trazem pequenas melhorias ao sistema.

A última curva representa o ganho financeiro com as invenções. No início, há perdas, porque a sociedade ainda não percebe valor no novo sistema e, portanto, não está disposta a pagar por ele. O aumento é gradativo, atingindo o pico quando da maturidade do sistema.

Ainda de acordo com Altshuller, uma vez determinada a posição atual de um sistema na Curva S, há três possíveis implicações:

1 - se o sistema está na infância, há a oportunidade de tentar viabilizá-lo, por meio do incentivo a invenções. Por outro lado, o caminho para o estágio seguinte da Curva S, de rápido crescimento, comumente, é bloqueado pelo sistema atualmente dominante;

2 - se o sistema está no estágio de crescimento rápido, é preciso determinar o limite físico com base em fatores objetivos, de modo a decidir se há espaço para desenvolvimentos no sistema atual ou se seria melhor investir num novo sistema, com maior limite físico;

3 - se o sistema está maduro ou em declínio, a melhor decisão é investir num novo sistema, com maior limite físico. A Curva S pode ser utilizada, portanto, como um padrão auxiliar na análise evolutiva de sistemas técnicos. [45]

O presente projeto mostrará as curvas de tendência das tecnologias abordadas pela busca na base de patentes e uma das análises será conforme os parâmetros da Curva-S de Altshuller, para tentar identificar o momento em que se encontram.

4.6 Identificação das Variáveis das Máquinas de Alta Velocidade

Este projeto de graduação procurou nas bases de patentes, que serão listadas posteriormente, analisar qualitativa e quantitativamente os avanços obtidos no que diz respeito às Máquinas Ferramenta de Alta Velocidade.

Antes de apresentar os resultados, levantou-se em quais tipos de segmentos a patente poderia ser categorizada, chegando a seguinte esquematização abaixo, podendo ser melhor visualizados na figura 4.3:

- Peça a ser usinada: Fixação, Manuseio ou Características Específicas.
- Material da Máquina de Alta Velocidade.
- Ferramenta de Corte: Material, Geometria, Projeto.
- Processo: Fixação, Manuseio, Características Específicas.
- Máquina: Base, Eixo, Comando CNC, Sistema de Refrigeração, Remoção de Cavacos, Construção Leve, Dispositivos Seguros, Fixação da Ferramenta, Servomotores de Avanço.

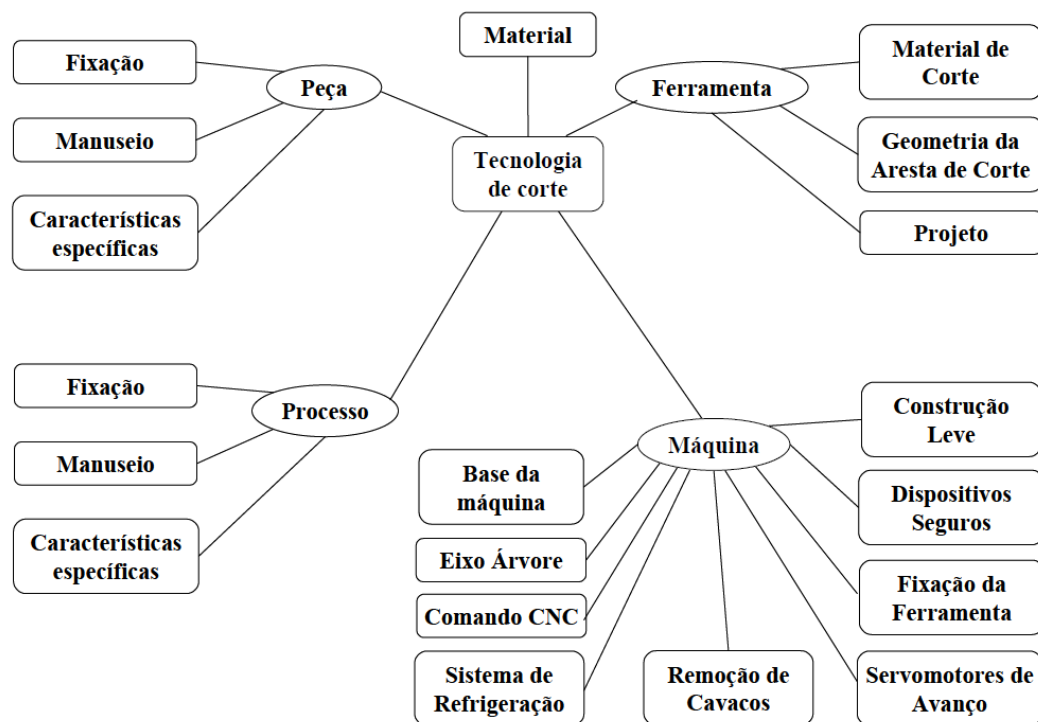


Figura 4.3 – Variáveis do processo relacionadas à tecnologia HSC [46]

5 BASES PESQUISADAS

As bases de patentes escolhidas para execução deste projeto de graduação foram a USPTO e a ESPACENET. Algumas outras bases pré-selecionadas como a Derwent Innovations Index e a própria base do INPI foram descartadas, pois pela seleção de patentes, observou-se que o mercado norte-americano (USPTO) e europeu (ESPACENET) concentram as inovações e o estado da arte sobre Máquinas Ferramenta de Alta Velocidade, no período proposto para busca, que envolve os últimos 5 anos, de 2008 até 2012.

5.1 USPTO

A página do Escritório Americano de Marcas e Patentes (USPTO) oferece acesso a duas bases de dados de patentes, uma de Pedidos de Patente e outra de Patentes Concedidas nos Estados Unidos. É possível realizar buscas no texto completo das patentes concedidas a partir de 1976 e, ainda, obter acesso às imagens dos documentos a partir de 1790, observado que somente pedidos depositados e publicados nos EUA comporão as duas bases.

Para visualizar e imprimir qualquer documento de interesse recuperado da base americana é necessário baixar, em sua máquina, o software Alternatiff, que pode ser obtido facilmente em pesquisa rápida em qualquer mecanismo de busca.

No apêndice 3 aparece, detalhadamente, o passo a passo do mecanismo de pesquisa estabelecido, além de informações complementares sobre o sistema de patentes americano.

5.2 Espacenet

Esta base é organizada e gerenciada pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO), e contem mais de 80 milhões de documentos de patente de cerca de 80 países diferentes países, inclusive do Brasil.

Permite a pesquisa nos dados bibliográficos dos documentos de patentes, bem como o acesso ao texto completo de grande parte destes documentos, inclusive de pedidos depositados no Brasil. Ela permite a busca pela IPC - Classificação Internacional de Patentes ou pela ECLA – Classificação de Patentes Europeia, usando as palavras-chave em inglês.

No apêndice 2 aparece, detalhadamente, o passo a passo do mecanismo de pesquisa estabelecido, além de informações complementares sobre o sistema de patentes europeu.

5.3 Pesquisa na Base de Dados

No mês de julho de 2013, iniciou-se uma pesquisa sobre as máquinas de alta velocidade nas bases online da USPTO e Espacenet para levantamento de patentes, utilizadas como informação tecnológica.

Foram analisadas patentes entre os anos de 2008 a 2012. Inicialmente, foi considerado o total de patentes encontrado, segundo parâmetros de pesquisas explicados

posteriormente, sem nenhum refino de pesquisas. Os Figuras, a seguir, contemplam a separação de patentes por ano, por país, por variável do processo relacionado à tecnologia HSM a ser patenteada.

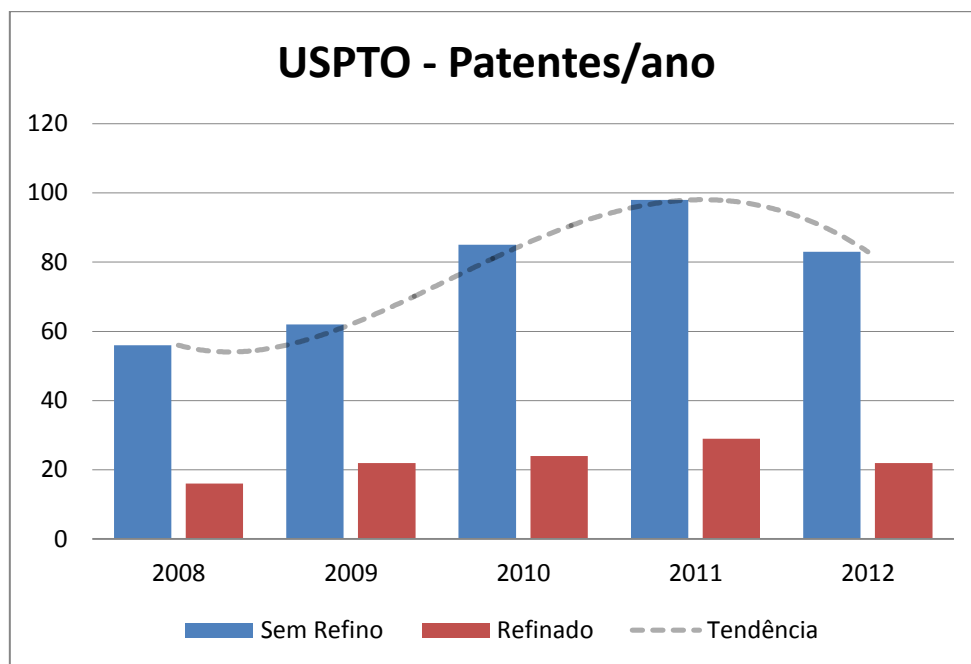
A análise foi feita acessando patente por patente que a pesquisa retornou, identificando suas propriedades pelo Abstract quando possível, ou então, abrindo e esmiuçando o documento em sua totalidade. Nas duas bases de patentes, tentou-se utilizar as mesmas referências e critérios de busca, tentando homogeneizar os resultados encontrados.

5.3.1 USPTO

Na base americana [47], foi utilizado o mecanismo de pesquisa avançado, que contempla a procura não só por nome, mas também por período específico.

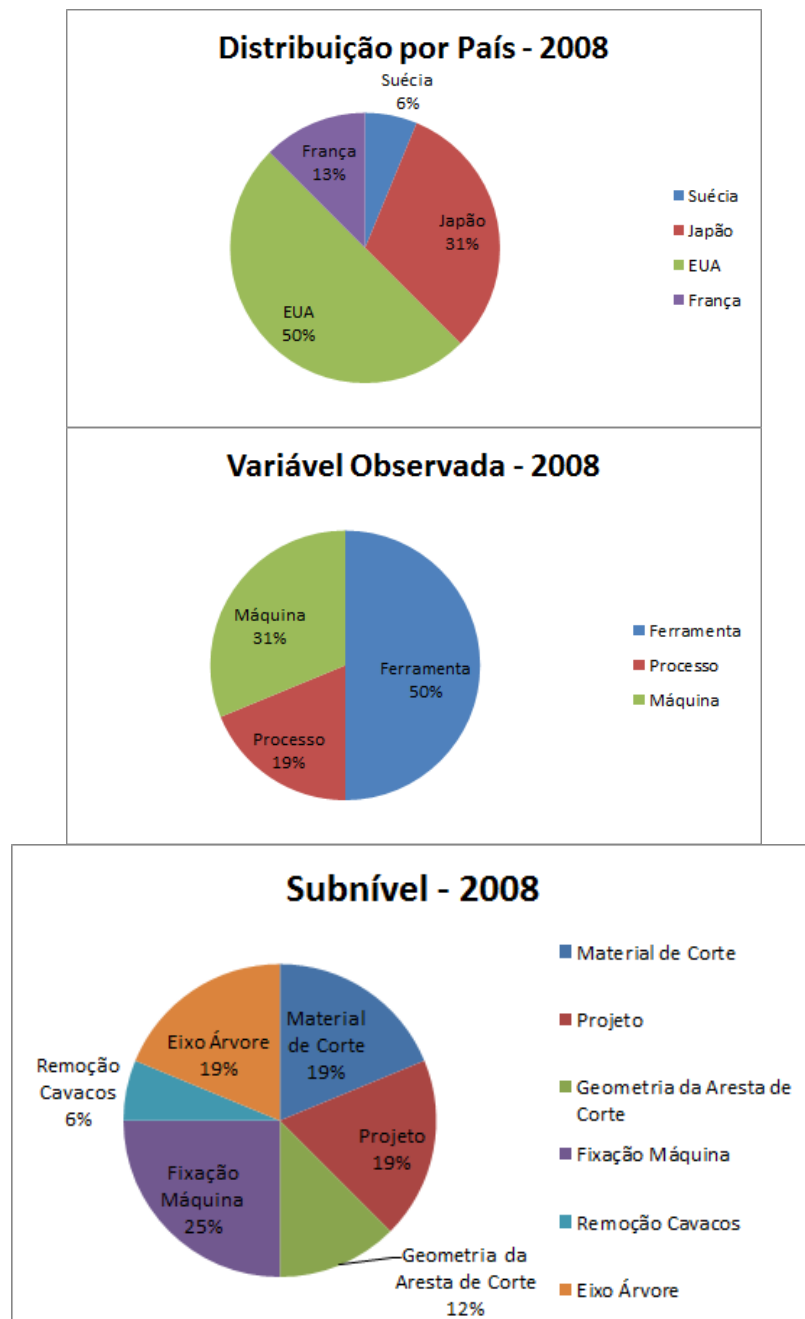
As tabelas com as informações consolidadas estão apresentadas no Apêndice 2. Abaixo, os Figuras com as informações por ano.

Figura 5.1 – Demonstração de Patentes por ano na Base USPTO



a) 2008 - Dados da Pesquisa -> Termo 1: “High Speed Machining” E/OU Termo 2: “High Speed Cutting” ; Data: 1/1/2008 a 31/12/2008 ; Número Total: 56 ; Após Filtro (duplicatas, falsas entradas): 16

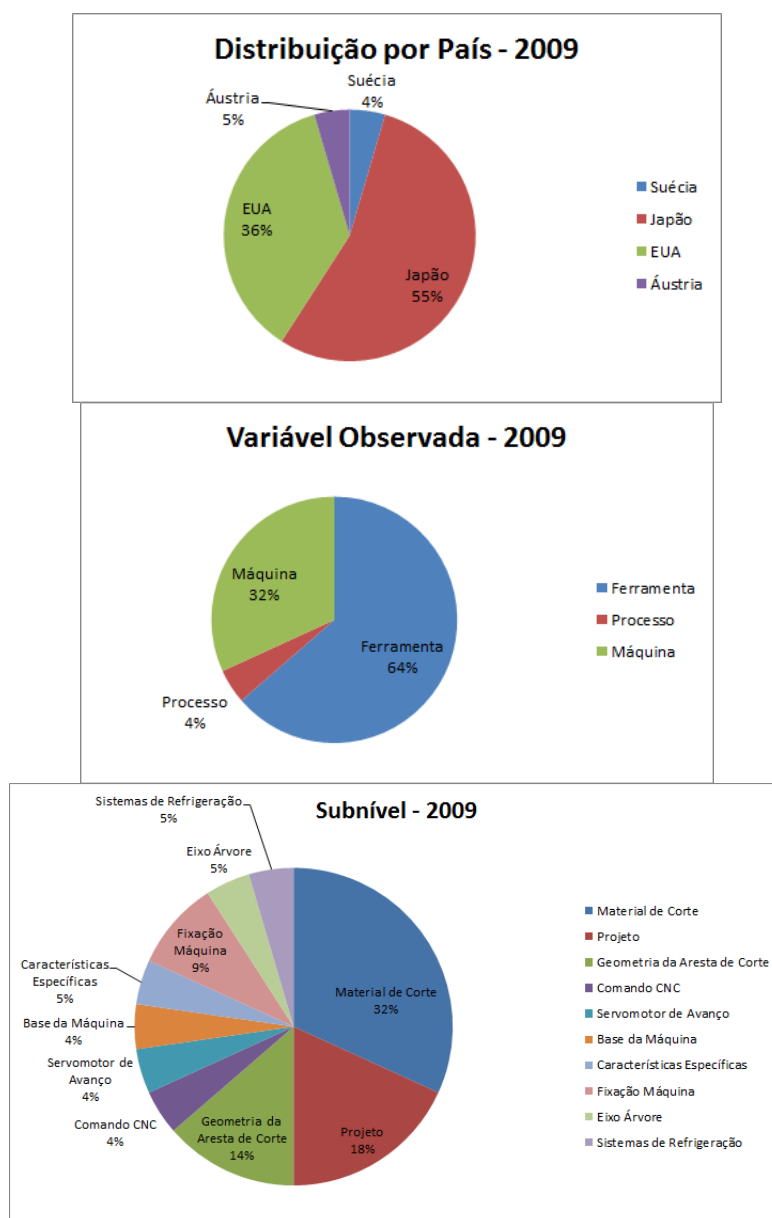
Figura 5.3 – Figuras Consolidados do ano de 2008



No ano de 2008, do total de 56 patentes emitidas sobre a tecnologia, apenas 16 tinham relação a algum parâmetro pré-estabelecido no capítulo anterior. Destaque para predominância dos EUA na distribuição por país, com metade das ocorrências e por variável das Ferramentas, que também dominou nos subníveis com as variáveis material de corte, projeto, geometria e fixação da ferramenta no spindle.

b) 2009 - Dados da Pesquisa -> Termo 1: “High Speed Machining” E/OU Termo 2: “High Speed Cutting” ; Data: 1/1/2009 a 31/12/2009 ; Número Total: 62 ; Após Filtro (duplicatas, falsas entradas): 22

