

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

GABRIEL ATHAYDE STOCKLER

**INTEGRIDADE SUPERFICIAL DO AÇO SAE 8620 PARA FABRICAÇÃO DE CORPOS DE PROVA
UTILIZANDO INSERTOS REDONDOS DE METAL DURO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

GABRIEL ATHAYDE STOCKLER

**INTEGRIDADE SUPERFICIAL DO AÇO SAE 8620 PARA FABRICAÇÃO DE
CORPOS DE PROVA UTILIZANDO INSERTOS REDONDOS DE METAL DURO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Fabio de Freitas Lima

Coorientador: MsC. Vitor Baldin

PATO BRANCO

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

Integridade Superficial Do Aço Sae 8620 Para Fabricação De Corpos De Prova Utilizando Insertos Redondos De Metal Duro

Gabriel Athayde Stockler

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 23/11/2018 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Prof. MsC. Roberto Nunes da Costa
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

MsC. Vitor Baldin
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

Prof. Dr. Fabio de Freitas Lima
(UTFPR – Departamento de Mecânica)
Orientador

Prof. Dr. Paulo Cezar Adamczuk
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, João Gilberto Kosma Stockler e Mônica Lobo de Athayde, pois sem eles nada disso teria se concretizado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela sabedoria que me proporcionou. Em seguida, agradeço ao meu orientador Fabio de Freitas Lima e ao meu coorientador Vitor Baldin por todo o apoio e sugestões para o bom andamento do meu trabalho. Agradeço aos meus pais, que sempre acreditaram no meu potencial e sempre me incentivaram a buscar um curso superior. E por fim, todos os que indiretamente me auxiliaram com doação de material e/ou dicas para bom andamento do trabalho.

EPÍGRAFE

If you want to be successful, you must have total dedication, seek your last limit and give your best. (SENNA, Ayrton).

Se você quer ser bem-sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si. (SENNA, Ayrton).

RESUMO

STOCKLER, Gabriel Athayde. Integridade superficial do aço SAE 8620 para fabricação de corpos de prova utilizando insertos redondos de metal duro. 2018. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

O presente trabalho trata do estudo da usinabilidade do aço alta resistência e baixa liga (ARBL) SAE 8620 quando utilizados insertos redondos de metal duro, a fim de buscar métodos e ações práticas para redução de problemas causados por vibração. O objetivo principal desta pesquisa foi identificar parâmetros de corte adequados para obtenção de acabamento superficial satisfatório durante a usinagem de corpos de prova para ensaios de tração. Os resultados obtidos apontaram para a necessidade do uso de fluido de corte no processo de torneamento para a combinação de material e insertos englobados neste estudo. Utilizando um fluido de corte adequado, foi possível atingir valor de rugosidade superficial na ordem de $0,237\mu\text{m}$, resultando em um acabamento polido.

Palavras-chave: Usinagem. Vibração. Insertos redondos. Parâmetros. Acabamento superficial.

ABSTRACT

STOCKLER, Gabriel Athayde. Surface integrity of SAE 8620 steel for the manufacture of round tensile specimens using round carbide inserts. 2018. 45 f. Course Completion Work - Mechanical Engineering Course, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

The present work approaches the study of the machinability of high-strength low-alloy (HSLA) steel SAE 8620 when using round carbide inserts, in order to find methods and practical solutions to reduce problems caused by vibration. The main objective of this research was to identify suitable cutting parameters to obtain a satisfactory surface finish during machining of round tensile specimens for tensile tests. The obtained results pointed to the need for the use of cutting fluid process in turning, to the combination of both material and inserts used in the present study. Using a suitable cutting fluid, it was possible to reach surface roughness value in the order of $0,237\mu\text{m}$, resulting in an polished surface finish.

Keywords: Machining. Vibration. Round inserts. Parameters. Surface finish.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Materiais para ferramentas de corte.....	17
Figura 2 – Suporte e inserto redondo	20
Figura 3 – Desenho de uma superfície real.....	22
Figura 4 – Derivação matemática de R_a	22
Figura 5 – Corpo de provas padrão (com seção transversal circular).....	23
Figura 6 – Representação esquemática de uma máquina de ensaios de tração	24
Figura 7 – Torno mecânico manual universal.....	25
Figura 8 – Rugosímetro TR220 da TIME Group Inc.....	26
Figura 9 – Inseto Korloy – RCGT1003M0-AK	27
Figura 10 – Inseto Widia – RCMT10T3M0 (WK20CT).....	27
Figura 11 – Inseto Widia – RCMT10T3M0 (WP15CT).....	28
Figura 12 – Inseto Widia – RCMT1204M0 (WK20CT).....	28
Figura 13 – Inseto Widia - RCMT1204M0 (WP15CT).....	29
Figura 14 – Suporte Black Tools SRDCN 2525 M12.....	29
Figura 15 – Suporte Widia SRDCN2020K10 (WG).....	30
Figura 16 – Fluidos de corte utilizados nos ensaios	30
Figura 17 – Gotejador para fluido de corte.....	32
Figura 18 – Corpo de prova utilizado nos testes	33
Figura 19 – Processo de medição da rugosidade superficial	34
Figura 20 – Parâmetros do rugosímetro.....	34
Figura 21 – Corpo de prova usinado sem fluido de corte	38
Figura 22 – Corpo de prova usinado com fluido A	39
Figura 23 – Corpo de prova usinado com fluido B	40
Figura 24 – Corpo de prova usinado com fluido C	41

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Elementos de liga primários do aço SAE 8620	16
Tabela 2 – Características dos revestimentos CVD e PVD.....	19
Tabela 3 – Parâmetros variados nos testes	35
Tabela 4 – Ensaio 1	36
Tabela 5 – Ensaio 2	37
Tabela 6 – Ensaio 1 utilizando fluido A (Quimatic 1)	38
Tabela 7 – Ensaio 1 utilizando Fluido B (Quimatic 3 Super Fluido).....	39
Tabela 8 – Ensaio 1 utilizando fluido C (Rocast Perfection 1).....	40

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO GERAL.....	13
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3	JUSTIFICATIVA	14
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	AÇOS DE BAIXA LIGA.....	15
2.1.1	Aços De Alta Resistência E Baixa Liga (ARBL).....	15
2.2	Aço SAE 8620	15
2.2.1	Influência Dos Elementos De Liga (Cr, Ni, Mo)	16
2.3	MATERIAIS PARA FERRAMENTA DE CORTE	16
2.3.1	Metal Duro.....	17
2.3.2	Processos De Revestimento Das Ferramentas De Metal Duro.....	18
2.4	INSERTOS REDONDOS DE METAL DURO	19
2.5	FLUIDOS DE CORTE	20
2.5.1	Classificação Dos Fluidos De Corte	21
2.5.2	Métodos De Aplicação Dos Fluidos De Corte	21
2.6	INTEGRIDADE SUPERFICIAL.....	22
2.7	ENSAIOS DE TRAÇÃO.....	23
3.	METODOLOGIA	25
3.1	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	25
3.2	MATERIAIS	25
3.2.1	Equipamentos.....	25
3.2.2	Insertos.....	26
3.2.3	Suportes	29
3.2.4	Fluidos De Corte.....	30
3.2.5	Gotejador Para Fluido De Corte	31
3.3	MÉTODOS	32
3.3.1	Procedimentos Dos Ensaios.....	33
3.3.2	Parâmetros Utilizados Nos Ensaios	35
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5.	CONCLUSÕES	42
	REFERÊNCIAS.....	44

1. INTRODUÇÃO

A usinagem dos metais está presente em muitos objetos e máquinas do cotidiano, mesmo que de maneira indireta. A usinagem basicamente consiste em alterar o formato da matéria-prima, com o intuito de obter um produto acabado. Este processo se dá através da remoção de material em forma de cavaco (MACHADO et al., 2009).

Para usinagem através do torneamento utilizam-se diversos tipos e formatos de ferramentas de corte, e um tipo de ferramenta pouco explorado no cenário da mecânica é o inserto redondo de metal duro. Uma aplicação prática do uso desta ferramenta é a fabricação de corpos de prova utilizados em ensaios de tração, pois é uma peça que segue normas de dimensões e acabamentos superficiais, e para isso, a usinagem destes corpos de prova deve ser feita com o máximo de conhecimento técnico para reproduzir fielmente o que foi requerido na norma.

Os metais são essenciais para vida do homem, e podem ser classificados de diversas maneiras quanto à forma e composição. No presente trabalho, o metal estudado se trata do aço SAE 8620 (aço baixa liga). Este aço apresenta boa temperabilidade, porém a usinabilidade utilizando o inserto redondo de metal duro se mostra difícil, devido a vibrações e riscos superficiais durante o processo de fabricação de corpos de prova em laboratório. Justamente por apresentar dificuldade no processo de usinagem, este aço acaba sendo deixado de lado em estudos acadêmicos e/ou aulas práticas de Ensaios dos Materiais.

O presente trabalho se concentra na usinagem de corpos de prova para ensaios de tração fabricados em aço SAE 8620, utilizando, para este processo de torneamento, insertos redondos de metal duro (com variação de geometria e raio de corte da ferramenta) e variados tipos de fluidos de corte, a fim de se atingir um bom acabamento da peça.

