

# Otimização do acabamento superficial no torneamento cilíndrico externo de um aço SAE 1045

## *Optimization of surface finish in cylindrical external turning of SAE 1045 steel*

Jonas Müller Hammes<sup>1</sup> - Universidade Federal de Pelotas - Centro de Engenharias - Curso de Engenharia de Produção  
Ariane Ferreira Porto Rosa<sup>2</sup> - Universidade Federal de Pelotas - Centro de Engenharias - Curso de Engenharia de Produção  
Eduardo Walker<sup>3</sup> - Universidade Federal de Pelotas - Centro de Engenharias - Curso de Engenharia de Produção

**RESUMO** Atualmente as organizações do ramo metal mecânico buscam cada vez mais por qualidade e redução de custos no desenvolvimento de seus produtos. O presente trabalho procede na verificação do acabamento superficial e da rugosidade na usinagem de peças mecânicas. Baseando-se nisso, o estudo visa analisar o perfil de superfícies cilíndricas externas usinadas no torneamento utilizando a variação de dois parâmetros de corte: avanço ( $f_n$ ), e profundidade de corte ( $a_p$ ). Para realização experimental deste trabalho utilizou-se um projeto de experimentos, de fatorial completo  $2^k$ . Com a análise estatística será possível identificar qual o melhor parâmetro de corte para a usinagem, buscando como resultado a identificação do melhor acabamento e rugosidade superficial do material trabalhado.

**Palavras-chave:** Parâmetros de Corte. Rugosidade Superficial. Qualidade.

**ABSTRACT** *Currently the mechanical metal sector organizations are increasingly looking for quality and cost reduction in the development of their products. This paper elaborates on the verification of surface finish and roughness in machining mechanical parts. Based on this, the study aims to analyze the profile of machined external cylindrical surfaces in turning using the variation of two cutting parameters: feed ( $f_n$ ), and depth of cut ( $a_p$ ). To perform the experimental aspect, we used the experiment design full factorial  $2^k$ . The statistical analysis will make it possible to identify the best cutting parameters for machining, and as a result will seek to identify better finish and surface roughness of the material being processed.*

**Keywords:** *Cutting Parameters. Roughness. Quality.*

1. jonas\_hammes@outlook.com; 2. Centro de Engenharias Prédio da Antiga Cotada, R. Benjamin Constant, nº 989, Porto, Pelotas/RS, CEP: 96010-020, afprosa61@gmail.com; 3. eduardowalker@yahoo.com.br

Hammes, J. M.; Rosa, A. F. P.; Walker, E. Otimização do acabamento superficial no torneamento cilíndrico externo de um aço SAE 1045. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 12, nº 2, abr-jun/2017, p. 138-156.

DOI: 10.15675/gepros.v12i2.1640

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, com o avanço das tecnologias, as empresas buscam por melhorias nos seus processos e serviços oferecidos a seus clientes, de modo a satisfazê-los, proporcionando melhor qualidade e baixo custo.

Quando falamos em acabamento, a variável mais importante é a rugosidade. Mesmo com toda a automatização dentro das empresas do ramo, ainda é preciso verificar se os produtos desenvolvidos se encontram dentro dos padrões de qualidade e tolerância esperados.

Com o estudo de métodos eficazes no torneamento de peças cilíndricas externas, é possível conseguir obter grandes ganhos no que se refere à qualidade e controle dimensional de produtos acabados. É possível, através do auxílio de análises estatísticas, garantir maior confiabilidade e identificar quais os melhores parâmetros de usinagem, até que se estabeleça, com o apoio de gráficos, uma otimização dos melhores padrões a serem seguidos nesse processo.

Portando, o presente trabalho tem como objetivo elaborar um estudo baseado na obtenção dos melhores parâmetros de corte utilizados no torneamento de um aço SAE 1045, com intuito de melhorar o desempenho dos processos de fabricação mecânica. Além disso, também garantir melhor qualidade superficial e dimensional de peças usinadas, ao qual influencia diretamente no controle de qualidade final de seus produtos manufaturados.

Para tanto, propõem-se neste trabalho o uso de um projeto de experimentos do tipo fatorial completo  $2^k$  utilizando a variação de dois parâmetros de corte: avanço (fn), e profundidade de corte (ap). A variável resposta de interesse é a rugosidade superficial medida nas peças usadas segundo as rodadas do experimento proposto.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Entende-se por processo de fabricação mecânica, o ato de transformar matérias-primas em produtos acabados, com as atividades bem organizadas em todos os aspectos. É neste contexto que os autores Machado et al. (2011) definem manufatura. Por outro lado, o termo fabricação é empregado de forma mais restrita sendo limitado aos processos que o envolve.

Diante disso, é necessário que o engenheiro responsável possua certo nível de entendimento e conhecimento dos processos e dos materiais envolvidos além da comunicação e interação entre os diversos departamentos da empresa.

Existe, portanto, uma extensa listagem de processos que podem ser realizados até a apresentação do produto final e, para isso, será apresentada as atividades que fazem parte do presente projeto.

## 2.1. Usinagem

Segundo Machado et al. (2011, p.17) usinagem se define por: “operação que ao conferir à peça forma, dimensões e acabamento, produz cavaco. E por cavaco entende-se: porção de material da peça retirada pela ferramenta e caracterizada por apresentar forma geométrica irregular”.

