



ANÁLISE DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL DO AÇO SAE1020 NO PROCESSO DE TORNEAMENTO

SAE1020 STEEL SURFACE ROUGH ANALYSIS IN THE TURNING PROCESS

David Alex Correia Naitzke¹

Gustavo Barrionuevo¹

Leonardo Vinicius Nardin¹

Rafael da Silva¹

Renan Lavos Pereira¹

Sueli Sousa Leite²

RESUMO: O aço é um material importante para o funcionamento da economia, pois por meio dele têm-se o encadeamento de diversas cadeias produtivas, visto que é aplicado no setor automobilístico, industrial e civil. Um dos processamentos de beneficiamento do aço é a usinagem, que é um processo de fabricação que parte de uma peça no formato original e necessita ser retirado parte dela, sendo necessário o uso de um equipamento externo para a retirada de cavacos assim deixando o material com um formato desejado. Sabendo-se disso, este artigo teve por objetivo analisar o processo de torneamento do aço SAE 1020. Para isto, foram realizados ensaios de torneamento totalizando 8 condições em que se variou a velocidade de corte, velocidade de avanço e a variação do fluido, os resultados de rugosidade foram obtidos por meio da utilização do rugosímetro. Após a análise dos resultados concluiu-se que o maior valor obtido de rugosidade foi de 15,58 μ m para condição sem fluido com velocidade de corte 661,38 mm/s e avanço 4,04 mm/s, para condição com fluido o maior valor de rugosidade foi de 10,124 μ m com velocidade de corte 570,77 mm/s e avanço 4,04

¹ Acadêmico do 8º semestre do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Toledo de Araçatuba – SP.

² Engenheira Industrial, Doutora em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Toledo de Araçatuba – SP.

mm/s, o menor valor de rugosidade foi de $4,731\mu\text{m}$ para condição sem fluido com velocidade de corte $684,47\text{ mm/s}$ e avanço $1,14\text{mm/s}$ e para condição com fluido $5,893\mu\text{m}$ com velocidade de corte $1629,44\text{ mm/s}$ e avanço $3,33\text{ mm/s}$.

Palavras-Chave: aço SAE1020, processo de torneamento, rugosidade

ABSTRACT: Steel is an important material for the functioning of the economy, because it has the chain of several production chains, since it is applied in the automotive, industrial and civil sector. One of the processing processes of steel is machining, which is a manufacturing process that starts from a part in its original shape and needs to be removed from it, requiring the use of external equipment for chip removal thus leaving the material with a desired format. Knowing this, this article aimed to analyze the turning process of SAE 1020 steel. For this, turning tests were performed totaling 8 conditions in which the cutting speed, feed rate and the variation of the fluid were varied. Roughness results were obtained by using the roughness meter. After the analysis of the results it was concluded that the highest value obtained of roughness was $15.58\mu\text{m}$ for fluid-free condition with cutting speed 661.38 mm / s and 4.04 mm / s feed, for fluid condition the highest value of roughness was $10,124\mu\text{m}$ with cutting speed 570.77 mm / s and feed 4.04 mm / s , the lowest roughness value was $4,731\mu\text{m}$ for fluid-free condition with cutting speed 684.47 mm / s and feed 1.14 mm / s for fluid condition $5,893\mu\text{m}$ with cutting speed 1629.44 mm / s and feed rate 3.33 mm / s .