1.1 OBJETIVO GERAL

O principal objetivo deste trabalho é apresentar soluções práticas de usinagem, para atingir o melhor acabamento superficial possível, no torneamento do

aço SAE 8620 durante o processo de fabricação de corpos de prova para ensaios de tração, utilizando ferramentas de corte de metal duro (insertos redondos).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral são elencados os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma ampla pesquisa bibliográfica, com o intuito de ter o maior número possível de informações sobre o material a ser usinado, a ferramenta de corte e variáveis de corte para o processo de usinagem;
- Realizar testes em laboratório para coletar dados de rugosidade superficial, na tentativa de atingir um acabamento superficial sem riscos e/ou marcas provenientes de vibrações entre a ferramenta de corte e a peça usinada;
- Encontrar um conjunto de parâmetros ideal no torno mecânico, que apresente baixos níveis de ruído e vibração, baixo aquecimento da peça e acabamento superficial significativamente bom.

1.3 JUSTIFICATIVA

Aços de baixa liga podem ser utilizados como alternativas em substituição aos aços carbono, pelo fato de apresentarem melhores propriedades. Entretanto, no âmbito acadêmico, existe uma limitação de conhecimento para fabricação de corpos de prova com o aço SAE 8620, pois para isso é necessário o uso de insertos redondos, e estes requerem domínio do processo de usinagem e parâmetros de corte. Logo, o presente trabalho se justifica por apresentar soluções para fabricação de corpos de prova de aço SAE 8620 com insertos redondos que posteriormente serão utilizados em disciplinas de Ensaios dos Materiais, ampliando, assim, o conhecimento dos acadêmicos do curso acerca de diferentes tipos de aço.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AÇOS DE BAIXA LIGA

Em geral, os aços se caracterizam por serem os materiais mais consumidos dentre os aços ligas. Os aços baixa liga, em especial, possuem quantidade de elementos ligantes inferior a 5%, com a finalidade de aumentar a temperabilidade e resistência ao revenido. Os elementos primários mais comuns são: Cr, Mo, Ni, Mn e Si. Em geral, são aplicados para aumentar a temperabilidade de peças com seções transversais elevadas, atenuar a queda de dureza entre o núcleo e a superfície para evitar o destacamento, e elevar a dureza de camadas nitretadas pela formação de nitretos de alumínio e cromo (CARUSO, 2001).

2.1.1 Aços De Alta Resistência E Baixa Liga (ARBL)

São aços cujas normas AISI-SAE não os classificam como aços ligados (tais como 4340, 8620, 4320), apesar de conterem elementos de liga para fins de obtenção de resistência mecânica e à corrosão atmosférica superiores aos aços de baixo carbono (CARUSO, 2001).

2.2 AÇO SAE 8620

O aço 8620 é um tipo de aço de baixa liga geralmente utilizado para cementação e posterior beneficiamento, ligado ao cromo (Cr), níquel (Ni) e Molibdênio (Mo), o que lhe confere melhor temperabilidade (GGD METALS, 2017).

A cementação geralmente é utilizada nesses aços para aumentar a resistência ao desgaste, e seu núcleo geralmente possui boa resistência mecânica à fratura. A dureza superficial do aço SAE 8620 pode atingir 62HRC após cementação, enquanto que a dureza do núcleo varia entre 30 a 45HRC.

Este aço geralmente é utilizado em componentes mecânicos tais como: pinos guia, anéis de engrenagem, cruzetas, catracas, eixos, coroas, pinhões, e na construção de ferramentas e moldes (AÇOESPECIAL, 2017).

A composição do aço SAE 8620 é situada numa faixa de valores dos elementos de liga e pode ser vista na tabela abaixo:

Tabela 1 – Elementos de liga primários do aço SAE 8620

ABNT/SAE	Elementos de liga (%)				
	C	Mn	Ni	Cr	Mo
8620	0,18	0,70	0,40	0,40	0,15
	0,23	0,90	0,70	0,60	0,25

Fonte: Adaptado de Ferraresi, 1970, p.737.

Em geral o aço SAE 8620 é assim denominado pois segue a normativa da ABNT/SAE e, neste caso, a série 86XX faz referência ao tipo de aço que possui 0,55% de Níquel (Ni), 0,50% de Cromo (Cr) e 0,20% de Molibdênio (Mo). Os dois números finais de sua descrição (XX20) fazem referência à porcentagem de carbono em sua composição, neste caso, de 0,20% (CARUSO, 2001).

2.2.1 Influência Dos Elementos De Liga (Cr, Ni, Mo)

A principal função do cromo é elevar a temperabilidade, e em adição, tem efeito de elevar a resistência a quente por aumentar a resistência a oxidação (CARUSO, 2001). Por sua vez, o níquel aumenta a resistência ao impacto, além de elevar consideravelmente a resistência à corrosão em aços com baixo teor de carbono. Por fim, o molibdênio atua como refinador de grão, melhorando também a resistência à corrosão, pela formação de partículas resistentes à abrasão, contrabalanceando a tendência à fragilidade do revenido (COSTA, [1999?]).

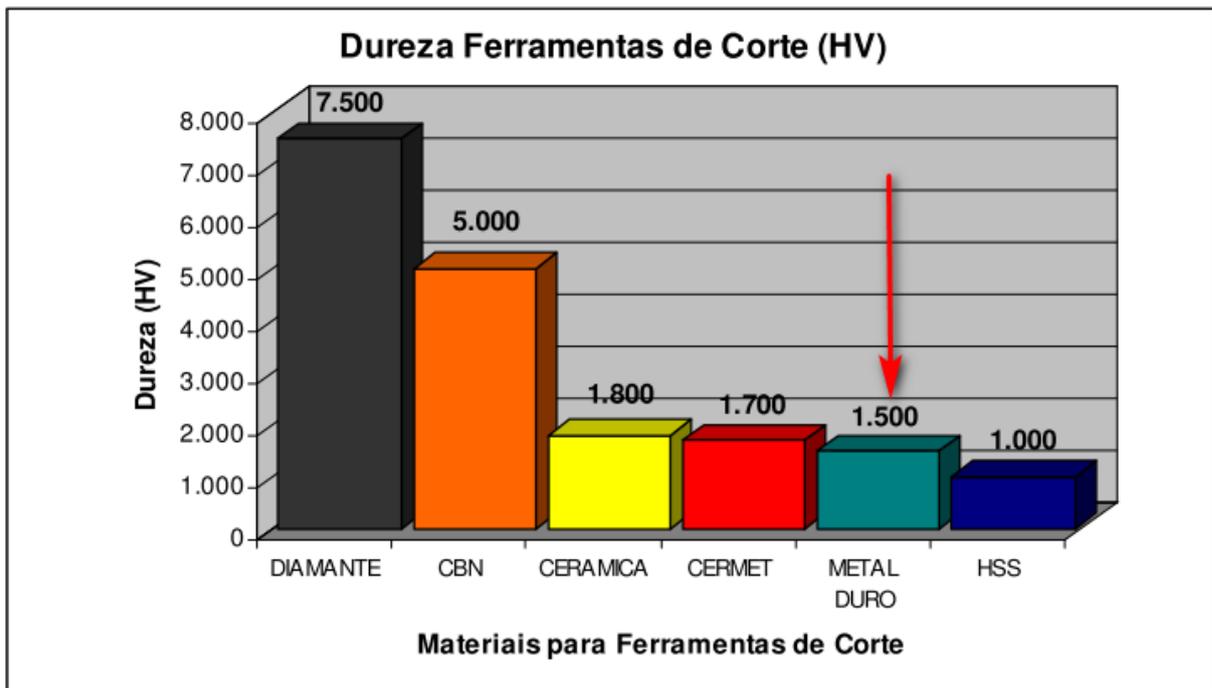
2.3 MATERIAIS PARA FERRAMENTA DE CORTE

De posse do aço escolhido para este estudo (SAE 8620), sucedeu-se a escolha dos materiais utilizados como ferramentas de corte no torneamento desta liga.

A premissa básica para a escolha de uma ferramenta adequada é que esta seja mais dura que o material a ser usinado (TELES; FERREIRA, 2007).

Na Figura 1 pode-se observar um gráfico com os valores médios de dureza das ferramentas de corte e seus variados materiais de composição.

Figura 1 – Materiais para ferramentas de corte



Fonte: Adaptado de TRENT, 1991.

Como pode-se verificar, o valor identificado pela seta em vermelho mostra que o valor médio de dureza Vickers (HV) das ferramentas de corte de metal duro é de aproximadamente 1.500HV. Tendo como base o valor de dureza do aço SAE 8620 após cementação, este sendo 62HRC, verifica-se que este metal pode ser usinado utilizando ferramentas de corte de metal duro, pois o valor de 62HRC corresponde a aproximadamente 746HV – que é praticamente metade da dureza suportada por uma ferramenta de corte de metal duro.

2.3.1 Metal Duro

O metal duro é fabricado através da metalurgia do pó, onde partículas duras de carbonetos como tungstênio, titânio, tântalo e nióbio são aglomeradas, e em seguida materiais ligantes como o cobalto e o níquel são adicionados, para que os grãos fiquem juntos e evitem a fratura. A resistência das ferramentas de metal duro, bem como sua precisão de corte, é melhorada através da diminuição do tamanho de grão e na melhora dos elementos ligantes (TELES; FERREIRA, 2007).

A norma ISO 513/2004 classifica os metais duros em 6 classes distintas que são designados pelas letras: P, M, K, N, S e H. São também separados por cores

(azul, amarelo, vermelho, verde, laranja e cinza, respectivamente) (TELES; FERREIRA, 2007).

Os metais duros classificados como classe K são os que contém WC + Co, classe também conhecida como “classe dos ferros fundidos” ou “classe aplicada a materiais que possuem cavacos curtos”. Quando se adicionam TiC, TaC e/ou NbC, a ISO os designa como classe P, a qual também ficou conhecida como “classe dos aços ou dos materiais que possuem cavacos longos” (MACHADO et al., 2015).