Aliado a esta definição os autores destacam, ainda, a atividade como um processo bastante imprevisível e o conceito que segue relata com exatidão toda sistemática que envolve a operação. Denomina-se um processo complexo e ao mesmo tempo simples. Complexo devido às dificuldades em determinar as imprevisíveis condições ideais de corte. E simples porque, uma vez determinadas essas condições, o cavaco se forma corretamente, dispensando qualquer tipo de intervenção do operador.

Na maioria das vezes, em um processo de fabricação, existe mais de um método que pode ser aplicado para produzir um determinado componente e a seleção do método a ser aplicado depende de uma série de fatores, além, de muitas vezes, o produto final ser apresentado depois de muitos processos diferentes.

## 2.2. Torneamento

Conforme Ferraresi (1970) o torneamento trata-se de um processo mecânico de usinagem que se destina à obtenção de superfícies de revolução possuindo como auxílio uma ou mais ferramentas monocortantes. Com isso, a peça gira em torno de um eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta desloca-se seguindo uma trajetória coplanar com o eixo referenciado.

## 2.3. Parâmetros de usinagem

Estes conceitos irão auxiliar outros conceitos que serão abordados em seguida, facilitando e estabelecendo relações de algumas grandezas que envolvem o processo de usinagem. Esses parâmetros utilizados de maneira correta contribuem para uma usinabilidade eficaz.

Os principais dados de corte em uma usinagem são:

- Avanço ( $f_n$ ) – “é o percurso de avanço em cada volta ou em cada curso da ferramenta” (DINIZ et al., 2003, p.19);
- Profundidade ou largura de usinagem ( $a_p$ ) – “é a profundidade ou largura de penetração da ferramenta em relação à peça, medida perpendicularmente ao plano de trabalho” (DINIZ et al., 2003, p. 21);

- Velocidade de corte ( $v_c$ ) – segundo Ferraresi (1970, p.5) “a velocidade de corte  $v$  é a velocidade instantânea do ponto de referência da aresta cortante, segundo a direção e sentido de corte”.

## 2.4. Rugosidade superficial

Tomando como base o estudo de Agostinho et al. (1977), a rugosidade superficial está ligada na importância do acabamento e na precisão de ajustes entre as peças a serem acopladas. O acabamento superficial das peças é medido através da rugosidade superficial, onde é expressa em microns. A medição da rugosidade ocorre através de um equipamento chamado rugosímetro.

A rugosidade superficial é dada em função do tipo de acabamento ou da máquina-ferramenta. Segundo a análise geométrica dos desvios da superfície real, temos:

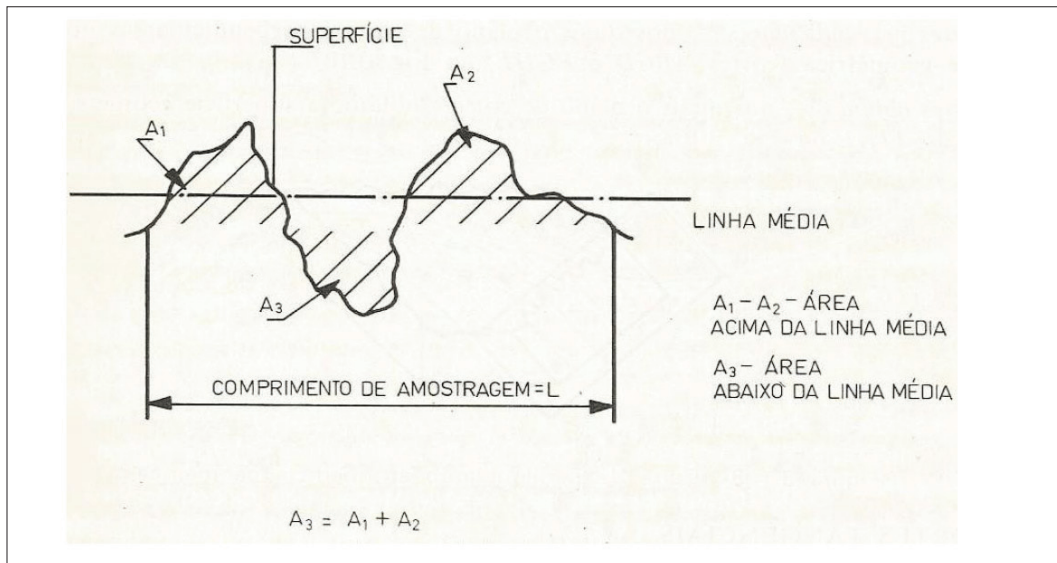
- a) Erros macrogeométricos ou erros de forma – podem ser mensurados com instrumentos convencionais;
- b) Erros microgeométricos ou rugosidade – só podem ser mensurados através de aparelhos especiais, como por exemplo: rugosímetros, perfilógrafos, perfiloscópios, etc.

Uma das grandezas fundamentais na medição da rugosidade de acordo com Agostinho et al. (1977, p.197) é o comprimento de amostragem, que nada mais é do que o “comprimento medido na direção geral do perfil, suficiente para avaliação dos parâmetros de rugosidade”. Dentre essas grandezas temos ainda o perfil efetivo, que se conceitua pela intersecção da superfície efetiva com o plano gerado perpendicularmente a superfície geométrica da peça.

## 2.5. Parâmetros de rugosidade

Segundo a literatura de Agostinho et al. (1977), a norma ABNT, adota como modelo para o Brasil, o sistema M. O sistema M, ou sistema da linha média é definido a partir do seguinte conceito de linha média: linha paralela na direção do perfil, e no comprimento amostral, de tal maneira que a soma das arestas superiores, compreendida entre ela e o perfil efetivo, se iguale ao somatório das áreas inferiores, no comprimento amostral  $L$ .

