



## **ANÁLISE DO PROCESSO DE TORNEAMENTO EM RELAÇÃO A RUGOSIDADE SUPERFICIAL DO AÇO SAE 1010**

### **ANALYSIS OF THE SAE 1010 STEEL TURNING PROCESS ON SURFACE**

Jonathan Kenji Kikukawa<sup>1</sup>

Fernando Luiz Helena<sup>1</sup>

Thayná Reis da Silva<sup>1</sup>

Sueli Sousa Leite<sup>2</sup>

**RESUMO:** O processo de usinagem caracteriza-se no processo de fabricação de peça onde ocorre a remoção de material sob a forma de cavaco, sendo de fundamental importância para indústrias metal mecânica pois facilita em alguma de suas etapas de produção. Dentre este processo tem-se o torneamento, usado comumente para fabricar peças cilíndricas como eixos, cabeçotes, usinagem de bloco de motor, comandos de válvula e virabrequins. A qualidade dos processos de usinagem está diretamente relacionada ao acabamento superficial da peça, o qual pode ser mensurado utilizando o parâmetro da rugosidade média  $Ra(\mu m)$ , cujo valor está diretamente relacionado as variáveis presentes no processo de usinagem. Sabendo-se da importância em controlar as variáveis de entrada no processo de torneamento para a devida qualidade do produto, o presente trabalho, teve por objetivo analisar os valores de rugosidade média  $Ra(\mu m)$  obtidos com oito condições de ensaios de torneamento diferentes variando velocidade de rotação, avanço e a presença ou não de fluido no aço SAE 1010. Cada condição de ensaio teve a rugosidade do corpo de prova mensurada dez vezes. Os valores obtidos foram analisados no software R 3.6.1® e Minitab 19®, utilizando as ferramentas

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

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

ANOVA e Teste de Tukey. Após a análise dos resultados, pode-se concluir que a combinação que obteve o menor valor de rugosidade foi a combinação de rotação alta, avanço baixo e presença de fluido de corte e o que obteve o maior valor de rugosidade foi a combinação de rotação baixa, avanço alto e sem presença de fluido de corte.

**Palavras-Chave:** Rugosidade, Processo de Torneamento.

**ABSTRACT:** The machining process is characterized in the part manufacturing process where the removal of material in the form of chips occurs, being of fundamental importance for metalworking industries as it facilitates in some of their production stages. This process includes turning, commonly used to manufacture cylindrical parts such as shafts, heads, engine block machining, valve controls and crankshafts. The quality of the machining processes is directly related to the surface finish of the part, which can be measured using the average roughness parameter Ra ( $\mu\text{m}$ ), whose value is directly related to the variables present in the machining process. Knowing the importance of controlling the input variables in the turning process for the proper product quality, the present work aimed to analyze the average roughness values Ra ( $\mu\text{m}$ ) obtained with eight different turning test conditions varying speed, of rotation, feed and the presence or absence of fluid in SAE 1010 steel. Each test condition had the specimen roughness measured ten times. The values obtained were analyzed using the software R 3.6.1® and Minitab 19®, using the ANOVA and Tukey test tools. After analyzing the results, it can be concluded that the combination that obtained the lowest roughness value was the combination of high rotation, low feed and the presence of cutting fluid and the one that obtained the highest roughness value was the combination of low rotation, high feed and no cutting fluid present.

**.Keywords:** Roughness, Turning Process.

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos de usinagem consistem em operações que conferem à peça sua forma, dimensões, acabamento ou ainda uma combinação destes, através da remoção de material sob a forma de cavaco. A usinagem tem sua extrema importância pois é um dos métodos mais eficazes em criar peças muito finas, objetos com muitos detalhes, e que não são muitas vezes possíveis por meio de técnicas de fundição e moldagem. (STOETERAU, 2003)

No processo de usinagem pode-se utilizar ferramentas de geometria definida para tornear, fresar, furar entre outros e com ferramentas de geometria não definida para retificar, lixar, polir e lapidar. (STOETERAU, 2003)

Dentre estes tem-se o processo de torneamento, utilizado para dar formas cilíndricas a um determinado metal. Durante o torneamento, os metalúrgicos colocam o material sobre uma peça de equipamento conhecido como torno. O torno gira o metal de modo que ele possa ser moldado ou cortado utilizando ferramentas manuais ou kits especiais. No processo de torneamento, dentre os parâmetros de corte, pode-se destacar a velocidade de corte, a velocidade de avanço e a profundidade de corte. (SOUZA, 2006).

A produtividade e qualidade de um processo de usinagem, dependem de vários fatores, tais como: usinabilidade dos materiais, potência e rigidez de equipamentos, ferramentas de corte, lubrificação e refrigeração. (SOUZA, 2006).

Através da usinagem é possível obter acabamento de superfícies de peças fundidas ou conformadas mecanicamente, de modo a ter melhor aspecto superficial e dimensões mais precisas, de acordo com as especificações de fabricação e com o emprego destas (DIOGENES, 2011).

O acabamento superficial é representado principalmente pela rugosidade, na qual consiste em um conjunto de irregularidades, com espaçamento regular ou irregular, que tendem a formar um padrão ou textura característicos em uma superfície. Estas irregularidades estão presentes em todas as superfícies reais, e muitas vezes apresentam traços do método de obtenção da superfície propriamente dita, seja torneamento, fresamento ou outros processos de usinagem. (AMORIM, 2002).