Sabendo que o foco foi a usinabilidade do aço SAE 8620, a classe de metais duros mais indicada foi a classe “P”, classe mais indicada para a usinagem de todos os tipos de aços e aços fundidos exceto os aços inoxidáveis com estruturas austeníticas (MACHADO et al., 2015).

2.3.2 Processos De Revestimento Das Ferramentas De Metal Duro

O objetivo do revestimento nas ferramentas de corte de metal duro é aumentar a dureza da ferramenta e reduzir o desgaste abrasivo. Existem dois tipos de revestimento geralmente aplicados às ferramentas de corte: CVD e PVD. O revestimento mais comum utilizado nas ferramentas de corte para torneamento e também o tipo de revestimento utilizado nos ensaios deste trabalho é o CVD (*Chemical Vapour Deposition*) (MACHADO et al., 2015).

No CVD ocorre a deposição devido à reação química entre gases, que pode variar de acordo com o revestimento a ser aplicado. O revestimento mais comum utilizado é o óxido de alumínio, utilizando-se cloreto de alumínio e nitrogênio. A Tabela 2 mostra algumas características do processo de revestimento por CVD.

Tabela 2 – Características dos revestimentos CVD e PVD

	CVD – Deposição química de vapor	PVD – Deposição física de vapor
Temperatura de revestimento	Aproximadamente 1.000 °C	Aproximadamente 500 °C
Tenacidade	Reduzida	Não é afetada
Aresta de corte	Arredondamento requerido	Pode ser quina viva
Espessura do revestimento	Até 12 µm	Até 4 µm
Camadas	Multicamadas TiC - TiN, TiN - TiCN - TiN, TiC - Al ₂ O ₃	TiN, TiCN, TiAlN
Principais aplicações	Torneamento e madrilamento	Fresamento, roscamento e furação
Vantagens	<p>Maior resistência ao desgaste</p> <p>Maior resistência à craterização</p> <p>Grande vida da ferramenta</p>	<p>Substitui ferramentas sem revestimento: com mesma tenacidade, mesma configuração de aresta e mesma precisão</p> <p>Reduz APC</p> <p>Maior vida na ferramenta</p>

Fonte: Adaptado de MACHADO et al., 2009.

2.4 INSERTOS REDONDOS DE METAL DURO

Em virtude de a finalidade deste trabalho ter sido a usinagem do aço SAE 8620 utilizando insertos redondos de metal duro, o foco das pesquisas se concentrou neste tipo específico de ferramenta de corte. Essas pastilhas são ferramentas consideradas neutras, pois podem usinar da direita para a esquerda, e vice-versa, com a mesma capacidade.

Essas ferramentas podem ter diversos raios, bem como diferentes tipos de revestimento e formato de quebra cavaco. Neste caso específico de estudos, o raio da ponta da ferramenta foi exatamente o raio do inserto (5mm e 6mm).

Aumentar o raio da ponta da ferramenta (utilizando insertos redondos em substituição aos triangulares) traz benefícios, como aumento da resistência da aresta de corte, propriedade relevante para o estudo proposto.

Em geral, os insertos redondos devem ser utilizados para usinagem de superfícies brutas (pois possuem aresta de corte resistentes), podem ser utilizados em desbastes de peças com diâmetro avantajado e também quando a máquina possui elevada rigidez, a fim de evitar as vibrações durante a usinagem.

As ferramentas redondas também possuem algumas deficiências durante o processo de usinagem, sendo que os principais problemas decorrentes de seu uso

são vibrações elevadas, controle de cavaco e acabamento ruins (MITSUBISHI MATERIALS, 2018).

O raio da ferramenta deve ser grande o suficiente para diminuir o efeito dos dentes de serra das marcas de avanço, notando-se melhoria no acabamento. No entanto, um raio excessivo pode gerar vibrações (SANTOS et al., 2007).

Na Figura 2 se pode observar uma ilustração de um suporte de ferramenta, bem como a própria ferramenta de metal duro já montada. Esta ferramenta foi uma das utilizadas nos ensaios práticos deste trabalho.

Figura 2 – Suporte e inserto redondo



Fonte: Autoria própria, 2018.

2.5 FLUIDOS DE CORTE

Segundo Machado et al. (2015), as principais funções dos fluidos de corte são: lubrificação em baixas velocidades de corte, refrigeração em altas velocidades, remoção de cavacos da zona de corte e proteção da máquina-ferramenta e da peça contra a oxidação.

Agindo como lubrificante, o fluido contribui para reduzir o atrito e a área de contato ferramenta/cavaco, e sua eficiência depende da habilidade de penetrar nessa interface no curto tempo disponível para formar um filme protetor. Porém, como refrigerante, o fluido de corte favorece a transferência de calor da região usinada. Além disso, mesmo que a concentração de óleo seja mínima, haverá redução de atrito e, portanto, da temperatura. Foi demonstrado de maneira experimental que a eficiência

do fluido de corte em reduzir a temperatura diminui com o aumento da velocidade de corte e da profundidade de corte (SHAW et al., 1951).

2.5.1 Classificação Dos Fluidos De Corte

Segundo Machado et al. (2015), os fluidos de corte líquidos mais comuns são classificados em: óleos, emulsões e soluções.

Os fluidos oleosos são geralmente compostos de óleos minerais obtidos a partir do refino do petróleo e são eficientes na redução do atrito, porém possuem geralmente baixa condutividade térmica.

Já as emulsões, também denominados fluidos semissintéticos, geralmente são compostos bifásicos de óleos minerais ou vegetais adicionados à água na proporção de 1:10 a 1:100, mais agentes emulsificantes que garantem a uniformidade da mistura.

Por fim, as soluções são compostos monofásicos de óleos que se dissolvem completamente na água, formando fases únicas. As soluções são também denominadas de “fluidos sintéticos” e geralmente são isentas de óleo mineral ou vegetal. Apresentam vida útil longa por serem menos atacáveis por bactérias e este tipo de fluido de corte oferece boas propriedades lubrificantes e refrigerantes.

Para o torneamento, sugere-se que, por causa do contato contínuo entre ferramenta e peça e, conseqüentemente, do acesso restrito à interface, soluções e emulsões de baixo peso molecular são mais indicadas (NACHTMAN, 1995).

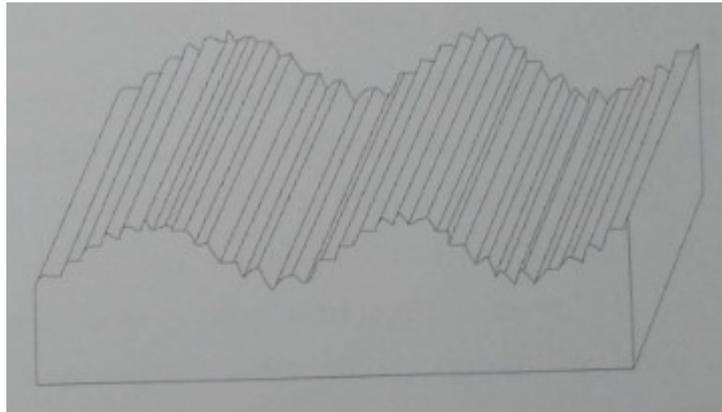
2.5.2 Métodos De Aplicação Dos Fluidos De Corte

Basicamente existem três métodos de aplicação do fluido: jorro a baixa pressão, sistema a alta pressão (até 163 bar) e atomização (de 1 a 5 bar). Entretanto, o jorro a baixa pressão é o mais utilizado, pela sua simplicidade (MACHADO et al., 2015).

2.6 INTEGRIDADE SUPERFICIAL

Segundo Santos et al. (2007), uma superfície, por mais lisa que pareça, possui irregularidades do próprio processo de geração. O desenho de uma superfície real é mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Desenho de uma superfície real

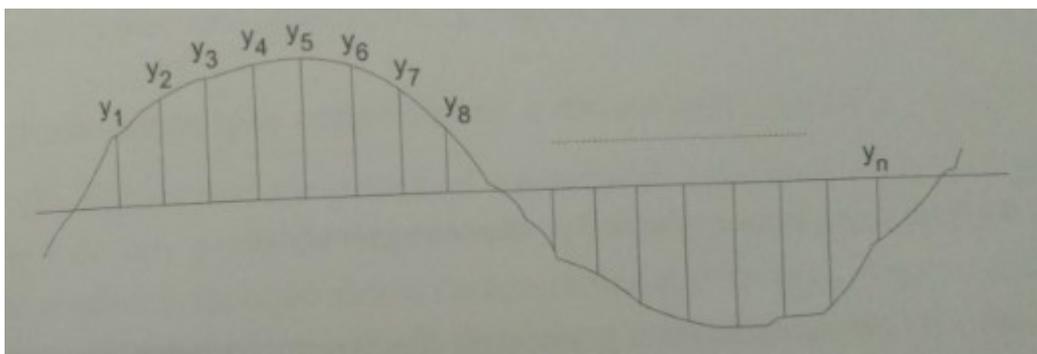


Fonte: Adaptado de Santos et al., 2007, p. 201.

O acabamento superficial sofre influência de diversos parâmetros de usinagem, incluindo: geometria da ferramenta de corte e da peça, rigidez da máquina ferramenta, material da peça e da ferramenta, condições de corte (SANTOS et al., 2007).

Um dos parâmetros mais utilizados para controle de rugosidade é a rugosidade média (R_a), o qual é determinado a partir da média das distâncias entre os pontos de superfície e a linha de centro, ao longo do comprimento da amostragem conforme a Figura 4 demonstra (SANTOS et al., 2007).