Figura 1 – Linha Média.

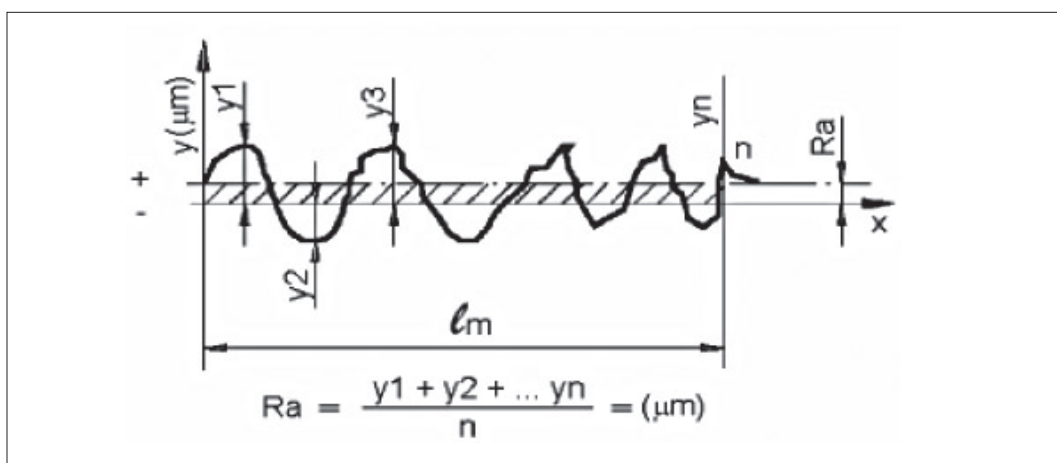


Fonte: Agostinho et al. (1977).

De maneira geral os parâmetros de rugosidade mais comuns são os parâmetros conceituados como  $R_a$ ,  $R_y$  e  $R_t$ .

- **Rugosidade Média ( $R_a$ )** – é uma média aritmética de ordenadas de valores absolutos do perfil efetivo, relacionando a linha média em um comprimento de amostragem.

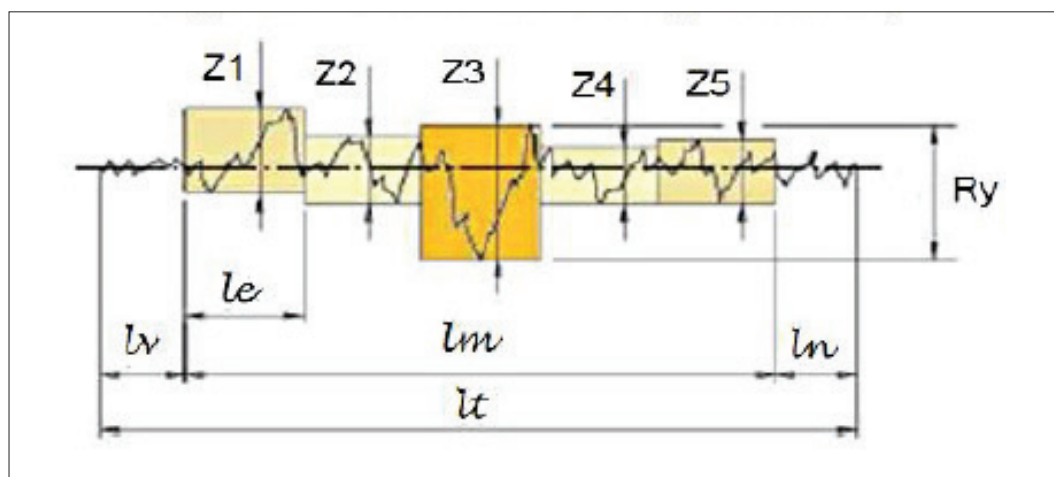
Figura 2 – Parâmetro de Rugosidade  $R_a$ .



Fonte: Rosa (2009).

- **Rugosidade Máxima ( $R_y$ )** – se define pelo maior valor dos valores parciais de ( $z$ ), que são obtidos no percurso mensurado ( $l_m$ ).

Figura 3 – Parâmetro de Rugosidade  $R_y$ .



Fonte: Filho, (2011).

- **Rugosidade Total ( $R_t$ )** – correspondente a diferença entre o pico mais elevado e o vale mais profundo dentro do comprimento avaliado ( $l_m$ ).

## 2.6. Planejamento experimental

Um experimento planejado, de acordo com Montgomery (2004), é um teste, ou uma série de testes, onde são realizadas mudanças propositalmente nas variáveis de entrada de um determinado processo. Através dessa mudança, é possível a observação e a identificação de mudanças que correspondem na resposta de saída.

Algumas variáveis do processo  $x_1, x_2, \dots, x_p$  são controláveis. Porém temos ainda as variáveis não controláveis,  $z_1, z_2, \dots, z_p$  (embora possam ser controladas a efeito de teste).

Portanto, métodos de planejamento experimental são usados no desenvolvimento de processos e também na solução de problemas de processo. Eles podem melhorar o desempenho, ou ainda, proporcionar um processo que seja robusto ou não sensível a fontes externas de variabilidade.