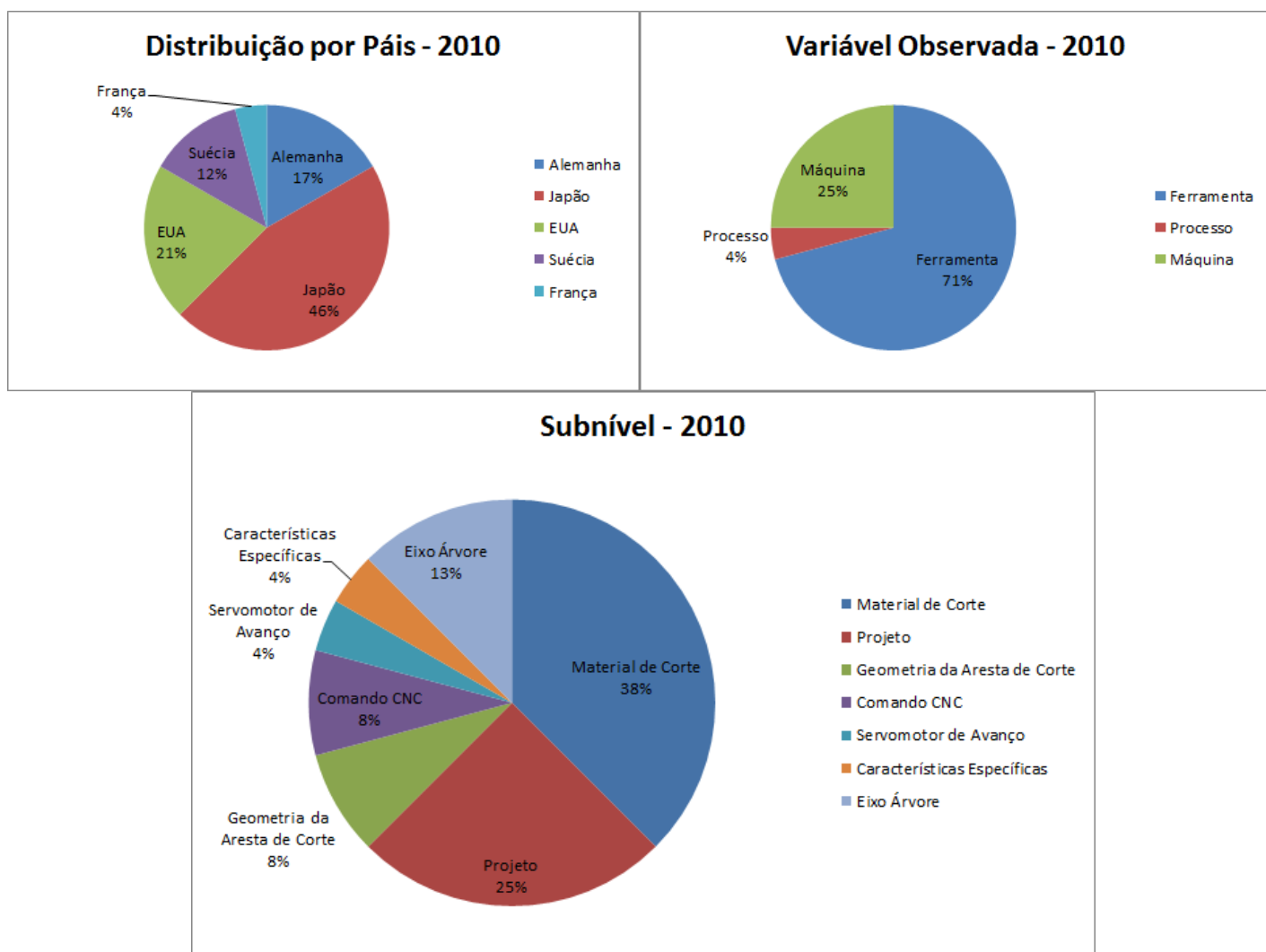
Figura 5.4 – Figuras Consolidados do ano de 2009



Já no ano de 2009, o total de patentes emitidas aumentou para 62 e, com filtro, para 22. Diferentemente de 2008, houve alteração na liderança na distribuição por país, com a liderança no Japão, seguido dos EUA. Já na distribuição das variáveis do processo, patentes sobre ferramentas se mantiveram na liderança, com destaque para a grande variedade de subníveis cobertos, totalizando 10 áreas diferentes.

c) 2010 - Dados da Pesquisa -> Termo 1: “High Speed Machining” E/OU Termo 2: “High Speed Cutting” ; Data: 1/1/2010 a 31/12/2010 ; Número Total: 85 ; Após Filtro (duplicatas, falsas entradas): 25

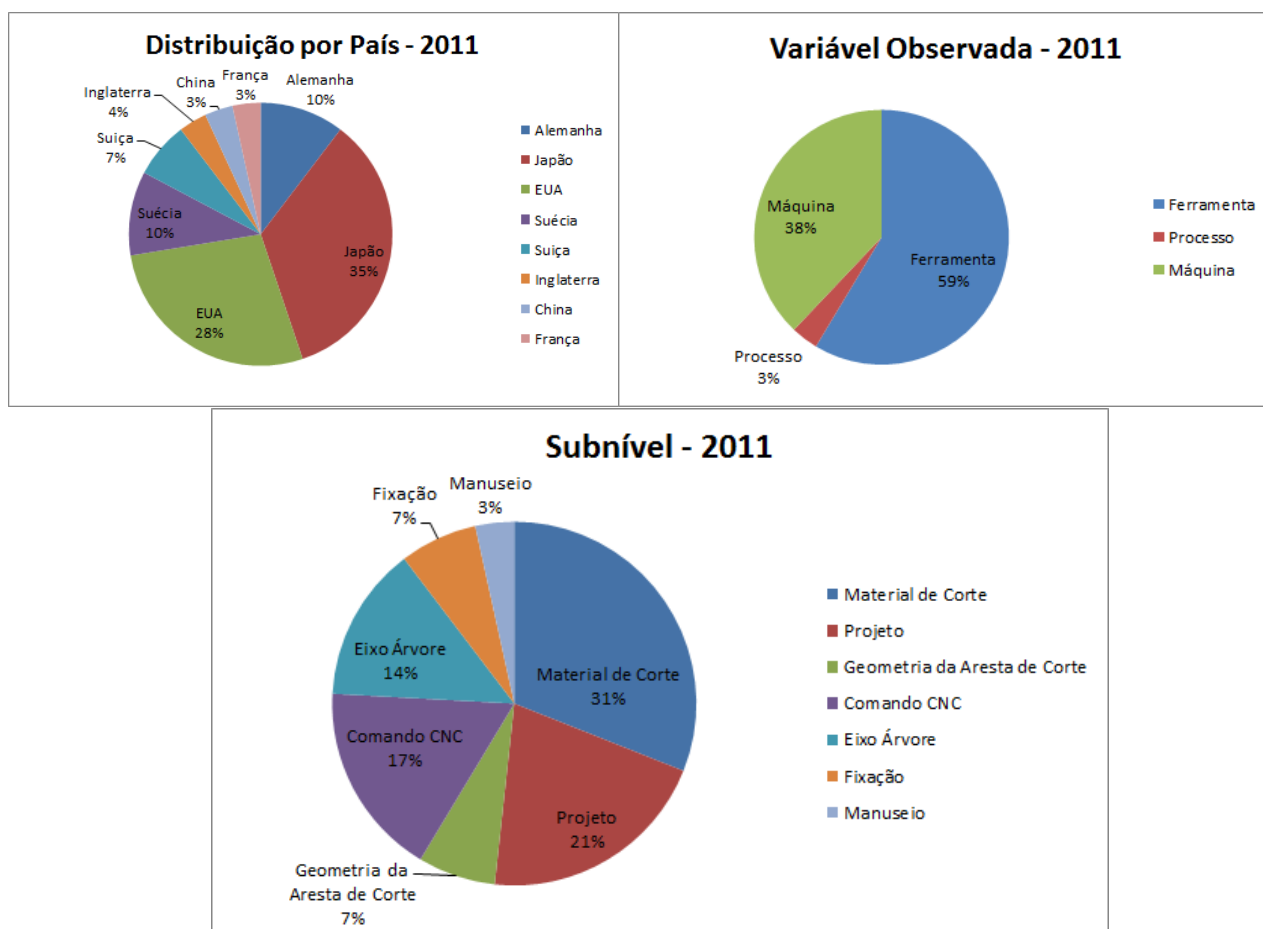
Figura 5.5 – Figuras Consolidados do ano de 2010



Em 2010, manteve-se o crescimento e chegou-se ao número de 85 patentes emitidas, totalizando 25 após filtros. Em relação à distribuição por países Japão e EUA mantiveram a mesma proporção, todavia, percebeu-se a entrada significativa dos países europeus, responsável por 1/3 das patentes emitidas. Em relação as variáveis de processo e subníveis, maior predomínio da área das Ferramentas e diminuição na variedade de itens observados, de 10 em 2009 para 7 em 2010.

d) 2011 - Dados da Pesquisa -> Termo 1: “High Speed Machining” E/OU Termo 2: “High Speed Cutting” ; Data: 1/1/2011 a 31/12/2011 ; Número Total: 98 ; Após Filtro (duplicatas, falsas entradas): 29

Figura 5.6 – Figuras Consolidados do ano de 2011

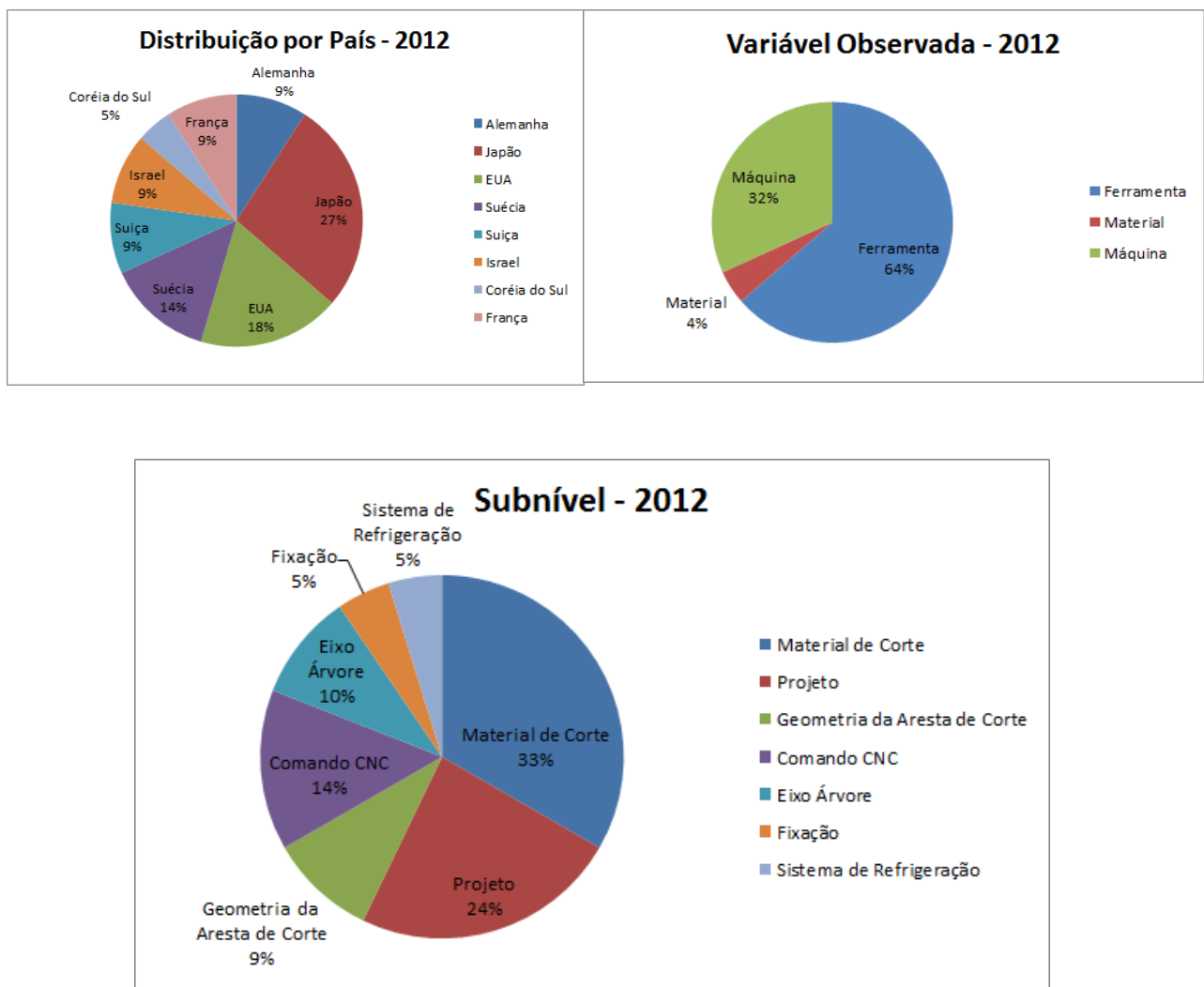


Em 2011, o número de patentes relacionadas às Maquinas Ferramenta de Alta Velocidade chegaram a 98 que, após a filtragem, reduziu para 29, mantendo a tendência

de alta do período. Em relação a distribuição por países, o continente europeu manteve seu percentual, enquanto os EUA cresceram e se aproximaram ainda mais das patentes lançadas por japoneses. Destaque também para entrada da China no cenário, algo que deverá ser mais corriqueiro no final desta década. Em relação as variáveis de tecnologia do processo, percebeu-se redução no percentual de emissão de patentes relacionadas às Ferramentas e crescimento significativo em dois setores: Comando CNC e Eixo-Árvore.

e) 2012 - Dados da Pesquisa -> Termo 1: “High Speed Machining” E/OU Termo 2: “High Speed Cutting” ; Data: 1/1/2012 a 31/12/2012 ; Número Total: 83 ; Após Filtro (duplicatas, falsas entradas): 22

Figura 5.6 – Figuras Consolidados do ano de 2012



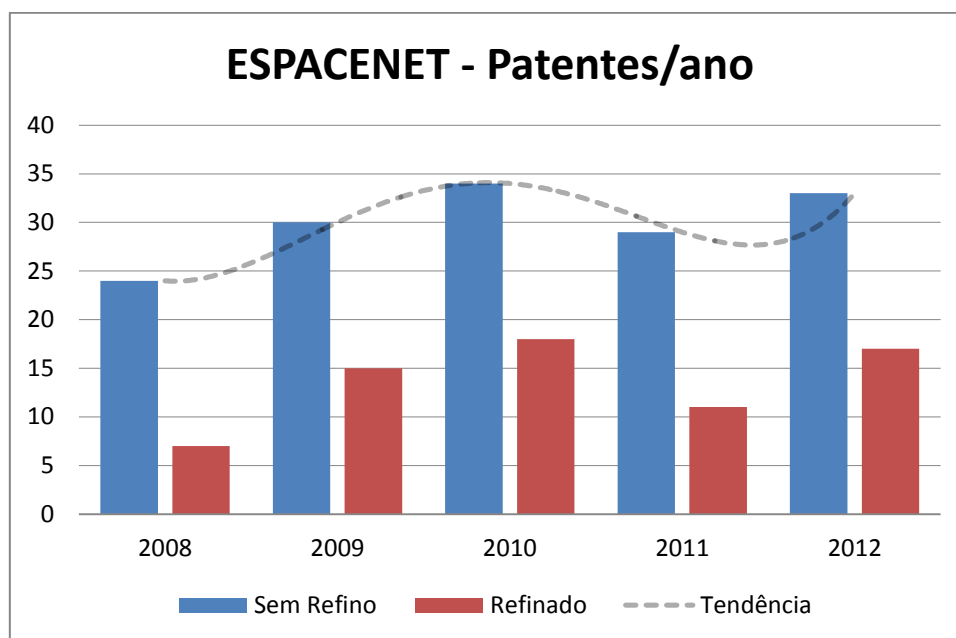
Em 2012, o total de patentes válidas foi de 23, das 83 iniciais. Em relação a distribuição por países foi o ano com a maior diversidade, contando com praticamente a mesma distribuição entre todos. Já nas variáveis observadas, manteve-se a distribuição do ano anterior.