Figura 4 – Derivação matemática de R_a



Fonte: Adaptado de Santos et al., 2007, p. 205.

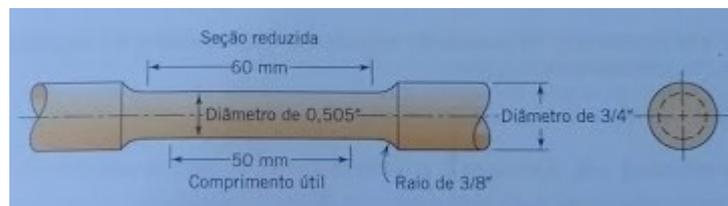
O valor da rugosidade média de uma superfície é calculado de acordo com a equação matemática abaixo:

$$R_a = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n} \quad (1)$$

2.7 ENSAIOS DE TRAÇÃO

Um dos ensaios mecânicos de tensão-deformação mais comuns é conduzido sob tração. O ensaio de tração pode caracterizar várias propriedades mecânicas dos materiais. Em geral, o corpo de prova é deformado até sua fratura, por uma carga de tração que é aumentada gradativamente e é aplicada uniaxialmente ao longo de seu eixo (CALLISTER JR; RETHWISCH, 2012). A Figura 5 representa um corpo de prova de tração padrão.

Figura 5 – Corpo de provas padrão (com seção transversal circular)

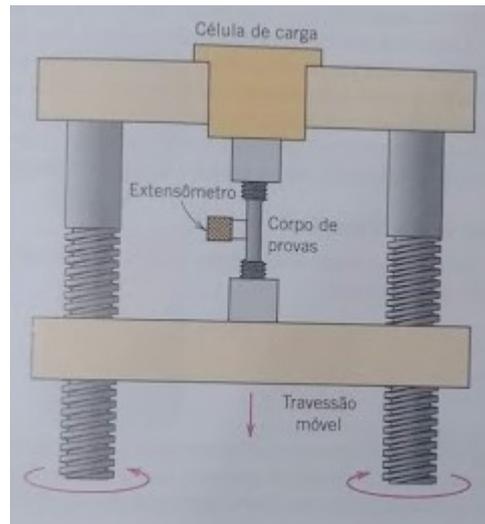


Fonte: Adaptado de Callister Jr, W. D.; Rethwisch, D. G., 2012, p. 131.

Segundo Callister Jr e Rethwisch (2012), essa configuração de corpo de prova em formato de “osso de cachorro” foi escolhida para reduzir a probabilidade de fratura nas extremidades, permitindo desta forma que a deformação fique confinada na região central, que é mais estreita. O diâmetro padrão é de aproximadamente 12,8mm (0,5in), enquanto o comprimento da região reduzida é equivalente a pelo menos quatro vezes o diâmetro; o comprimento de 60mm (2 ¼in) é comum. O comprimento útil padrão é de 50mm (2in).

O corpo de prova é preso pelas suas extremidades nas garras de fixação da máquina de ensaio de tração, que o alonga a uma taxa constante ao mesmo tempo que mede a carga instantânea que está sendo aplicada e os alongamentos resultantes. A Figura 6 apresenta um modelo de máquina de ensaios de tração.

Figura 6 – Representação esquemática de uma máquina de ensaios de tração



Fonte: Adaptado de Callister Jr, W. D.; Rethwisch, D. G., 2012, p.131.

Geralmente esses ensaios de tração seguem as normas ASTM E 8 e E 8M, “Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials” (Métodos Padrões de Ensaio para Testes de Tração em Materiais Metálicos).

3. METODOLOGIA

3.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os processos, materiais e equipamentos utilizados na realização do presente trabalho são apresentados nesta seção. Foram realizados testes em um torno mecânico convencional, variando os parâmetros de usinagem, com o intuito de atingir o melhor acabamento superficial possível, utilizando, para isto, corpos de prova de aço SAE 8620, insertos redondos diversificados (geometria e composição) e fluidos de corte variados.

3.2 MATERIAIS

3.2.1 Equipamentos

Os ensaios utilizaram um torno mecânico convencional da marca Romi, modelo Tormax 20. O torno está presente no Laboratório de Usinagem H006 – Bloco H da UTFPR/PB, e na Figura 7 pode-se observar uma imagem ilustrativa da máquina-ferramenta.

Figura 7 – Torno mecânico manual universal



Fonte: Adaptado de Catálogo Romi.

O rugosímetro utilizado para aferir a rugosidade média aritmética R_a se encontra disponível no local supracitado, sendo da marca TIME Group Inc., modelo TR220, podendo ser observado na Figura 8. Este aparelho apresenta bons resultados e grande facilidade em sua operação. O apalpador do aparelho se desloca pela superfície a ser analisada e logo apresenta o resultado da rugosidade R_a na tela.

Figura 8 – Rugosímetro TR220 da TIME Group Inc.



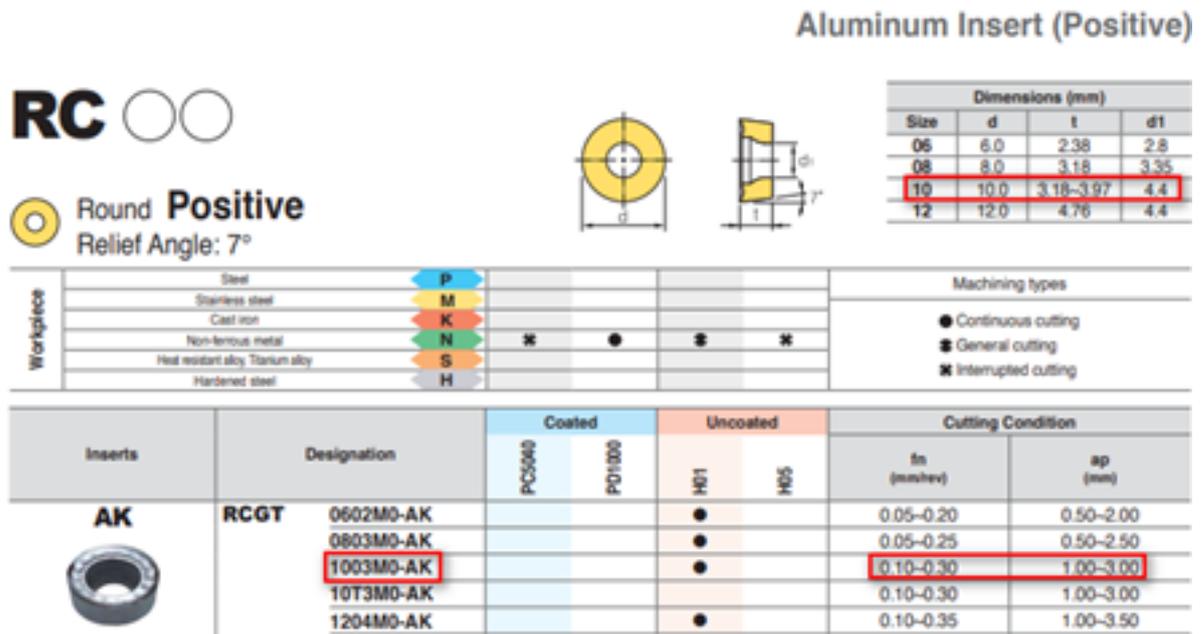
Fonte: Autoria própria, 2018.

3.2.2 Insertos

Nos testes realizados foram utilizados insertos redondos de metal duro com raios que se diferem entre si, totalizando cinco tipos distintos, sendo que três deles possuem raio 5mm e os dois restantes, raio de 6mm.

Na Figura 9 pode-se verificar o inserto referente ao modelo Korloy – RCGT1003M0-AK, o qual é classe K, portanto indicado para usinagem de ferro fundido.

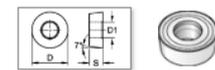
Figura 9 – Inseto Korloy – RCGT1003M0-AK



Fonte: Adaptado de Catálogo Korloy, 2018.

Na Figura 10 é possível observar o inserto referente ao fabricante Widia – RCMT10T3M0 (WK20CT), originalmente sendo destinado para materiais pertencentes à classe K, ou seja, ferro fundido.

Figura 10 – Inseto Widia – RCMT10T3M0 (WK20CT)



SPECIFICATIONS

RCMT

Show 10 entries

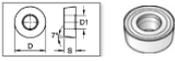
Column Filter Search:

order number	ISO catalog number	ANSI catalog number	Grade	D		S		D1	
				mm	in	mm	in	mm	in
2028143 »	RCMT10T3M0	RCMT10T3M0	THM	10.00	.394	3.97	5/32	4.40	.173
2028145 »	RCMT10T3M0	RCMT10T3M0	TTR	10.00	.394	3.97	5/32	4.40	.173
4170480 »	RCMT10T3M0	RCMT10T3M0	WK20CT	10.00	.394	3.97	5/32	4.40	.173

Fonte: Adaptado de Catálogo Widia Victory.

Na Figura 11 é possível observar o inserto referente ao fabricante Widia – RCMT10T3M0 (WP15CT), o qual é destinado para materiais pertencentes à classe P, ou seja, aços.