.Keywords: SAE1020 steel, turning process, roughness

1. INTRODUÇÃO

O aço é um material importante para o funcionamento da economia, pois por meio dele têm-se o encadeamento de diversas cadeias produtivas, visto que é aplicado no setor automobilístico, industrial e civil. O aço 1020 é um dos aços mais comuns utilizado para cementação por possuir excelente plasticidade e soldabilidade e custo benefício menor comparado com aços 1010,1045. (AZEVEDO; FARIAS, 2002)

Segundo Machado et al. (2009) e Trent e Wright (2000), a usinabilidade de um material pode ser avaliada por meio de vários fatores, entre eles, pode-se citar:

(1) Vida da Ferramenta - fator mais utilizado para expressar a usinabilidade dos materiais. A vida "T" de uma ferramenta é o tempo durante o qual a mesma trabalha efetivamente produzindo peças com qualidade exigidas em projeto, ou até que a mesma

atinga níveis elevados de desgaste com limites estabelecido previamente, baseados em fatores que poderiam colocar a operação em risco;

(2) Força de Usinagem - O conhecimento da grandeza e da orientação da força de usinagem, ou de suas componentes (força de corte, força de avanço, e força passiva) é a base para o projeto de uma máquina ferramenta, isto é, para o dimensionamento correto das estruturas, acionamentos, fixação de ferramentas e guias, entre outros elementos, para a determinação das condições de corte, para a avaliação da precisão de uma máquina-ferramenta, (deformação da peça e da máquina), para avaliação de fenômenos que ocorrem na região de formação de cavaco e para a explicação de mecanismos de desgaste. Além disso, a força de usinagem é um parâmetro que exprime a usinabilidade de um material, sendo que geralmente materiais de baixa usinabilidade apresentam forças de usinagem elevadas;

(3) Acabamento Superficial – O acabamento superficial de componentes usinados pode, muitas vezes, ser o fator determinante para substituição de ferramentas de corte nas linhas de produção. A qualidade de superfícies geradas por usinagem pode ser um fator mais importante para a determinação dos parâmetros de entrada na usinagem, principalmente as condições de corte e a geometria da ferramenta, especialmente o avanço e o raio de ponta;

(4) Temperatura de corte – A temperatura desenvolvida durante a formação do cavaco é um forte indicativo da usinabilidade dos materiais. Materiais de difícil usinagem consomem muita energia para se deformar, desenvolvendo, portanto, elevadas temperaturas de corte.

Diante da variabilidade dos fatores mencionados anteriormente, torna-se importante padronizar o processo de usinagem para fabricar produtos com qualidade e menor geração de custo. Sabendo-se disso, este artigo teve por objetivo realizar o processo de torneamento do aço SAE1020, variando a velocidade de avanço, velocidade de corte e fluido de corte para analisar o comportamento da rugosidade superficial.

2. Referencial Teórico

2.1 Processo de Usinagem

A usinagem é o processo de fabricação em que parte de uma peça no formato original e necessita ser retirado parte dela, sendo necessário o uso de um equipamento externo para

a retirada de cavacos assim deixando o material com um formato e dimensões de acordo com o projeto requerido inicialmente pelo projetista. (AZEVEDO; FARIAS, 2002)

Alguns fatores devem ser levados em consideração na usinagem, como a vida útil da ferramenta, a força de corte, velocidade de avanço, condições de corte, geometria e raio da ponta da ferramenta, são alguns fatores por exemplo, que devem ser estipulados no processo para que, o acabamento superficial da peça usinada tenha qualidade superficial. (CHIAVERINI,1986)

Outro ponto importante da usinabilidade dos materiais durante a formação do cavaco é a temperatura, pois materiais de difícil usinagem consomem muita energia para se deformar aumentando assim a temperatura de corte sendo necessário o uso de algum fluido de resfriamento. (CHIAVERINI,1986)

2.2 Torneamento

Torneamento é a combinação de dois movimentos, rotação da peça e movimento de avanço da ferramenta, o movimento de avanço da ferramenta pode ser ao longo da peça o que significa que o diâmetro da peça é torneado para um tamanho menor. (FERRARESI,1970). A Figura 1 abaixo apresenta o processo de torneamento

Figura 1: Torneamento



Fonte: Usimetaltec

A fixação de peça no torneamento necessita de uma força para a fixação que depende da geometria da peça, do material da peça, da geometria da ferramenta. A velocidade segura depende do tamanho da peça das tolerâncias de forma e dimensional e do acabamento desejado. (DINIZ,2003)

