

ANÁLISE DE RUGOSIDADE DE EIXOS NO TORNEAMENTO CONVENCIONAL COM E SEM UTILIZAÇÃO DE FLUIDO DE CORTE

Victor de Castro¹ victor_de-castro@estudante.sc.senai.br

Maria Eduarda Olinger¹ maria_eo@estudante.sc.senai.br

Elvis Rech¹ elvis_rech@estudante.sc.senai.br

Caio Cesar Marques¹ caio_c_marques@estudante.sc.senai.br

André Guilherme May¹ andre_g_may@estudante.sc.senai.br

Luciano Marques¹ luciano_marques1@estudante.sc.senai.br

Anderson de Carvalho Fernandes¹ anderson.c.fernandes@edu.sc.senai.br

Thais Ballmann¹ thais.ballmann@edu.sc.senai.br

Bruna de Freitas Zappelino¹ bruna.zappelino@edu.sc.senai.br

¹Faculdade Senai Joinville - Arno Waldemar Dohler, 921 - Zona Industrial Norte, Joinville – SC

Resumo. *Pode-se definir o processo de usinagem como aquele em que há o desgaste, ou corte, por meio de um equipamento mecânico, visando dar forma a uma peça. A qualidade superficial em certas aplicações pode desempenhar funções específicas num projeto, sendo assim, a mesma deve ser garantida pelo processo de usinagem. Porém, devido a utilização de parâmetros incorretos, surgem alguns problemas relacionados ao acabamento. As irregularidades que podem surgir na superfície usinada são pontos concentradoras de tensões, favorecendo o surgimento e propagação de trincas, consequentemente levando a uma ruptura acidental do material. Diante disso, a pesquisa tem como objetivo relacionar parâmetros de rugosidade em usinagem com e sem a utilização de fluidos de corte no aço SAE 1045. As condições experimentais serão usinadas em torno convencional e os dados de rugosidade foram coletados por meio de um rugosímetro digital. Tratando os dados obtidos com modelos estatísticos apropriados, pode-se comprovar com 95% de confiança que a utilização do fluido de corte Bondmann Fluid B90 é apropriada e aconselhada em processos de usinagem, propiciando a redução da rugosidade superficial do aço SAE 1045. No entanto, esses resultados estão diretamente ligados à forma de condução do processo de usinagem. Nas réplicas de ensaio em que a operação foi conduzida com avanço manual, o processo demonstrou maior variabilidade da rugosidade.*

Palavras chave: Rugosidade. Fluido de corte. Torno convencional.

1. INTRODUÇÃO

A indústria metal mecânica ou indústria metalúrgica atua na transformação de metais em produtos para a indústria em geral, produção de bens, sendo estas máquinas, equipamentos, peças para veículos, materiais de transporte, entre muitos outros. Por sua grande importância, a qualidade das peças produzidas deve atender a requisitos mínimos de qualidade e segurança, o que, através de pesquisa e testes específicos, pode ser garantida. Durante o processamento de metais, mais especificamente na usinagem, surgem vários problemas que podem afetar drasticamente a qualidade, vida útil e segurança das peças produzidas. Para garantir que um determinado componente exerça sua função da melhor maneira possível, todas as suas especificações técnicas de produção devem ser seguidas a rigor (GEIER, *et al*, 2011).

Segundo Neves (2018), com o desenvolvimento do torno mecânico, a humanidade adquiriu as máquinas necessárias ao seu crescimento tecnológico, desde a medicina até a indústria espacial. O torno mecânico é a máquina que está na base da ciência metalúrgica e é considerada a máquina ferramenta mais antiga e importante ainda em uso. O torneamento convencional consiste em uma das operações de usinagem mais utilizadas na indústria e tem como principal característica a produção de geometrias de revolução como eixos cilíndricos e cônicos além de canais circulares, furações e usinagens internas.

Apesar de não tão versáteis quanto as fresadoras, os tornos mecânicos são máquinas-ferramenta de precisão e sua versatilidade pode ser expandida com a utilização de diferentes acessórios (alguns mais comuns, outros mais específicos), possibilitando a emular operações de fresadoras, plainas e inclusive retíficas. Os tornos mecânicos convencionais, independente do modelo e fabricante, são máquinas de funcionamento simples e possuem cinco subsistemas básicos que são o subsistema de suporte; o subsistema de fixação da peça; o subsistema de fixação e movimento da ferramenta; o subsistema de avanço; e o subsistema de acionamento principal.

