

# ANÁLISE DAS ESTRUTURAS DE FERRAMENTAS DE CORTE DA USINAGEM.

Matheus Lima Pinto<sup>1</sup>  
Lucas Lima Santana<sup>2</sup>  
Dr. Gilberto García Del Pino<sup>3</sup>

## RESUMO

Entende-se que a usinagem depende diretamente de materiais sofisticados, com certas características que permitem resistência a condições severas de operação. A correta seleção da ferramenta de usinagem é de suma importância para que se evitem grades prejuízos e sejam atingidos os elevados requisitos de qualidades, sendo assim a ferramenta de corte pode representar uma parcela significativa do custo de produção. Sabemos que a usinagem é um procedimento bastante importante na indústria metal mecânica, desta forma é necessário um aprofundamento na teoria de usinagem de metais a fim de levantar os principais métodos e fatores que influenciam o processo. O objetivo deste trabalho é analisar as estruturas de ferramentas de corte da usinagem e as variáveis que oferecem melhor desempenho no torneamento, sendo utilizada a metodologia de revisão bibliográfica e contempladas apenas as questões relacionadas ao torneamento de metais. Foram estudados os materiais de corte, tipos de ferramentas e suas aplicações, e relacionados parâmetros de usinagem que envolvem avanço, velocidade e a variação do custo da ferramenta em relação ao desgaste para a obtenção do campo de trabalho eficiente.

**Palavras-chave:** Desempenho; Eficiência; Ferramenta; Torno; Usinagem.

## ABSTRACT

It is understood that machining depends directly on sophisticated materials, with certain characteristics that allow resistance to severe operating conditions. The correct selection of the machining tool is of paramount importance in order to avoid high losses and high quality requirements, so that the cutting tool can represent a significant portion of the cost of production. We know that machining is a very important procedure in the metalworking industry, so it is necessary to deepen the theory of metal machining in order to raise the main methods and factors that influence the process. The objective of this work is to analyze the structures of cutting tools of the machining and the variables that offer better performance in the turning, being used the methodology of bibliographical revision and contemplated only the questions related to the turning of metals. The cutting materials, the types of tools and their applications, and related machining parameters were studied, which involved advancement, speed and the variation of the tool cost in relation to the wear to obtain the efficient working field.

**Keywords:** Performance; Efficiency; Tool; Lathe; Machining.

## INTRODUÇÃO

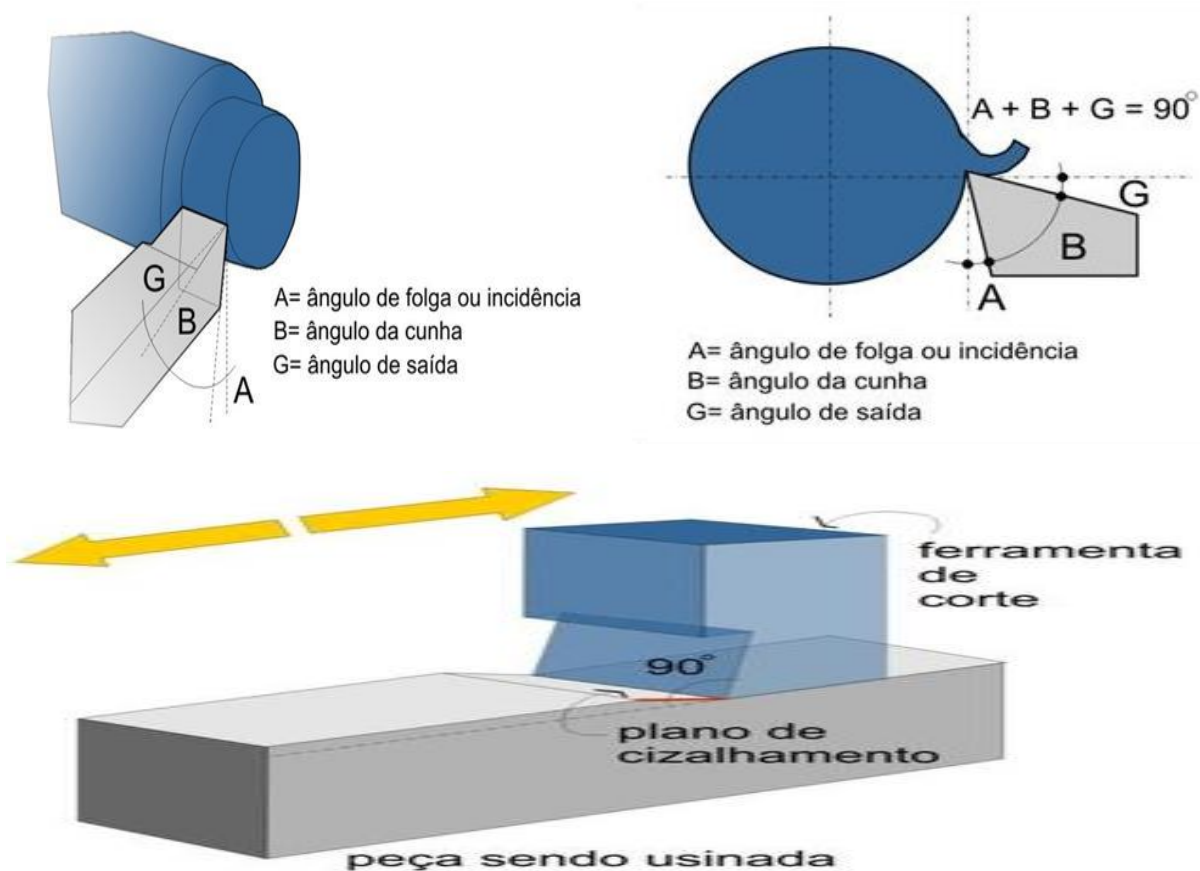
A usinagem é um processo amplamente utilizado em todo o mundo, nas mais diversas aplicações, das mais simples até as mais complexas. Os estudos dos fatores que influenciam nos resultados da usinagem são de grande valia, principalmente para indústria que atua nesse campo. A temperatura no processo de usinagem possui influência em diversos outros fatores, seja de forma direta ou indireta. Dentre eles, podemos citar: seleção da ferramenta, vida da ferramenta, uso de lubrificantes, custos da usinagem, determinação dos parâmetros de usinagem como a velocidade de corte, o avanço, a profundidade de corte, dentre outros. “A usinagem é reconhecidamente o processo de fabricação mais popular do mundo, transformando em cavacos algo em torno de 10% de toda a produção de metais e empregando dezenas de milhões de pessoas (TRENT, 1985)”. A indústria metal mecânica tem um alto requisito de qualidade nas peças usinadas, pois a maioria dessas peças efetuam trabalhos de precisão, e são submetidas a grandes esforços mecânicos, como desgaste, impacto e fadiga. A resistência mecânica, especialmente no caso da fadiga, está intimamente relacionada com o grau de acabamento superficial de uma peça. Por outro lado, os custos de produção aumentam exponencialmente com o aumento da qualidade requerida, sendo que para cada tipo de usinagem ou tipo de material a ser trabalhado, há um método ótimo a ser empregado. Sendo assim, é necessário que se tenha um aprofundamento na teoria de usinagem de materiais, principalmente em metais, para que possa ser encontrado um procedimento otimizado de fabricação, aliando tempo, custo e qualidade. Todo sistema mecânico está sujeito a falhas, e isso pode interferir negativamente no processo produtivo de uma empresa, conseqüentemente na sua lucratividade e confiabilidade. Desse modo, quais os principais métodos e fatores que influenciam a execução de uma usinagem de qualidade que produza custos razoáveis? Neste artigo, o objetivo geral é analisar as variáveis que oferecem melhor desempenho na modalidade de usinagem de torneamento. A metodologia adotada neste trabalho foi a de revisão bibliográfica, sendo os métodos de abordagem científica utilizados dedutivos e métodos de procedimento monográficos. Foi possível descrever, analisar e elaborar um processo de usinagem com base na bibliografia com o intuito de alcançar os objetivos definidos inicialmente. Foram contempladas neste trabalho apenas as questões relacionadas ao torneamento de metais, envolvendo as