A maioria dos processos de torneamento fazem uso de ferramentas simples que possuem formas semelhantes, são compostas de parte cortante e de uma haste de fixação (FERRARESI,1970)

2.3 Variáveis do processo de usinagem

2.3.1 Velocidade de corte e de avanço

Velocidade de corte é a velocidade ideal para que uma ferramenta corte o material através de um movimento circular ou através de golpes linear, é o espaço percorrido pela ferramenta cortando um material, na unidade de tempo. (MACHADO,2011)

A velocidade de corte e de avanço tem influência decisiva sobre o tempo de processamento na usinagem, portanto sobre a produção a quantidade produzida por unidade de tempo e a qualidade de superfície obtida. Além disso processos produtivos que trabalham com velocidade crescente, acarreta o aumento da temperatura na aresta de corte, e gera um maior desgaste da ferramenta, levando a uma redução do tempo de duração da ferramenta. (SANTOS,2007)

Velocidade de avanço é considerada como a quantidade de deslocamento por curso da ferramenta em determinado tempo, a escolha do avanço adequado deve ser feita levando em consideração o material, a ferramenta e a operação que será executada na usinagem. (MACHADO,2011)

2.3.2 Fluido de corte

Os fluidos de corte têm por objetivo lubrificar ou refrigerar um processo de usinagem, atua diretamente nas grandezas mensuráveis, melhorando conseqüentemente a

usinabilidade. Para garantir um bom desempenho, é necessária a escolha correta do fluido, levando em consideração o tipo de metal e os parâmetros de usinagem. (MACHADO,2011)

Comprovados através de testes, já existe no mercado diferentes sistemas de lubrificação e/ou refrigeração que oferecem uma melhora de até 50% nas grandezas mensuráveis, gerando assim economia e benefícios no processo. (STOETERAU,2018)

Para escolher o tipo correto de fluido, é de extrema importância compreender o processo e identificar se a necessidade será predominante em lubrificação ou refrigeração. Caso seja lubrificação, o ideal serão os fluidos de corte integrais (prontos para uso), pois garantem maior lubricidade. Se for refrigeração, opta-se por fluidos de corte solúveis (diluídos em água), conhecidos também como óleos solúveis ou óleos refrigerantes, que controlam principalmente a temperatura. (CHIAVERINI,1986)

2.3.3 Formação do cavaco

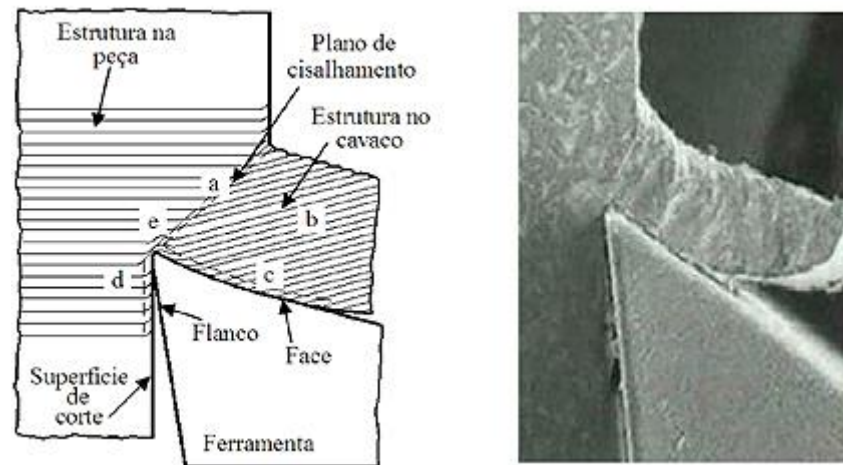
Em condições normais de usinagem com ferramentas de aço rápido ou metal duro, a formação do cavaco segue as seguintes etapas:

(1) uma pequena porção de material é recalcada (sofre deformações elástica e plástica) contra a superfície de saída da ferramenta, em seguida (2) a deformação plástica aumenta até que as tensões internas de cisalhamento sejam suficientemente grandes, causando deslizamento entre a porção recalcada e a peça (sem ruptura do material), continuando a (3) penetração da ferramenta, ocorre ruptura total ou parcial do cavaco, no plano de cisalhamento. (MACHADO,2011)

A porção de material rompida escorrega sobre a superfície de saída da ferramenta, o ciclo se repete para as próximas porções de material a serem usinadas, a periodicidade e tempo de duração de cada etapa depende do tipo de material sendo usinado.

(MACHADO,2011). A Figura 2 abaixo é a representação da formação do cavaco.

Figura 2: Formação do cavaco



Fonte: Usimetaltec

3. Materiais e métodos

3.1 Materiais

Neste tópico serão descritos a seguir os materiais utilizados na realização dos ensaios, os quais podem ser vistos na Figura 2

- Corpo de prova feito de aço SAE1020 (Figura 2 a)
- Fluido de corte (Mepcocut M15 EP) (Figura 2 b)
- Rugosímetro marca Mitutoyo modelo- (Figura 2 c)
- Paquímetro marca Mitutoyo modelo- (Figura 2 d)
- Torno Mascote da marca Nardini (Figura 2 e)

Figura 2: Materiais utilizados



Legenda: a: corpo de prova, b: fluido de corte, c: rugosímetro, d: paquímetro, e: torno.

Fonte: Autores

3.2 Planejamento Experimental

Foi estipulado para análise do processo de torneamento aleatoriamente as velocidades de avanço e a rotação no torno, juntamente com a adição ou ausência de fluido, totalizando em 8 condições diferentes as quais podem ser visualizadas na Tabela 1 abaixo, para as 8 condições foram obtidos 10 valores de rugosidade média (RA)

Tabela 1: Condições de Torneamento.

Condições	Variáveis analisadas		Presença de Fluido de corte
	Velocidade de corte (“mm/s”)	Velocidade de Avanço (“mm/s”)	
C1	1859,89	3,33	Não
C2	1805,37	10,26	Não
C3	684,47	1,14	Não
C4	661,38	4,04	Não
C5	1629,44	3,33	Sim
C6	1591,74	22,26	Sim
C7	587,16	1,14	Sim
C8	560,77	4,04	Sim

Fonte: Autores.

Para a realização dos cálculos da velocidade de corte e de avanço , utilizou as equações (1) e (2) a seguir:

As velocidades de cortes (Equação 1) e avanço (Equação 2) foram calculadas utilizando as formulas abaixo.

$$VC = \pi . d . \frac{n}{1000} \quad (1)$$

$$Vf = f . n \quad (2)$$

Onde: VC= velocidade de corte Vf= velocidade de avanço
d= diâmetro efetivo da ferramenta (mm) f= avanço (mm/rot)
n= rotação (RPM) n= rotação (RPM).

Os dados obtidos foram analisados utilizando softwares Minitab e R, onde foram obtidos os gráficos presentes no artigo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir na Tabela 2 são apresentados os valores da rugosidade média das condições estipuladas no processo de torneamento.