Segundo Palma (2008), já estão claras as influências da rugosidade nas características dos produtos. Um exemplo clássico sobre estas influências está na vida em fadiga dos materiais; a resistência à fadiga é diminuída quando o material apresenta maiores níveis de rugosidade (DIOGENES, 2011).

## **2. OBJETIVOS**

O presente trabalho tem por objetivo analisar o processo de torneamento do aço SAE 1010 em relação ao parâmetro da rugosidade média  $Ra(\mu m)$ , variando para isto, os fatores: velocidade de rotação, velocidade de avanço e presença e ausência de fluido de corte, afim de saber a combinação de fatores que proporcionou maior e menor rugosidade superficial.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

O Estudo da usinagem é baseado na mecânica (cinemática, atrito e deformação), na termodinâmica (geração e propagação de calor) e nas propriedades dos materiais. O tópico em questão tem por objetivo explicar de maneira breve as características do processo de usinagem por torneamento, bem como as características de acabamento superficial, que estão diretamente relacionados ao valor da rugosidade. e suas variáveis (velocidade de corte/avanço e fluido de corte).

#### 3.1. Torneamento

O torneamento tem como objetivo obter superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes, através do movimento giratório da peça em torno do eixo principal de rotação da máquina, com deslocamento simultâneo da ferramenta seguindo trajetória coplanar com o eixo da máquina. A ferramenta é ajustada a uma certa profundidade de corte, e ao mesmo tempo em que a peça gira a ferramenta se desloca a uma determinada velocidade. O resultado desses movimentos é a formação do cavaco, que se move sobre a face da ferramenta (UEMURA, PERES e ZANGHETTIN. 2017, p. 04).

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta todos os sentidos de movimentos aplicados no torneamento externo de uma peça, [1] rotação da peça; [2] avanço da ferramenta; [3] profundidade de corte.

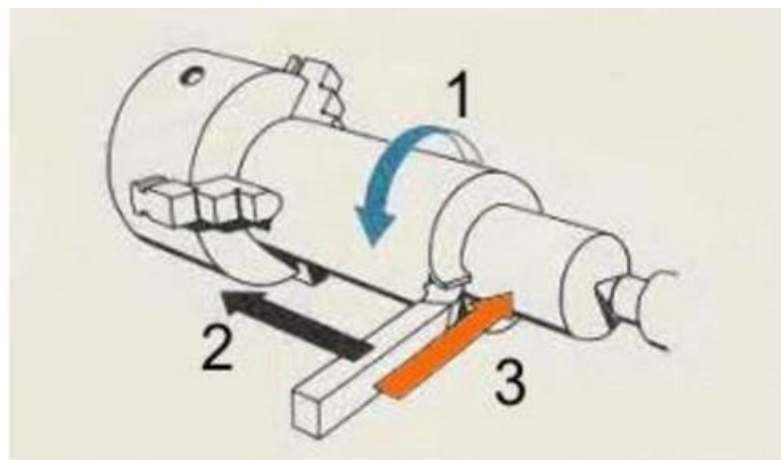


Figura 1 - Torneamento externo de um material

O torneamento é um dos processos de usinagem mais utilizados na indústria, dentre os produtos obtidos por este processo destacam-se os eixos.

### 3.2. Acabamento superficial

O rigor e a exatidão do acabamento superficial de qualquer peça mecânica são cruciais para que tenha o desempenho para o qual foi projetada e concebida. As superfícies maquinadas apresentam sempre desvios relativamente à superfície ideal ou teórica, nunca se podendo, portanto, considerar uma superfície como perfeita em termos absolutos. Torna-se assim fundamental o controlo e registo do seu acabamento superficial, através da utilização de equipamentos de medição de elevada precisão (rugosímetros), de acordo com as normas estabelecidas, de modo a evitar erros decorrentes quer do próprio processo de fabrico da peça, quer na utilização da peça, garantindo portanto deste modo o nível de qualidade pretendido (GUEDES. 2014, p. 01).

Nas operações de acabamento, a rugosidade é a variável mais importante para o controle de peças numa produção, é necessário conhecer os diversos parâmetros de rugosidade para sua respectiva escolha.

#### 3.2.1. Rugosidade média (Ra)

A rugosidade média Ra é o parâmetro que será utilizado para avaliar a textura da superfície usinada, é utilizado para determinação da rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) a qual corresponde à média aritmética dos valores absolutos das ordenadas P(x) no comprimento da amostragem, conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

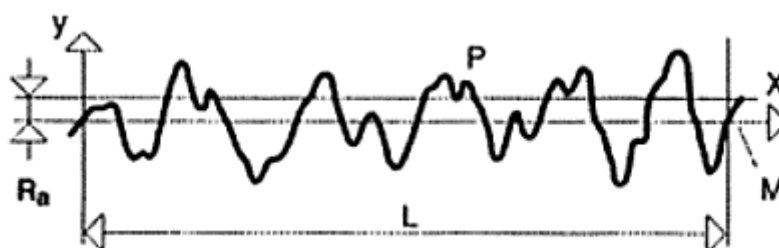


Figura 2 - Rugosidade média Ra em perfil P em uma amostra de comprimento L

A Equação (1) a seguir mostra o cálculo realizado para obter o valor da rugosidade média da superfície de trabalho.

$$Ra = 1/L(y_1 + y_2 + \dots + y_n) [\mu\text{m}] \quad (1)$$

Onde: y = Comprimento absoluto entre pico e vale.

L = Comprimento avaliado.