Planejamentos fatoriais são extremamente simples e úteis no desenvolvimento e melhoria de processos. Um deles é o planejamento fatorial com  $k$  fatores, cada um com dois níveis. Cada replicação completa do método tem  $2^k$

rodadas, e esse arranjo se define por um planejamento fatorial  $2^k$ . O tipo mais simplificado do planejamento  $2^k$  é o  $2^2$ , ou seja, dois fatores, A e B, cada um em dois níveis. Geralmente denominam-se esses níveis como níveis “baixo” ou “-“ e “alto” ou “+” de um fator. O planejamento pode ter a representação na forma geométrica de um quadrado com as  $2^2 = 4$  rodadas, formando assim cantos de um quadrado, conforme ilustrado na Figura 4.

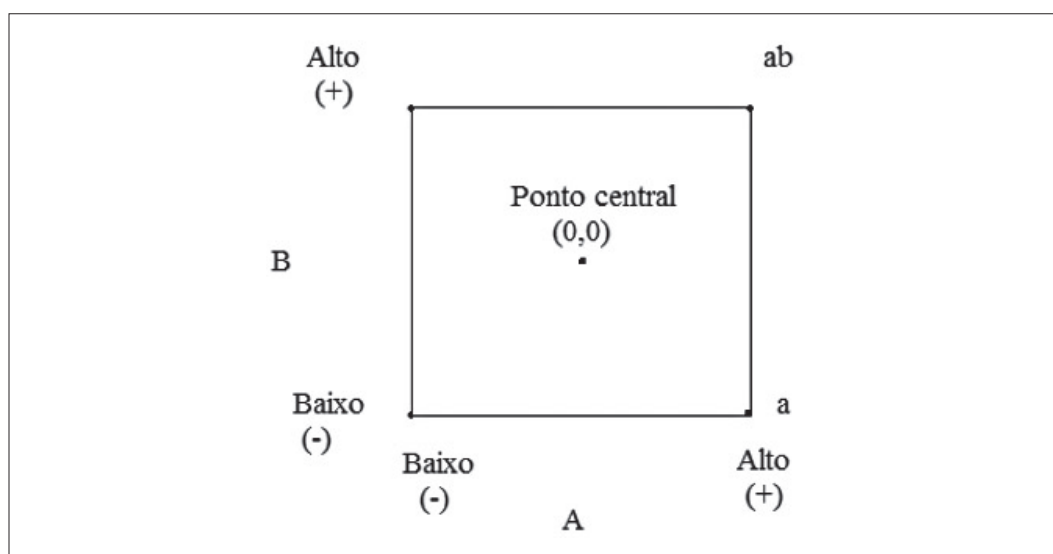
Para denotar as rodadas, utiliza-se uma notação especial. Geralmente, a rodada fica representada por uma série de letras minúsculas. Exemplificando, se a rodada a indica que o fator A está em seu nível alto, então o fator B, está no seu nível baixo. Essa é a notação que se utiliza no método de todas as séries de planejamentos  $2^k$ .

A hipótese de linearidade dos efeitos dos fatores, segundo Montgomery (2004), gera uma preocupação potencial quando usamos planejamentos fatoriais de dois níveis. Foi observado que quando acrescentado um termo de interação a um modelo de efeitos principais, é introduzido uma curvatura na superfície de resposta. Mesmo o planejamento  $2^k$  suportando um modelo de efeitos principais com mais interações, deve-se ter alguma proteção contra a curvatura que é ligada ao planejamento.

Existe um método para acrescentarmos um ponto a um planejamento fatorial  $2^k$ , onde acabará fornecendo alguma proteção contra efeitos quadráticos puros (testar se os termos quadráticos são mesmo necessários). Além disso, quando replicamos esse ponto poderemos obter uma estimativa independentemente do erro experimental. O método, portanto, é dado na adição de pontos centrais no planejamento  $2^k$  conforme ilustrado na Figura 4.

Uma das razões mais significativas em se adicionar rodadas replicadas no centro do planejamento é que esses pontos centrais não impactam nas estimativas do planejamento  $2^k$ .



Figura 4 – Planejamento Fatorial  $2^2$ .

Fonte: Os autores.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1. Objeto de estudo

Utilizou-se, de acordo com os objetivos, uma pesquisa exploratória. Segundo Gil (2009), a pesquisa exploratória é desenvolvida com o propósito de proporcionar uma visão geral, de caráter aproximativo, acerca de determinado fato que no final do processo, torna-se um problema mais esclarecido, passível de investigação mediante procedimentos mais sistematizados. Com relação à escolha da modalidade de pesquisa tem-se neste trabalho um estudo de caso, e quanto à classificação ocorreu de forma quantitativa.

Os ensaios de usinagem dos corpos de prova foram elaborados a partir de um projeto de experimentos fatorial completo  $2^k$ . O método de aplicação se obteve com o planejamento  $2^2$ , isto é, dois fatores A e B, cada um com dois níveis. Os níveis para cada fator são nível “alto” (+) e nível “baixo” (-). O Fator A experimental ficou atribuído ao parâmetro profundidade de corte, e o Fator B atribuído ao parâmetro avanço. Os efeitos de interesse do planejamento fatorial  $2^2$  são os efeitos principais A e B e a interação AB. A variável resposta obtida no experimento é a Rugosidade. Os dados tiveram uma replicação e a adição de um ponto central, totalizando 9 corpos de prova. As rodadas do experimento fatorial delineado são apresentadas na Tabela 1 da seção 3.3 deste artigo.



## 3.2. Procedimentos de coleta de dados

Foram unificados todos os 9 corpos de prova de diâmetro 25,4 mm e comprimento de 180 mm. Posteriormente foi feito o faceamento em uma das extremidades dos corpos de prova, seguido de furos de centro para auxiliarem no processo de usinagem.