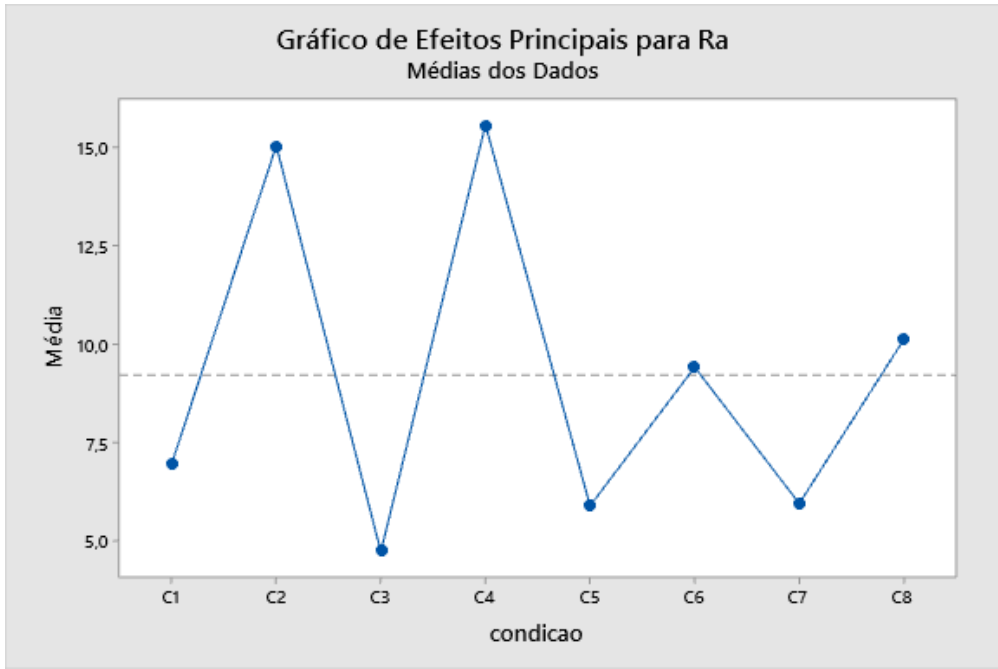
Tabela 2: Rugosidade

Condições	Variáveis					
	Min	Qu	Media	Mean	Qu	Max
C1	6,766	6,912	6,987	6,960	7,017	7,065
C2	14,48	14,69	14,94	15,05	15,30	15,98
C3	4,371	4,519	4,727	4,731	4,885	5,104
C4	14,80	14,93	15,33	15,58	16,04	16,93
C5	5,531	5,532	5,667	5,893	5,861	7,123
C6	8,831	9,036	9,387	9,418	9,729	10,158
C7	0,986	4,989	5,768	5,952	7,752	8,874
C8	6,181	9,633	10,00	10,124	11,63	12,530

Fonte: Autores.

Na Tabela 2 obtida por meio do *summary* pode se observar que o maior valor da rugosidade sem a presença de fluido ocorreu na condição C4 15,58 μ m, e o menor valor foi de 4,731 μ m (condição C3). Enquanto que o maior valor da rugosidade com fluido foi 10,124 μ m (condição C8) e o menor valor foi 5,893 μ m (condição C5). Tal resultado pode ser confirmado, por meio do Figura 3 abaixo.

Figura 3: Gráfico de efeitos principais



Fonte: Autores.

Cavacos obtidos no torneamento estão representados na Figura 4 abaixo

Figura 4: Cavacos



Fonte: Autores.

As características obtidas dos cavacos no processo, possuem influência na qualidade do acabamento superficial da peça e nos esforços de corte, as condições (C1, C3, C5, C6,

C7 E C8) apresentaram cavacos do tipo de classificação média no processo, a condição C2 possui classificação desfavorável e a condição C4 é a única condição favorável obtida nesse processo, estes dados estão representados na Tabela 3 abaixo.