Figura 11 – Inserto Widia – RCMT10T3M0 (WP15CT)



SPECIFICATIONS

RCMT

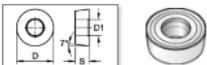
Show 10 entries Column Filter Search:

order number	ISO catalog number	ANSI catalog number	Grade	D		S		D1	
				mm	in	mm	in	mm	in
2028143 >	RCMT10T3M0	RCMT10T3M0	THM	10,00	.394	3,97	5/32	4,40	.173
2028145 >	RCMT10T3M0	RCMT10T3M0	TTR	10,00	.394	3,97	5/32	4,40	.173
4170480 >	RCMT10T3M0	RCMT10T3M0	WK20CT	10,00	.394	3,97	5/32	4,40	.173
4169977 >	RCMT10T3M0	RCMT10T3M0	WP15CT	10,00	.394	3,97	5/32	4,40	.173

Fonte: Adaptado de Catálogo Widia Victory.

Na Figura 12 é possível observar o inserto referente ao fabricante Widia – RCMT1204M0 (WK20CT), com raio 6mm, o qual é originalmente destinado para materiais pertencentes à classe K, ou seja, ferros fundidos.

Figura 12 – Inserto Widia – RCMT1204M0 (WK20CT)



SPECIFICATIONS

RCMT

Show 10 entries Column Filter Search:

order number	ISO catalog number	ANSI catalog number	Grade	D		S		D1	
				mm	in	mm	in	mm	in
4170481 >	RCMT1204M0	RCMT1204M0	WK20CT	12,00	.472	4,76	3/16	4,40	.173

Fonte: Catálogo Widia Victory

Por fim, na Figura 13 é possível observar o inserto referente ao modelo Widia - RCMT1204M0 (WP15CT), o qual deve ser utilizado para materiais pertencentes à classe P, ou seja, aços.

Figura 13 – Inserto Widia - RCMT1204M0 (WP15CT)



SPECIFICATIONS

RCMT

Show 10 entries Column Filter Search:

order number	ISO catalog number	ANSI catalog number	Grade	D		S		D1	
				mm	in	mm	in	mm	in
4169978 >	RCMT1204M0	RCMT1204M0	WP15CT	12,00	.472	4,76	3/16	4,40	.173

Fonte: Adaptado de Catálogo Widia Victory.

3.2.3 Suportes

Foram utilizados dois suportes distintos para os insertos, sendo que o primeiro é adequado apenas para insertos com raio de 6mm, da marca Black Tools, e o outro, para raios de 5mm, da marca Widia.

Na Figura 14 é possível verificar a imagem do primeiro suporte, com modelo SRDCN 2525 M12. Por este suporte possuir originalmente 25mm, foi necessário o desbaste de 5mm de sua parte inferior para que pudesse ser utilizado no torno supracitado, pois o mesmo recebe apenas suporte de até 20mm de altura. O desbaste foi feito em centro de usinagem CNC, marca Veker, modelo VK-800, garantindo, desta forma, a precisão dimensional minimamente necessária para seu uso.

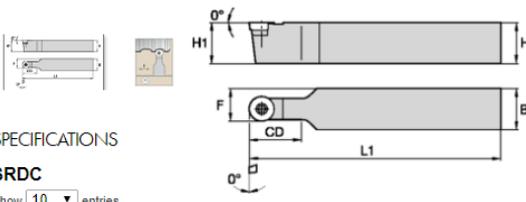
Figura 14 – Suporte Black Tools SRDCN 2525 M12



Fonte: Aatoria própria, 2018.

Na Figura 15 se pode notar o suporte de modelo SRDCN2020K10 (WG), pertencente ao fabricante Widia, característico de excelente qualidade e precisão dimensional. Com este suporte foi possível intercambiar todos os inserts de raio 5mm sem dificuldades durante os ensaios.

Figura 15 – Suporte Widia SRDCN2020K10 (WG)



SPECIFICATIONS

SRDC

Show 10 entries

Column Filter Search:

order number	catalog number	H	B	F	L1	CD	gage insert	shim	shim screw	hex	insert screw	Torx
3879736	SRDCN2020K10	20	20	15.0	125	20.0	RC..10T3M0	SKRN100300	SRS3	3.5 mm	MS1156	T15

Fonte: Adaptado de Catálogo Widia.

3.2.4 Fluidos De Corte

Foram utilizados 3 tipos de fluidos de corte sintéticos (prontos para uso), dois deles sendo da marca Quimatic, e o outro da marca Rocast. O intuito foi comparar a eficiência e desempenho dos produtos no acabamento superficial do corpo de prova após o processo de usinagem (com parâmetros pré-estabelecidos).

A Figura 16 apresenta os fluidos utilizados nos ensaios (fluido A, fluido B e fluido C).

Figura 16 – Fluidos de corte utilizados nos ensaios



Fonte: Autoria própria, 2018.

O fluido A é o Quimatic 1, fluido de corte integral sintético indicado para ferro fundido e suas ligas, aços carbono, aços liga, aço inox, bronze, latão e cobre. Este produto tem como premissa reduzir o esforço de corte e oferecer bom acabamento superficial, oferecendo excelente custo-benefício.

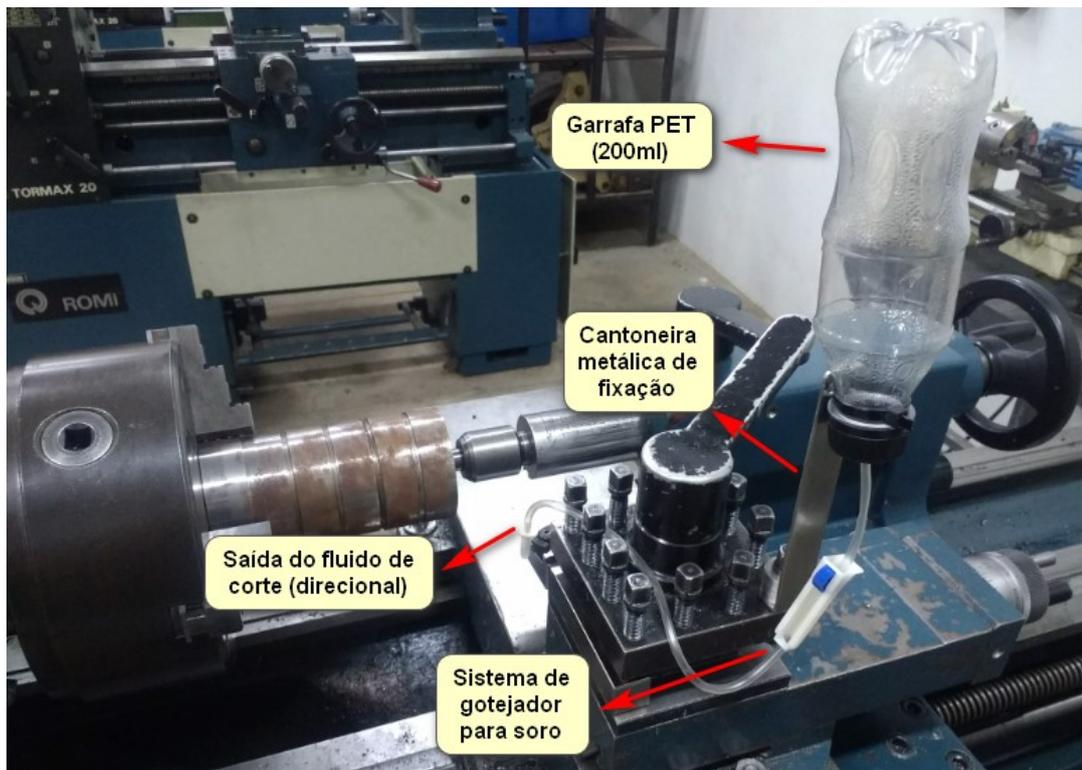
O fluido B se trata do Quimatic 3 Super Fluido, indicado para usinagem pesada e de metais de elevada dureza, como aços VK5, aços VK10, inox e titânio. É um produto ecológico pois não contém óleo mineral ou solventes voláteis (não ataca a camada de ozônio).

O fluido C é o Rocast Perfection 1, aplicável a todos os metais (inclusive alumínio). É o fluido mais barato entre os 3 analisados.

3.2.5 Gotejador Para Fluido De Corte

Um gotejador foi desenvolvido para os ensaios. O objetivo era fabricar algo eficiente com baixo custo e foi desenvolvido um sistema simples, composto de uma garrafa PET de 200ml, uma cantoneira metálica para fixação do conjunto no torno mecânico e um sistema de gotejador de soro hospitalar. Tudo foi adaptado e dimensionado para o torno utilizado, e o seu uso é bastante simples, consistindo apenas na adição do fluido na garrafa e, em seguida, direcionar a saída do fluido na interface peça/ferramenta, gerando um gotejamento sobrecabeça com controle manual de gotas conforme necessidade. Pré-testes indicaram que entre 2 e 6 gotas por segundo o resultado seria satisfatório. A Figura 17 apresenta o gotejador desenvolvido e já montado no torno mecânico.