5.3.2 Espacenet

Na base de dados ESPACENET [48] foram contadas um total de 150 patentes entre 2008 e 2012 antes da filtragem. A pesquisa foi feita da seguinte forma:

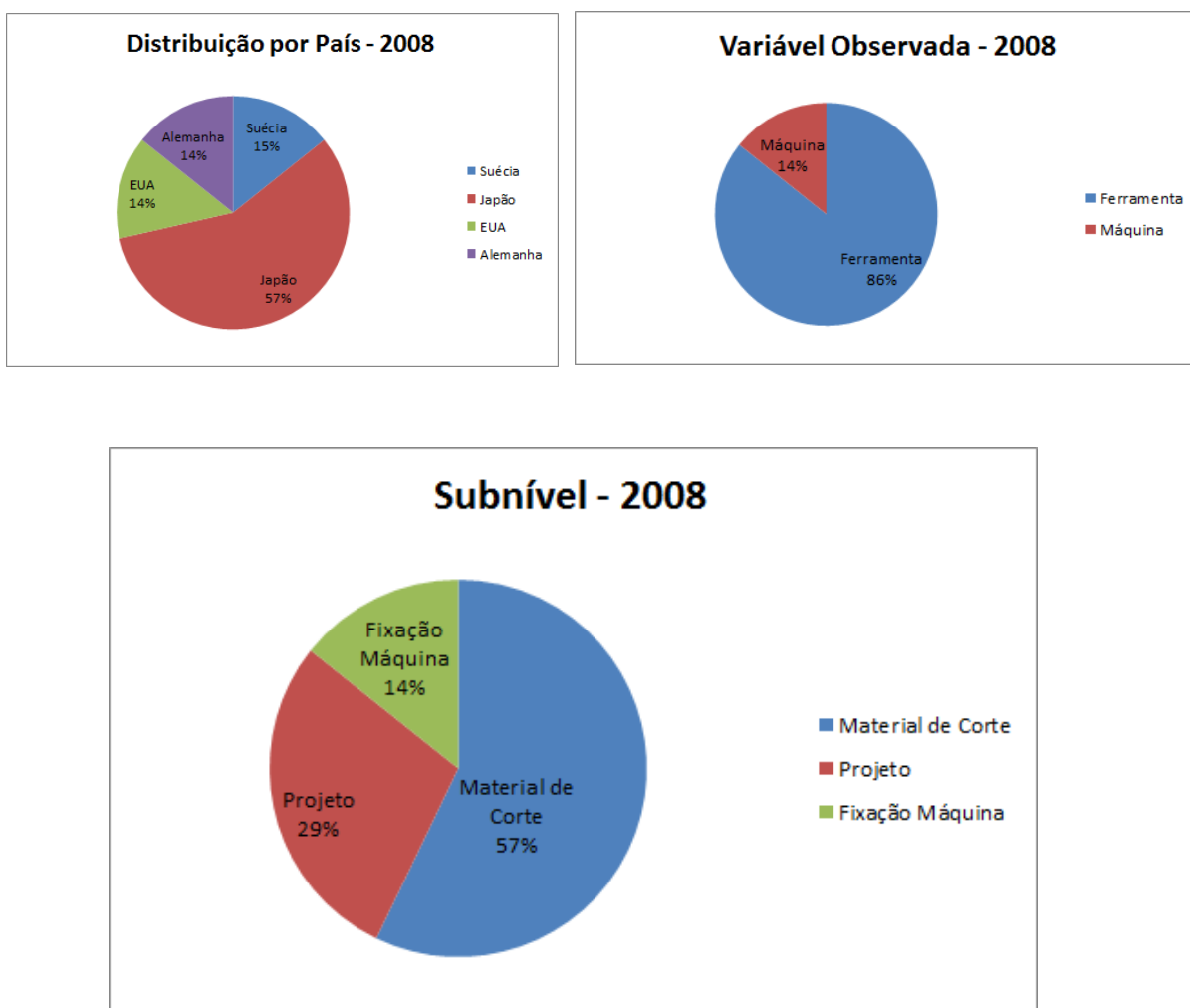
Na busca por resultados de cada uma das técnicas fez-se uma pesquisa com o campo único sendo preenchido com “High Speed Machining” e, novamente, com “High Speed Cutting”.

Figura 5.7 – Demonstração de Patentes por ano na Base ESPACENET



- a) 2008 - Dados da Pesquisa: Termo no “Title or Abstract”: High Speed Machining & High Speed Cutting; Data: 1/1/2008 a 31/12/2008; Número total: 24 ; Após Filtro (duplicatas, falsas entradas): 7

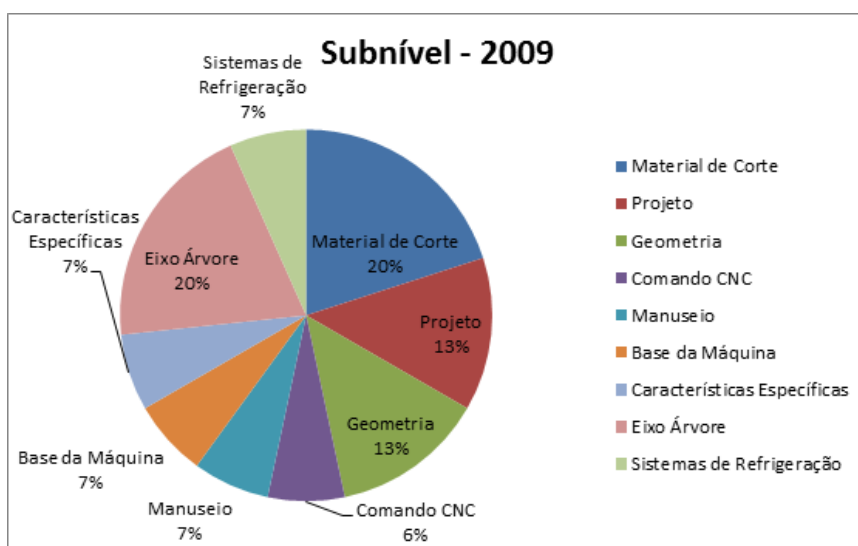
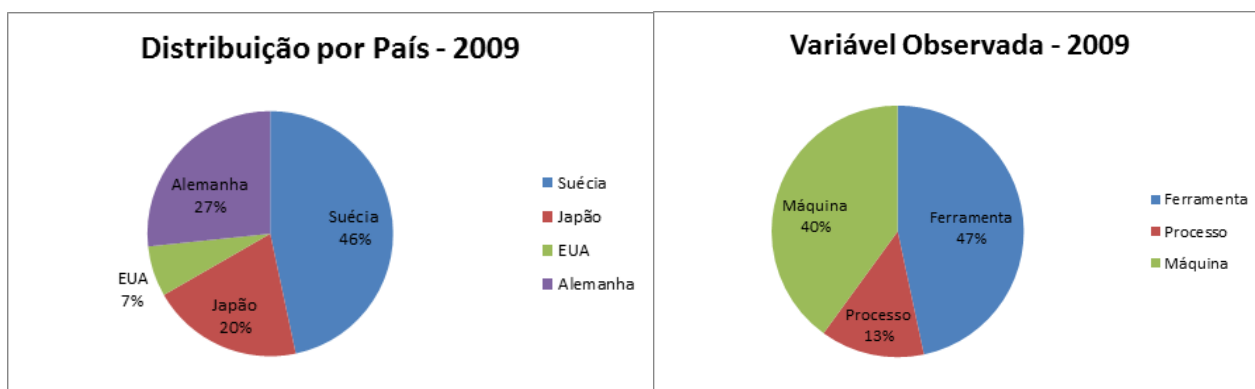
Figura 5.8 – Figuras Consolidados do ano de 2008



No ano de 2008, do total de 24 patentes emitidas sobre a tecnologia, apenas 7 tinham relação a algum parâmetro previamente determinado. Nota-se que o número absoluto de patentes do escritório europeu é bem inferior ao do americano. Dentre as 7 observadas, o Japão predomina em relação a origem das patentes emitidas. Seis das sete são relacionadas às ferramentas, dentre Material de Corte e Projeto.

- b) 2009 - Dados da Pesquisa: Termo no “Title or Abstract”: High Speed Machining & High Speed Cutting; Data: 1/1/2009 a 31/12/2009; Número total: 30 ; Após Filtro (duplicatas, falsas entradas): 15

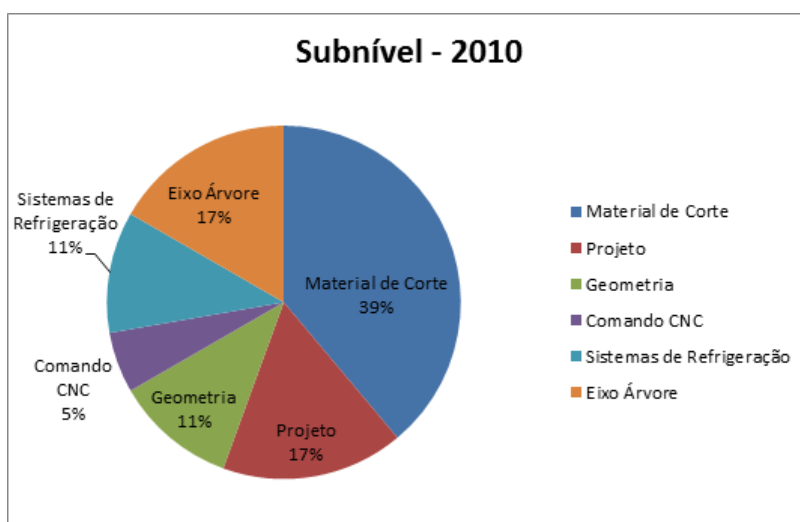
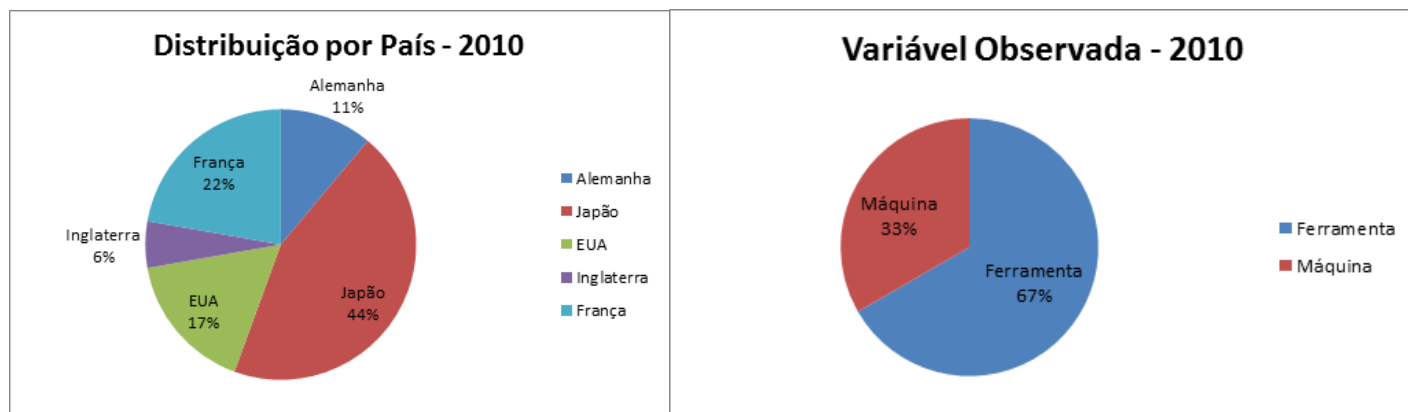
Figura 5.9 – Figuras Consolidados do ano de 2009



Já no ano de 2009, aumento significativo das patentes já filtradas, das 7 em 2008 para 15. Destaque para o predomínio europeu na distribuição por país, abocanhando 71% das patentes, divididos entre Suécia e Alemanha. Nas variáveis de processo, o predomínio das Ferramentas continua, porém quase empatado com Máquinas, o que reflete diretamente na distribuição dos subníveis, tendo destaque Material de Corte e Projeto (Ferramentas) e Eixo Árvore e Sistemas de Refrigeração (Máquinas).

- c) 2010 - Dados da Pesquisa: Termo no “Title or Abstract”: High Speed Machining & High Speed Cutting; Data: 1/1/2010 a 31/12/2010; Número total: 34 ; Após Filtro (duplicatas, falsas entradas): 18

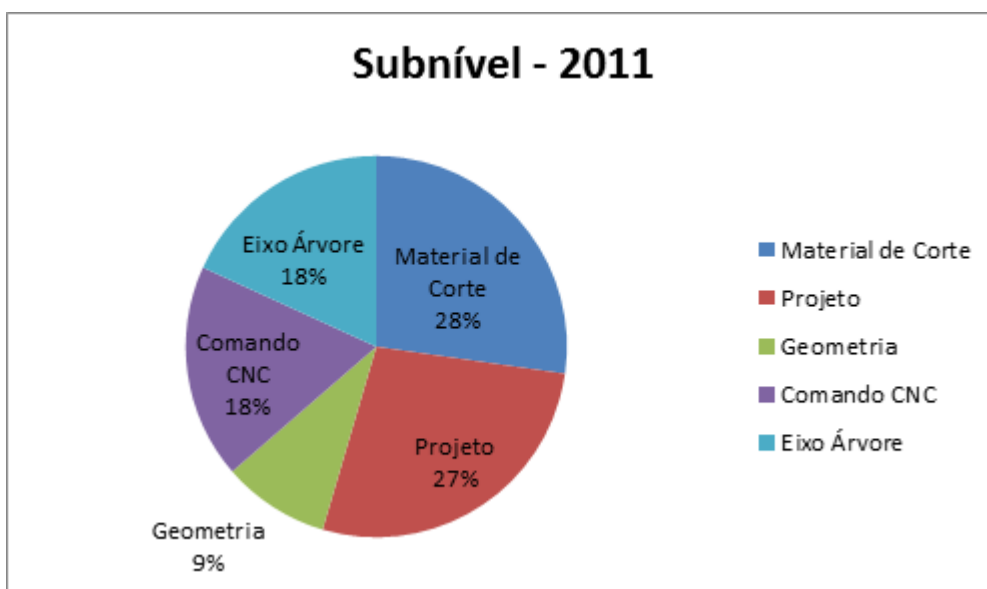
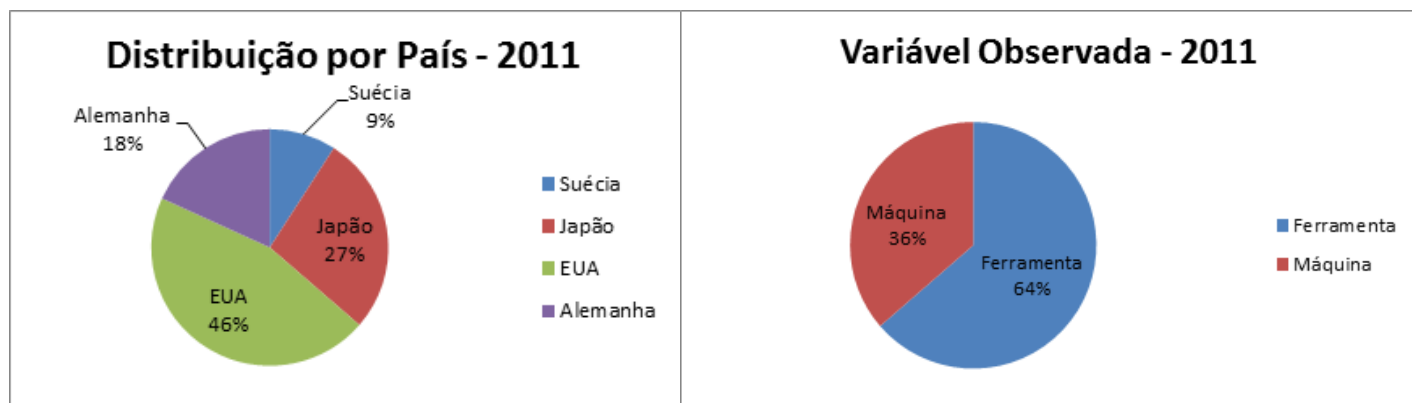
Figura 5.10 – Figuras Consolidados do ano de 2010



Em 2010, manteve-se o índice de crescimento das patentes emitidas já observada na base de patentes americana, saltando pra 30 citações e, depois do filtro, 18. Diferentemente de 2009, o Japão lidera com quase metade das patentes emitidas, seguido por França e EUA. A distribuição entre as tecnologias de processo permanece semelhante as observadas anteriormente, com predominância das Ferramentas (Material de Corte, Geometria da aresta e Projeto), e das Máquinas (Eixo Árvore e Sistemas de Refrigeração).

- d) 2011 - Dados da Pesquisa: Termo no “Title or Abstract”: High Speed Machining & High Speed Cutting; Data: 1/1/2011 a 31/12/2011; Número total: 29 ; Após Filtro (duplicatas, falsas entradas): 11

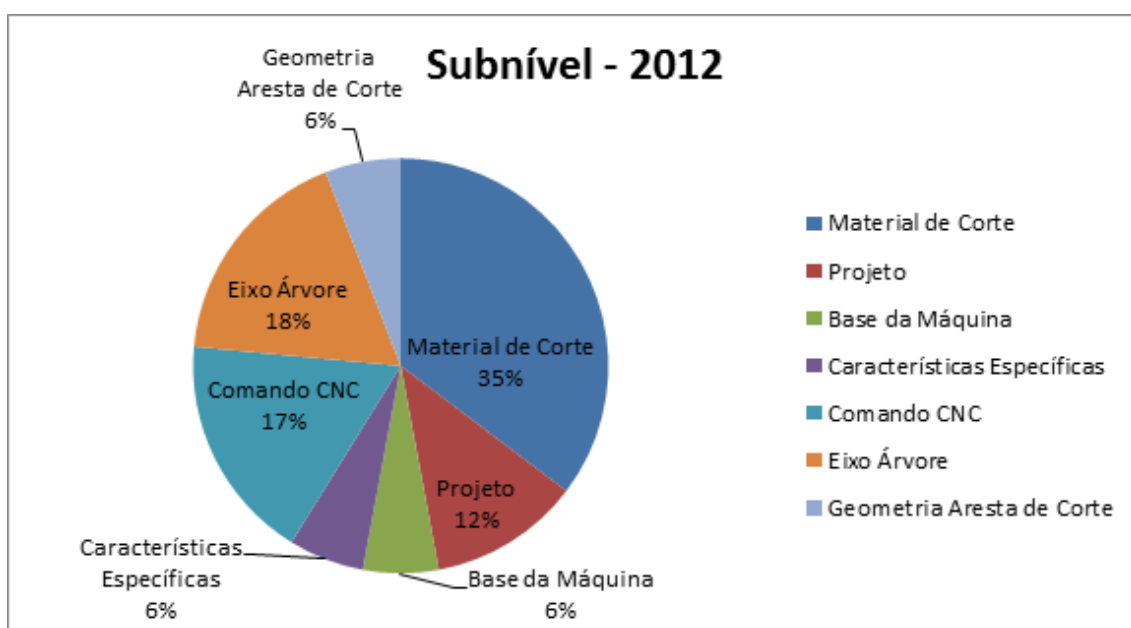
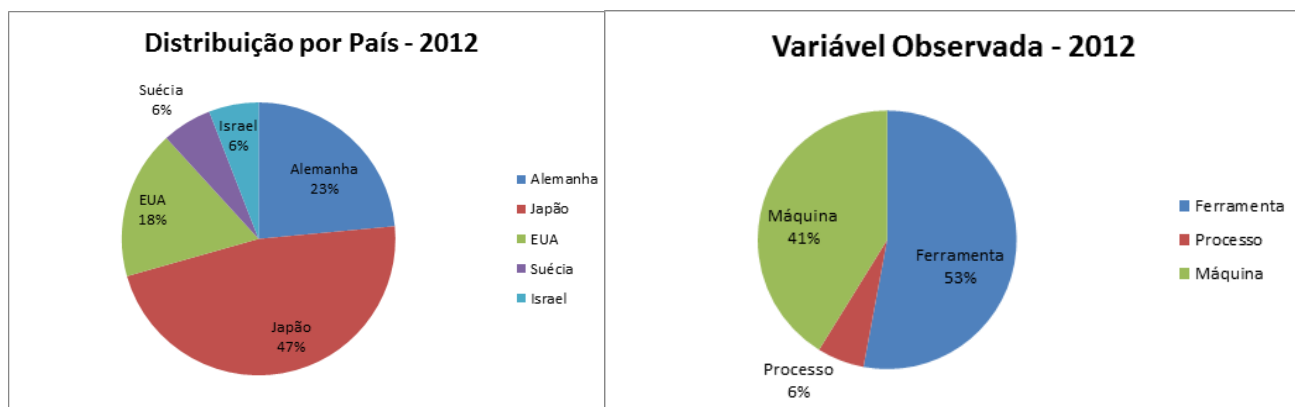
Figura 5.11 – Figuras Consolidados do ano de 2011



No ano de 2011, houve queda em relação as patentes emitidas em relação ao ano anterior, totalizando 11 emitidas. Predomínio dos EUA na distribuição por país e mantendo, praticamente, a mesma distribuição de variáveis do ano anterior, substituindo apenas os Sistemas de Refrigeração por Eixo-Árvore na variável de processo Máquinas.