A combinação entre as velocidades de corte e de avanço, junto com a profundidade de corte determina o processo de corte e consequentemente uma superfície usinada. Essa por sua vez, representa uma qualidade superficial, medida pela rugosidade. A rugosidade é formada por marcas que a ferramenta deixa na superfície da peça, caracterizando um perfil

de ondulação. Ainda é possível afirmar que a ondulação ou textura secundária é o conjunto das irregularidades repetidas que surgem por imprecisões de movimentos nos equipamentos. Essas ondulações podem ser caracterizadas por vibrações vindas a máquina ferramenta durante a usinagem. O acabamento como um termo largamente utilizado para que seja designada a qualidade geral de uma superfície que foi usinada (MESQUITA, 1992). O objetivo da usinagem é obter uma superfície técnica que apresente fatores superficiais como textura e subsuperficiais (integridade da peça) apropriados, afim de garantir segurança, confiabilidade e vida longa ao componente fabricado.

Rugosidade trata-se de erros micro geométricos, é um conjunto de irregularidades na superfície da peça que podem ser distinguidas em saliências (picos) e reentrâncias (vales). A rugosidade é encontrada em qualquer superfície que apresenta em seu processo de fabricação uma operação de remoção de material. Podemos verificar o nível de rugosidade através de equipamento eletrônico chamado de rugosímetro. A principal função é analisar os problemas que tem relação com a rugosidade, ou seja, variações de relevo de superfícies. O instrumento costuma apresentar resultados precisos, que permitem a resolução dos problemas envolvidos nessas rugosidades mapeadas. O aparelho é composto por vários itens como: apalpador, unidade de acionamento, amplificador e registrador, cada componente exerce sua função respectivamente: processo de medição que define a rugosidade da superfície, consiste em percorrer a superfície que será analisada com o apalpador, esse percurso irá gerar impulsos elétricos que serão captados pelo registrador.

De Farias (2009), detalha um conjunto de variáveis que contribuem negativamente para ocorrência de falhas superficiais em peças usinadas, denominado integridade superficial e cita o uso de fluidos de corte durante a usinagem como um entre outros fatores determinantes dessa condição. Com isso, observa-se que essa prática implica na variável rugosidade em função da usinagem a seco ou com lubrificação.

O fluido de corte pode ser encontrado em três naturezas, líquido, sólido ou gasoso, porém, o mais utilizado é o fluido líquido pois refrigera e lubrifica no mesmo processo e acaba sendo o mais viável financeiramente. No processo de usinagem utilizamos o fluido líquido BONDMMANN, FLUID B90 que não possui óleo na composição. O fluido de corte influencia na geometria do cavaco, conforme analisamos a usinagem isenta de fluido acaba gerando cavaco contínuo sem rompimento que são indesejáveis, pois podem causar acidentes, danificar a superfície usinada, o que não ocorre quando existe aplicação de fluido, o cavaco torna-se quebradiço, devido à perda de contato entre a ferramenta e o cavaco.

Essa pesquisa apresenta dados de grande relevância à profissionais que trabalham de forma direta ou indireta com ferramentas de corte, usinagem, fluidos de corte e demais áreas que permeiam o vasto universo metal mecânico e suas tecnologias. Uma vez que combina um experimento prático com dedicado trabalho de pesquisa e ferramentas matemáticas da estatística.

2. METODOLOGIA

O experimento descrito foi realizado com o intuito de verificar quais as influências da utilização do fluido de corte no torneamento convencional relacionadas ao acabamento superficial de um eixo de aço SAE 1045. A primeira etapa do processo foi o reconhecimento do equipamento torno convencional NARDINI MASCOTE disponibilizado pela Faculdade SENAI Joinville, verificando seus diferentes comandos para controle de avanços automáticos, os sentidos de deslocamento de seus carros, resolução dos anéis graduados e dispositivos de segurança disponíveis no equipamento.

Em seguida, foi realizada a preparação da ferramenta de corte selecionada de inserto intercambiável para desbastes WIDIA K2351, alinhando seu vértice ao contra-ponta montado no mangote do equipamento e ajustando o carro transversal para usinagem em 90°. Após esses ajustes, o eixo bruto com diâmetro inicial de 36mm por comprimento de 130mm utilizado como amostra, foi fixado na placa de castanhas no eixo árvore do equipamento e foi usinado 9mm no diâmetro da amostra por 55mm em seu comprimento em passos de 1mm a fim de remover quaisquer tipos de imperfeições superficiais desse material e delimitar o campo a ser submetido aos ensaios de rugosidade.