características de materiais e configurações de ferramentas, bem como procedimentos de otimização de usinagem, relacionadas com base na bibliografia inerente.

## Material e Métodos

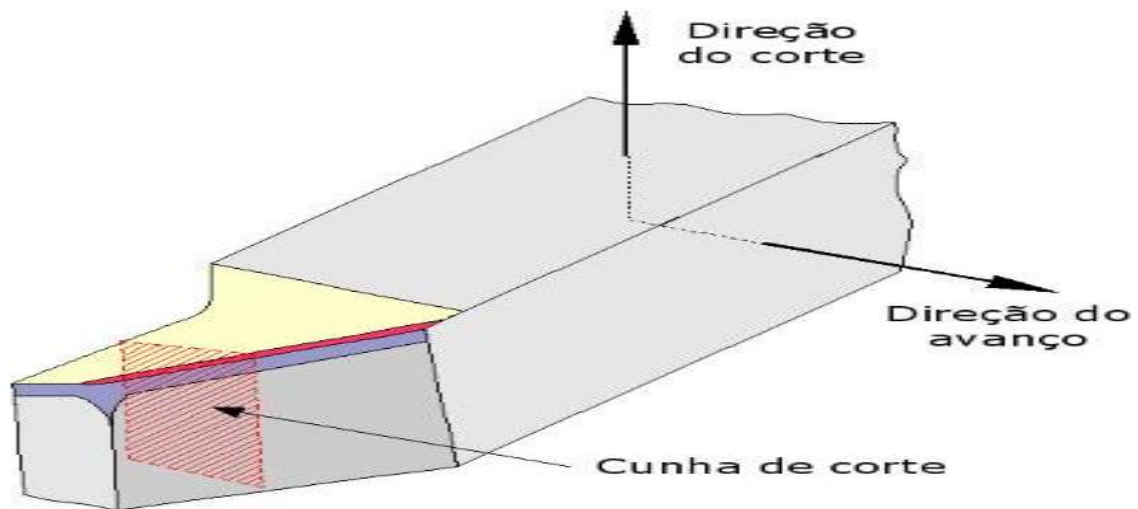
A usinagem nada mais é que um processo que confere forma a um material bruto através da remoção de material que é feito pelo cisalhamento controlado, com o auxílio de uma máquina equipada de uma ferramenta de corte. O material removido é chamado de cavaco, e sua forma e temperatura estão intimamente relacionadas à configuração de usinagem. Desta forma as ferramentas de corte possuem quatro características que são elas: ângulo de saída, ângulo de posição, raio de ponta e ângulo de folga. E essas características são a base da geometria de uma ferramenta de corte. Essas características são definidas por:

Ângulo de folga: Representado na figura 1.



**Figura 1** - Ângulos de saída e de folga de uma ferramenta de corte genérica.  
**Fonte:** usinatorn (2018).

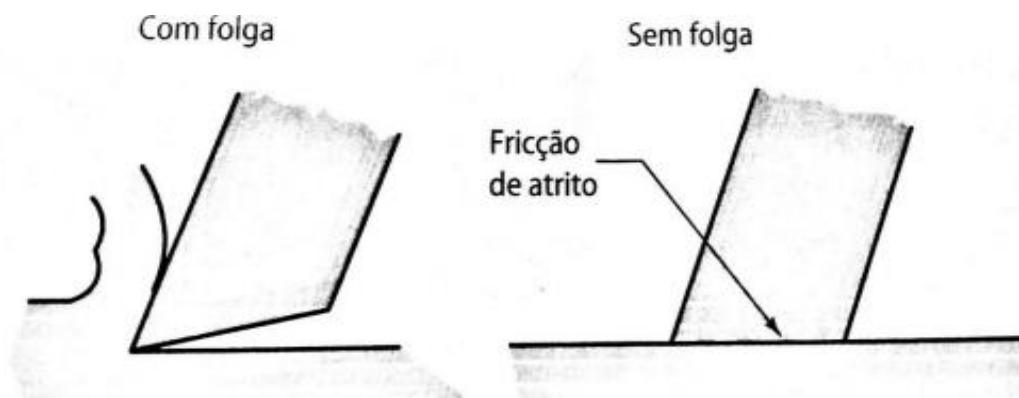
A figura 2 mostra os tipos de geometria da cunha de corte:



**Figura 2** – Tipos de geometria da cunha de corte.

**Fonte:** ebah (2018).

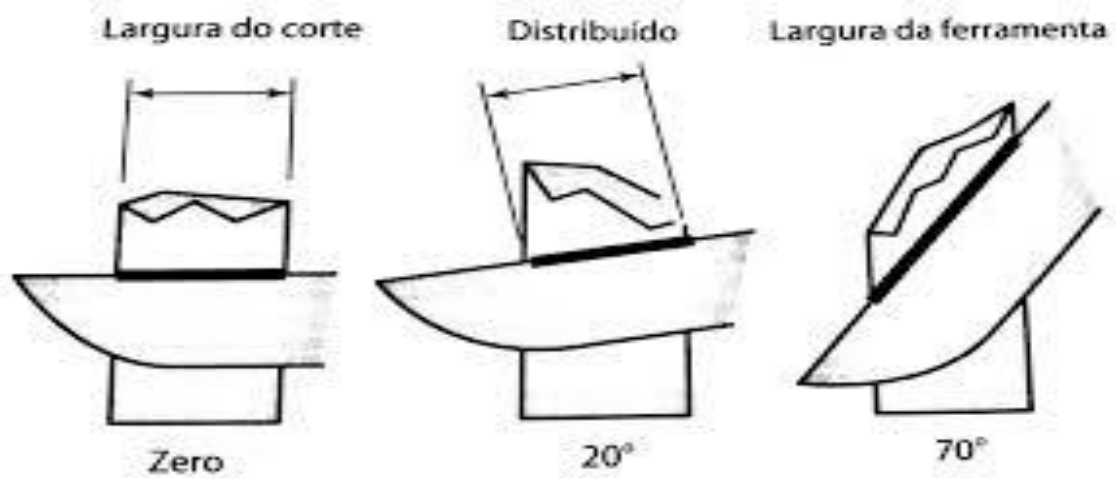
A figura 3 mostra o ângulo de folga da ferramenta e a fricção de atrito quando esta é inexistente:



**Figura 3** - Ângulo de folga da ferramenta.

**Fonte:** Fitzpatrick (2013).

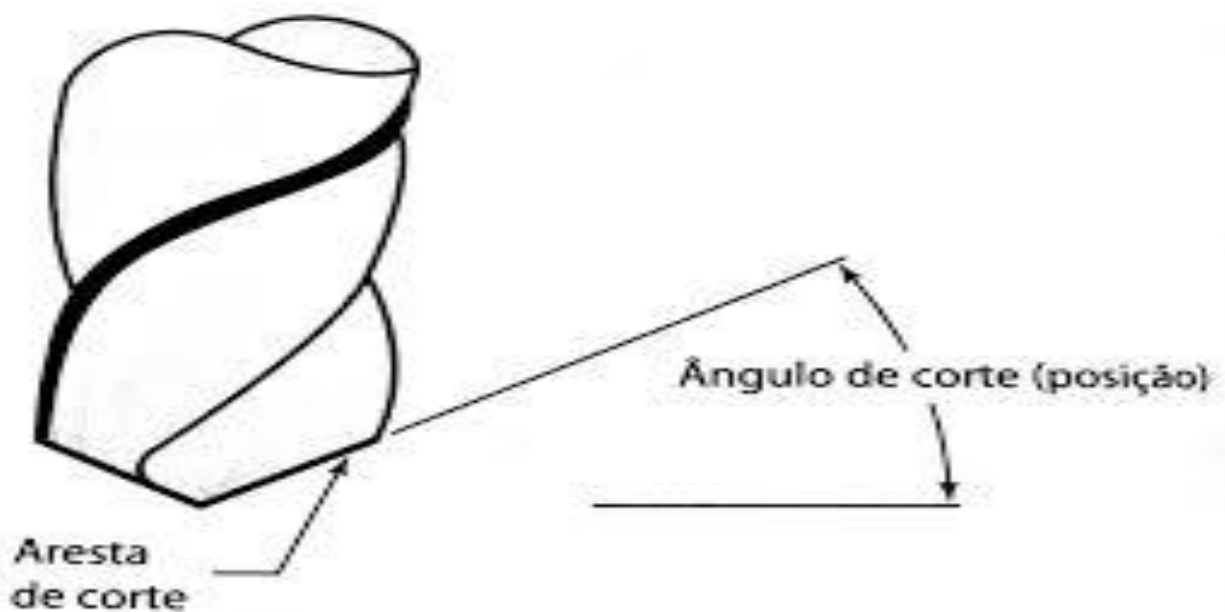
Ângulo de posição ou de corte: distribui a largura do cavaco sobre uma área maior, representado nas figuras 4 e 5.



**Figura 4** - Comparação entre ângulos de posição

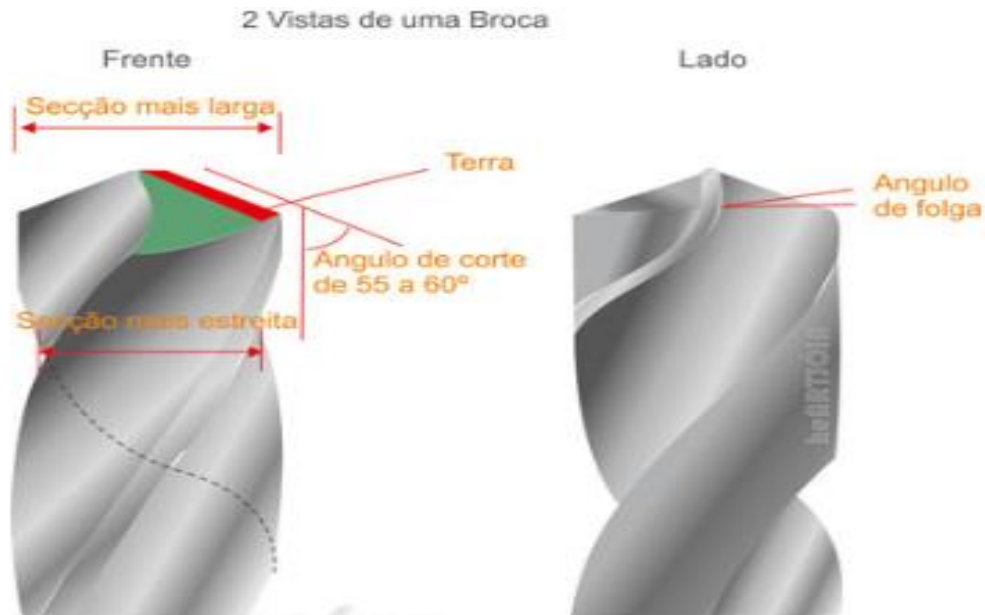
Fonte: Fitzpatrick (2013).