- e) 2012 - Dados da Pesquisa: Termo no “Title or Abstract”: High Speed Machining & High Speed Cutting; Data: 1/1/2012 a 31/12/2012; Número total: 33 ; Após Filtro (duplicatas, falsas entradas): 17

Figura 5.12 – Figuras Consolidados do ano de 2012



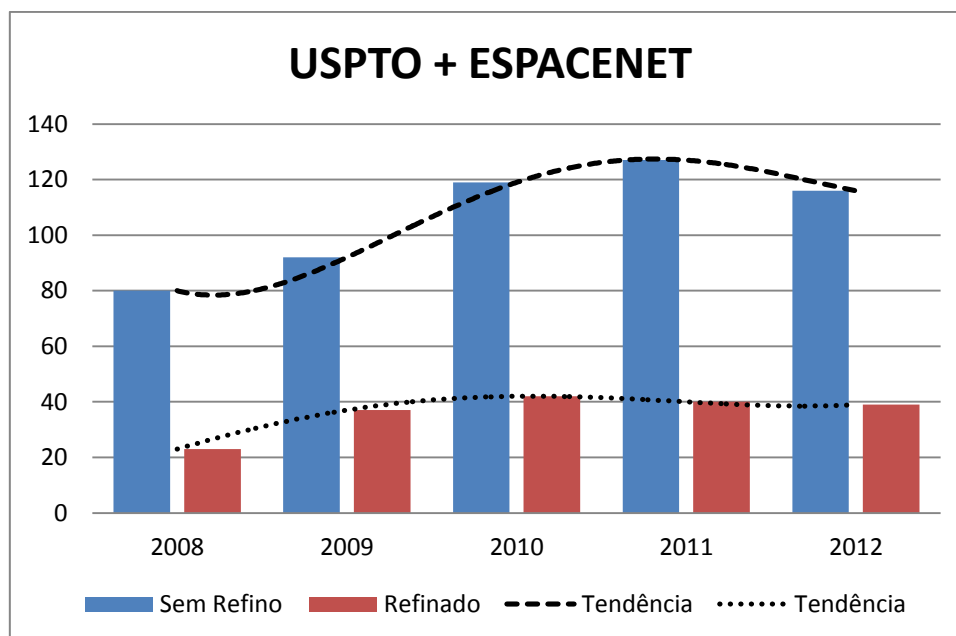
Em 2012, novo crescimento das patentes emitidas, 33 no total relacionados às Máquinas de Alta velocidade, restando 17 após a filtragem. Na distribuição por países, domínio japonês, com destaque para o aparecimento de Israel entre os países que mais emitiram patentes. Já nas variáveis de processo, Ferramentas (Material de Corte e Projeto) continuou na liderança, seguido das inovações em Máquinas (Eixo-Árvore e Comando CNC).

5.4 Consolidação de Resultados

Ao final da pesquisa nos bancos de patente, analisou-se 534 patentes (384 da USPTO e 150 da Espacenet). Após o refino das publicações (por motivos de dupla

entrada, falsa entrada, etc.), chegou-se ao número de 181 patentes válidas (113 USPTO e 68 da Espacenet), no período entre 2008 a 2012, conforme Figura abaixo.

Figura 5.13 – Figuras Consolidados das duas bases

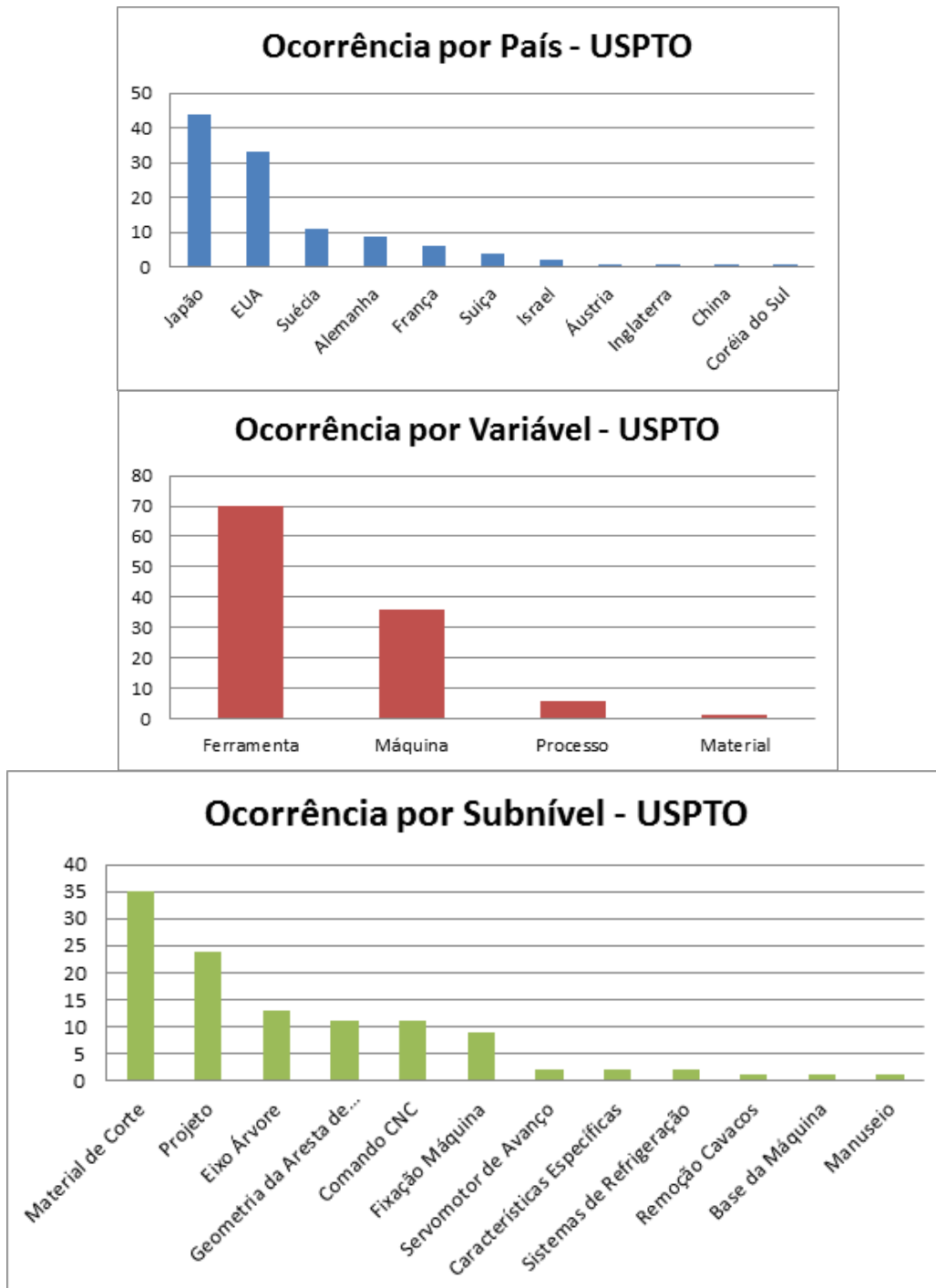


Das patentes pesquisadas, observou-se que um grande número dentre elas pertencia à área das ferramentas, em geral das tecnologias de aprimoramento do material de corte, geometria da aresta de corte, ou então projeto da ferramenta, que poderia abranger tanto material e geometria da aresta de corte como também a produção de uma ferramenta em camadas, de diferentes materiais.

A seguir, os Figuras consolidados por base de patentes e, em sequência, o consolidado geral USPTO + Espacenet.

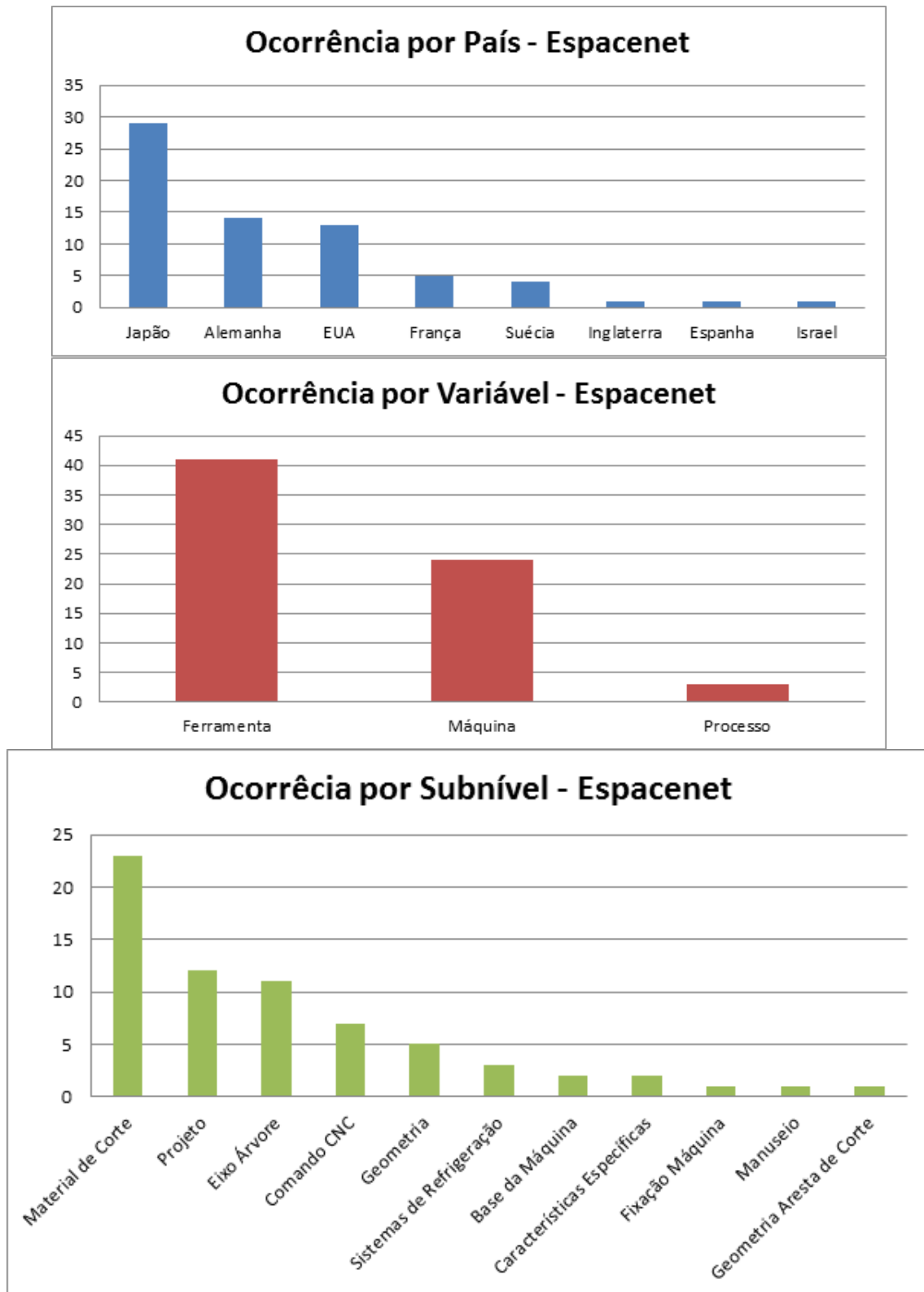
5.4.1.1.1 USPTO

Figura 5.14 – Figuras Consolidados USPTO



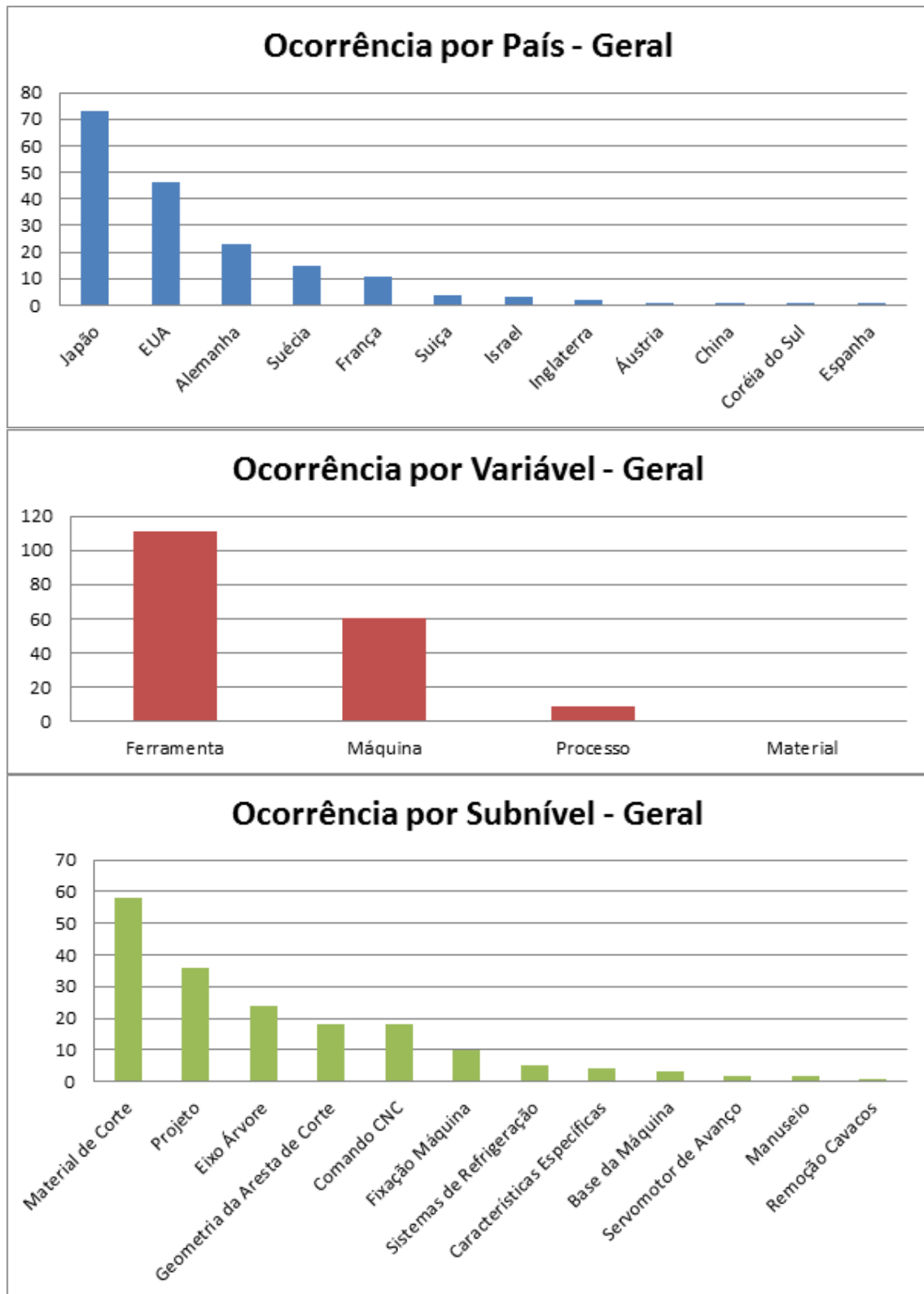
5.4.1.1.2 Espacenet

Figura 5.14 – Figuras Consolidados ESPACENET



5.4.1.1.3 Consolidado Geral

Figura 5.15 – Figuras Consolidados Geral



A variável que obteve maior número de contagens válidas foi Ferramenta (111 patentes). Dessas entradas da variável Ferramenta, destacam-se os seguintes sub níveis: Material de Corte (58 patentes), Projeto da Ferramenta (38 patentes) e Geometria da Aresta de corte (18 patentes).