### 3.2.2. Rugosidade média quadrática (Rq)

É denominado RMS (Root Mean Square) em países de língua inglesa. Está definido como a raiz quadrada da média dos quadrados das ordenadas do perfil efetivo em relação à linha média dentro do percurso de medição  $L_m$ . Ao fazermos analogia com o parâmetro  $R_a$ , pode-se dizer que é similar, aos valores  $y$  das ordenadas, elevados ao quadrado, e depois extraída a raiz quadrada da média. A Figura 3 demonstra o gráfico da rugosidade  $R_q$ .

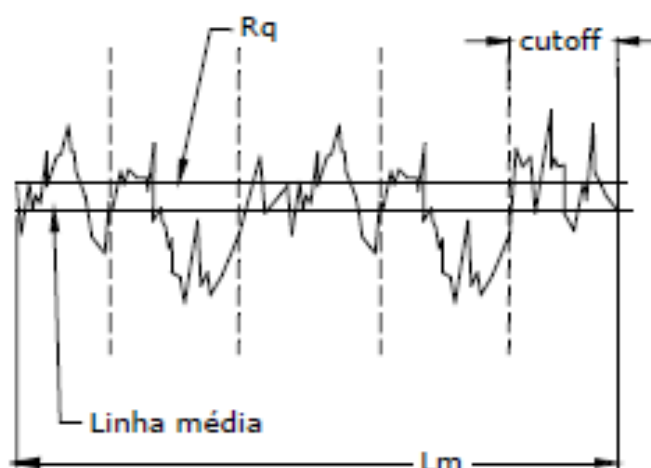


Figura 3 - Gráfico de Rugosidade  $R_q$ .

A Equação (2) a seguir mostra o cálculo realizado para obter o valor da rugosidade média quadrática da superfície de trabalho.

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{L_0} \int_0^L y^2 dx} \quad [\mu m] \quad (2)$$

Onde:  $y$  = Comprimento absoluto entre pico e vale.

$L$  = Comprimento avaliado.

$L_0$  = Comprimento inicial.

### 3.2.3. Altura máxima do perfil de rugosidade (Rz)

É a média aritmética dos 5 valores da rugosidade parcial  $Z_i$ . A rugosidade parcial  $Z_i$  é definida como a soma dos valores absolutos das ordenadas dos pontos de maiores afastamentos (acima e abaixo da linha média) existentes dentro de um comprimento de amostragem  $L_e$ . Graficamente, este valor representa a altura entre os pontos máximo e mínimo do perfil, dentro do comprimento de amostragem  $L_e$  conforme demonstrado na Figura 4.

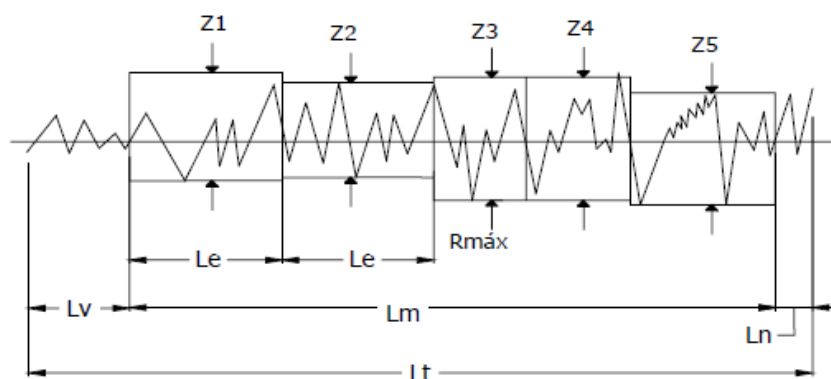


Figura 4 - Gráfico com 5 valores de rugosidade.

A Equação (3) a seguir mostra o cálculo realizado para obter o valor da rugosidade máxima da superfície de trabalho.

$$RZ = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5}{5} \quad [\mu m] \quad (3)$$

Onde: Z = Rugosidade média por intervalo.

A velocidade de corte ( $V_c$ ) é a velocidade circunferencial ou de rotação da peça. Em cada rotação da peça a ser torneada, o seu perímetro passa uma vez pela aresta cortante da ferramenta, conforme a Equação (4).

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_m \cdot n}{1000} \left( \frac{m}{min} \right) \quad (4)$$

Onde:  $D_m$  = Diâmetro efetivo da ferramenta (mm).

$n$  = Rotação (RPM).

### 3.5. Velocidade de Avanço ( $V_f$ )

A velocidade de avanço, é a velocidade de deslocamento de uma ferramenta em cada volta de  $360^\circ$  de uma peça (avanço em mm/rotação), ou por unidade de tempo (avanço em mm/minuto), conforme a Equação (5).

$$V_f = f \cdot n \left( \frac{mm}{min} \right) \quad (5)$$

Onde:  $f$  = Avanço (mm/rot)

$n$  = Rotação (RPM)

### 3.6. Fluido de Corte

Fluidos de corte são, líquidos e gases aplicados na ferramenta e no material que está sendo usinado, para facilitar a operação de corte. Frequentemente são chamados de lubrificantes ou refrigerantes em virtude das suas principais funções na usinagem: reduzir o atrito entre a ferramenta e a superfície em corte. (lubrificação) e diminuir a temperatura na região de corte. (refrigeração) (STOETERAU, 2003).