O ângulo de corte, no caso de uma broca, é representado na figura 5:



**Figura 5** - O ângulo de corte pode ser também chamado de ângulo de posição, como nesta broca

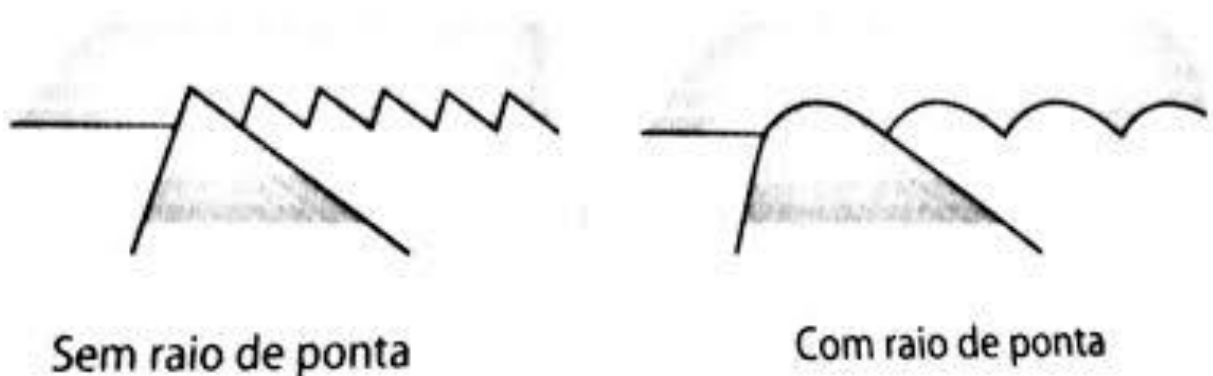
Fonte: Fitzpatrick (2013).



**Figura 6** - O ângulo de corte de uma broca  
**Fonte:** heartjoia (2018).

Ângulo de saída: superfície sobre a qual o cavaco desliza;

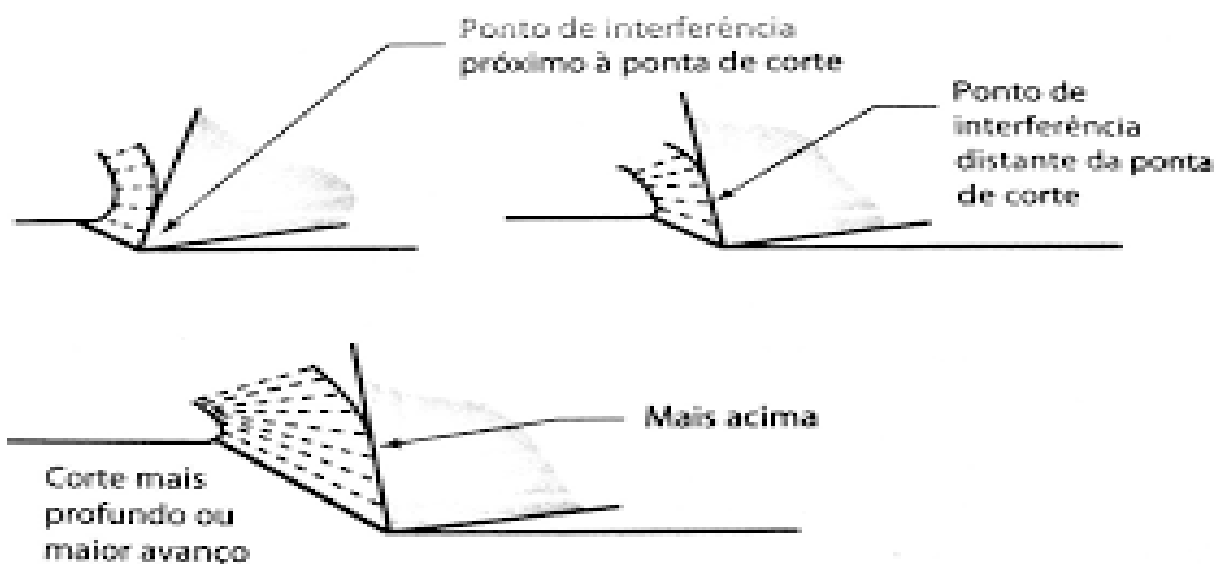
Raio de ponta: arredondamento da ponta ou junção entre arestas principal e secundária da ponta de corte, representado na figura 7.



**Figura 7** - O acabamento é melhorado com o raio de ponta  
**Fonte:** Fitzpatrick (2013).

Vale lembrar que a profundidade de corte também tem efeito na força de usinagem e na distribuição de calor, quanto maior a profundidade maior vai ser a força necessária para o corte, e quanto maior o avanço melhor é a distribuição de calor na ferramenta, mas o aumento no avanço tem um limite em que o atrito de deslizamento

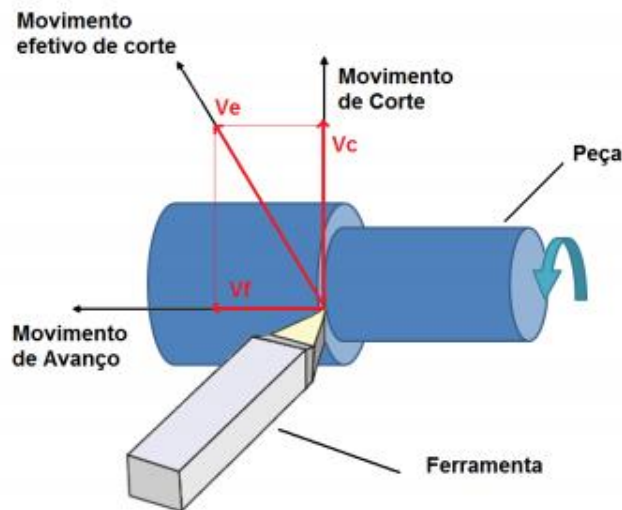
da ferramenta na peça se torna muito alto. A figura 8 detalha o efeito da profundidade de corte na remoção do cavaco.



**Figura 8** - Efeito da profundidade de corte e zona de contorno  
**Fonte:** Fitzpatrick (2013).

Quando você adota uma geometria negativa da ferramenta, acontece que a geração de calor é melhor distribuída nas partes mais resistentes da ferramenta e não somente na ponta de corte, o que desencadeia em uma sensível melhora em sua durabilidade. Mesmo assim, esta configuração está sujeita a um esforço maior na ferramenta, e é limitada pela força que o conjunto pode suportar. Desta forma a ligação entre essas ferramentas junto ao material aderido a ela é bastante alta que tem a maior facilidade a remoção de material com a adesão formada do que a retirada da mesma. As direções de corte e avanço possuem um plano de trabalho fazendo com que elas passem pelo ponto de referência da aresta cortante. A velocidade de corte usada no torneamento tem um efeito sobre a vida da ferramenta maior do que o avanço e a profundidade de corte, e por isso sua seleção é mais crítica (TEDESCO, 2007). Então nesse plano é onde se realizam todos os movimentos que tomam parte na formação do cavaco.