Figura 17 – Gotejador para fluido de corte



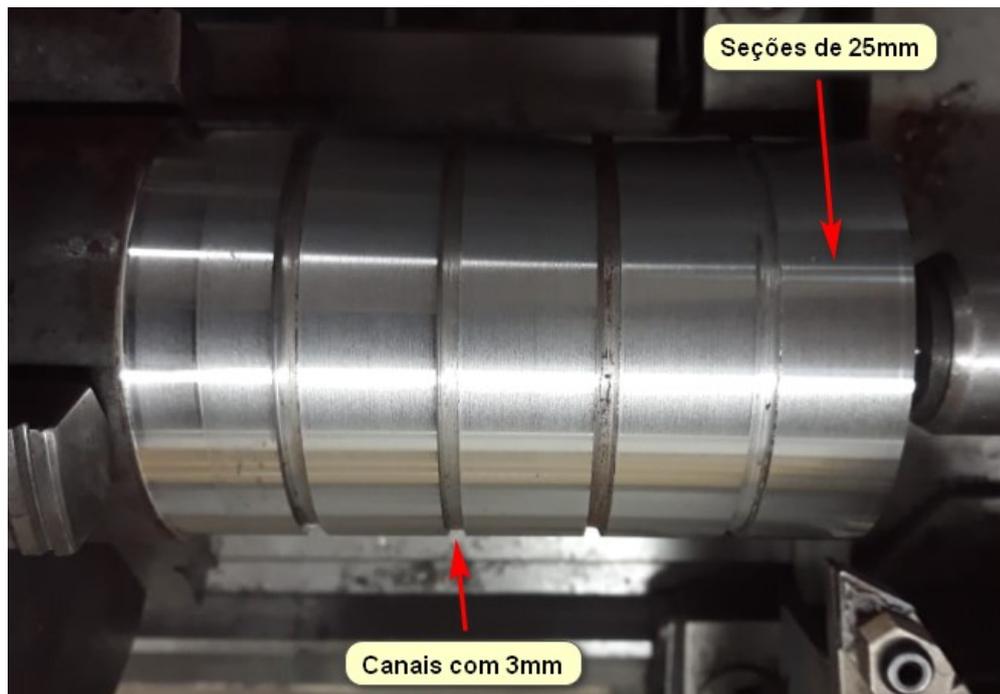
Fonte: Autoria própria, 2018.

3.3 MÉTODOS

Para realização dos testes em laboratório, foi disponibilizado um tarugo de aço SAE 8620 com 3" de diâmetro e 400mm de comprimento, o qual foi seccionado em duas partes iguais, a fim de facilitar a execução dos ensaios.

Os dois corpos de prova fabricados para o trabalho foram subdivididos em 4 seções de 25mm, separadas entre si com canais de 3mm. Os canais têm por objetivo separar as amostras usinadas para poder comparar resultados visuais. A fabricação dos corpos de prova é uma operação simples, podendo ser observada na Figura 18.

Figura 18 – Corpo de prova utilizado nos testes



Fonte: Autoria própria, 2018.

Todos os ensaios realizados seguiram a mesma metodologia, a qual consiste na fabricação dos corpos de prova, para posteriormente variar as ferramentas de corte e seus respectivos parâmetros de usinagem, a fim de obter bons resultados de acabamento superficial.

3.3.1 Procedimentos Dos Ensaios

As variáveis utilizadas nos testes foram profundidade de corte (a_p), dada em mm, avanço, também conhecido como taxa de alimentação (f), dado em mm/rot, e frequência de rotação (n), dada em rpm. Os primeiros ensaios não utilizaram fluido de corte. Nos outros, foram utilizados fluidos de corte sintéticos.

Os corpos de prova foram fixados na placa do torno, e na outra extremidade foi inserida contra ponta rotativa, para evitar eventual vibração, levando em consideração que suas dimensões eram relativamente grandes. Em seguida, o inserto selecionado foi montado em seu respectivo suporte, munido dos parâmetros definidos previamente. Desta forma, a usinagem foi iniciada.

Após os quatro ensaios, foi realizada a análise de rugosidade superficial em cada seção. As medições da rugosidade média aritmética (R_a) foram realizadas em cada seção no sentido longitudinal da peça e equidistantes 120° , ou seja, três

medidas foram feitas em cada seção e posteriormente foi realizada uma média aritmética dos valores. Na Figura 19 pode-se verificar o processo de medição da rugosidade superficial.

Figura 19 – Processo de medição da rugosidade superficial



Fonte: Autoria própria, 2018.

O rugosímetro manteve os mesmos parâmetros em todos os ensaios realizados. O comprimento de amostragem (*cut-off*) foi de 0,8mm, seguindo assim a norma ISO 4288:1996. Na Figura 20 observa-se a configuração utilizada nos testes.

Figura 20 – Parâmetros do rugosímetro



Fonte: Autoria própria, 2018.

Ao finalizar os quatro ensaios, foram medidas as rugosidades. Após o ciclo realizado de testes, foi preparado o corpo de prova novamente para a realização de outros ensaios, os quais consistiam em usar todo o corpo de prova novamente, a

fim de o deixar cilíndrico e com diâmetro constante. Vale salientar que este desbaste foi feito retirando o mínimo de material, ou seja, apenas o necessário para cilindrar a peça, pois o desbaste em excesso reduziria a vida útil do corpo de prova. Os testes posteriores seguiram exatamente a mesma metodologia, porém com adição de fluidos de corte sintéticos variados. Ao fim dos ensaios, foram contabilizados quatro ciclos de testes válidos (um deles sem fluido e outros 3 variando os tipos de fluidos de corte).

3.3.2 Parâmetros Utilizados Nos Ensaio

Três foram os parâmetros variados nos testes, e a Tabela 3 mostra seus respectivos valores, combinados entre si, a fim de conseguir o melhor acabamento superficial.

Tabela 3 – Parâmetros variados nos testes

Parâmetros utilizados (combinados entre si)				
rpm	630	1000	1600	2500
ap (mm)	0,1	0,15	0,2	0,25
f (mm/rot)	0,042	0,047	0,057	-

Tabela: Autoria própria, 2018.

Primeiro foi definida uma rotação (n) para, em seguida, definir as grandezas de profundidade de corte (ap) e avanço (f). Os valores tabelados foram determinados pela sua capacidade de apresentar bons resultados quando combinados entre si.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo da pesquisa foi atingir um nível de rugosidade superficial suficientemente baixo, a fim de conseguir um bom acabamento após o processo de usinagem. Posterior aos testes realizados em laboratório, os valores de R_a obtidos demonstram bons resultados, principalmente quando o fluido de corte foi utilizado no processo.

Os insertos de classe P foram os que apresentaram melhores resultados, evidenciando a importância de utilizar ferramentas de corte adequadas para cada tipo de material. Para ilustrar este fato, foram realizados dois ensaios distintos com cada inserto de raio 5mm, e os parâmetros foram mantidos os mesmos, com a finalidade de comparar resultados. Para os ensaios foram utilizados os insertos Korloy modelo RCGT1003M0-AK, Widia modelos RCMT10T3M0 (WK20CT) e RCMT10T3M0 (WP15CT). O primeiro ensaio utilizou 1000rpm, enquanto que o outro utilizou 630 rpm.

Os parâmetros utilizados no ensaio 1 foram $n=1000\text{rpm}$, $a_p=0,25\text{mm}$, $f=0,042\text{mm/rot}$. Vale salientar que a rugosidade superficial R_a considerada foi uma média aritmética de três valores aferidos em cada seção ensaiada e equidistantes a 120° . Os resultados obtidos seguem na Tabela 4.

Tabela 4 – Ensaio 1

Rugosidade superficial (R_a)	Código do inserto
0,627 μm	Widia – RCMT10T3M0 (WP15CT)
0,672 μm	Widia – RCMT10T3M0 (WK20CT)
2,513 μm	Korloy – RCGT1003M0-AK

Tabela: Autoria própria, 2018.

Os parâmetros utilizados no ensaio 2 foram $n=630\text{rpm}$, $a_p=0,25\text{mm}$ e $f=0,057\text{mm/rot}$. A metodologia utilizada foi a mesma aplicada ao ensaio 1 para medição da rugosidade superficial. Os resultados obtidos seguem na Tabela 5.

Tabela 5 – Ensaio 2

Rugosidade superficial (R_a)	Código do inserto
3,059 μm	Widia – RCMT10T3M0 (WP15CT)
3,593 μm	Widia – RCMT10T3M0 (WK20CT)
3,189 μm	Korloy – RCGT1003M0-AK

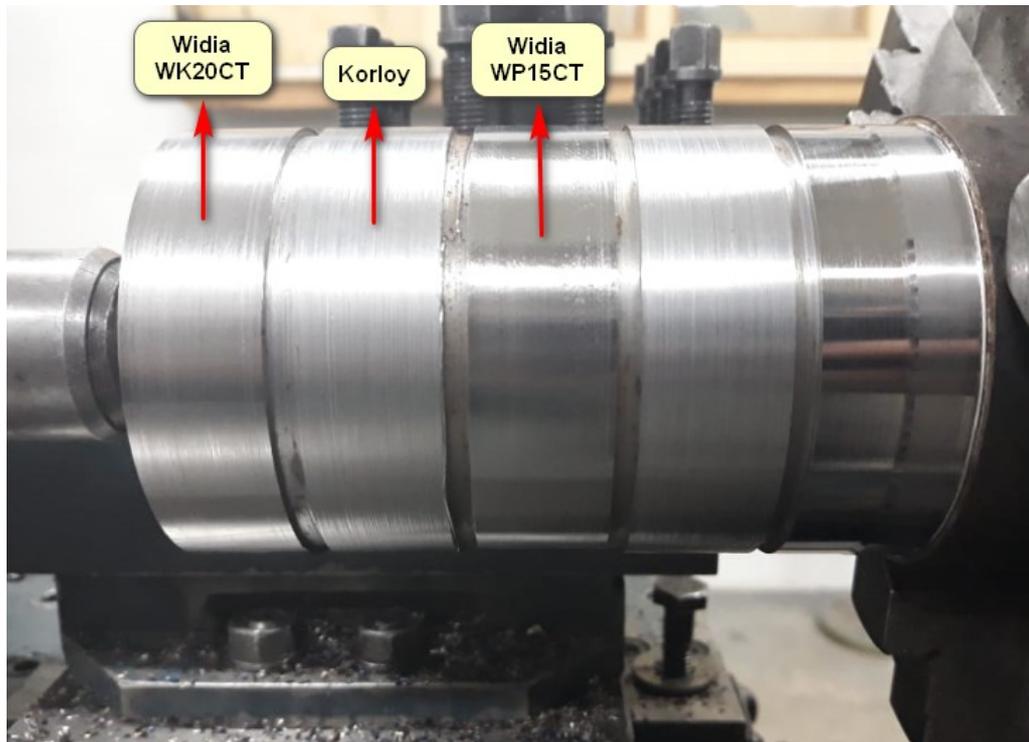
Tabela: Autoria própria, 2018.