Durante uma usinagem, acontece uma grande perda de calor gerado pelo atrito entre a peça e a ferramenta, ocasionando resultados insatisfatórios. E com isso, eleva-se os gastos na produção. Para diminuir ou dissipar parte desse calor produzido, utiliza-se fluidos de corte. Assim, os resultados podem melhorar tanto na peça usinada quanto no desgaste pré-maturo da ferramenta. (LISBOA, 2013).

Por mais que os fluidos tragam vantagem no processo, é necessário escolher com cautela, pois alguns fluidos têm derivados químicos, podendo ocasionar anomalias para a saúde e, se não descartados adequadamente, podem causar contaminação no solo, na água e no ar.

### **3.7. Ferramentas Estatísticas**

#### **3.7.1. Boxplot**

O boxplot (gráfico de caixa) é um gráfico utilizado para avaliar a distribuição empírica dos dados, é formado pelo primeiro e terceiro quartil e pela mediana. As hastes inferiores e superiores se estendem, respectivamente, do quartil inferior até o menor valor não inferior ao limite inferior e do quartil superior até o maior valor não superior ao limite superior como pode ser visualizado na Figura 5 (PINHEIRO, 2015).



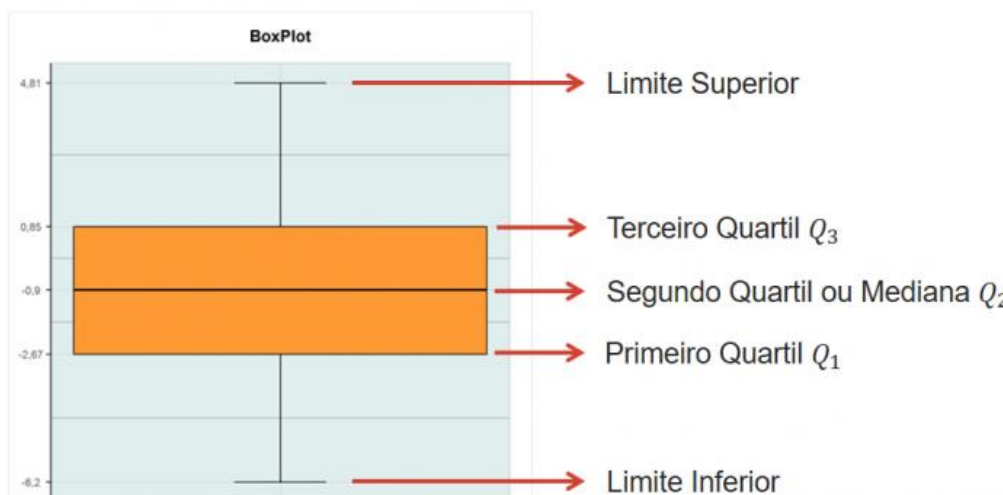


Figura 5 - Gráfico Boxplot.

O boxplot pode auxiliar a visualizar o centro, a dispersão e a assimetria de um conjunto de dados. Além disso, ele é excelente para identificar e controlar valores extremos (*outliers*), sendo possível identificar facilmente, qual é o valor que representa melhor os dados coletado (mediana). (GUIMARÃES, 2008)

### 3.7.2. Teste de Tukey

O teste de Tukey, é baseado na amplitude total estudentizada (“studentized range”, em inglês) é utilizado para comparar todo e qualquer contraste entre duas médias de tratamentos. O teste é exato e de uso muito simples quando o número de repetições é o mesmo para todos os tratamentos. (COSTA NETO, 1977).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este tópico apresenta os materiais utilizados durante a execução dos ensaios e todo o planejamento experimental empregado.

### 4.1. Materiais

Para a realização da experimentação foram utilizados os seguintes materiais:

- Corpos de prova de Aço SAE 1010 (A);
- Torno Convencional Nardini, modelo Mascote(B);
- Paquímetro Mitutoyo (C);

- Rugosímetro Portátil SJ-210 (D);
- *Softwares R*® versão Rx64 3.0.2.Ink
- *Minitab*® versão *Minitab 19.Ink*, para obtenção dos testes ANOVA e Tukey.