A figura 9 ilustra o plano de trabalho contendo as direções de torneamento.



**Figura 9** - Plano de trabalho contendo as direções de corte, avanço.

**Fonte:** mecanica.ufes (2018).

A velocidade de corte, em m/s, é dada por:  $V = \omega \cdot r = n \cdot 2\pi \cdot 60 \cdot D \cdot 2 = \pi \cdot D \cdot n \cdot 60$  (1)

Onde:

- ✓  $\omega$  = velocidade angular [rad/s];
- ✓  $r$  = raio [m];
- ✓  $n$  = rotação [rpm];
- ✓  $D$  = diâmetro [m].

“A velocidade de avanço é a velocidade instantânea da ferramenta segundo a direção e sentido de avanço” (FERRARESI, 1970, p. 5)”. Sendo assim as velocidades em que uma ferramenta pode ser submetida está diretamente ligada ao seu formato e principalmente à sua composição, e isso vai influenciar também na formação e saída do cavaco, na força de corte, desgaste da ferramenta e na qualidade final do trabalho.

A força de corte se dá por:  $P = k_s \cdot S$  (2)

Onde:

- ✓  $S$  = área de seção do cavaco;
- ✓  $K_s$  = pressão específica de corte (força de corte para uma seção de cavaco correspondente a 1 mm<sup>2</sup>).



Para Schaeffer (1995, p.22), “o material mais largamente empregado na conformação mecânica é o aço.” Existem inúmeros materiais para ferramentas de corte. As ferramentas de aço utilizadas na usinagem são compostas por aços rápidos, que são aços de alto carbono usualmente ligados a elementos como Tungstênio, Cobalto, Molibdênio e Vanádio. “Constituem estes aços o grupo mais importante de aços para ferramentas e matrizes, porque são eles que apresentam o melhor comportamento sob o ponto de vista de amolecimento pelo calor. ” (CHIAVERINI, 1986, p. 224).

## **Resultados e Discussão**

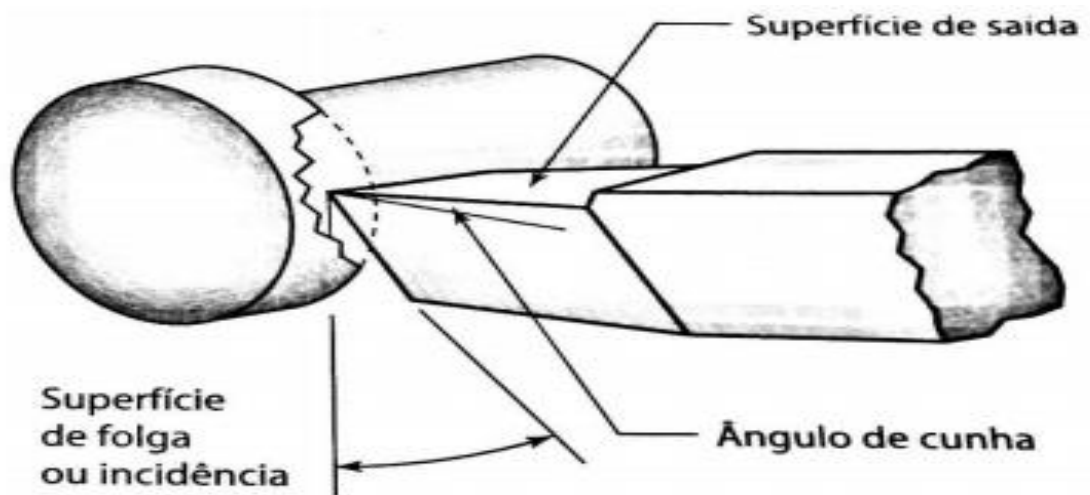
É importante esclarecer que na usinagem, é necessário utilizar ferramentas com características que dependem das formas exigidas para a peça. Assim geralmente utiliza-se mais de um tipo de ferramenta para a confecção de uma peça. É necessário adequar, portanto, o formato da ferramenta e o material de corte a ser utilizado. Materiais de corte como metais-duros revestidos, cerâmicas, diamante policristalino e nitreto cúbico de boro (CBN), podem gerar benefícios devido às suas propriedades a altas velocidades de corte (STEMMER, 2006). As ferramentas de corte dispõem de padrão de construção que envolve:

- ✓ Ferramentas de inserto de metal duro;
- ✓ Aresta de corte policristalinas;
- ✓ Ponta de pastilha soldada.

Fazendo uso de cinco formas de ferramenta de corte, essas operações fundamentais podem ser realizadas. Observa-se que dentro de um tipo de ferramenta há diversas variantes, tanto em relação ao padrão de construção, materiais utilizados, arestas de corte e fixação. As formas de ferramenta básicas utilizadas no torno mecânico, são agrupadas em ferramentas de torneamento, ferramentas de canais e cortes, ferramentas de forma, ferramentas de rosca e barras de mandrilar. (DINIZ, 2013). Já as ferramentas de torneamento são usadas em operações que a troca de ferramenta apresenta dificuldade, em preparações de desbaste ou para outros tipos de usinagem, por isso, diversos tipos de corte são efetuados por essas ferramentas. Dependendo do objetivo de torneamento, a geometria da ferramenta é modificada para atender um avanço à direita, à esquerda ou mesmo em direção ao centro da

peça. O processo de torneamento é executado com a combinação de dois movimentos: avanço da ferramenta e a rotação da peça. O avanço da ferramenta pode ser ao longo do eixo da peça, o que significa que seu comprimento será reduzido, ou no sentido do centro da peça, diminuindo seu diâmetro. Em alguns casos, o avanço da ferramenta pode ser a combinação dessas duas direções, resultando em superfícies cônicas (MEIRELES, 2000). Existe uma infinidade de combinações possíveis variando-se a composição da ferramenta, raio de ponta, posição e superfície de saída do cavaco.