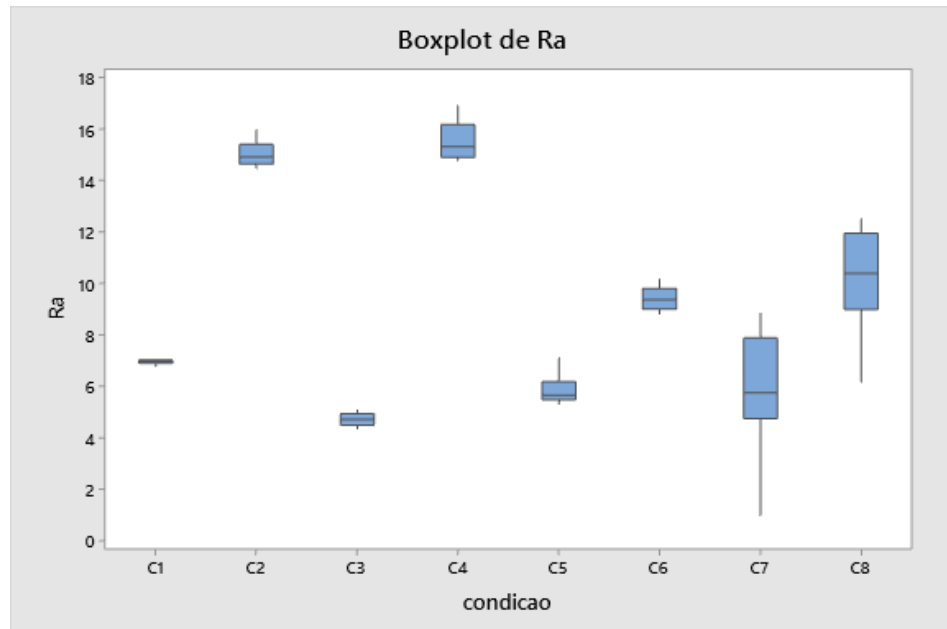
Tabela 3- características do cavaco.

Condições	Características
C1	Cor azulado, tipo hélice oblíqua
C2	Cor azulado escuro, tipo emaranhado
C3	Cor azulado escuro, tipo hélice oblíqua
C4	Cor dourado, tipo espiral
C5	Cor azulado escuro, tipo hélice oblíqua
C6	Cor azulado forte, tipo hélice oblíqua
C7	Cor prata, tipo hélice longo
C8	Cor prata, tipo hélice oblíqua

Fonte: Autores.

Na Figura 5 abaixo, pode-se observar a variabilidade da rugosidade de acordo com as condições estipuladas.

Figura 4: Boxplot valores de rugosidade



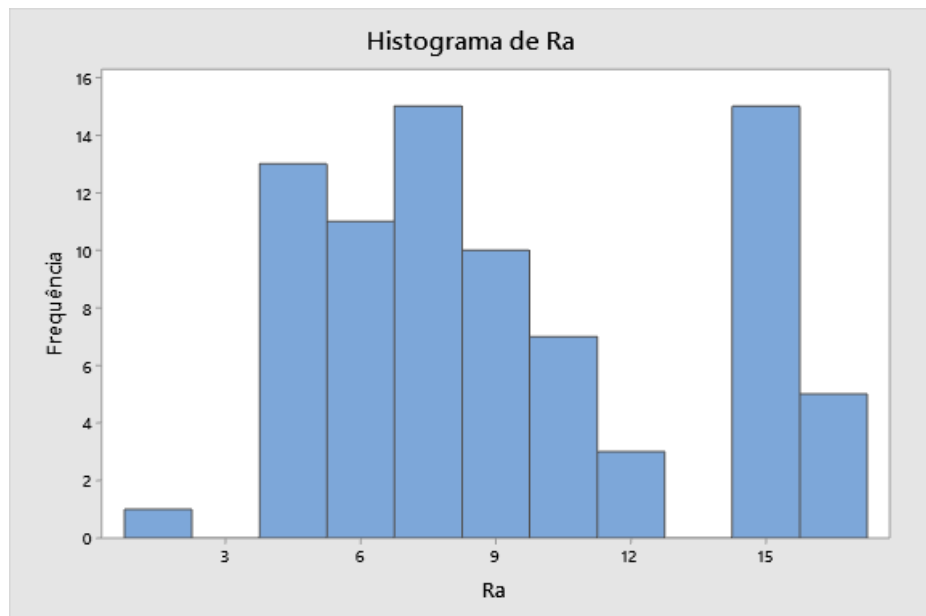
Fonte: Autores.