Ficou evidente nos dois ensaios realizados que os insertos de classe P se apresentaram como os mais indicados para este tipo de usinagem. Portanto, a linha de pesquisa seguiu focada principalmente no uso dos insertos P, com o objetivo de atingir valores de rugosidade superficial cada vez menores. Um valor de rugosidade R_a próximo de $0,4\mu\text{m}$ apresentaria bons resultados para fabricação de corpos de prova cilíndricos, pois com essa rugosidade superficial os riscos na área útil dos corpos de prova seriam imperceptíveis e não seria um concentrador de tensões durante os ensaios de tração vertical.

Os resultados obtidos com os parâmetros do Ensaio 1 foram os melhores até então, fato este que motivou a execução do mesmo teste (com os mesmos parâmetros), porém, dessa vez, com adição de 3 fluidos de corte distintos.

O Ensaio 1, conforme visto em Tabela 4, sem adição de fluido de corte, apresentou um R_a relativamente alto e se notou a presença de riscos superficiais, fato que prejudicaria os ensaios de tração. O melhor resultado de R_a foi de $0,627\mu\text{m}$ (utilizando inserto classe P Widia WP15CT). A Figura 21 demonstra o corpo de prova após a usinagem, sem adição de fluido de corte.

Figura 21 – Corpo de prova usinado sem fluido de corte



Fonte: Autoria própria, 2018.

Refazendo o ensaio 1 com os mesmos parâmetros e utilizando o fluido de corte A (Quimatic 1), obteve-se os seguintes resultados presentes na Tabela 5:

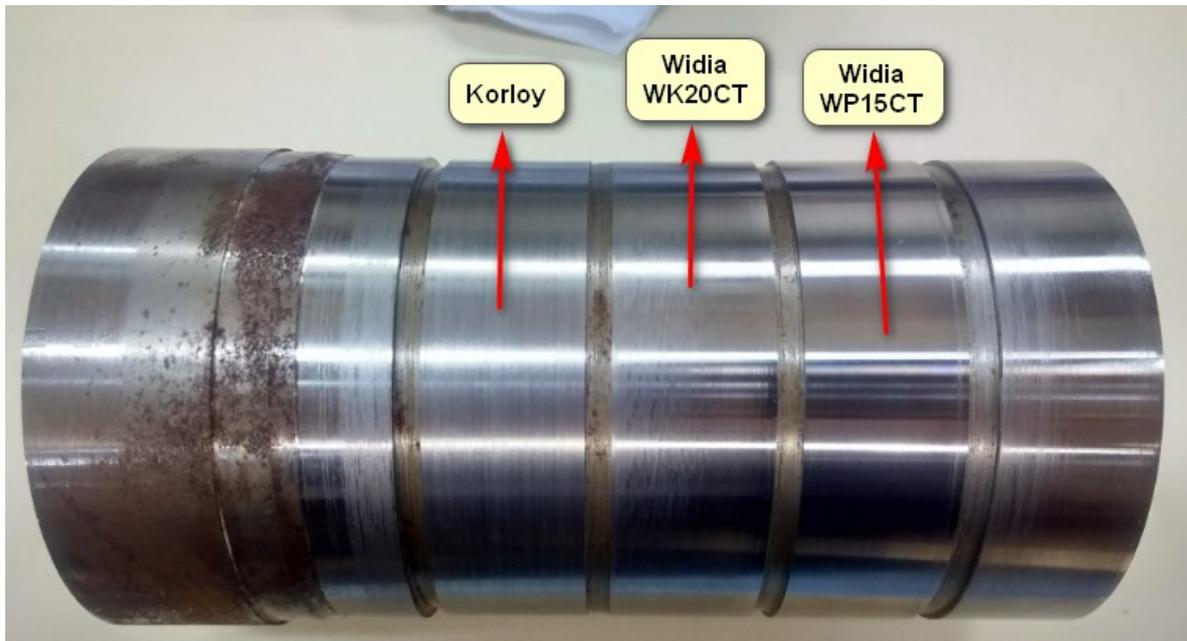
Tabela 6 – Ensaio 1 utilizando fluido A (Quimatic 1)

Rugosidade superficial (Ra) - Fluido A	Código do inserto
0,260 μm	Widia - RCMT10T3M0 (WP15CT)
0,379 μm	Widia - RCMT10T3M0 (WK20CT)
0,804 μm	Korloy - RCGT1003M0-AK

Fonte: Autoria própria, 2018.

A Figura 22 apresenta o corpo de prova após utilizar o fluido A, e é possível notar uma sensível melhora no acabamento superficial. A rugosidade resultante, sobretudo do inserto classe P, Widia - WP15CT foi abaixo do esperado, apresentando um aspecto quase polido e um R_a 35% menor do que o valor de referência mínimo de 0,4 μm .

Figura 22 – Corpo de prova usinado com fluido A



Fonte: Autoria própria, 2018.

Novamente refazendo o Ensaio 1, porém utilizando o fluido de corte B (Quimatic 3 Super Fluido), os valores de R_a obtidos são apresentados na Tabela 6:

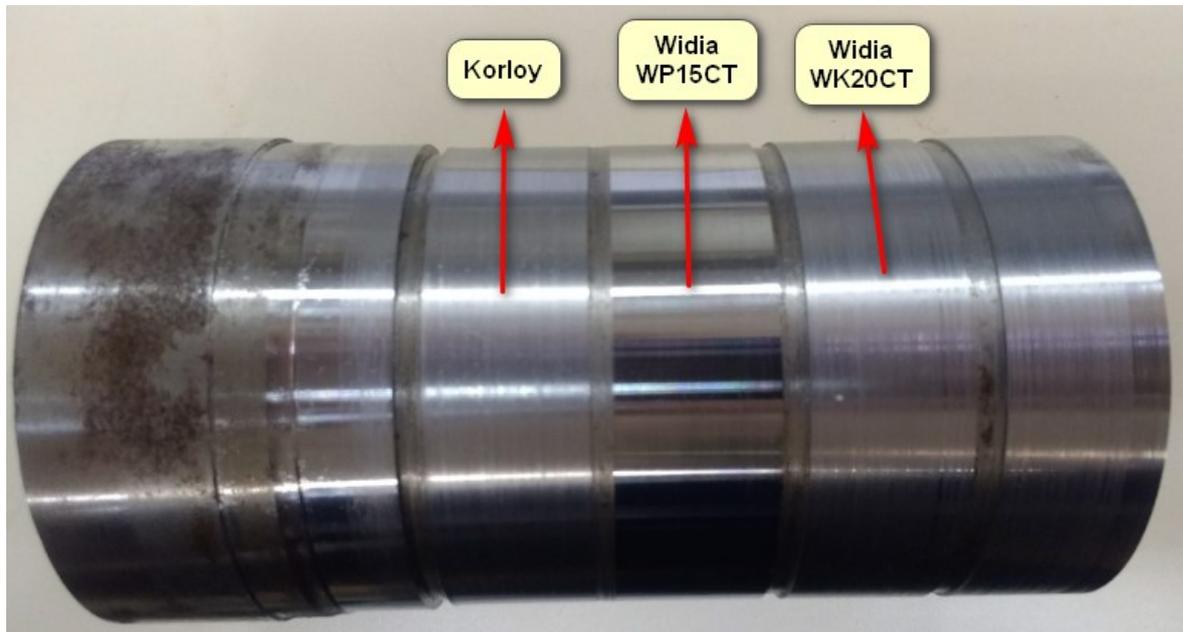
Tabela 7 – Ensaio 1 utilizando Fluido B (Quimatic 3 Super Fluido)

Rugosidade superficial (R_a) - Fluido B	Código do inserto
0,237 μm	Widia - RCMT10T3M0 (WP15CT)
2,489 μm	Widia - RCMT10T3M0 (WK20CT)
0,953 μm	Korloy - RCGT1003M0-AK

Fonte: Autoria própria, 2018.

O acabamento superficial utilizando este fluido apresentou uma mínima melhora apenas na usinagem com inserto classe P. Entretanto, na usinagem com os dois insertos remanescentes, os resultados não se apresentaram satisfatórios, evidenciando inúmeros riscos e acabamento opaco. A Figura 23 apresenta o corpo de prova após usinagem utilizando o fluido B.

Figura 23 – Corpo de prova usinado com fluido B



Fonte: A autoria própria, 2018.

Por fim, o Ensaio 1 foi refeito uma última vez, mantendo-se os mesmos parâmetros, porém desta vez utilizando o fluido C (Rocast Perfection 1). Os valores de R_a obtidos podem ser vistos na Tabela 7.