A figura 10 ilustra as principais características da ferramenta de torneamento:

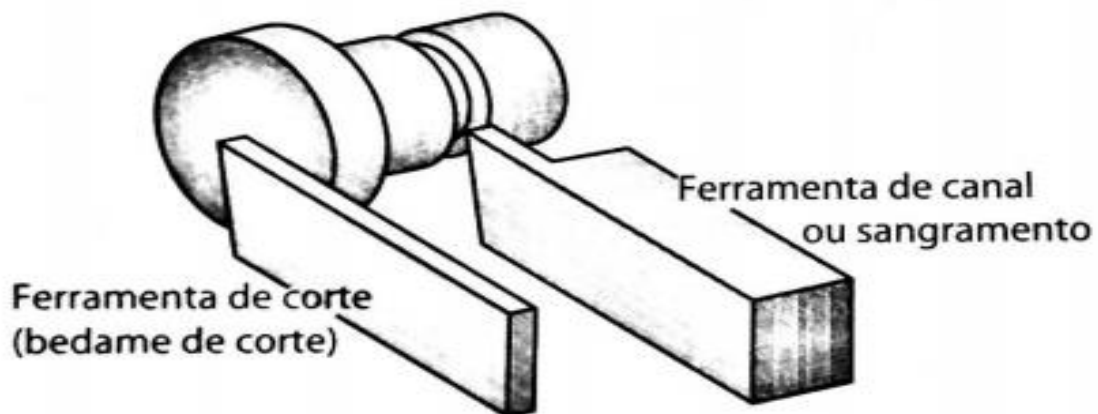


**Figura 10** - Ferramenta de torneamento  
**Fonte:** Fitzpatrick (2013).



**Figura 11** - Ferramenta de torneamento  
**Fonte:** mk12more.wordpress (2018).

Todas as ferramentas de canais e cortes são ferramentas usadas para sangramento e para o destacamento da peça, fazendo com que a mesma ferramenta possa realizar ambas as funções. Desta forma essas ferramentas possuem função e forma similar ao das ferramentas de torneamento, porém apresentam características de capacidade de profundidades avançadas na peça. A geometria básica dessa ferramenta é representada na figura 12:



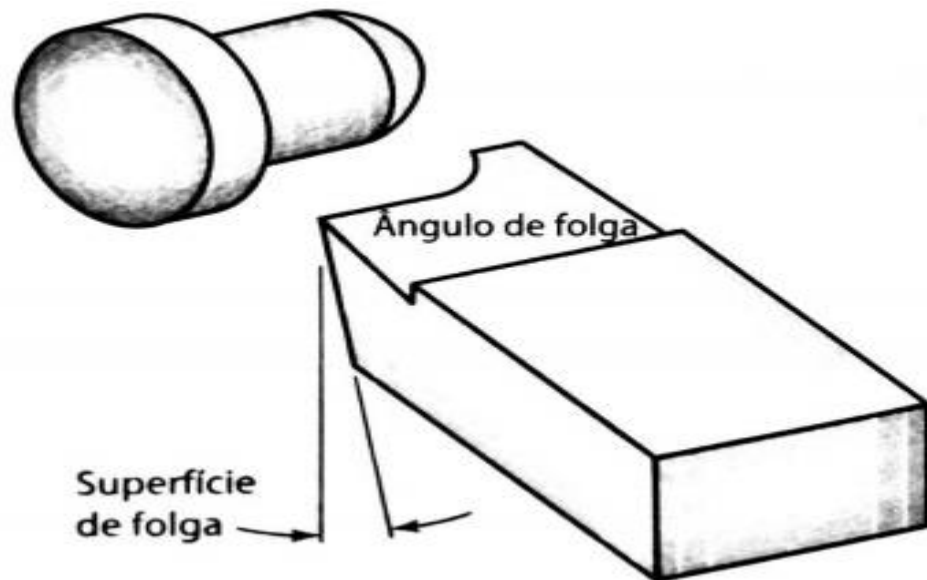
**Figura 12** - Ferramenta de corte e canal.  
**Fonte:** Fitzpatrick (2013).



**Figura 13** - Ferramenta de corte e canal e sua Geometria.  
**Fonte:** <https://slideplayer/> <acesso em 20/11/2018, 13:00:>.

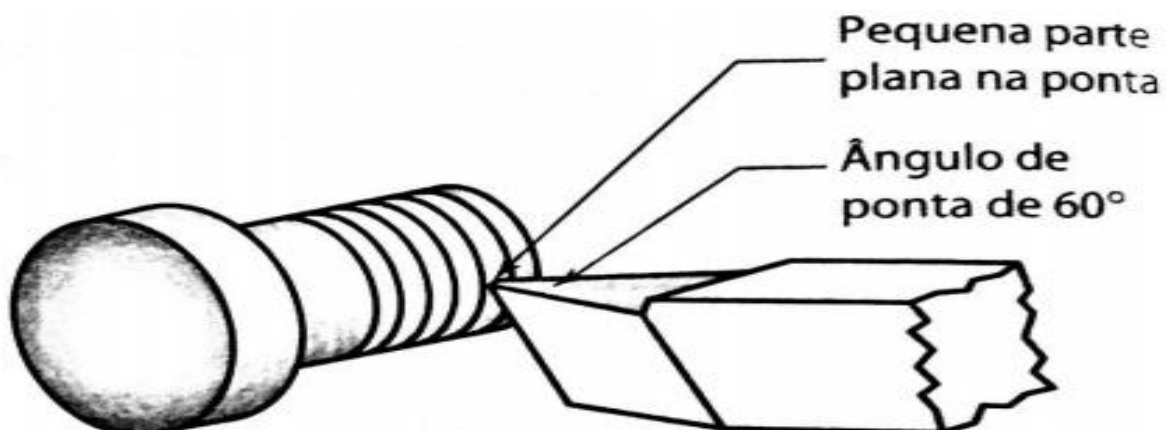
Todas as ferramentas de forma são fabricadas em sua maior parte de aço rápido, e para os casos em que são exigidas maiores vidas da ferramenta, insertos postiços