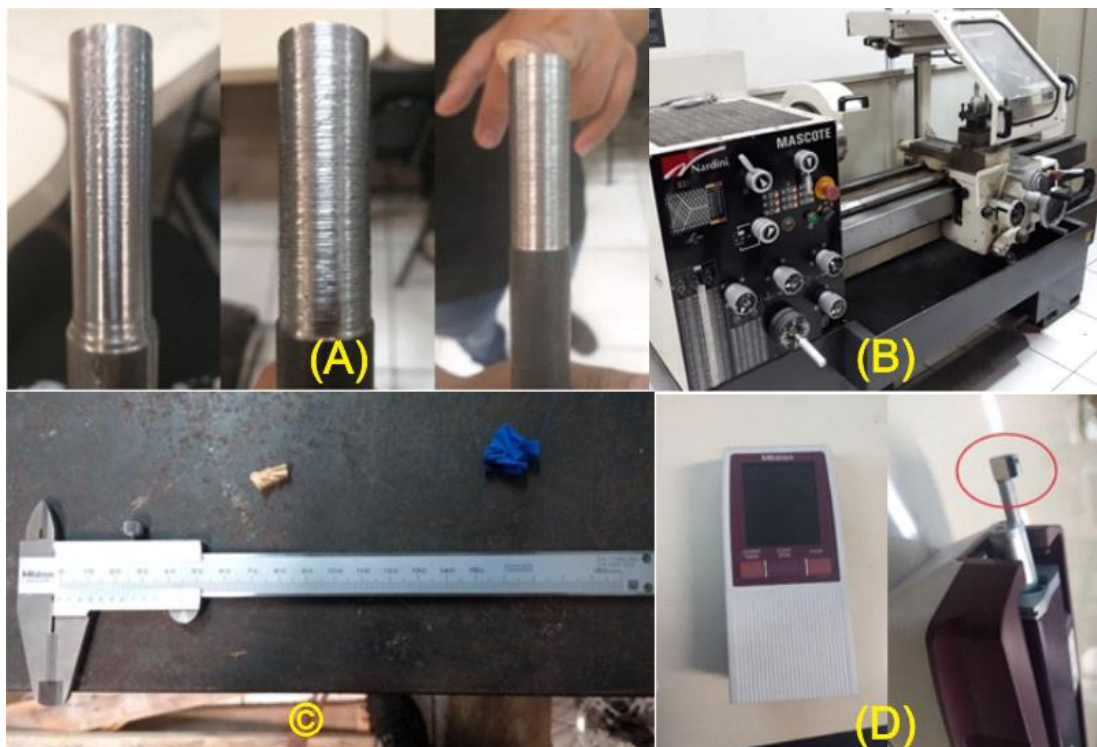


Figura 6 - Materiais utilizados.

### 4.3. Planejamento Experimental

Foram realizadas medições do diâmetro dos corpos de prova com o paquímetro, antes e depois do processo de torneamento e as medições com o rugosímetro, realizadas sempre após o processo. As variáveis: velocidade de rotação, avanço e a presença ou não de fluido de corte foram combinadas totalizando em 8 condições diferentes como mostra a Tabela 1. Cada combinação foi repetida uma única vez, mas a rugosidade da peça foi medida 10 vezes.

Tabela 1 - Condição dos ensaios de usinagem em relação às variáveis adotadas.

Condição	Rotação	Avanço	Fluido
C1F	Alta – 1600 rpm	Baixo – 0,125mm	Com
C1	Alta – 1600 rpm	Baixo – 0,125mm	Sem

C2F	Alta – 1600 rpm	Alto – 0,385mm	Com
C2	Alta – 1600 rpm	Alto – 0,385mm	Sem
C3F	Baixa – 400 rpm	Baixo – 0,125mm	Com
C3	Baixa – 400 rpm	Baixo – 0,125mm	Sem
C4F	Baixa – 400 rpm	Alto – 0,385mm	Com
C4	Baixa – 400 rpm	Alto – 0,385mm	Sem

Para o cálculo da velocidade de corte e de avanço utilizou-se respectivamente as Equações (4) e (5). A velocidade de corte ( $V_c$ ) é a velocidade circunferencial ou de rotação da peça. Em cada rotação da peça a ser torneada, o seu perímetro passa uma vez pela aresta cortante da ferramenta, conforme a Equação (4).

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_m \cdot n}{1000} \left( \frac{m}{min} \right) \quad (4)$$

Onde:  $D_m$  = Diâmetro efetivo da ferramenta (mm).

$n$  = Rotação (RPM).

A velocidade de avanço, é a velocidade de deslocamento de uma ferramenta em cada volta de 360° de uma peça (avanço em mm/rotação), ou por unidade de tempo (avanço em mm/minuto), conforme a Equação (5).

$$V_f = f \cdot n \left( \frac{mm}{min} \right) \quad (5)$$

Onde:  $f$  = Avanço (mm/rot).

$n$  = Rotação (RPM).

Após a coleta dos dados, os mesmos foram transferidos para o *Software Minitab*® para que fossem analisados estatisticamente.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando a Tabela 2, as combinações de variáveis, que apresentam “Valor -P” menor que 0,05 são significativas.

Tabela 2 - Análise de variância gerada pelo *Software Minitab®*.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Rot	1	254,520	254,520	142,86	0,000
Avan	1	452,334	452,334	253,90	0,000
Fluido	1	17,074	17,074	9,58	0,003
Rot*Avan	1	47,097	47,097	26,44	0,000
Rot*Fluido	1	2,855	2,855	1,60	0,210
Avan*Fluido	1	13,766	13,766	7,73	0,007
Rot*Avan*Fluido	1	82,938	82,938	46,55	0,000
Erro	72	128,271	1,782		
Total	79	998,855			

Sumário do Modelo: S= 1,33474  $R^2 = 87,16\%$   $R^2(aj) = 85,91\%$   $R^2(pred) = 84,15\%$

O nível de significância é definido por valores até 0,001, portanto as combinações rot\*avan, avan\*fluido e rot\*avan\*fluido são significantes na variação da rugosidade. E a combinação dos fatores estipulados no processo de torneamento influenciam estatisticamente 84,15% no comportamento da rugosidade Ra do produto.

A Tabela 3 apresenta o *summary* com os dados Ra. Os valores mínimo e máximo da média de Ra, tanto com fluido, como sem fluido foram respectivamente C1 e C4.

Tabela 3 - Summary (Dados Ra do aço 1010 plotados pelo *software R®*).