Já a variável Máquina obteve um número de 60 contagens válidas. Os sub níveis que mais se destacaram foram: Eixo-Árvore (24 patentes), Comando CNC (18 patentes) e Fixação da Ferramenta (10 patentes). Os outros sub níveis também contabilizados foram: Sistemas de Refrigeração (5 patentes), Projeto da Base da Máquina (3 patentes), Servomotor de Avanço (2 patentes) e Remoção de Cavacos (1 patente).

As duas últimas variáveis e menos requisitadas para patentes foram Material (1 patente) e Processo (6 patentes). Os sub níveis do Processo foram: Características Específicas (4 patentes) e Manuseio da Peça (2 patentes).

Ao final da pesquisa, percebeu-se grande concentração de patentes na área de Ferramentas, tanto na USPTO quanto na Espacenet. Isso se deve, em grande parte, pelas alterações nas composições químicas de seus materiais que, em qualquer pequena alteração em algum componente, já eram novamente patenteadas.

Em relação aos países que originalmente fizeram o requerimento das patentes, percebe-se grande predominância do Japão e Estados Unidos no cenário das Máquinas de Alta Velocidade. Grande parte das patentes japonesas e suecas é da parte de material e projeto de ferramentas, tendo como destaques empresas como Sumitomo, Nissan, Kobe, Toshiba, Mitsubishi entre as japonesas e a predominância da Sandvik entre as suecas.

Após a contagem filtrada em ambas as bases de dados, pesquisou-se sobre as tendências em Máquinas de Alta Velocidade de forma que, respaldado nos dados de sites, periódicos e revistas especializadas, se pudesse, ou consolidar a pesquisa feita até então, ou mudar o foco da crença em certas tecnologias que se considerou até aqui promissoras de acordo com os números apresentados.

No próximo capítulo, a conclusão sobre como as empresas de todo mundo vem se preparando e antevendo o futuro desta tecnologia, mas antes um resumo qualitativo sobre o que foi visto nas patentes sobre as principais variáveis citadas, que foram:

Material de Corte, Projeto, Geometria da Aresta de Corte, Eixo-Árvore e Comando CNC.

5.5 Análise Qualitativa das Variáveis de Processo

a) Material de Corte

O material de corte das ferramentas foi a variável que mais apareceu na pesquisa, responsável por 32% do total. Entende-se por material de corte o revestimento da ferramenta. Diversas empresas estão investindo neste setor, como a Sandvik (Suécia), Sumitomo, Kyocera, Mitsubishi e Kobe Steel (Japão), Sncma (França) entre outras.

Notou-se diversos materiais e aplicabilidade para as ferramentas, desde revestimentos cerâmicos, como da francesa Sncma (US8206067) de uma broca para usinar materiais compósitos (figura 5.1) até revestimentos múltiplos em multi-camadas de Ti, Al, Cr, Si, como da sueca Sandvik (US 8227098 B2).

Entretanto, o material mais utilizado para revestimentos das ferramentas foi o Nitreto Cúbico de Boro, como, por exemplo, na patente (US 8017225 B2) da Mitsubishi. [47], [48]

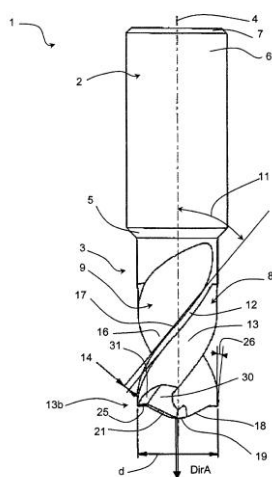


Figura 5.1 – Broca Sncma com Revestimento Cerâmico para Materiais Compósitos [47], [48]

b) Projeto da Ferramenta

Uma patente era designada para a variável projeto de ferramenta quando a propriedade intelectual requeria o reconhecimento de mais de uma característica da ferramenta, por exemplo, material de composição e/ou geometria de corte, além do revestimento, ou então até mesmo o formato/tamanho de grão da superfície.

Com quase 20% do total das patentes pesquisadas, apresenta o mesmo rol de empresas da variável Material de Corte, além da contribuição da Oerlikon, da Suíça. Como exemplo de patente emitida, temos a da japonesa Mitsubishi (US 7597511 B2), que contempla uma ferramenta com o revestimento superficial de Óxido de Alumínio e Titânio, com formato de grão definido poligonal (figura 5.2). [47]. [48]

FIG. 1A

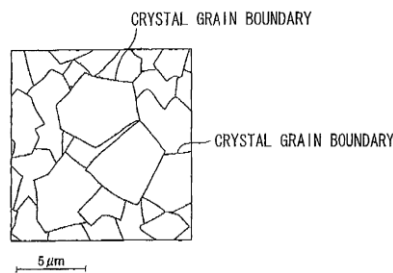


FIG. 1B

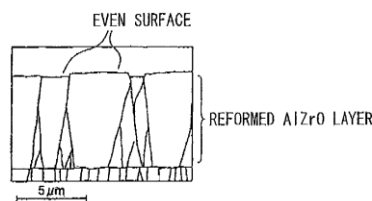


FIG. 1C

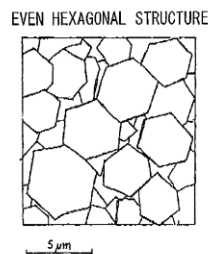


Figura 5.2 – Formato de Grão da Ferramenta da Mitsubishi [47], [48]

c) Geometria da Aresta de Corte

A variável geometria da aresta de corte aparece em quarto lugar em ocorrências, aparecendo em 10% das patentes pesquisadas. Referem-se, majoritariamente, a novos formatos e ângulos das arestas de corte e quantidade de faces cortantes.

Na distribuição por empresas, manteve-se o predomínio das japonesas (Mitsubishi, Kyocera, Sumitomo, etc) com destaque também para as americanas 3M e Kennametal e da israelense Iscar.

Como exemplo de patente, podemos citar a da Iscar (US 8231311 B2) que apresenta um novo formato pentagonal prismático, conforme figura 5.3. [47],[48]

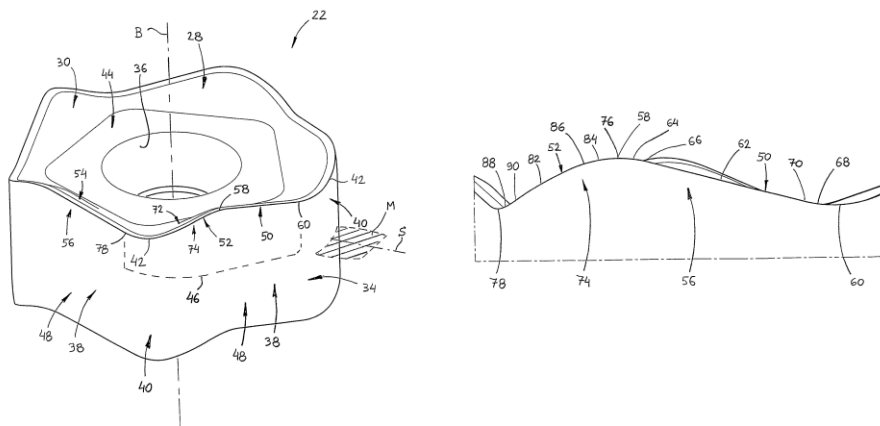


Figura 5.3 – Ferramenta pentagonal prismática da Iscar [47], [48]

d) Comando CNC

Também com 10% de ocorrência, o Comando CNC apresentou 18 patentes emitidas de 2008 a 2012, sendo predominantemente de empresas japonesas e americanas. Empresas como Hitachi, Hurco, Mori Seiki, Toshiba foram as que mais lançaram patentes sobre o assunto.

Entre todas as patentes analisadas, duas destacam-se: a primeira da japonesa Hitachi (US 7522262 B2) que é um novo método de determinação do ponto de

referência do centro da ferramenta e a segunda, da também japonesa Toshiba (US 7941240 B2), que é um comando CNC para posicionamento da ferramenta para usinagem oblíqua num centro de usinagem de alta velocidade de 5 eixos, conforme figura 5.4. [47], [48]

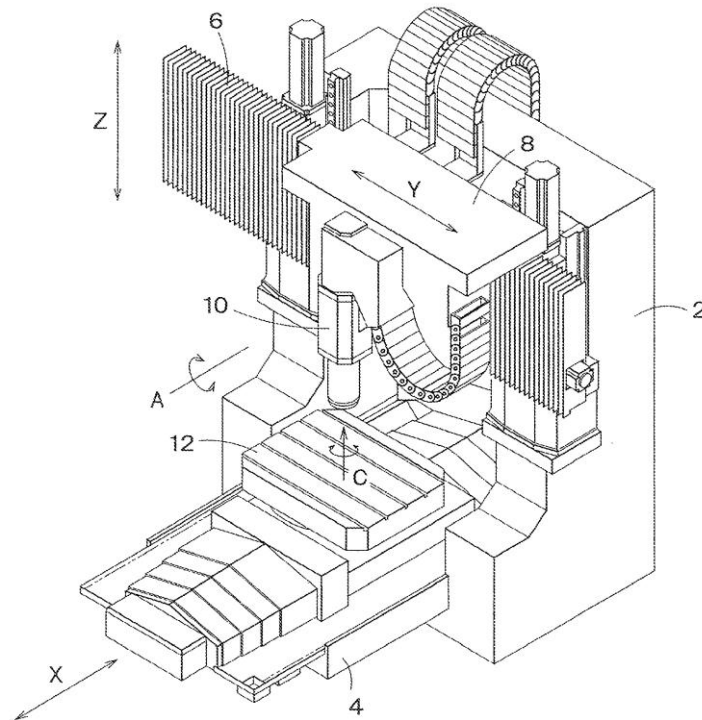


Figura 5.4 – Centro de Usinagem Alta Velocidade 5 eixos [47], [48]

e) Eixo-Árvore

A última variável analisada teve quase 15% das patentes, tendo total de 25 emitidas. Também conhecido como *spindle*, pode ser somente o eixo de rotação que transmite o movimento ou então todo o conjunto que também abrange a ferramenta.

Em relação às empresas requerentes, Kennametal (EUA), Siemens (Alemanha) e Honda (Japão) foram as que mais se destacaram nessa variável.

Entre as patentes analisadas, destaca-se a da japonesa Honda (US 8167781 B2) que é uma máquina ferramenta de alta velocidade de multi-eixos com cabeça substituível. [47], [48]

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

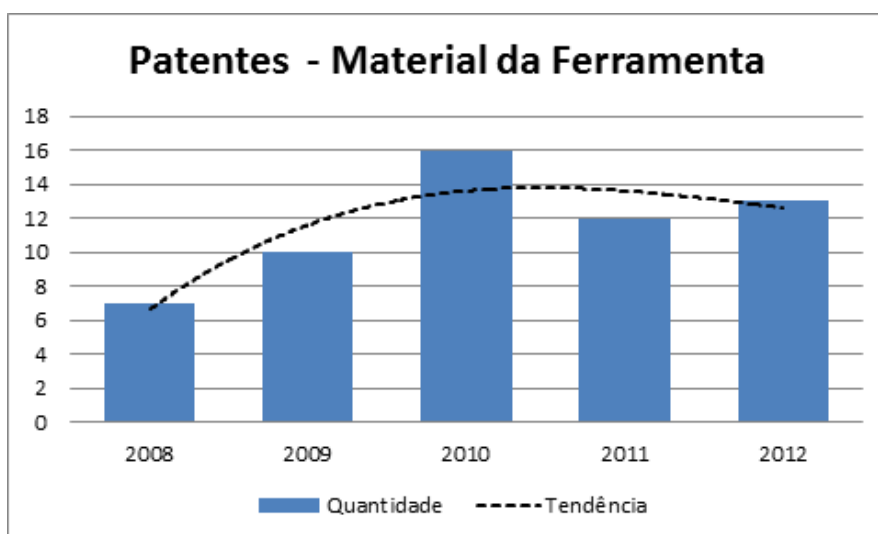
A produção orientada em HSC teve início em 1976, com a indústria aeroespacial e, ainda hoje, este é o ramo que mais utiliza esta tecnologia como ferramenta de produção.

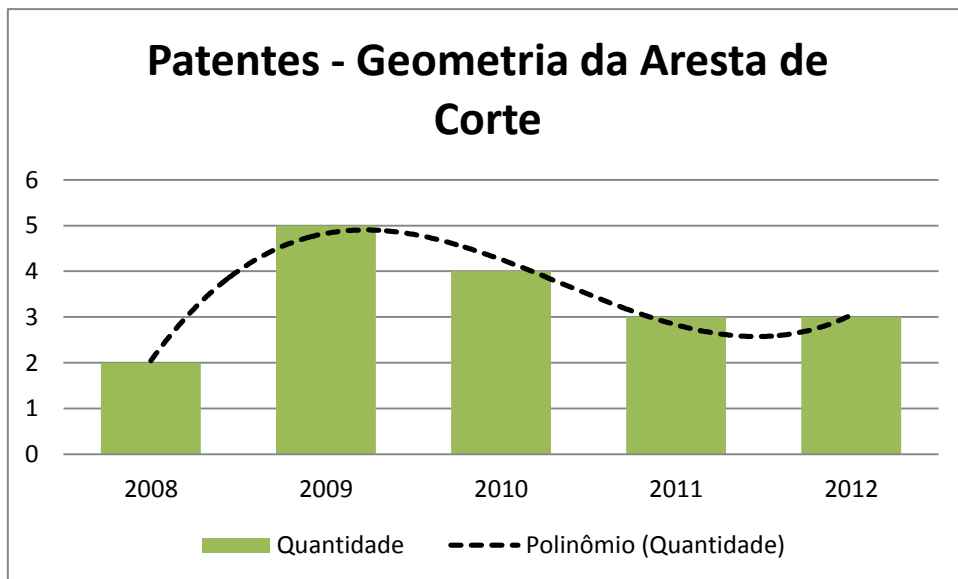
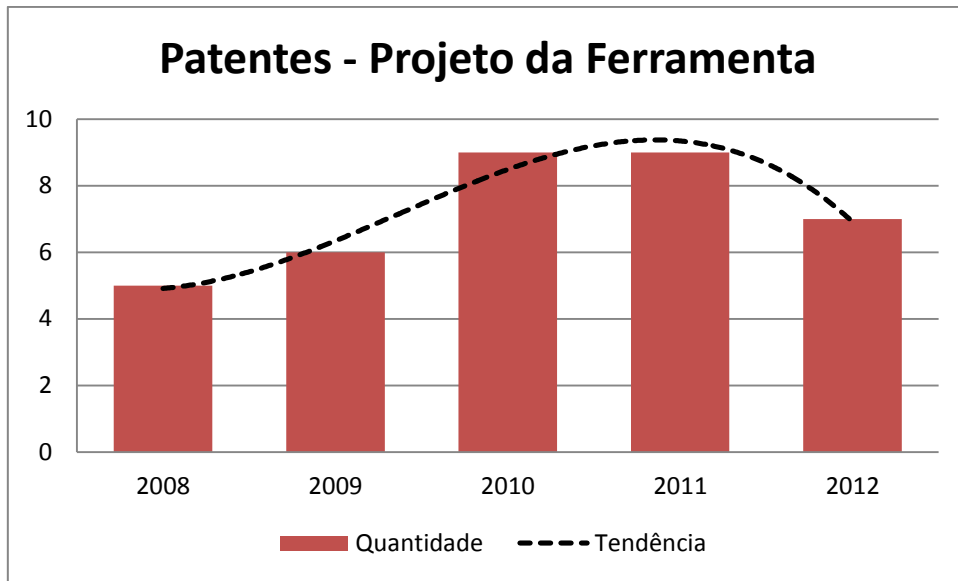
Mesmo assim, 40 anos depois de seu lançamento, segundo o boletim de monitoramento tecnológico do CNI/SENAI de 2010 sobre a IMTS (*International Manufacturing Technology Show*) ainda lista o HSM/HSC como uma tecnologia de processo emergente. Neste mesmo, notou-se que cada vez mais as máquinas de alta velocidade estão sendo incorporadas nos centros de usinagem convencionais, tendo como diferencial as altíssimas velocidades de corte e maiores taxas de remoção de cavaco.

Analisando as variáveis relacionadas aos processos das Máquinas de Alta Velocidade, notou-se que a maioria delas não obteve um número mínimo para se pudesse levar a análise de patentes, no período entre 2008 e 2012, em consideração.

Os parâmetros que obtiveram mais do que 12 citações de patentes no período serão melhores analisados, são eles: Ferramenta (Material de Corte, Geometria da Aresta de Corte e Projeto) e Máquinas (Eixo Árvore e Comando CNC).