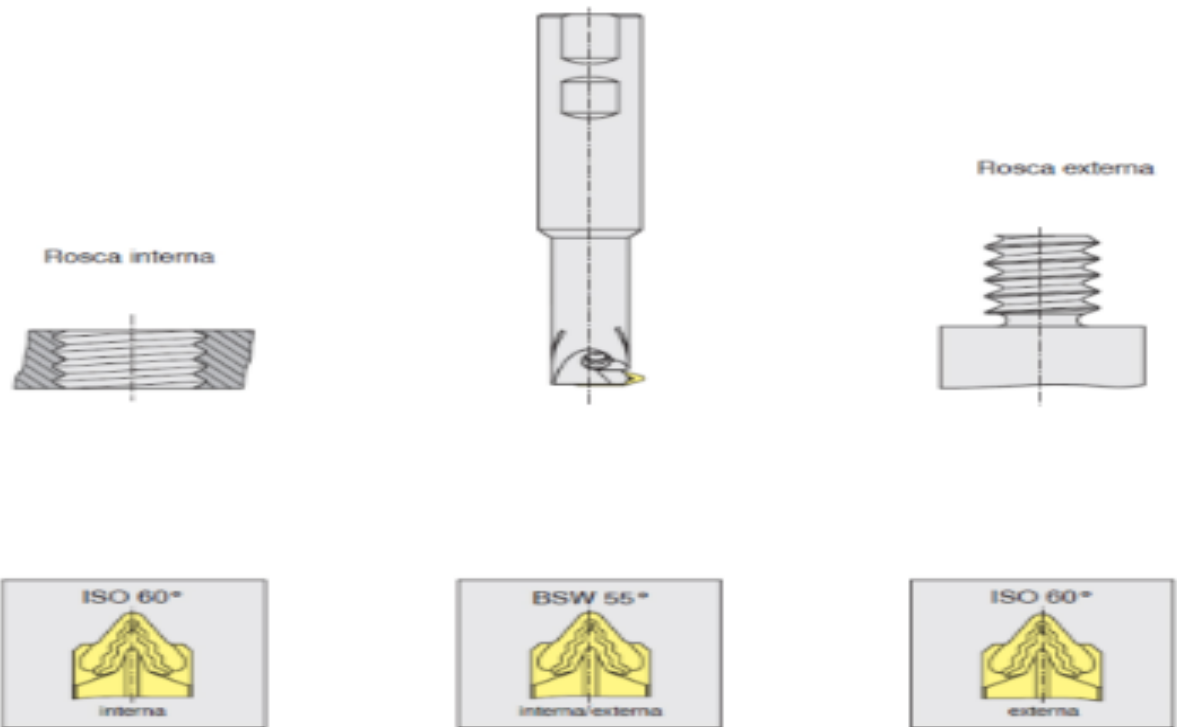
de metal duro soldado. Quando você passa a utilizar as ferramentas de corte no padrão de forma, problemas como lentidão no corte, desprendimento de superfície e vibrações podem ser atenuados.



**Figura 14** Ferramenta de forma  
**Fonte:** Fitzpatrick (2013).

Essas ferramentas de rosca, são definidas como ferramentas com ângulo de ponta de rosca de  $60^\circ$ , e com o intuito de duplicar a forma de rosca é aliada a uma pequena seção plana em sua ponta. Essas ferramentas geralmente são adquiridas em versões pré-formadas e com o recurso de uso de pastilhas intercambiáveis de metal duro. Em aplicações que não exigem alto desgaste à abrasão, ou que exigem uma maior tenacidade da ferramenta, pode ser utilizado também a ferramenta de aço rápido, conformada a partir do próprio bit por meio de afiação





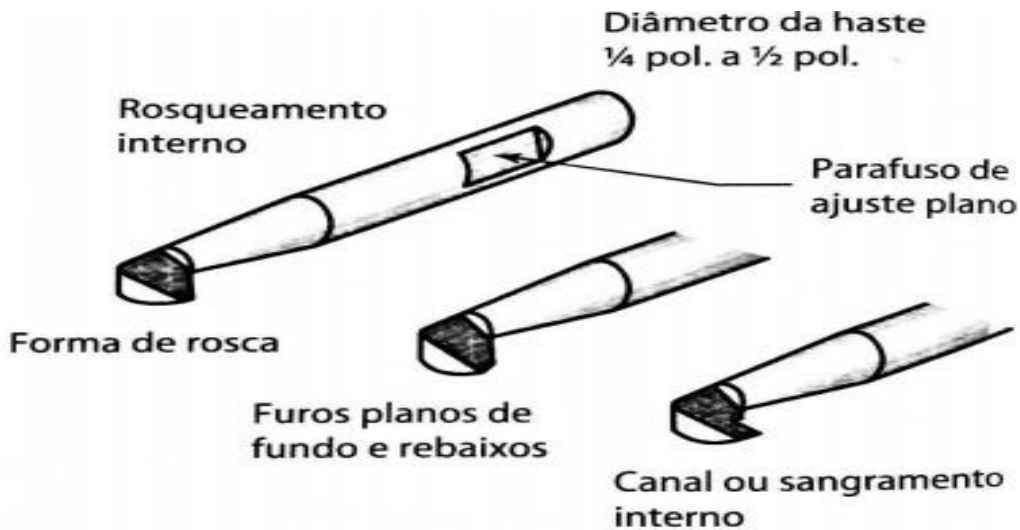
**Figura 15** - Ferramenta de rosca  
**Fonte:** Fitzpatrick (2013).

**Figura 16** - Ferramenta de rosca interna e externa.  
**Fonte:** tectronmetalduro (2018).

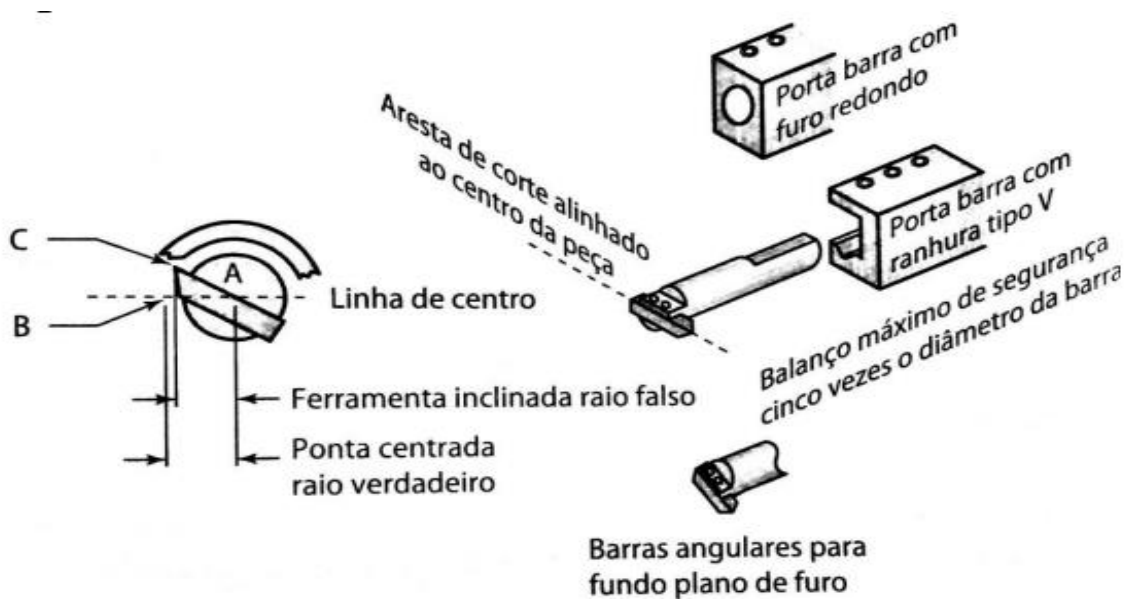
É importante explicar que as barras de mandrilar são ferramentas que proporcionam operações de mandrilamento no torno mecânico, ou seja, são usadas para usinagem interna do material. Podem ser facilmente fabricadas a partir de uma barra de aço, com o perfil característico de fixação no castelo do torno e ponta para a solda ou aparafusamento do bit ou pastilha.