C1(Ra)	C2(Ra)	C3(Ra)	C4(Ra)
Min: 5,462	Min: 5,222	Min: 3,742	Min: 14,05
25%: 5,910	25%: 8,289	25%: 6,516	25%: 14,89
Mediana: 6,149	Mediana: 8,367	Mediana: 7,737	Mediana: 15,82
Média: 6,244	Média: 8,258	Média: 6,618	Média: 15,77
75%: 6,693	75%: 8,883	75%: 7,161	75%: 16,05
Máx: 7,119	Máx: 9,101	Máx: 7,714	Máx: 17,92
C1F(Ra)	C2F(Ra)	C3F(Ra)	C4F(Ra)
Min: 3,943	Min: 6,701	Min: 7,698	Min: 9,454
25%: 4,261	25%: 7,481	25%: 7,854	25%: 10,657
Mediana: 4,460	Mediana: 7,758	Mediana: 7,991	Mediana: 12,007
Média: 4,491	Média: 8,918	Média: 8,182	Média: 11,606
75%: 4,718	75%: 8,880	75%: 8,292	75%: 12,335
Máx: 5,226	Máx: 16,308	Máx: 9,158	Máx: 13,210

A Figura 7 ilustra o boxplot de Ra, obtido através *software R®*, que por sua vez, traz os valores do *Summary* em uma análise gráfica.

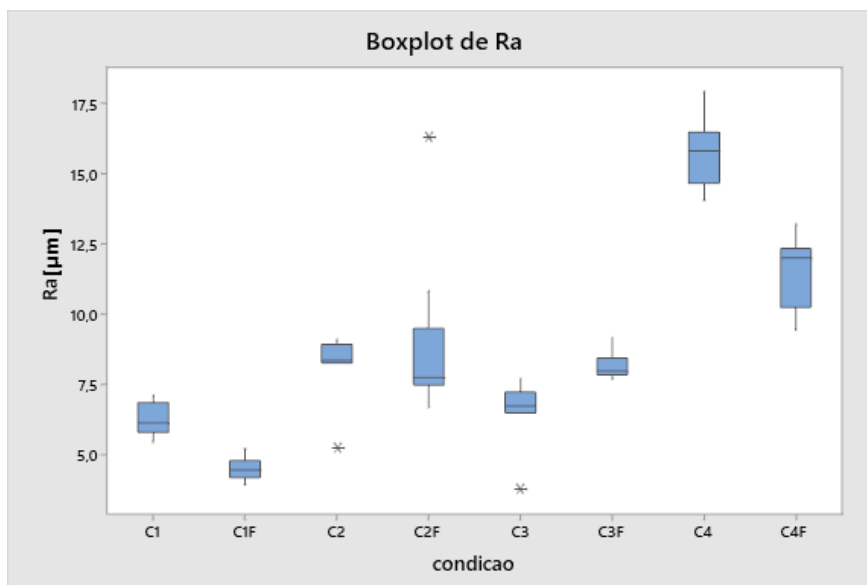


Figura 7 - Gráfico Boxplot obtido pelo Software Minitab®.

Os dados apresentaram bastante variabilidades e outliers, isto devido as combinações de avanço, rotação e presença de fluído. Outro fator que influencia na variabilidade do gráfico é o ponto medido do eixo, a rugosidade não permanece constante ao longo da peça.

Os cavacos são umas das formas de se identificar a situação da rugosidade, o cavaco retirado na C1 teve forma de hélice curta (E) com baixa velocidade de avanço, cavaco favorável para a usinagem, o cavaco em C4 teve a forma de emaranhado (F) não é ideal para a usinagem, com avanço muito elevado afeta o acabamento superficial.

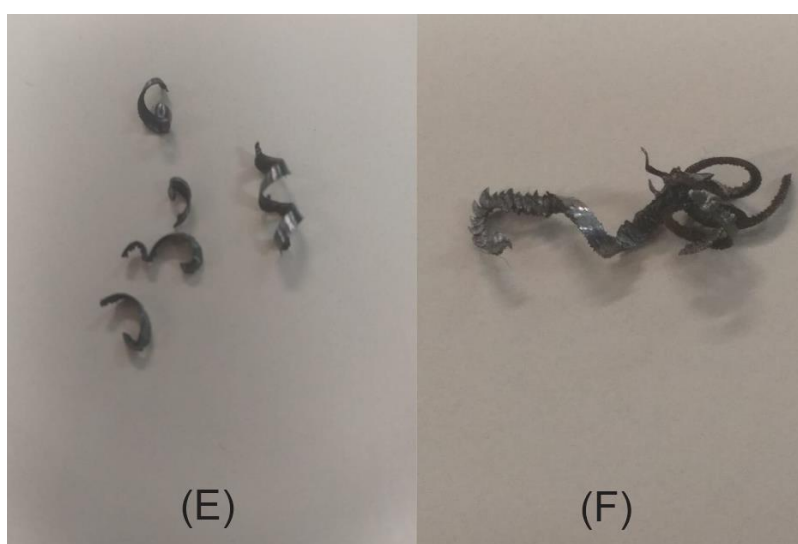


Figura 8 - Cavacos dos processos C1 e C4.

A figura 9 ilustra um gráfico de efeitos principais, ao interpretar o gráfico, quem teve maior influência foi a rotação e o avanço, o fluido foi o que menos apresentou significância (influência), pois a inclinação da reta é menor.