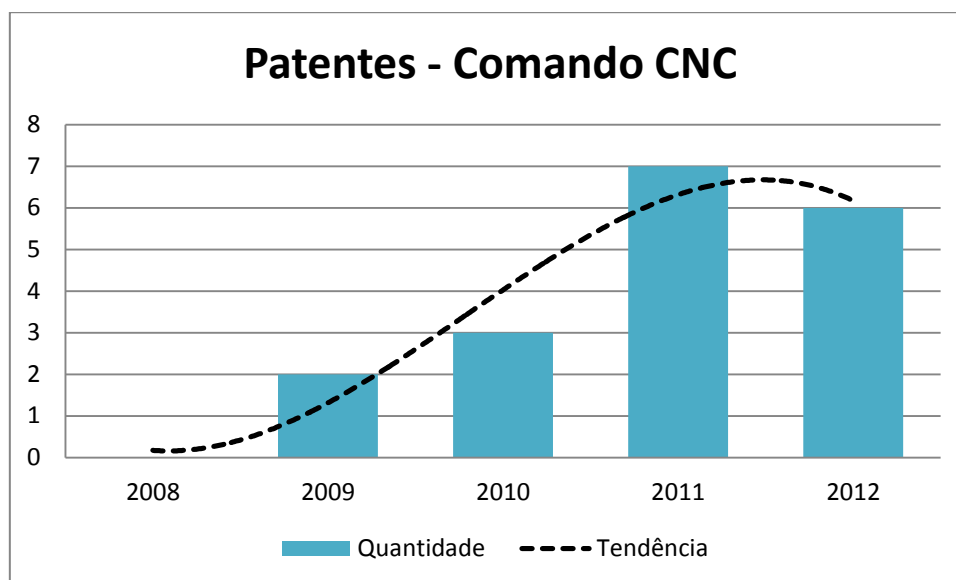
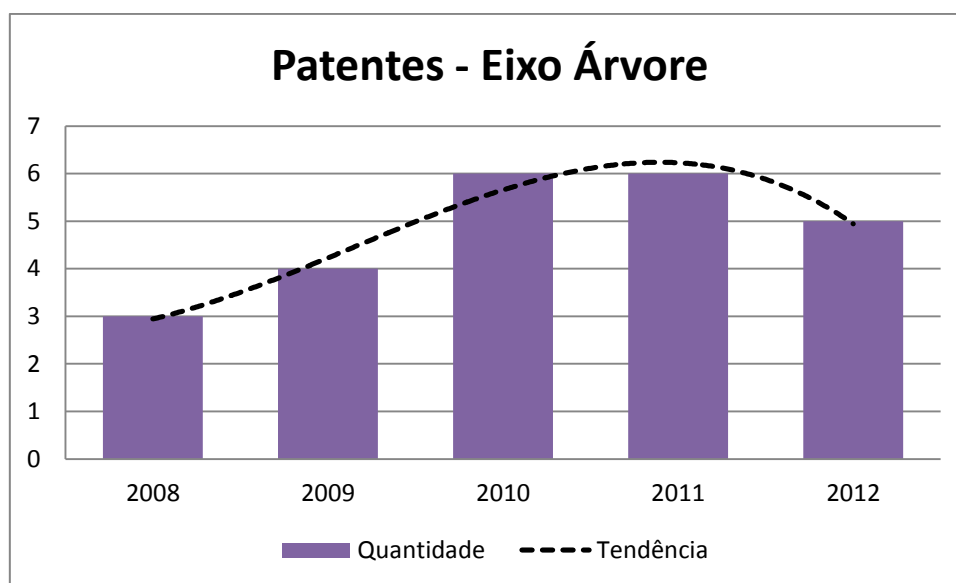
Figura 6.1 – Figura de ocorrência da variável Ferramenta





As três variáveis relacionadas à Ferramenta apresentam praticamente a mesma curva de tendência, tendo o ápice de patentes emitidas no ano de 2010. De lá pra cá, houve uma pequena queda nos anos posteriores, seguidos de uma estabilização. Na direção contrária, a variável “Máquinas” apresenta uma crescente a partir do ano de 2010, como se pode perceber nas variáveis sobre Eixo Árvore e de Comandos CNC.

Figura 6.2 – Figura de ocorrência da variável Máquina



Tal tecnologia de processo já evoluiu muito durante as últimas décadas e ainda se mantém o fôlego de inovação. Apesar da área de Ferramentas predominar o requerimento de patentes, vemos cenários praticamente inexplorados nesses últimos 5 anos como os Servomotores de Avanço, Remoção de Cavaco, Sistemas de Refrigeração entre outros.

Baseado em pesquisas em periódicos, revistas especializadas e sites, além das patentes, chegou-se a resultados que resumem pontos de interesse de uma maneira geral, sobre as tendências tecnológicas sobre Máquinas de Alta Velocidade. São eles:

a) Implementação do conceito de Máquinas de Alta Velocidade

Entende-se por implementação do conceito de Máquinas de Alta Velocidade a incorporação dos parâmetros de corte em alta velocidade a centros de usinagem convencionais, ou seja, máquinas ferramentas gerais já estão sendo produzidas e vendidas com capacidade de operar com parâmetros de máquinas de alta velocidade. Com isso, ganha-se em produtividade e competitividade pois, como demonstra o estudo de caso deste mesmo trabalho, os tempos de usinagem são bem menores. (IMTS 2010)

b) Custo do Maquinário

Uma das grandes preocupações da indústria hoje em dia é a redução de custos do maquinário. Apesar de se encontrar centros de usinagem de alta velocidade usados no mercado, os custos das máquinas mais modernas ainda são extremamente altos em comparação com o parque industrial nacional. Outro fator que deve ser levado em consideração é a capacitação de funcionários para operar essas modernas máquinas, o que aumenta a curva de aprendizado do operário em relação ao retorno de investimento. [49]

c) Usinagem com 5 eixos

A demanda por melhores acabamentos e por tolerâncias mais apertadas cresce na mesma proporção que os produtos se tornam mais sofisticados e as peças, mais complexas. A usinagem com cinco eixos surge e se mantém para atender essas necessidades. Os usuários podem utilizar o recurso do quarto e quinto eixos para orientar a ferramenta ou a peça em várias posições antes de iniciar a usinagem. Em outras aplicações mais avançadas, o recurso é usado para movimentar todos os eixos simultaneamente durante o corte. Dessa forma, é possível criar geometrias complexas como rotores, palhetas e discos com palhetas integradas, por exemplo.

Resumidamente, a utilização da estratégia de usinagem com cinco eixos torna-se importante e necessária nas mais diversas áreas de aplicação para produzir geometrias complexas em peças de elevada precisão de forma. Sua aplicação tem sido ampliada também para a fabricação de componentes para a indústria de energia, indústria médica e aeroespacial, além do segmento de moldes e matrizes. [49]

d) Múltiplos Eixos Árvores

Na medida em que as empresas se esforçam para ganhar vantagens competitivas, certamente as soluções inovadoras apresentadas por muitos expositores no campo das máquinas com múltiplos eixos árvores vão se difundir ainda mais no chão de fábrica nos próximos anos. Os resultados esperados são o aumento da produtividade e a redução dos ciclos de tempo. Além da combinação de operação na mesma máquina, os fabricantes estão usando cada vez mais o conceito de operação simultânea. Entre os ganhos com o uso desse recurso, incluem-se redução do número de máquinas, menor quantidade de fixações e preparações, redução no ciclo e garantia de melhor precisão.

e) Comandos CNC

Embora as unidades de comando numérico computadorizados (CNC) continuem a avançar em velocidade e capacidade de processamento, para atender aos desafios na usinagem com múltiplos eixos, os fabricantes não negligenciaram as necessidades das máquinas para executar operações básicas. Eles também são mais eficientes no que se refere ao gasto energético e em questões de manutenção e, graças a interface gráfica, são mais facilmente operáveis.

Para essas classes de máquina, os softwares integrados aos comandos para programação no chão de fábrica estão se tornando mais intuitivos e flexíveis. Adicionalmente ao rol de possibilidades da tecnologia CNC, a comunicação e a interconectividade para integração mais fácil com acessórios do tipo tablet e com a web movem-se de forma rápida para condição de plug and play (ligar e executar).

f) Ferramenta de Corte

A tecnologia utilizada em ferramentas de corte continua sendo a área de mudança mais rápida na usinagem, conforme mostra o número de patentes. Novas ferramentas que podem gerar um impacto significativo na eficiência dos processos nas fábricas continuam a ser introduzidas. Nas aplicações mais tradicionais, os desenvolvimentos baseiam-se na concepção de geometrias adequadas para reduzir as forças de corte, minimizar formação de rebarbas e otimizar a quebra de cavacos.

As inovações também ocorrem com muita frequência em busca do revestimento certo para reduzir os desgastes e maximizar a vida da ferramenta e na incorporação de mais arestas de corte nas pastilhas, para otimizar o custo. De outro lado, o uso de materiais leves, como ligas de titânio, alumínio, magnésio, aços avançados de alta resistência e plásticos reforçados com fibra de carbono (CFRP), para se obter estruturas mais leves e mais rígidas, continua crescendo. A indústria aeroespacial tem liderado essas aplicações, conforme citado no início do capítulo e, agora, a indústria automotiva já começa a se tornar a nova força propulsora da aplicação, por exemplo, do CFRP. Isso tem exigido novos desenvolvimentos na área de ferramentas de corte.

Em ambos os casos, os desafios são reduzir desgastes, aumentar a vida para reduzir a frequência de troca, reduzir tempos de usinagem e aumentar a segurança e confiabilidade do processo. Tudo levando-se em conta que o aumento da vida da ferramenta é função da sua correta aplicação, da rigidez da interface de fixação e do programa realizado pelo software de programação. [49]

g) Sistemas de Fixação

As máquinas não podem ser vistas isoladamente. Elas são sistemas nos quais cada componente e acessório precisa trabalhar como parte de um conjunto para aumentar a eficiência geral e, ao mesmo tempo, diminuir problemas de segurança e os impactos ambientais. Não se pode pensar em adquirir uma nova máquina sem

considerar seus acessórios, as ferramentas de corte, os dispositivos de fixação necessários para atingir o potencial total de produtividade.

Os dispositivos de fixação, por exemplo, estão diretamente relacionados com os programas de redução de tempo de preparação (setup), que são, frequentemente, a parte inicial do processo de implementação da manufatura enxuta. Os atuais desenvolvimentos em sistemas de fixação focam-se principalmente nas trocas rápidas de trabalho para aumento da flexibilidade.

Na usinagem com cinco eixos, as fixações projetadas para garantir o espaço mínimo necessário para a realização dos movimentos complexos da ferramenta e peça são essenciais. Manter as ferramentas curtas e rígidas para evitar flexão e vibração frequentemente envolve estratégias de fixação. Células de trabalho robotizadas e outros sistemas automatizados de carga, movimentação e descarga de peças nas máquinas quase sempre requerem garras, paletes, ferramental, interfaces e outros itens cuja operação depende do sistema de fixação da peça. [49]

6.1 Análise das Tendências Gráficas (S-Curve)

Aplicando o conceito de análise da maturidade da tecnologia de Altshuller, de acordo com as curvas “S” propostas por ele, foram traçadas as linhas de tendência de acordo com os dados coletados nos bancos de patente. Elas foram aproximadas por uma equação polinomial de quarta ordem, com ajuda do software Microsoft Excel.

A variável escolhida para ser analisada foi Comando CNC:

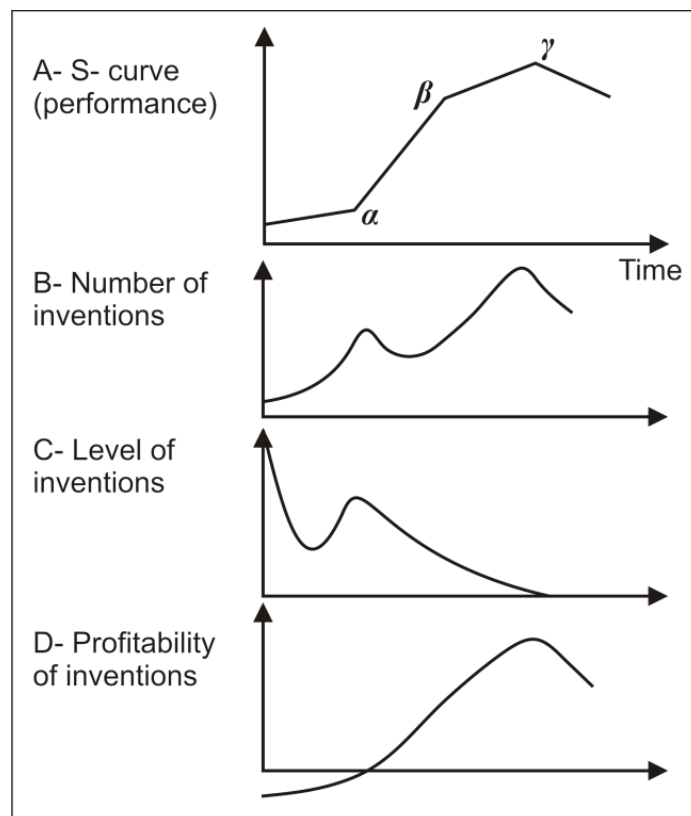
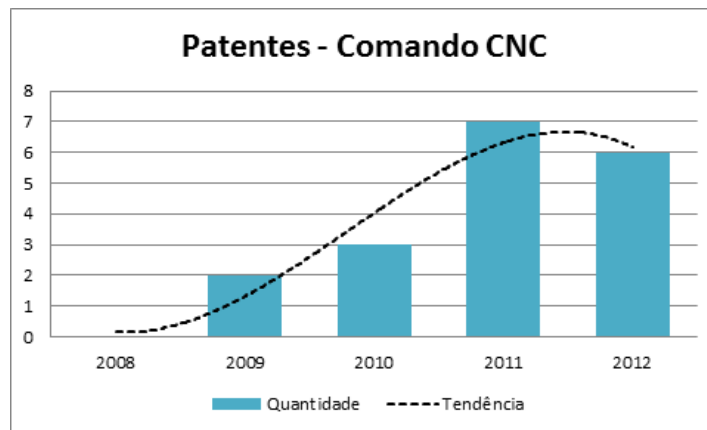


Figura 6.1 – Curvas S de Altshuller [44]

A figura 6.1 acima representa esquematicamente uma curva representando um sistema, desde a infância até a maturidade, com uma fase de desenvolvimento inicial lento terminando no ponto alfa, uma fase de desenvolvimento rápido que termina no ponto beta e uma próxima fase de desenvolvimento lento igualmente à primeira fase que termina em gama. A partir daí, dependendo da maturidade da tecnologia, ela pode tomar 3 caminhos (queda, se manter, ou nova subida).

Sabemos que o desenvolvimento do Comando CNC não se iniciou em 2008, porém essa análise pode ser usada também para períodos selecionados de tempo.

Passando para a análise gráfica, o período de desenvolvimento alfa está representado no período entre os anos 2008 a 2009, quando se tem poucas patentes lançadas em número absoluto e pouco rentáveis, porém bastante elaboradas no que se refere ao nível de inventividade.

Já a fase beta é caracterizada pelos anos 2010 a 2011, com alto número de patentes emitidas, já com algum retorno sobre o investimento realizado, entretanto já com o nível das invenções não sendo mais como no período alfa.

A fase gama encontra semelhança no período de 2012, quando praticamente se manteve o número de emissões só que agora com alto retorno financeiro. O ponto antagônico é que o nível de inventividade praticamente inexistente, tendo as patentes como princípio norteador apenas pequenas melhorias nas invenções antigas.

7 – Referências Bibliográficas

- [1] TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DO SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES NO BRASIL: A TECNOLOGIA VoIP . Disponível em: www.economiaetecnologia.ufpr.br/.../ANPEC-Sul-A4-16-trajetoria em 14/03/2013
- [2] ABIMAQ – A História das Máquinas Abimaq 70 anos – São Paulo 2006 – Magma Cultural e Editora
- [3] MOORE, W. R. *Foundations of Accuracy*. TMSTC. 1989.
- [4] SPUR, G.; STÖFERLE, Th. *Handbuch de Fertigungstechnik* - vol. 3. Viena: Carl Hanser Verlag, 1979.
- [5] STOETERAU, R. L.; BACK, N. *Especificação e Princípios Básicos de Máquinas-Ferramentas de Precisão para Usinagem com Ferramentas de Geometria Definida*. LMP/UFSC, 1996. Publicação interna.
- [6] Foto do Torno Horizontal de Verbruggen. Disponível em http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jan_Verbruggen_Foudary_Drawing_47_Horizontal_Boring_Machine.JPG, em 21/04/2013.

- [7] Apostila de Torneamento MM Borges. Publicação Interna. Disponível em: <http://mmborges.com/processos/USINAGEM/TORNEAMENTO.htm> em 25/04/2013
- [8] Foto de Torno Mecânico Convencional retirado no site da Atlasmaq, disponível em: www.atlasmaq.com.br em 30/04/2013
- [9] SENAI-RJ – Noções de Tornearia – 2007 – Curso de Operador a Usinagem de Motores Peugeot.
- [10] Foto retirada em <http://www.kone.com.br/novo/>, em 01/05/2013
- [11] NOVAES, R. C. R., ZIEDAS, S. Tecnologia Aplicada I – Trator. 1º Edição. São Paulo : SENAI SP, 1997. 199p.
- [12] DALPIAZ et al, Furadeira – Projeto de Graduação em Engenharia Mecânica – PUC-RS – Porto Alegre, 2008.
- [13] SENAI-SC – Publicação Interna – Parte 5 – Operação de Furação
- [14] PEZZANO, P.A. – Tecnologia Mecânica – Maquinas Hierramientas – Libreria y Editorial Alsina 1967, Argentina.
- [15] DE MAQUINAS Y HIERRAMIENTAS – retirado de www.demaquinasyherramientas.com em 30/07/2013, às 22:30.
- [16] Foto retirado no site da Atlasmaq, disponível em: www.atlasmaq.com.br em 30/05/2013
- [17] Foto Cames retirado no site www.wikipedia.com/come em 10/08/2013
- [18] THYER, G. E. Computer Numerical Control of Machine Tools. Nova Iorque: Industrial Press, 2ª edição, 1991.
- [19] Figuras retiradas e Texto adaptado de Apostila CNC – Fitas Perfuradas – Instituto Federal do Pará – 2009 – Disponível em <http://pt.scribd.com/doc/34423323/34/%E2%80%93-Fitas-perfuradas>, em 05/06/2013
- [20] GASPAR, Marcos - A melhoria contínua em processos produtivos, com a utilização da tecnologia CNC, na indústria metal-mecânica. Faculdade de Tecnologia Zona Leste – São Paulo, 2009 – Disponível em www.fateczl.edu.br/TCC, em 10/06/2013

- [21] Foto do centro de usinagem CNC retirada do site www.caxambu.com.br, em 25/06/2013
- [22] FERRARI, Alfredo V. F. – A Anatomia dos Tornos Automáticos de Acionamentos Mecânicos – São Paulo – Maio 2004.
- [23] Disponível em <http://multimaquinas.net/centro-de-usinagem-giben-5-eixos/>, em 08/08/2013
- [24] Disponível em <http://www.usinagem-brasil.com.br/6309-romi-entra-no-mercado-de-maquinas-de-5-eixos/>, em 08/08/2013
- [25] Disponível em http://www.ferramentasnordeste.com.br/portal/index.php?option=com_virtuemart&Itemid=207&category_id=82&page=shop.browse&limit=15&limitstart=0&vmcchk=1&Itemid=207, em 08/08/2013
- [26] Carvalho, J., "Conceitos Básicos em Prototipagem Rápida" apud Allan André Disponível em: http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/prototipagem.html .Acesso em: 15/05/2013
- [27] "An Introduction to Rapid Prototyping ". Disponível em : http://www.efunda.com/processes/rapid_prototyping/intro.cfm .Acesso em : 15/05/2013
- [28] Volpato, N., et al, 2007, Prototipagem Rápida – Tecnologias e Aplicações. 1 ed. São Paulo, Edgard Blucher.
- [29] Alves, F., J., L., Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~falves/cranio2.jpg>. Acesso em: 30/05/2013
- [30] "Factory of Factories" Disponível em: <http://www.factoryoffactories.com/Images/icons/llmrte.jpg> . Acesso em: 15/03/2013
- [31] Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Corte_com_jato_de_%C3%A1gua, em 10/08/2013
- [32] SCHULZ, H. e MORIWAKI, T. High Speed Machining. Annals of the CIRP, [S.l: s.n.], v. 41/21/1992.