Figura 5 – Corpos de prova padronizados.



Fonte: Arquivo dos autores.

O ensaio de dureza realizado foi o ensaio Brinell, ilustrado na Figura 6, onde uma esfera de aço de diâmetro 2,5 mm é penetrada sob o corpo de prova, através da ação de uma força de 187,5 kgf. Após a leitura de 0,965 mm (diâmetro da calota impressa no material) no visor do equipamento, e com o auxílio da tabela fornecida pelo fabricante, foi possível comprovar a autenticidade de um aço SAE 1045, com dureza de 246 HB.

Figura 6 – Ensaio de Dureza Brinell.



Fonte: Arquivo dos autores.

A máquina utilizada para a usinagem dos corpos de prova foi um torno ROMI Convencional Tormax, ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Torno utilizado no processo de usinagem.



Fonte: Daumec equipamentos.

A ferramenta de corte utilizada foi do fabricante Boehlerit CCMT 12 04 08 – BSM, ilustrada na Figura 8. Suas características respectivamente:

- C – Forma ( $80^\circ$ );
- C – Ângulo de saída da ferramenta ( $7^\circ$ );
- M – Tolerância ( $\pm 0.005''$ );
- T – Face de Corte (inserto com um só lado para corte);
- 12 – Comprimento da ponta (mm);
- 04 – Espessura (mm);
- 08 – Raio da ponta da ferramenta (mm);
- BSM – Formato do quebra-cavaco

Figura 8 – Ferramenta de metal duro.



Fonte: Tigertools.

O porta-ferramenta utilizado foi um suporte do fabricante SECO ferramentas, conforme ilustra a Figura 9.

Figura 9 – Porta-ferramenta utilizado no processo de usinagem.

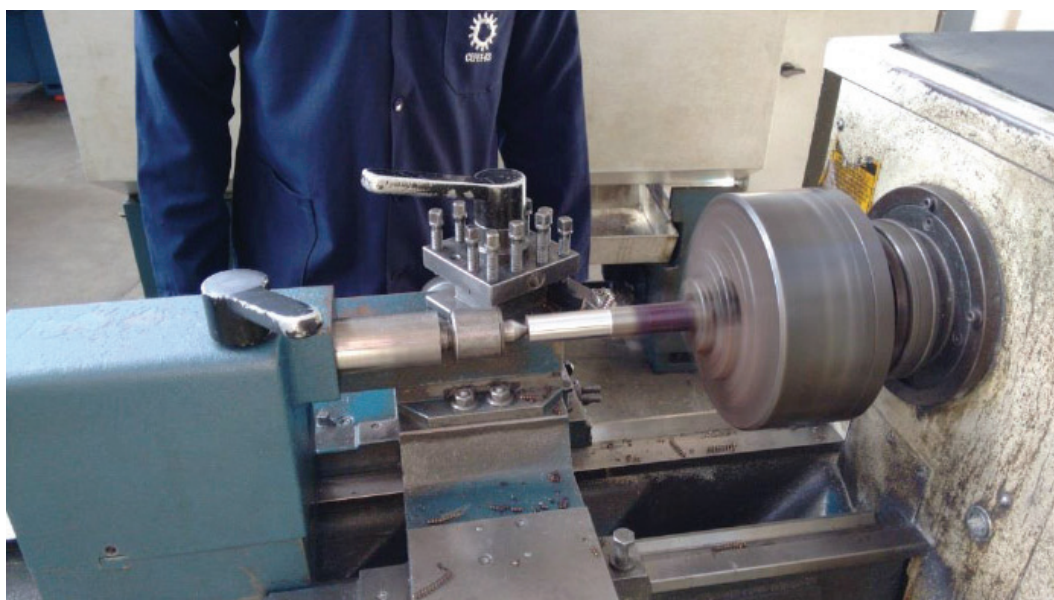


Fonte: Arquivo dos autores.

Os 9 corpos de prova foram usinados com a variação dos parâmetros de corte estipulados no projeto de experimentos. Ambos foram usinados em 100 mm no seu comprimento. Não foi utilizado fluido de corte. Foi utilizada uma aresta de corte para a usinagem de cada material em busca de uma análise eficiente para os resultados coletados. A Figura 10 ilustra o processo de usinagem dos corpos de prova.

A Tabela 1 que se encontra na seção 3.3 deste trabalho mostra os parâmetros de corte utilizados, bem como, os respectivos valores da rugosidade superficial de cada corpo de prova ensaiado.

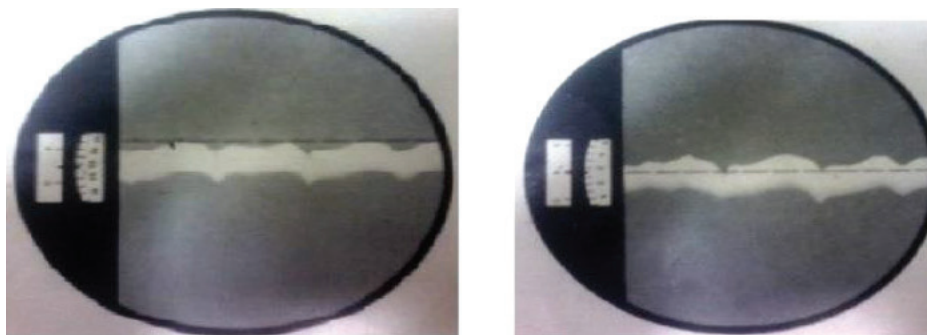
Figura 10 – Corpo de prova em usinagem.