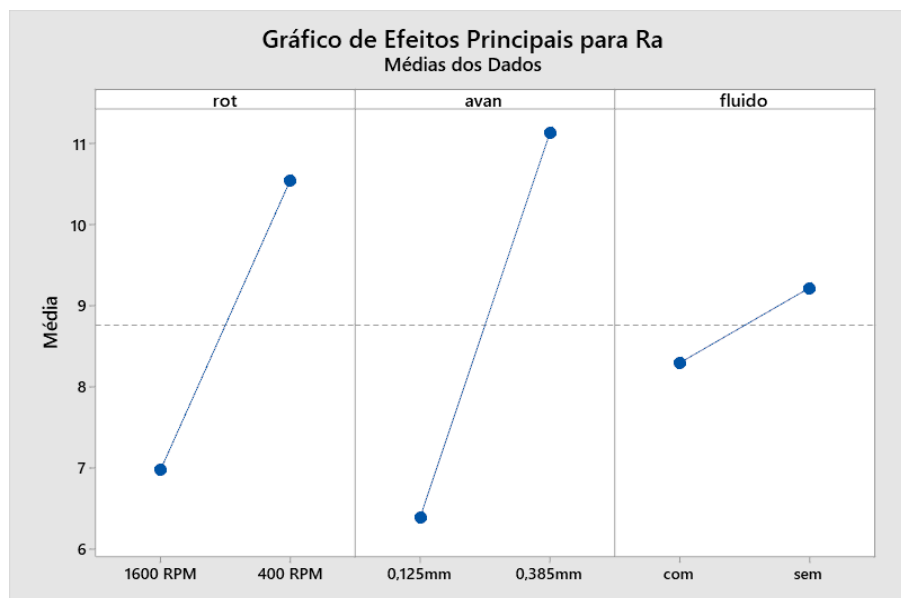


Figura 9 - Gráfico de efeitos Principais para Ra.

Observando o gráfico é possível afirmar que a combinação de rotação alta, avanço baixo e presença de fluido de corte, foi a composição de variáveis que obteve o menor valor médio de rugosidade Ra, e a combinação que apresentou maior rugosidade foi a combinação de rotação baixa, avanço alto e ausência de fluido de corte.

A figura 10 ilustra o gráfico de interação para o valor médio da rugosidade Rz, apresenta a significância das condições, com ou sem fluido, na variação dos valores de Rz.

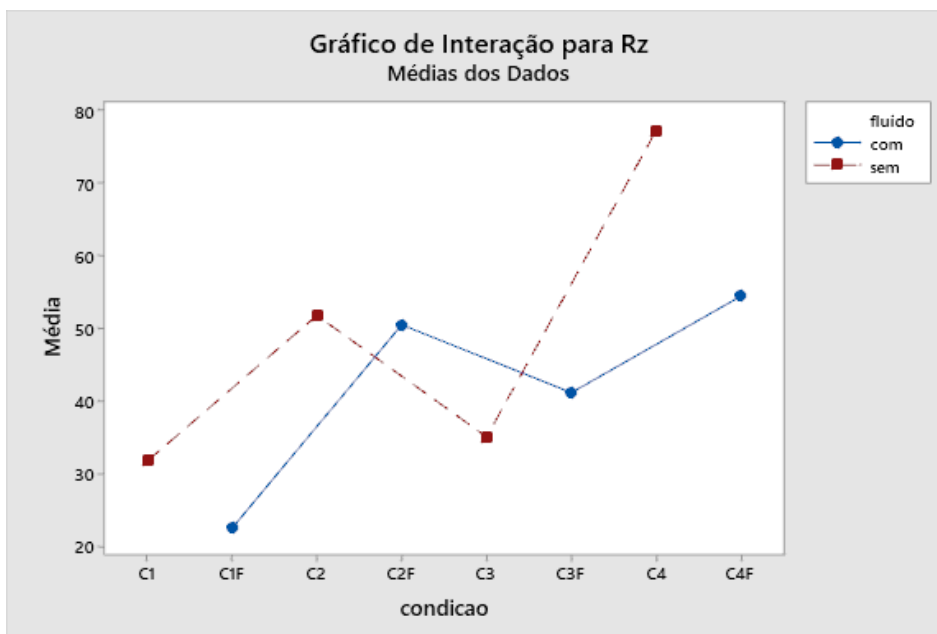


Figura 7 - Gráfico de efeitos principais.

Onde é observável que na condição C2 a rugosidade Rz e Ra são próximas, C4 teve o maior valor de rugosidade, C2F e C4F aparentam ser bem próximos no valor de Rz, no entanto C4F apresentou maior rugosidade.

A Figura 11 ilustra o histograma de Ra, o gráfico de frequência dos valores de Ra, dentre todos os ensaios realizados.

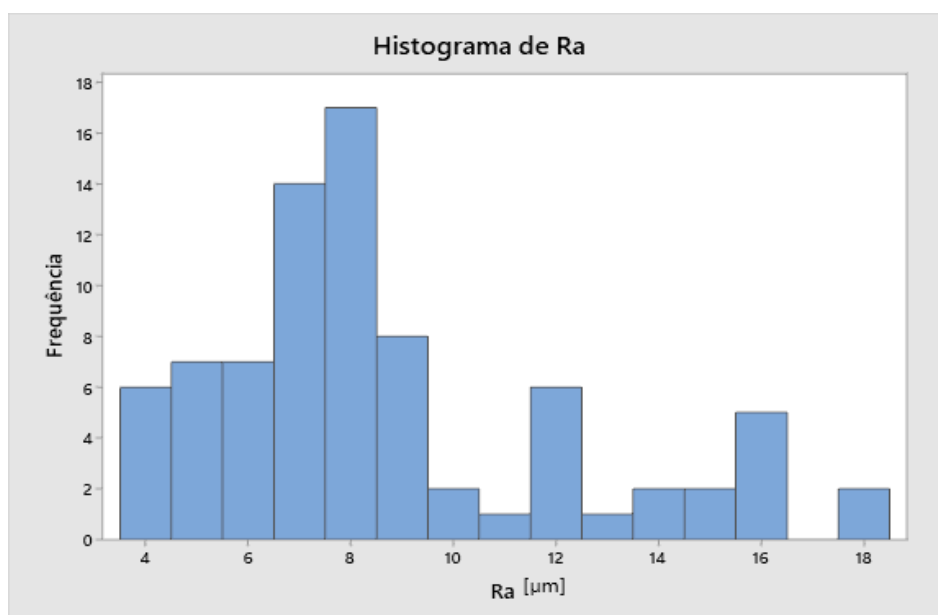


Figura 8 - Histograma de Ra.