- [33] SCHULZ, H. PTW Research Activities in the field of High Speed Machining. In: High Speed Machining. Do original alemão: Hochgeschwindigkeits-bearbeitung. Alemanha: Carl Hanser Verlag, Cap. 1, p.1-19, 1996.
- [34] FINZER, T. The HSC Technology. In: SEMINÁRIO USINAGEM EM ALTISSIMA VELOCIDADE DE CORTE, 1º, Anais. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1997.
- [35] DEONISIO, C.C.C. Usinagem em Alta Velocidade de Corte – Aplicações. In: WORKSHOP DE USINAGEM EM ALTA VELOCIDADE DE CORTE (HSC), Anais. São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 1998
- [36] STOCKLER, J C. – Highspeedcutting – Publicação Interna - UFRJ 2008.
- [37] “Industrie & Technologie”, n.952, Março 2013.
- [38] - Adaptado da tese de doutorado que o prof. Naveiro passou. **Fernando Labouriau**
- [39] Jagher,T.,“BUSCA EM BANCO DE DADOS DE PATENTES”, *Agência de Inovação / UTFPR* . Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/medianeira/estrutura/diretorias/direc/downloads/PROCEDIMENTOPARAPESQUISAUMAPATENTE.pdf> .Acesso em: 28/03/2013.
- [40] Coelho,G.,M.,“PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA: METODOLOGIAS E EXPERIÊNCIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS”, *Projeto CTPETRO / INT*, Janeiro 2003 . Disponível em: http://www.davi.ws/prospeccao_tecnologica.pdf .Acesso em: 13/08/2013.
- [41] Kupfer,D.,Tigre,P., “MODELO SENAI DE PROSPECÇÃO: DOCUMENTO METODOLÓGICO”. *OIT/CINTERFOR*, Montevideo, Junho 2004. Disponível em: http://www.ie.ufrj.br/gic/pdfs/modelo_senai_de_prospeccao_cap2.pdf . Acesso em: 13/08/2013.
- [42] Zanusso, M., “DATA MINING”. Disponível em: http://www.dct.ufms.br/~mzanusso/Data_Mining.htm . Acesso em:13/08/2013
- [43] “O QUE É DATA MINING”. Disponível em: <http://www.alvoconhecimento.com.br/2008/04/saiba-o-que-e-data-mining/> .Acesso em: 13/08/2013.

- [44] ALTSHULLER, G. S. **40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation**. Worcester, MA, USA: Technical Innovation Center, 2002. 135 p.
- [45] Trabalho disponibilizado pelo Professor Ricardo Naveiro, em 10/08/2013 - The role of intellectual property in new product development.
- [46] DARWIN, Cibele – Os Benefícios da Inovação Tecnológica na Ferramentaria de uma Indústria Automobilística: Utilizando o Conceito da Usinagem em Alta Velocidade Disponível em: Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 10, nº 3, p. 51-59, julho/setembro 2003
- [47] “ Base de dados USPTO” . Disponível em : <http://www.uspto.gov/> . Acesso em: 30/07/2013.
- [48] “Base de dados ESPACENET”. Disponível em: <http://www.epo.org/searching/free/espacenet.html> . Acesso em: 30/07/2013.
- [49] Adaptado de Máquinas e Metais, Revista. Diversas Edições – 2008 a 2012

APÊNDICE 1 – Fornecedores de HSM

Tecno-How – Representante no Brasil da Hermle.
R. Maria Leonete da Silva Nobrega, 254
05454-010 - São Paulo - SP
(011) 3021-8839

Indústrias Romi S.A.
Avenida Pérola Byington, 56
Santa Bárbara d'Oeste - SP - Brasil
CEP 13453-900
Fone: 55 (19) 3455-9000
Fax: 55 (19) 3455-2499

Mazak Sulamericana Ltda.
Av. Juscelino K. de Oliveira, 1350 – Distrito Industrial II
Santa Bárbara d'Oeste, SP CEP: 13456.401
+55 (19) 3464-9100 mazak@mazak.com.br/<http://www.mazak.com.br/>

Okuma Latino Americana Comercia Ltda (OLA)

Al. Vicente Pinzon, 173

Bairro: Vila Olímpia

Cidade: São Paulo /SP

<http://www.okuma.com/home.html>

Fidia do Brasil Ltda.

Av. Salim Farah Maluf, 4.236 - 3º andar

Mooca - SÃO PAULO - Cep03194-010 – BRASIL

Tel. +55 - 11 – 69657600

Fax +55 - 11 – 61212718

E-mail: info@fidia.br.com/<http://www.fidia.com/index.html>

Haas Internacional

Av. Pedro Celestino Leite Penteadado, 261 Galpão dois.

07750-000

Jordanésia-Cajamar

São Paulo, Brasil

Tel. 55-11-4898-8588

Sartiec@sartiec.com.br <http://www.haascnc.com>

APÊNDICE 2 – Dados da Consulta das Patentes

a) USPTO

Patentes - Número	Base	Ano	País	Variável	Sub-Nível	Observação
US 7320716 B2	USPTO	2008	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7325471 B2	USPTO	2008	EUA	Máquina	Eixo Árvore	
US 7328565 B2	USPTO	2008	EUA	Máquina	Fixação	
US 7340321 B2	USPTO	2008	EUA	Processo	Fixação	
US 7350441 B2	USPTO	2008	EUA	Processo	Fixação	
US 7357607 B2	USPTO	2008	EUA	Máquina	Eixo Árvore	
US 7367758 B2	USPTO	2008	França	Ferramenta	Material de Corte	
US 7368182 B2	USPTO	2008	Japão	Ferramenta	Geometria da Aresta de Corte	
US 7384329 B2	USPTO	2008	França	Máquina	Remoção de Cavacos	
US 7390150 B2	USPTO	2008	EUA	Ferramenta	Geometria da Aresta de Corte	
US 7390153 B2	USPTO	2008	EUA	Máquina	Eixo Árvore	
US 7398715 B2	USPTO	2008	EUA	Máquina	Fixação	
US 7410707 B2	USPTO	2008	Japão	Ferramenta	Projeto	
US 7416778 B2	USPTO	2008	Suécia	Ferramenta	Material de Corte	
US 7442247 B2	USPTO	2008	Japão	Ferramenta	Projeto	
US 7442433 B2	USPTO	2008	Japão	Ferramenta	Projeto	
ANTES REFINO	USPTO	2008	34	22	APOS REFINO	16
US 7473059 B2	USPTO	2009	Japão	Ferramenta	Geometria da Aresta de Corte	
US 7476064 B2	USPTO	2009	Japão	Ferramenta	Geometria da Aresta de Corte	
US 7479331 B2	USPTO	2009	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7498089 B2	USPTO	2009	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7509897 B2	USPTO	2009	EUA	Ferramenta	Projeto	
US 7510761 B2	USPTO	2009	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7521132 B2	USPTO	2009	Áustria	Ferramenta	Material de Corte	
US 7522262 B2	USPTO	2009	Japão	Máquina	Comando CNC	
US 7523699 B2	USPTO	2009	Japão	Máquina	Servomotor de Avanço	
US 7527457 B2	USPTO	2009	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7534078 B1	USPTO	2009	EUA	Máquina	Base da Máquina	
US 7536924 B2	USPTO	2009	EUA	Processo	Características Específicas	Deteção de Vibrações
US 7588620 B2	USPTO	2009	Japão	Ferramenta	Projeto	
US 7591209 B2	USPTO	2009	Japão	Máquina	Fixação	
US 7597507 B2	USPTO	2009	Japão	Máquina	Fixação	
US 7597511 B2	USPTO	2009	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7611313 B2	USPTO	2009	EUA	Máquina	Eixo Árvore	
US 7614937 B2	USPTO	2009	EUA	Ferramenta	Geometria da Aresta de Corte	
US 7628100 B2	USPTO	2009	EUA	Ferramenta	Projeto	
US 7629281 B2	USPTO	2009	Suécia	Ferramenta	Material de Corte	
US 7632175 B2	USPTO	2009	EUA	Ferramenta	Projeto	
US 7637187 B2	USPTO	2009	EUA	Máquina	Sistema de Refrigeração	
ANTES REFINO	USPTO	2009	62 Patentes		APOS REFINO	22
US 7645099 B2	USPTO	2010	Alemanha	Máquina	Eixo Árvore	
US 7655299 B2	USPTO	2010	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7665937 B2	USPTO	2010	EUA	Máquina	Eixo Árvore	
US 7666267 B2	USPTO	2010	Alemanha	Ferramenta	Material de Corte	
US 7670674 B2	USPTO	2010	Suécia	Ferramenta	Projeto	
US 7674520 B2	USPTO	2010	Suécia	Ferramenta	Projeto	
US 7677146 B2	USPTO	2010	EUA	Ferramenta	Projeto	
US 7677847 B2	USPTO	2010	Alemanha	Máquina	Eixo Árvore	
US 7695829 B2	USPTO	2010	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7704593 B2	USPTO	2010	Japão	Ferramenta	Projeto	
US 7752880 B2	USPTO	2010	Japão	Máquina	Servomotor de Avanço	
US 7762747 B2	USPTO	2010	EUA	Ferramenta	Material de Corte	
US 7763346 B2	USPTO	2010	EUA	Ferramenta	Material de Corte	
US 7763366 B2	USPTO	2010	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7766587 B2	USPTO	2010	Japão	Ferramenta	Geometria da Aresta de Corte	
US 7780379 B2	USPTO	2010	França	Ferramenta	Projeto	
US 7789598 B2	USPTO	2010	Japão	Ferramenta	Geometria da Aresta de Corte	
US 7790301 B2	USPTO	2010	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7792604 B2	USPTO	2010	EUA	Máquina	Comando CNC	
US 7799415 B2	USPTO	2010	Japão	Ferramenta	Projeto	
US 7799443 B2	USPTO	2010	Suécia	Ferramenta	Material de Corte	
US 7811683 B2	USPTO	2010	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7832968 B2	USPTO	2010	Alemanha	Processo	Características Específicas	
US 7845257 B2	USPTO	2010	Japão	Máquina	Comando CNC	
ANTES REFINO	USPTO	2010	85 Patentes		APOS REFINO	24

US 7933677 B2	USPTO	2011	EUA	Máquina	Comando CNC	
US 7941240 B2	USPTO	2011	Japão	Máquina	Comando CNC	
US 7973509 B2	USPTO	2011	Japão	Máquina	Comando CNC	
US 8024068 B2	USPTO	2011	EUA	Máquina	Comando CNC	
US 8041445 B2	USPTO	2011	Japão	Máquina	Comando CNC	
US 7946595 B2	USPTO	2011	Alemanha	Máquina	Eixo Árvore	
US 8006404 B2	USPTO	2011	Eua	Máquina	Eixo Árvore	
US 8043036 B2	USPTO	2011	EUA	Máquina	Eixo Árvore	
US 8047576 B2	USPTO	2011	EUA	Máquina	Eixo Árvore	
US 8005566 B2	USPTO	2011	Japão	Máquina	Fixação	
US 8056453 B2	USPTO	2011	Alemanha	Máquina	Fixação	
US 7908946 B2	USPTO	2011	Alemanha	Ferramenta	Geometria da Aresta de Corte	
US 7959382 B2	USPTO	2011	EUA	Ferramenta	Geometria da Aresta de Corte	
US 7997161 B2	USPTO	2011	França	Processo	Manuseio	
US 7879443 B2	USPTO	2011	Suíça	Ferramenta	Material de Corte	
US 7897272 B2	USPTO	2011	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7938878 B2	USPTO	2011	Suécia	Ferramenta	Material de Corte	
US 7960016 B2	USPTO	2011	Suíça	Ferramenta	Material de Corte	
US 7976607 B2	USPTO	2011	Suécia	Ferramenta	Material de Corte	
US 7985471 B2	USPTO	2011	Suécia	Ferramenta	Material de Corte	
US 8007561 B2	USPTO	2011	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 8025956 B2	USPTO	2011	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 8025990 B2	USPTO	2011	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 7914240 B2	USPTO	2011	Inglaterra	Ferramenta	Projeto	
US 7922563 B2	USPTO	2011	EUA	Ferramenta	Projeto	
US 7987750 B2	USPTO	2011	China	Ferramenta	Projeto	
US 8006783 B2	USPTO	2011	EUA	Ferramenta	Projeto	
US 8017225 B2	USPTO	2011	Japão	Ferramenta	Projeto	
US 8071211 B2	USPTO	2011	Japão	Ferramenta	Projeto	
ANTES REFINO	USPTO	2011	98 Patentes	38	APOS REFINO	29
US 8131525 B2	USPTO	2012	EUA	Máquina	Comando CNC	
US 8112173 B2	USPTO	2012	Japão	Máquina	Comando CNC	
US 8299743 B2	USPTO	2012	Japão	Máquina	Comando CNC	
US 8100040 B2	USPTO	2012	Alemanha	Máquina	Eixo Árvore	
US 8167781 B2	USPTO	2012	Japão	Máquina	Eixo Árvore	
US 8192573 B2	USPTO	2012	Alemanha	Máquina	Fixação	
US 8231311 B2	USPTO	2012	Israel	Ferramenta	Geometria da Aresta de Corte	
US 8097332 B2	USPTO	2012	Japão	Ferramenta	Geometria da Aresta de Corte	
US 8092561 B2	USPTO	2012	Coréia do Sul	Ferramenta	Material de Corte	
US 8323783 B2	USPTO	2012	EUA	Ferramenta	Material de Corte	
US 8206067 B2	USPTO	2012	França	Ferramenta	Material de Corte	
US 8236411 B2	USPTO	2012	Japão	Ferramenta	Material de Corte	
US 8318293 B2	USPTO	2012	Suécia	Ferramenta	Material de Corte	
US 8088501 B2	USPTO	2012	Suíça	Ferramenta	Material de Corte	
US 8318328 B2	USPTO	2012	Suíça	Ferramenta	Material de Corte	
US 8205530 B2	USPTO	2012	EUA	Ferramenta	Projeto	
US 8123439 B2	USPTO	2012	França	Ferramenta	Projeto	
US 8177460 B2	USPTO	2012	Israel	Ferramenta	Projeto	
US 8119262 B2	USPTO	2012	Suécia	Ferramenta	Projeto	
US 8227098 B2	USPTO	2012	Suécia	Ferramenta	Projeto	
US 8215878 B2	USPTO	2012	EUA	Máquina	Sistema de Refrigeração	
US 8192565 B2	USPTO	2012	Japão	Material		
ANTES REFINO	USPTO	2012	83 Patentes		APOS REFINO	22