Por meio da Figura 4 pode-se notar que a condição C7 apresentou maior variabilidade, em seguida a condição C8. A condição C4 foi a que apresentou maior valor

da rugosidade, com pouca variabilidade dos resultados. As condições C3 e C6 indicam que os dados obtidos nessas condições possuem características simétricas o que significa que seus dados não variam muito e as condições que menos variaram foram a C1, C2 e C5 sendo a C1 a de menor variabilidade.

Por meio da Figura 5 abaixo é possível observar que a maioria dos resultados obtidos no histograma concentrou se em valores próximos da rugosidade de 5,7,5 e 15 μm , mostrando que podem haver condições que apresentam valores de rugosidades próximos sendo por isso feito o teste de tukey.

Figura 5: Histograma



Fonte: Autores.

A tabela 4 fornece resultado do teste de Tukey e tem por objetivo mostrar quais combinações apresentam resultados em que as condições não se diferem estatisticamente em relação ao valor de rugosidade

Tabela 4: Teste de Tukey

Condições	Variáveis analisadas		
	N	Média	Agrupamento
C1	20	6,935	E F
C2	20	15,102	F
C3	20	4,750	C D
C4	20	15,802	C
C5	20	5,981	A
C6	20	9,501	B
C7	20	6,052	C D
C8	20	10,212	C

Fonte: Autores

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Por meio do teste de Tukey é possível diagnosticar que mesmo o processo de torneamento variando as condições, algumas produzem o valor da rugosidade superficial Ra, semelhantes entre si, podendo então priorizar as condições que gerem menos gastos de material e energia, no caso as condições (C1, C3, C5, C6, C7) geram menos gastos em relação as demais.

5. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que:

- Condição que proporcionou maior rugosidade foi C4 (15,58 μ m).
- Condição que proporcionou menor rugosidade foi C3 (4,731 μ m).
- Condição que proporcionou maior rugosidade foi C8 (10,124 μ m).
- Condição que proporcionou menor rugosidade foi C5 (5,893 μ m).
- Após análise de todos os dados, conclui-se que quando a rotação é maior e o avanço menor, o valor da rugosidade é menor, obtendo um acabamento superficial com menor valor de rugosidade
- A presença de fluido de corte influencia para não desgastar a ferramenta, lubrifica o sistema mecânico, mas não é o principal fator do processo em relação ao acabamento superficial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MACHADO, A. R.; da SILVA, M.B. **Usinagem dos metais**. 8ºv. Uberlândia: Apostila do curso de graduação em engenharia mecânica da UFU,2009. 257p

TRENT, E.; WRIGHT, P. **Metal Cutting**. 4th ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2000.446 p.

A.G.G. de Azevedo, J.P. Farias, Aplicação da Técnica da Dupla Camada na Soldagem do Aço, 108 (2002)

Callister, W.D.JR., 2000, 'Ciencia e Engenharia de Materiais: Uma Introdução ', LTC. 5º edição

FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**, Vol. 1, Edgard Blucher, 1970.

MACHADO, A.R. et al. **Teoria da usinagem dos materiais**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2011.

A. E. Diniz, F. C. Marcondes, N. L. Coppini, Tecnologia da Usinagem dos Materiais. Artbeller Ed. S. Paulo, SP (2003).

SANTOS, Sandro Cardoso; SALES, Wisley Falco. Aspectos tribológicos da usinagem dos materiais. São Paulo: Artliber Editora, 2007.

STOETERAU, L. R. Desgaste de Ferramentas, 2007. Disponível em: <<http://www.lmp.ufsc.br/disciplinas/Stoterau/Aula-05-U-2007-1-desgaste.pdf>>. Acesso em 23 abril, 2018.

Chiaverini, V., "Tecnologia Mecânica", 2ª Edição, Editora Mcgraw-Hill, São Paulo, 1986.