O gráfico apresenta qual foi o range de valores que mais se repetiu. Nesse caso, os valores que obtiveram maior frequência estão entre 6 e 10 ( $\mu\text{m}$ ) aproximadamente, ou seja, teve condições que apresentaram rugosidades semelhantes.

A Tabela 4 apresenta o teste de Tukey, este teste mostra quais combinações de variáveis apresentam resultados considerados estatisticamente iguais em relação ao parâmetro da rugosidade superficial.

Tabela 4 - - Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança.

<b>rot*avan*fluido</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>		
400 RPM 0,385mm sem	10	15,7740	A		
400 RPM 0,385mm com	10	11,6062	B		
1600 RPM 0,385mm com	10	8,9185	C		
1600 RPM 0,385mm sem	10	8,2579	C	D	
400 RPM 0,125mm com	10	8,1820	C	D	
400 RPM 0,125mm sem	10	6,6177	D		E
1600 RPM 0,125mm sem	10	6,2435	E		F
1600 RPM 0,125mm com	10	4,4906	F		

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Nesse caso, C4 sem fluido, C4 e C2 com fluido são significativamente diferentes, enquanto C2 sem fluido e C3 com fluido são significativamente semelhantes. Quando observamos condições em que só diferencia o fluido, o valor da rugosidade é estatisticamente igual, ou seja, o fluido não influencia na rugosidade. Exceto para a condição de 400 RPM com 0,385 mm, nesta sim houve uma diferença bastante significativa.

Sendo possível, então, notar que quando se diminui a rotação, a influência do fluido de corte é maior no resultado de rugosidade, ou seja, operando em velocidades de corte mais baixas, o acabamento superficial depende do fluido.

## 6. CONCLUSÃO

Conclui-se que quanto maior a rotação e menor o avanço, menor será o valor da rugosidade. E que a presença de fluido de corte não é o principal fator que influencia no acabamento superficial, rotação e avanço possuem maior significância no acabamento superficial.

## 7. REFERÊNCIAS



AMORIM, Heraldo José de. **Estudo da relação entre velocidade de corte, desgaste de ferramenta, rugosidade e forças de usinagem em torneamento com ferramenta de metal duro**. 2002. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3791/000343470.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 2 nov. 2019.

DIOGENES, Anderson Carmo. **ESTUDO DA USINAGEM POR TORNEAMENTO DE LIGAS DE ALUMÍNIO**. 2011. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Unesp – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia, Guaratinguetá, 2011. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/118894/diogenes\\_ac\\_tcc\\_guara.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/118894/diogenes_ac_tcc_guara.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 18 nov. 2019.

GUEDES, David Esteves. **Análise Metroológica de Acabamento de Superfícies Aplicada a Componentes Mecânicos**. 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014. Disponível em: <[https://run.unl.pt/bitstream/10362/14249/1/Guedes\\_2014.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/14249/1/Guedes_2014.pdf)>. Acesso em: 2 nov. 2019.

GUIMARÃES, Paulo Ricardo Bittencourt. **Métodos Quantitativos Estatísticos**. Curitiba: Iesde Brasil S.a, 2008. 245 p. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/LIVROS/LIVROS/Metodos%20Quantitativos%20Estatisticos%20Paulo%20Ricardo%20BittencourtGuimar%20E3es.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

LISBOA, F. C. D.; MORAES, J. J. B. D.; HIRASHITA, M. D. A. **FLUIDOS DE CORTE: UMA ABORDAGEM GERAL E NOVAS TENDÊNCIAS**, <<http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/GERSON.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

PINHEIRO, João Ismael D. et al. **Estatística Básica: A Arte de Trabalhar com Dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. Acesso em: 03 dez. 2019.

SOUZA, Luciano de. **Avaliação dos Efeitos dos Parâmetros de Usinagem e dos tratamentos térmicos no torneamento de três aços inoxidáveis austeníticos**. 2006. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3151/tde-23042007-000348/publico/TrabalhoFinalrev2.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2019.

STOETERAU, R. L. **Fundamentos dos Processos de Usinagem**. São Paulo: USP, 2003. 75 p. Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/PMR2202-AULARS1.pdf>>

UEMURA, Larissa Caliani; PERES, Fabrina Barbieri; ZANGHETTIN, Larissa. **Energia Mecânica com Ênfase em Processos de Usinagem – Torneamento**. REGRAD - Revista Eletrônica de Graduação do UNIVEM - ISSN

1984-7866, [S.l.], v. 10, n. 01, p. 325 - 338, oct. 2017. ISSN 1984-7866. Disponível em:<<https://revista.univem.edu.br/REGRAD/article/view/2062>>. Acesso em: 19 nov. 2019.