Fonte: Arquivo dos autores.

O ensaio de rugosidade foi realizado no laboratório de metrologia mecânica da Universidade Federal do Rio Grande – FURG. O equipamento utilizado foi o Rugosímetro Ótico de Cortes Luminosos, destinado à medição e observação da estrutura fina da superfície técnica. A escala de medição é o parâmetro  $R_t$  ( $\mu\text{m}$ ). A leitura é feita na escala ótica do equipamento, através da diferença de dois valores visualizados na superfície do corpo de prova, sendo o primeiro da parte mais alta do perfil e o segundo da parte mais baixa, multiplicado por um fator de correção igual a  $1,81\mu\text{m}$  sugerido pelo fabricante do equipamento. A Figura 11 ilustra um exemplo de cálculo da rugosidade.

Figura 11 – Exemplo do cálculo de Rugosidade.



Cálculo:

Leitura 1 = 4, 480 microns

Leitura 2 = 4, 463 microns

Total = 17 microns



$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 1,81 \\ \hline = 30,77 \text{ microns} \end{array}$$

Fonte: Arquivo dos autores.

A Figura 12 mostra o equipamento utilizado para medição da rugosidade dos corpos de prova do experimento.

Figura 12 – Rugosímetro Ótico de Cortes Luminosos.



Fonte: Arquivo dos autores.

### 3.3. Procedimentos de análise de dados

A Tabela 1 apresenta as rodadas delineadas no projeto de experimentos para a usinagem dos 9 corpos de prova.

Tabela 1 – Rodadas do projeto de experimentos.

Rodada		A	B	Profundidade de corte (mm)	Avanço (mm/rot)	Rugosidade medida (Rt)
1	(1)	-	-	1	0,15	27,15 $\mu\text{m}$
2	a	+	-	2	0,15	30,77 $\mu\text{m}$
3	b	-	+	1	0,45	34,40 $\mu\text{m}$
4	ab	+	+	2	0,45	41,60 $\mu\text{m}$
5	(1)	-	-	1	0,15	30,80 $\mu\text{m}$
6	a	+	-	2	0,15	32,58 $\mu\text{m}$
7	b	-	+	1	0,45	36,20 $\mu\text{m}$
8	ab	+	+	2	0,45	39,80 $\mu\text{m}$
9	0	0	0	1,5	0,30	25,30 $\mu\text{m}$

Fonte: Arquivo dos autores.

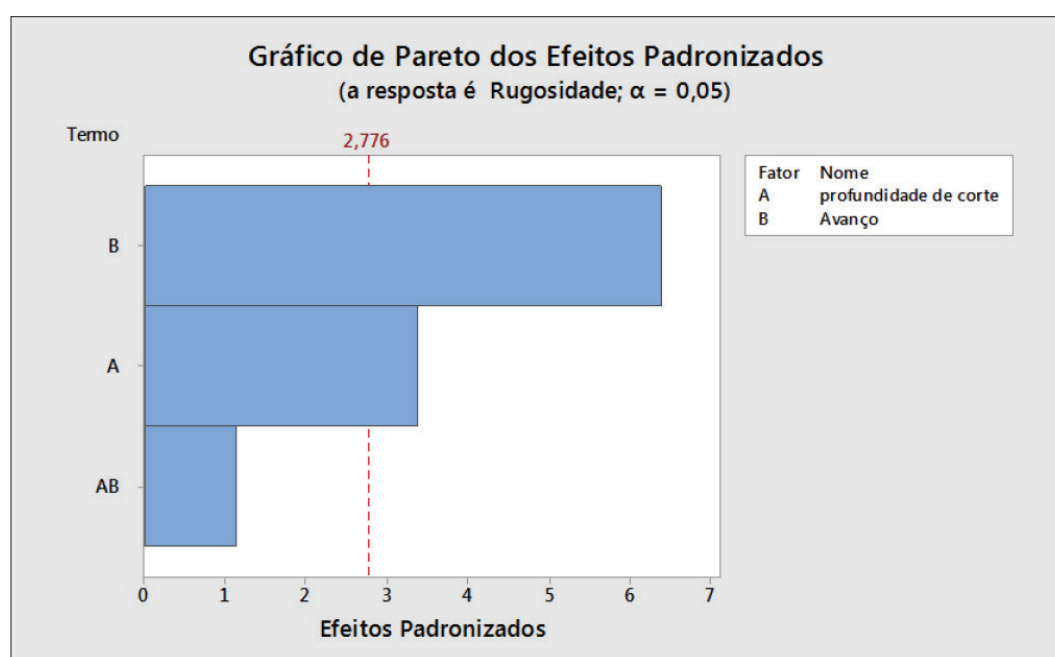
Após a realização do processo de usinagem, foram mensurados os valores referentes à rugosidade superficial de cada corpo de prova. Realizados os ensaios e coletados os dados de rugosidade, os mesmos foram submetidos à análise estatística.



## 4. RESULTADOS

A Figura 13 apresenta o Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados para cada parâmetro do modelo (A, B e AB). Podemos verificar através da linha de corte vermelha (2,776) que apenas os parâmetros principais A e B são significativos para a variável resposta Rugosidade. A interação entre os parâmetros (AB) está abaixo da linha de corte sendo, portanto não significativa para a variável resposta Rugosidade.

Figura 13 – Gráfico de Pareto dos Parâmetros do modelo.