“Uma versão popular para pequenos furos é a o tipo Suíço, em que ela é montada em um porta-ferramentas para trabalho no torno. [...] elas produzem excelente resultado quando mandrilando diâmetros abaixo de 1,0 pol.” (FITZPATRICK, 2013, p. 170).

Desta forma as barras de mandrilar podem ser divididas em barras pré-formadas ou barras de mandrilar universais, as quais aceitam qualquer formada gerada, ao contrário das barras que aceitam apenas padrões retificados.



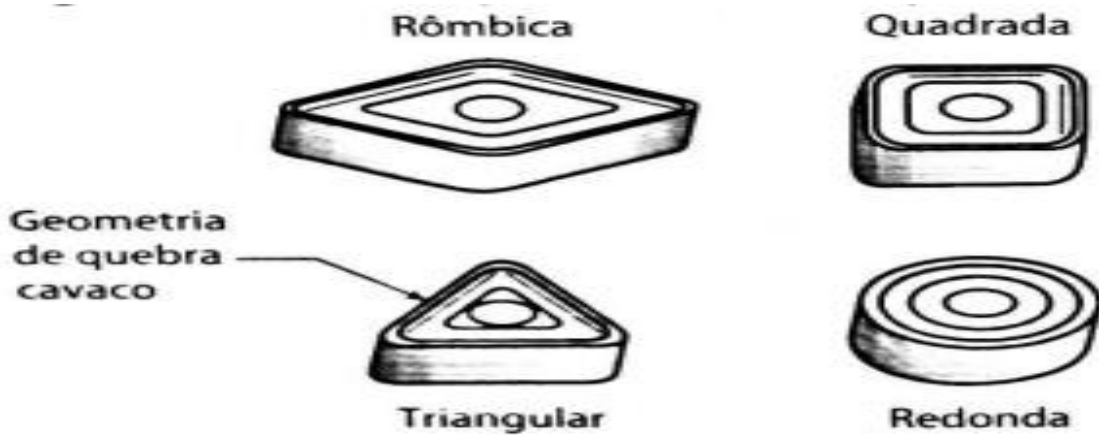
**Figura 17** - Barras sólidas de mandrilas para pequenos furos.  
**Fonte:** Fitzpatrick (2013).



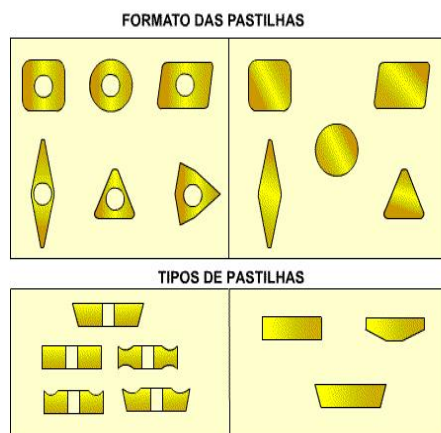
**Figura 18** - Barras de mandrilar universais  
**Fonte:** Fitzpatrick (2013).

Desta forma as pastilhas devem ser escolhidas em vista do tamanho do assento do porta-ferramentas, forma e tamanho da peça, além da quantidade de material a ser removido. É necessário levar em conta também os ângulos de saída e raios de ponta. Todas estas variáveis, se selecionadas incorretamente podem induzir vibrações, desgaste precoce da pastilha ou ainda remoção de material com propriedades

indesejadas de acabamento superficial. A figura 18 apresenta as principais formas de pastilhas:



**Figura 19** - Principais formas de pastilhas  
**Fonte:** Fitzpatrick (2013).



**Figura 20** - Principais formas de pastilhas  
**Fonte:** mmborges (2018).

Com a ação da ferramenta de corte pequenos riscos são feitos na superfície da peça de trabalho inevitavelmente. Além dos tipos de ferramentas, adequados para determinados tipos de operações, vale frisar também que é importante relacionar a geometria das pastilhas de corte, com relação ao formato e tamanho da mesma. As pastilhas podem ser soldadas nas ferramentas, mas é preferível utilizar sempre que

possível, pastilhas do tipo indexável. Pastilhas deste tipo proporcionam alta produção, devido à agilidade na substituição.



## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste Artigo foram estudados os fatores que influenciam a usinagem levando em conta a relação à qualidade e custos razoáveis. Sendo assim foi cumprido o objetivo inicial de analisar as variáveis que oferecem o melhor desempenho, com equilíbrio entre esses dois fatores, na modalidade de torneamento. Foram estudados os principais materiais das ferramentas de corte e suas terminologias, especificando suas características técnicas, requisitos para operação, efeitos de elementos de liga e classes de materiais recomendadas a aplicações determinadas com seus índices de desempenho. As aplicações das ferramentas de acordo com sua geometria foram estudadas levando em conta o padrão de construção, formas, e combinações de diferentes classes de ferramentas que podem ser utilizadas para adequar à geometria da peça a ser usinada. Como sugestão de trabalho futuro é interessante o estudo do mecanismo de desgaste das ferramentas de usinagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia Mecânica. 2. Ed. São Paulo: Makron Books, 1986. v. 2 e 3.
- DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C; COPPINI, N. L. Tecnologia da usinagem dos materiais. 9. Ed. São Paulo: Artliber, 2013.
- FERRARESI, Dino. Fundamentos da Usinagem dos Metais. 1. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1970.
- FITZPATRICK, Michael. Introdução aos processos de usinagem. 1. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- MEIRELLES, G.S.C. (2000). Desenvolvimento de sistema de aquisição de dados em operações de usinagem visando o monitoramento de linhas ou células de produção. São Carlos, 2000. 97p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- STEMMER C. R. Ferramentas de Corte I. 6ª edição. Editora Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.
- SCHAEFFER, Lirio. Conformação dos metais: metalurgia e mecânica. Porto Alegre: Rigel, 1995.
- TEDESCO, M.E. Variação Dimensional e Microestrutural do Aço AISI 4140 em Peças Usinadas por Torneamento. Dissertação de Mestrado. Universidade de Caxias do Sul, p.69, 2007.
- TRENT, E. M. Metal cutting. 2 ed. Londres: Butterworths & Co., 1984.