b) Espacenet

Patentes - Número	Base	Ano	País	Variável	Sub-Nível	Observação	
EP 1765549 B1	ESPACE	2008	EUA	Máquina	Fixação		
EP 1643012 B1	ESPACE	2008	Suécia	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1683893 B1	ESPACE	2008	Japão	Ferramenta	Projeto		
EP 1788124 B1	ESPACE	2008	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1536041 B1	ESPACE	2008	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1840236 B1	ESPACE	2008	Japão	Ferramenta	Projeto		
EP 1566463 B1	ESPACE	2008	Alemanha	Ferramenta	Material de Corte		
ANTES REFINO	ESPACE	2008	24 Patentes		APOS REFINO	7	
EP 1184653 B1	ESPACE	2009	Alemanha	Máquina	Base da Máquina	Supressão de Vibrações	
EP 1890839 B1	ESPACE	2009	Alemanha	Processo	Características Especificas		
EP 1058171 B1	ESPACE	2009	Japão	Máquina	Comando CNC		
EP 1797983 B1	ESPACE	2009	Alemanha	Máquina	Eixo Árvore		
EP 1447729 B1	ESPACE	2009	Alemanha	Máquina	Eixo Árvore		
EP 1332818 B1	ESPACE	2009	EUA	Máquina	Eixo Árvore		
EP 1331056 B1	ESPACE	2009	Alemanha	Ferramenta	Geometria Aresta de Corte		
EP 1807234 B1	ESPACE	2009	EUA	Ferramenta	Geometria Aresta de Corte		
EP 1755823 B1	ESPACE	2009	Alemanha	Processo	Manuseio		
EP 1690959 B1	ESPACE	2009	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1873273 B9	ESPACE	2009	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1637258 B1	ESPACE	2009	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1761356 B1	ESPACE	2009	Alemanha	Ferramenta	Projeto		
EP 1405691 B1	ESPACE	2009	França	Ferramenta	Projeto		
EP 1395391 B1	ESPACE	2009	EUA	Máquina	Sistemas de Refrigeração		
ANTES REFINO	ESPACE	2009	30 Patentes		APOS REFINO		22
EP 1789898 B1	ESPACE	2010	Alemanha	Máquina	Comando CNC		
EP 1633516 B1	ESPACE	2010	EUA	Máquina	Eixo Árvore		
EP 1584390 B1	ESPACE	2010	Japão	Máquina	Eixo Árvore		
EP 2062681 B1	ESPACE	2010	Japão	Máquina	Eixo Árvore		
EP 1883487 B1	ESPACE	2010	EUA	Ferramenta	Geometria Aresta de Corte		
EP 1683875 B1	ESPACE	2010	Japão	Ferramenta	Geometria Aresta de Corte		
EP 1990438 B1	ESPACE	2010	Alemanha	Ferramenta	Material de Corte		
EP 2018918 B1	ESPACE	2010	França	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1524055 B1	ESPACE	2010	França	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1288335 B1	ESPACE	2010	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1279653 B1	ESPACE	2010	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1498199 B1	ESPACE	2010	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1867754 B1	ESPACE	2010	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 2082822 B1	ESPACE	2010	França	Ferramenta	Projeto		
EP 1841555 B1	ESPACE	2010	Inglaterra	Ferramenta	Projeto		
EP 1813371 B1	ESPACE	2010	Japão	Ferramenta	Projeto		
EP 1425133 B9	ESPACE	2010	EUA	Máquina	Sistemas de Refrigeração		
EP 1859904 B1	ESPACE	2010	França	Máquina	Sistemas de Refrigeração		
ANTES REFINO	ESPACE	2010	34 Patentes		APOS REFINO	18	
EP 2165803 B1	ESPACE	2011	Espanha	Máquina	Comando CNC		
EP 1639338 B1	ESPACE	2011	EUA	Máquina	Eixo Árvore		
EP 1948393 B1	ESPACE	2011	EUA	Ferramenta	Projeto		
EP 2152459 B1	ESPACE	2011	EUA	Ferramenta	Geometria Aresta de Corte		
EP 1132789 B1	ESPACE	2011	Japão	Máquina	Comando CNC		
EP 1344595 B1	ESPACE	2011	Japão	Ferramenta	Projeto		
EP 1359130 B1	ESPACE	2011	Japão	Ferramenta	Projeto		
EP 1470879 B1	ESPACE	2011	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1801260 B1	ESPACE	2011	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1349689 B1	ESPACE	2011	Suécia	Máquina	Eixo Árvore		
EP 1771602 B1	ESPACE	2011	Suécia	Ferramenta	Material de Corte		
ANTES REFINO	ESPACE	2011	29 Patentes		APOS REFINO	11	
EP 2285526 B1	ESPACE	2012	EUA	Máquina	Base da Máquina	Supressão de Vibrações	
EP 2103376 B1	ESPACE	2012	Japão	Processo	Características Especificas		
EP 1577725 B1	ESPACE	2012	Japão	Máquina	Comando CNC		
EP 2071419 B1	ESPACE	2012	Japão	Máquina	Comando CNC		
EP 2071422 B1	ESPACE	2012	Japão	Máquina	Comando CNC		
EP 2260972 B1	ESPACE	2012	Alemanha	Máquina	Eixo Árvore		
EP 1724502 B1	ESPACE	2012	EUA	Máquina	Eixo Árvore		
EP 2136949 B1	ESPACE	2012	EUA	Máquina	Eixo Árvore		
EP 2229253 B1	ESPACE	2012	Israel	Ferramenta	Geometria Aresta de Corte		
EP 1675973 B1	ESPACE	2012	Alemanha	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1325788 B1	ESPACE	2012	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1382709 B1	ESPACE	2012	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1726390 B1	ESPACE	2012	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1777308 B9	ESPACE	2012	Japão	Ferramenta	Material de Corte		
EP 2014789 B1	ESPACE	2012	Suécia	Ferramenta	Material de Corte		
EP 1641584 B2	ESPACE	2012	Alemanha	Ferramenta	Projeto		
EP 2274127 B1	ESPACE	2012	Alemanha	Ferramenta	Projeto		
ANTES REFINO	ESPACE	2012	33 Patentes		APOS REFINO	17	

APÊNDICE 3 – Roteiro de Busca nos Bancos de Patentes

Neste apêndice será demonstrado, através de imagens, o método de busca nos sites e diretórios que reúnem as patentes internacionais USPTO e ESPACENET.

a) USPTO

O que é? Base de dados de patentes americana

Onde? <http://www.uspto.gov>

Tipos de Pesquisa: rápida, avançada e por número

Período de abrangência: a partir de 1790

Atualização: semanal



Conteúdo e bases:

- Mais de 7 milhões de patentes
- Issued Patents (PatFT)
- Published Applications (AppFT)

Recursos de Pesquisa:

- Operadores booleanos AND, OR e AND NOT
- Caracteres de Truncamento \$ Para um número ilimitado de caracteres

Áreas de cobertura:

- Todas

Ferramentas e Opções:

- Patentes anteriores a 1975 são recuperadas somente pela data, número ou classificação da patente
- Pesquisas somente em inglês

Formatos de saída:

- Imprimir
- Armazenar

Abrangência das bases



Cobertura da *Issued Patents (PatFT)*:

Base das patentes americanas concedidas. Apresenta textos completos de patentes desde 1976 e imagem completa de patentes do período entre 1790 e 1975.

Cobertura da *Published Applications (AppFT)*:

Base de pedidos de patentes. Apresenta texto completo de pedidos de patentes a partir de 2001.



Pesquisa básica

USPTO PATENT FULL-TEXT AND IMAGE DATABASE

Home Quick **Advanced** Pat Num Help

View Cart

Data current through January 16, 2007.

Query [\[Help\]](#)

Term 1: in Field 1: All Fields

AND

Term 2: in Field 2: All Fields

Select years [\[Help\]](#)

1976 to present [full-text]

Search Redefinir

Patents from 1790 through 1975 are searchable only by Issue Date, Patent Number, and Current US Classification. When searching for specific numbers in the Patent Number field, patent numbers must be seven characters in length, excluding commas.

All Fields

- Title
- Abstract
- Issue Date
- Patent Number
- Application Date
- Application Serial Number
- Application Type
- Assignee Name
- Assignee City
- Assignee State
- Assignee Country
- International Classification
- Current US Classification
- Primary Examiner
- Assistant Examiner
- Inventor Name
- Inventor City
- Inventor State
- Inventor Country
- Government Interest
- Attorney or Agent
- PCT Information
- Foreign Priority
- Reissue Data
- Related US App. Data
- Referenced By
- Foreign References
- Other References
- Claim(s)

Insira um termo

Insira outro termo

Selecione um campo. O mecanismo está configurado para pesquisa em todos os campos

Selecione o operador adequado

Selecione o período desejado

Pesquisa avançada



USPTO PATENT FULL-TEXT AND IMAGE DATABASE

Home Quick **Advanced** Pat Num Help

View Cart

Data current through January 16, 2007.

Query [\[Help\]](#)

Select Years [\[Help\]](#)

1976 to present [full-text]

Search Redefinir

Patents from 1790 through 1975 are searchable only by Issue Date, Patent Number, and Current US Classification. When searching for specific numbers in the Patent Number field, patent numbers must be seven characters in length, excluding commas, which are optional.

Examples:
 ttl/(tennis and (racquet or racket))
 isd/1/8/2002 and motorcycle
 in/newmar-julie

Siga o exemplo para elaborar a estratégia de pesquisa

Digite a estratégia de pesquisa utilizando operadores booleanos e identifique os campos conforme os códigos da tabela

Field Code	Field Name	Field Code	Field Name
PN	Patent Number	IN	Inventor Name
ISD	Issue Date	IC	Inventor City
TTL	Title	IS	Inventor State
ABST	Abstract	ICN	Inventor Country
ACLM	Claim(s)	IREP	Attorney or Agent
SPEC	Description/Specification	AN	Assignee Name
CCL	Current US Classification	AC	Assignee City
ICL	International Classification	AS	Assignee State
APN	Application Serial Number	ACN	Assignee Country
APD	Application Date	EXP	Primary Examiner
PARN	Parent Case Information	EXA	Assistant Examiner
RLAP	Related US App. Data	REF	Referenced By

Tabela dos códigos dos campos

b) Espacenet



O que é? Base de dados de patente europeia

Onde? http://ep.espacenet.com/?locale=en_EP ou em [Português](#)

Tipos de Pesquisa: rápida, avançada, por número, ECLA e pela IPC

Período de abrangência: a partir de 1836

Atualização: semanal

Conteúdo e bases:

- Mais de 60 milhões de patentes Worldwide
- Patent abstracts of Japan
- EPO - esp@cenet
- WIPO - esp@cenet

Recursos de Pesquisa:

- Operadores booleanos
- Caracteres e truncamento
- * Para um número ilimitado de caracteres
- ? Para 0 ou um caractere
- # Um caractere exatamente

Áreas de cobertura:

- Todas

Ferramentas e Opções:

- Em alguns casos existe a opção "traduzir"
- Interface em vários idiomas
- Pesquisas somente em inglês

Formatos de saída:

- Imprimir
- Armazenar



Abrangência das bases

Cobertura da Worldwide Database:

Depósitos de patentes de mais de 72 países e regiões. Para verificar a cobertura em detalhes consulte

http://ep.espacenet.com/help?locale=en_EP&method=handleHelpTopic&topic=detailedcoverage

Cobertura da WIPO Database

Depósitos de patentes publicadas pela WIPO nos últimos **24 meses**. Nesta base não é possível efetuar pesquisas no resumo.

Cobertura da EP Database

Depósitos de patentes pelo European Patent Office dos últimos **24 meses**. Para patentes com mais de 24 meses consulte a *Worldwide Database*. Nesta base não é possível efetuar pesquisas no resumo.

Pesquisa avançada

1. Database

Select the patent database in which you wish to search:

Database:

2. Search terms

Enter keywords in English:

Keyword(s) in title:	<input type="text" value="plastic and bicycle"/>	Palavras no título
Keyword(s) in title or abstract:	<input type="text" value="hair"/>	Palavras no título ou resumo
Publication number:	<input type="text" value="W003075629"/>	Número da publicação
Application number:	<input type="text" value="DE19971031696"/>	Número do depósito
Priority number:	<input type="text" value="W01995US15925"/>	Número da prioridade
Publication date:	<input type="text" value="yyyyymmdd"/>	Data de publicação
Applicant(s):	<input type="text" value="Institut Pasteur"/>	Depositante
Inventor(s):	<input type="text" value="Smith"/>	Inventor
European Classification (ECLA):	<input type="text" value="F03G7/10"/>	Classificação Europeia
International Patent Classification (IPC):	<input type="text" value="H03M1/12"/>	Classificação Internacional

Annotations:

- Selecione uma das 3 bases para efetuar a pesquisa. O mecanismo está configurado automaticamente para *Worldwide*
- Usando *Advanced Search*, combine mecanismos de pesquisa. Por exemplo, pesquise patentes que apresentem no título ou resumo, as palavras de interesse em um determinado ano ou país

1. Database

Select the patent database in which you wish to search:

Database:

2. Type of search

Select whether you wish to search with simple words in the titles or abstracts (where available) or with the name of an individual or organisation:

Select what to search: Words in the title or abstract Persons or organisations

3. Search terms

Enter search terms (not case sensitive):

Search term(s):

Annotations:

- Selecione uma das 3 bases onde deseja efetuar a pesquisa. O mecanismo está configurado automaticamente para "Worldwide"
- Selecione a opção "Words" para pesquisar por assunto ou "Persons or organizations" para nomes
- Digite as palavras ou nomes e clique "Search". Insira no máximo 4 termos

APÊNDICE 4 – Abstract das Patentes Mencionadas

a) Cutting tool made of surface-coated cubic boron nitride-based ultrahigh pressure sintered material - US 8017225 B2

A cutting tool made of surface-coated cubic boron nitride-based ultrahigh pressure sintered material, comprising a cutting insert main body formed by ultrahigh pressure sintering of compact composed of titanium nitride, aluminum and/or aluminum oxide, and boron nitride, and a hard coating layer vapor deposited on the main body. The main body has a texture containing cubic boron nitride, titanium nitride and reaction product. The hard coating layer has a lower layer of composite nitride having a composition of $[\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x]\text{N}$, where X is in a range from 0.40 to 0.60 in an atomic ratio, and the upper layer comprises a thin layer A having the composition of $[\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x]\text{N}$, where X is in a range from 0.40 to 0.60 in an atomic ratio, and a thin layer B consisting of a Ti nitride (TiN). The upper layer has a consisting of the thin layer A and a thin layer B layered alternately.

b) Ceramic drill bit for high-speed drilling of composites - US 8206067 B2

The ceramic drill bit has a particular geometry and is very advantageously applicable to the very high-speed drilling of parts made of a composite, especially a carbon-fiber composite having an epoxy resin matrix. The invention also relates to a method for the high-speed drilling of composites.

c) Surface-coated cutting tool with hard coating layer having excellent abrasion resistance - US 7597511 B2

In a surface-coated cutting tool, (a) a Ti compound layer as a lower layer and (b) an α -type Al_2O_3 layer as an upper layer having a crystal grain structure of an even polygonal shape (including an even hexagonal shape) and an elongate shape and containing Zr are deposited on the surface of a tool substrate. In the surface-coated cutting tool, the above mentioned crystal grains of which insides are divided by at least one crystal lattice interface with the constituent atom covalent lattice point type expressed by $\Sigma 3$ occupying 60% or more as an area ratio in the crystal grains of the upper layer.

d) Multilayered coated cutting tool - US 8227098 B2

A coated cutting tool is disclosed having a substrate and a coating including an aperiodic, multilayered structure with an average composition of (Ti, Al, Cr, Si)N, wherein the average composition is $(\text{Ti}_{(1-a-b-c)}\text{Al}_a\text{Cr}_b\text{Si}_c)\text{N}$, where $0 < a < 0.5$, preferably $0.05 < a < 0.4$ most preferably $0.25 < a < 0.3$, where $0 < b < 0.15$, preferably $0.02 < b < 0.10$, most preferably $0.04 < b < 0.08$, where $0.01 < c < 0.17$, preferably $0.02 < c < 0.10$, most

preferably $0.04 < c < 0.08$, and $a + b + c < 1$, and wherein the average thickness of the individual layers is 0.1 to 100 nm

e) Cutting insert - US 8231311 B2

A cutting insert having a pentagonal prismatic shape. A cutting region is associated with each polygonal side and is elevated with respect to a central tangential abutment surface. A primary cutting edge associated with a polygonal side is formed at the intersection of a primary rake surface and a primary relief surface. A secondary cutting edge associated with a rounded corner is formed at the intersection of a secondary rake surface and a secondary relief surface and merges with the primary cutting edge. The primary relief surface forms with the associated side abutment surface a primary relief surface angle that varies from a maximal value adjacent an upper end of the primary cutting edge to a minimal value. The secondary relief surface forms with the associated rounded corner a secondary relief surface angle that varies from a maximal value adjacent the primary cutting edge to a minimal value.

f) Method for determining position of reference point - US 7522262 B2

A method for determining a position of a reference point in which there is no influence of aberration of a camera lens or the like, but an error caused by a failure in shape of an alignment mark can be reduced. An alignment mark consisting of a plurality of pattern portions (and background portions) centering at a design reference point is provided in advance. Positions of centers of border lines of the patterns are calculated. Obtained coordinate values of the centers are averaged in each axial direction. The averaged coordinate values are regarded as coordinate values of a machining reference point. Thus, even when a defect occurs in any pattern portion, an error caused by the defect is reduced so that the accuracy in machining can be improved.

g) Position ensuring system for oblique machining in five-axis machine tool - US 7941240 B2

A position ensuring system includes an A-axis calibration system which measures a displacement angle, which is an error between a target value and a measured value of the pivot angle of the spindle head about the A-axis, and corrects the pivot angle about the A-axis in such a manner that the displacement angle as measured with the corrected pivot angle as a target value fall within a tolerable range. A corrected data storage device stores the corrected pivot angle about the A-axis. An A-axis control system reads out the corrected pivot angle about the A-axis, the corrected pivot angle about the A-axis to pivot the spindle head when executing oblique machining of the inclined hole.

h) Multi-spindle head exchangeable machine tool - US 8167781 B2

A multi-spindle head exchangeable machine tool is provided with a plurality of multi spindle heads movably mounted on an annular rail. When a workpiece is machined by driving a rotary tool by a machining unit, multi spindle heads of the plurality of multi spindle heads being out of use can be separated from the machining unit. Further, a connecting device is provided with an inner slider, ball bearings fitted to an outer periphery of the inner slider, an outer slider, and a coil spring to press the outer slider toward a stopper member.

APÊNDICE 5 – Cotação de uma Máquinas Alta Velocidade



QUOTATION

Company: Harvest Star Mechanical Technology CO LTD

Name: Moustapha Oumar

Add: 7.1.1.1

Quotation 20130812001

No.:

Tel: 0963115811888 E-mail:oumar@hscnc.cn

Date: 2013-08-12

Harvest Star Vertical Machine Center

FOB PRICE

Model:HS-850HJ BT40 (10000rpm) Belt-Driven Spindle Taper

USD42354.00

Travel: X:800mm Y:500mm Z:500mm