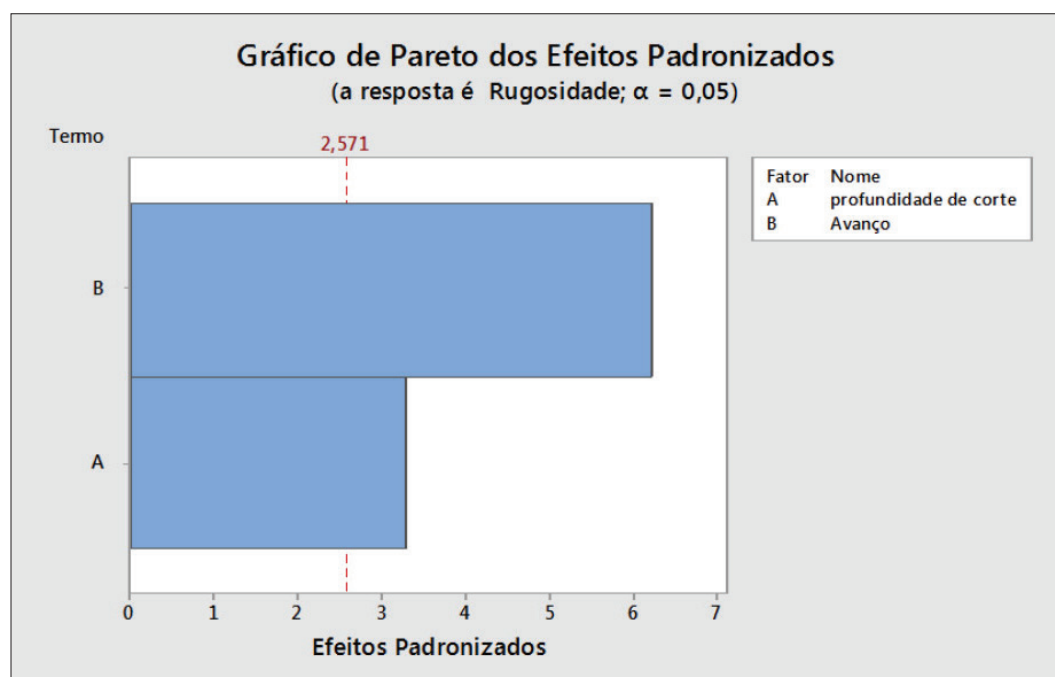
Fonte: Os autores.

Após o resultado da análise acima, retirou-se o parâmetro interação (AB) do modelo do projeto de experimentos. Procedeu-se então, a análise dos dados para o modelo contendo apenas os parâmetros principais (A e B).

O Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados para o novo modelo contendo apenas os parâmetros principais A e B é apresentado na Figura 14. Verificou-se que ambos os parâmetros A e B estão acima da linha de corte vermelha de 2,571, sendo, portanto significantes para a variável resposta Rugosidade.



Figura 14 – Gráfico de Pareto dos Parâmetros do novo modelo.



Fonte: Os autores.

A Equação (1) apresenta o modelo obtido pela análise do projeto de experimentos contendo apenas os parâmetros principais A e B.

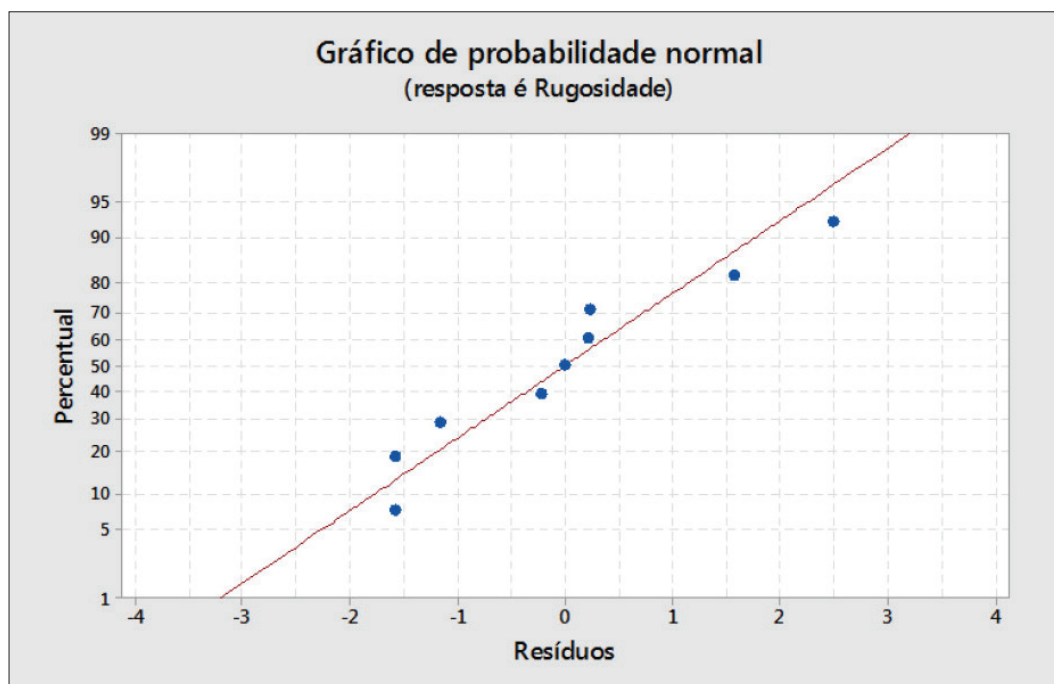
$$y = \text{Constante} + 4,05 A + 25,58 B \quad (1)$$

Já a Equação (2) apresenta o modelo obtido em termos dos parâmetros  $y =$  Rugosidade,  $A =$  Profundidade de corte e  $B =$  Avanço.

$$y = 20,41 + 4,05 \text{ profundidade de corte} + 25,58 \text{ Avanço} \quad (2)$$

Na Figura 15 é possível visualizar o gráfico de probabilidade normal dos resíduos, onde os dados se encontram normalmente distribuídos ao longo da reta, não havendo, portanto nenhum valor atípico.