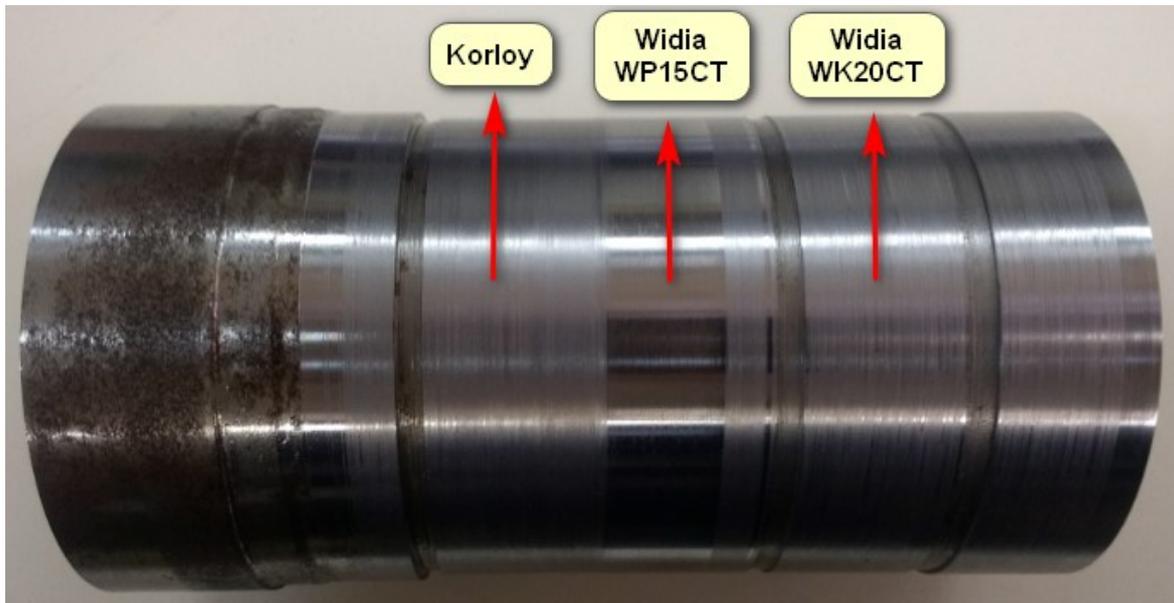
Tabela 8 – Ensaio 1 utilizando fluido C (Rocast Perfection 1)

Rugosidade superficial (R_a) - Fluido C	Código do inserto
0,358 μm	Widia - RCMT10T3M0 (WP15CT)
2,616 μm	Widia - RCMT10T3M0 (WK20CT)
1,465 μm	Korloy - RCGT1003M0-AK

Fonte: A autoria própria, 2018.

O resultado do teste anterior foi insatisfatório, pois na região usinada com inserto de classe P (Widia – WP15CT), o R_a obtido foi o pior dos 3 fluidos comparados. A Figura 24 apresenta o corpo de prova após a usinagem com o fluido C e fica evidente a presença de riscos superficiais em todas as regiões analisadas.

Figura 24 – Corpo de prova usinado com fluido C



Fonte: A autoria própria, 2018.

Após as devidas análises acerca dos resultados obtidos nos ensaios, ficou evidente que a utilização de fluidos de corte é indispensável durante processos de torneamento, com o intuito de obter bons acabamentos superficiais.

O melhor resultado de acabamento superficial foi obtido usinando o corpo de prova com o inserto classe P Widia (WP15CT) e com a adição do fluido de corte A. O corpo de prova após usinagem com o uso de Quimatic 1 apresentou um valor de R_a muito baixo, até mesmo com a utilização de insertos classes K, os quais são destinados aos ferros fundidos. O custo de mercado do fluido supracitado é acessível e é um produto muito difundido na indústria metal mecânica.

Em contrapartida, o fluido B (Quimatic 3 Super Fluido) apresentou uma ligeira melhora apenas na usinagem com insertos classes P, sendo que nos outros testes com insertos classes K o resultado foi catastrófico, elevando muito a rugosidade superficial, não atendendo as necessidades do presente trabalho. Sua indicação, segundo o fabricante, é para usinagem pesada, aços inox e ligas de titânio e este não era o caso estudado, portanto era previsto que o resultado não fosse satisfatório.

O fluido C (Rocast Perfection 1) era o mais barato dos três analisados e, portanto, já era esperado um rendimento inferior aos demais. Fluidos de corte Rocast geralmente são utilizados em usinagens mais leves e onde a precisão dimensional não é tão criteriosa. É um fluido de corte acessível e certamente é preferível utilizá-lo ao invés de usinar sem fluido de corte, mas para o estudo em questão foi descartado.

5. CONCLUSÕES

Ficou evidente que a adoção de fluido de corte durante o processo de torneamento resulta em acabamentos superficiais muito melhores do que quando a usinagem é realizada sem seu uso. Neste estudo, os ensaios sem fluidos de corte foram descartados, pois os valores de rugosidade superficial eram elevados e não atenderiam o valor mínimo esperado de $0,4\mu\text{m}$.

Os fluidos de corte utilizados eram todos sintéticos e possuem a função de agir na lubrificação do sistema peça/ferramenta de corte. O fluido A (Quimatic 1) apresentou facilidade de operação e excelentes acabamentos, tornando-se o melhor resultado dentre os ensaios realizados.

Já o fluido B (Quimatic 3 Super Fluido) foi o mais difícil de se utilizar, pois é muito viscoso e emanava uma fumaça forte quando sofria aquecimento durante o processo de usinagem. Os resultados ruins de acabamento superficial, quando houve combinação com insertos de classes K, podem ser justificados pela baixa fluidez do produto, critério que dificultou sua penetração na saída do cavaco. Outro argumento válido é a presença de uma afinidade química deste produto com o revestimento do inserto classe P (Widia-WP15CT), por este possuir, em sua composição, TaC. Nos demais insertos (Classes K) não há a presença deste elemento, podendo ser fundamentado no acabamento superficial revelado excelente usando esta ferramenta (Widia-WP15CT) e fluido, nos demais casos se apresentando insatisfatório.

O fluido de corte Rocast Perfection 1 poderia ser utilizado durante a fabricação de corpos de prova para ensaios de tração por apresentar um valor de rugosidade superficial menor do que o mínimo estipulado de $0,4\mu\text{m}$, porém seu custo é muito próximo, porém abaixo, ao do Quimatic 1 e, portanto, em termos de custo-benefício o uso do fluido Rocast Perfection 1 pode ser descartado.

Este trabalho conseguiu atingir, e inclusive superar, as metas estipuladas, através do controle do processo como um todo. O aço SAE 8620 é geralmente conhecido como um material de baixa usinabilidade quando o foco é acabamento superficial, e por sua vez, os insertos redondos geralmente são empregados para desbastes mais pesados. Embora material e ferramenta possuam aplicações opostas, ficou evidente que esse tipo de ferramenta de corte também pode ser usado para acabamentos superficiais. Por fim, após dezenas de ensaios e testes, ficou claro que, caso forem respeitados os parâmetros de usinagem e munido de um bom fluido de

corte, é possível atingir acabamentos excelentes e com um aspecto visual praticamente polido.

Deixa-se como sugestão para trabalhos posteriores um comparativo entre os fluidos sintéticos (estudados neste trabalho) e as emulsões, a fim de verificar quais apresentam melhores resultados neste tipo de usinagem. Pode-se fazer, ainda, um estudo de viabilidade econômica comparando os dois tipos de fluidos.

REFERÊNCIAS

AÇOESPECIAL. **Aço SAE 8620**. P.21-23, 2017.

BLACKTOOLS. **Torneamento externo**. Disponível em: <<http://www.blacktools.com.br/produtosDet.asp?idProduto=76>>. Acesso em 10 jun. 2018.

CALLISTER JR, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8ª edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

CARUSO, **Informações gerais sobre os aços**. São Paulo, 2001.

COSTA, E. M. **Aços**. [1999?]. Disponível em: <www.em.pucrs.br/~eleani/Protegidos/classificacaoacos.ppt>. Acesso em: 15 jul 2018.

KORTECH FERRAMENTAS. **Torneamento Korloy**. Disponível em: <http://www.kortech.com.br/index.php?action=fe-linha&id_linha=7#.WyGEvKdKjIU>. Acesso em: 10 jun. 2018.

MACHADO et al. **Teoria da usinagem dos materiais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2009.

_____ et al. **Teoria da usinagem dos materiais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2015.

METALS, G. G. D. **Sae 8620**. p.1-2, 2017.

MITSUBISHI MATERIALS. **Função das características das ferramentas para torneamento**. Disponível em: <http://www.mitsubishicarbide.com/application/files/5414/8126/0910/tec_turning_features_pt-br.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2018.

NACHTMAN, E. S. **Metal cutting and grinding fluids**. **Metals handbook: machining. 9**. Ed. New York: ASM International, 1995.

QUIMATIC. **Quimatic1**. Disponível em: <<https://www.quimatic.com.br/produtos/usinagem/quimatic-1/>> Acesso em 23 out. 2018.

QUIMATIC. **Quimatic 3 Super Fluido**. Disponível em:
<<https://www.quimatic.com.br/produtos/usinagem/super-fluido-3/>> Acesso em 23 out. 2018.

ROCAST PERFECTION. **Rocast Fluido de corte 1**. Disponível em:
<<https://www.tecnoferramentas.com.br/fluido-de-corte-rocast-1380001/p>> Acesso em 23 out. 2018.

SANTOS, et al. **Aspectos tribológicos da usinagem dos materiais**. São Paulo: Editora Artliber, 2007.

SHAW, M. C. et al. **The effect of the cutting fluid upon chip-tool interface temperature**. Trans. of ASME, v. 73, n. 1, p. 45-46, 1951.

TELES, J.M.; FERREIRA, J.R. **Torneamento de Ferro Fundido Nodular Ferritizado com Nióbio Utilizando Ferramentas de Metal Duro**. 2007

WIDIA. **WIDIA Victory Carbide Inserts**. 2018.