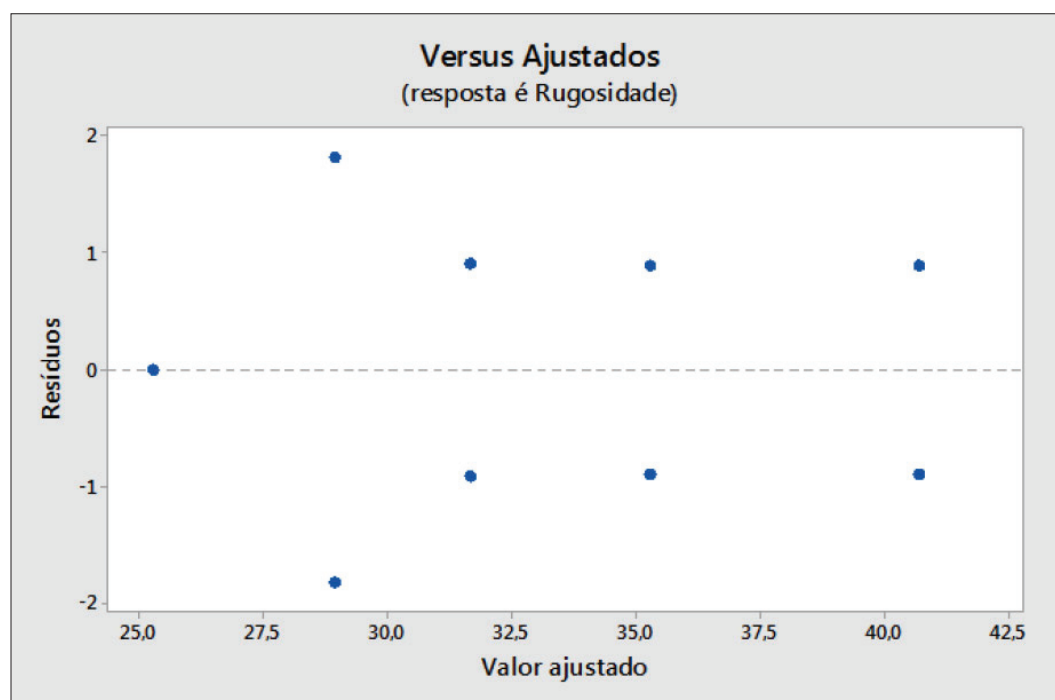
Figura 15 – Gráfico de probabilidade normal.



Fonte: Os autores.

A Figura 16 mostra o gráfico dos resíduos versus os valores ajustados para rugosidade. Os dados se concentram em torno de zero não havendo, portanto, nenhum valor atípico.

Figura 16 – Gráfico dos resíduos versus os valores ajustados para Rugosidade.



Fonte: Os autores.

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo principal estudar a influência dos parâmetros de usinagem, profundidade de corte e avanço, na variável resposta rugosidade, no processo de torneamento cilíndrico externo de um aço SAE 1045.

Para atingir o objetivo do estudo, utilizou-se a metodologia de projeto de experimentos Fatorial Completo  $2^k$ . Através da elaboração do projeto de experimentos foram gerados os valores de entrada para cada ensaio proposto e obtidos os dados de saída para a obtenção da Rugosidade  $R_t$ . Através das análises estatísticas dos resultados obtidos no projeto de experimentos foi proposto um modelo (equação) de regressão linear múltipla para a variável resposta Rugosidade em função dos fatores estudados profundidade de corte e avanço.

Observou-se que para a obtenção de um bom acabamento superficial na peça, isto é baixa rugosidade, a variável de avanço tem influência positiva quando operando no nível “baixo”. O aumento do avanço provoca um aumento significativo na rugosidade média e máxima. Verificou-se também que os parâmetros de corte com melhor desempenho nesse estudo durante o processo de

usinagem, foram o parâmetro de avanço operando com 0,3 mm/rotação e o parâmetro profundidade de corte de 1.5 mm.

Por fim, o experimento fatorial  $2^k$  é sugerido como um planejamento interessante para a indústria, visto que sua elaboração, execução e análise são relativamente simples se compararmos a experimentos que envolvem mais de dois níveis para cada parâmetro experimental. Quando bem aplicado, proporciona ótimos ganhos financeiros e de tempo nos processos de manufatura.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, O. L.; RODRIGUES, A. C. S; LIRANI, J. **Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões**. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.

**Daumec usinagem mecânica**. Disponível em: <<http://www.daumec.com.br/>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: Blücher, 1970.

FILHO, A. P. Rugosidade Superficial. *In*: SEMINÁRIO DE METROLOGIA, 3, 2001, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Faculdades de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2011.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas S.A., 2009.

MACHADO, A. R.; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. B. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Blucher, 2011.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

ROSA, L. C. **Acabamento de Superfícies; Rugosidade Superficial**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2009.

**TIGER TOOLS COMÉRCIO DE FERRAMENTAS LTDA**. Disponível em: <<http://tigertools.com.br/>>. Acesso em: 10 jun. 2015.