Então a ferramenta de desbaste foi substituída por uma ferramenta de corte de inserto intercambiável para acabamento WIDIA K2351 e todos os procedimentos de alinhamento do vértice da ferramenta e do carro para usinagem a 90° foram repetidos. Dessa vez, foram definidos parâmetros de corte previamente calculados conforme demonstrado no próximo item e foi removido mais 1mm de material no diâmetro da amostra, sem e com a utilização do fluido de lubrificação/refrigeração.

Para realização da usinagem, foram definidos os parâmetros através de tabelas fornecidas por fabricantes. Sendo assim, utilizou-se rotação de 1000 RPM, Velocidade de corte de 120(m/min), velocidade de avanço de 0,199mm/rotação e torneamento de 0,5mm por passo. Para melhor avaliação da rugosidade gerada pelo experimento, decidimos avaliar a rugosidade do cilindro usinado em diferentes pontos da amostra, como mostra a Figura 1. Para isso, cada amostra foi dividida em 3 parte, sendo A, B e C.

Finalizado esse primeiro lado da amostra, a mesma na placa de castanhas foi invertida e todo o procedimento descrito nos passos acima foram repetidos, porém dessa vez utilizando o fluido de lubrificação/refrigeração de aplicação manual para análise e comparativo de rugosidade com o primeiro lado usinado. Após a identificação de ambos os lados da amostra, foi passado uma camada de óleo protetivo para evitar o processo de oxidação e que as intempéries influenciassem nos resultados obtidos. O fluido lubrificante utilizado foi o BONDMMANN, FLUID B90.

Na Figura 2 estão resumidas as etapas executadas durante a obtenção das condições experimentais.



Figura 1 – Detalhamento das réplicas de ensaio para as condições experimentais (1) com (2) sem lubrificação (Autores, 2021)

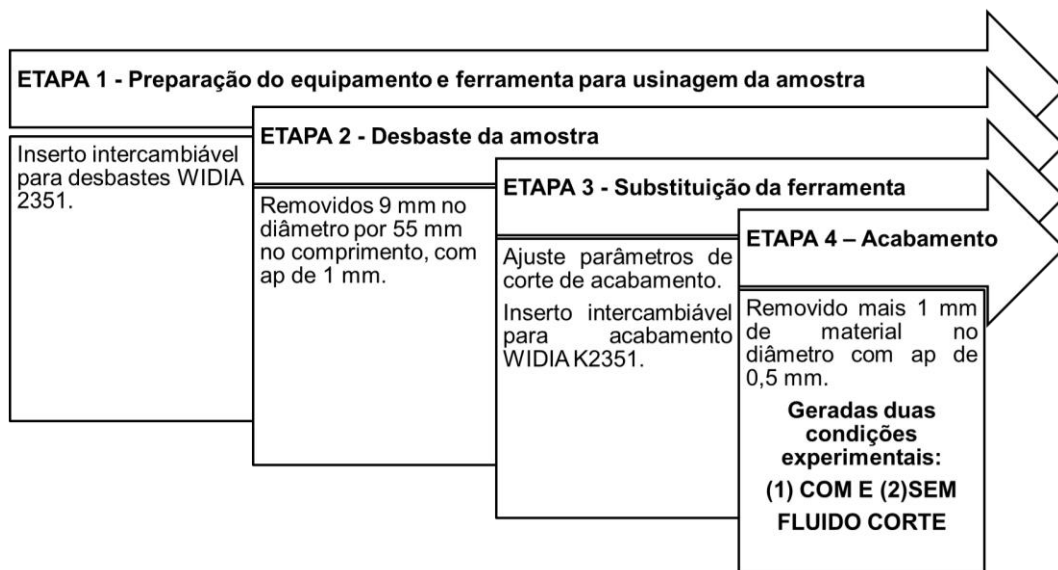


Figura 2 – Descritivo das etapas experimentais da pesquisa (Autores, 2021)

Para avaliar a rugosidade, foi utilizado o rugosímetro DIGITAL SJ210 BIVOLT e utilizado o parâmetro de medição média Ra (μm). Com os dados gerados, foi analisado variabilidade e aplicado testes estatísticos para identificar se há diferenças estatisticamente significativas nos dois processos comparados.

Por meio de ferramentas estatísticas, dados quantitativos e qualitativos foram coletados para estimar ou possibilitar a previsão de fenômenos futuros ou ainda análise detalhada dos dados gerados. Nessa pesquisa será utilizada algumas ferramentas estatísticas com apoio do Minitab, elaborando boxplot, teste de normalidade e teste de hipóteses para analisar o comportamento da rugosidade de uma peça usinada sem e com a utilização de fluido de corte.

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

No Quadro 1 estão apresentados os dados coletados.

Quadro 1 – Dados referentes a rugosidade medida nos pontos indicados em Ra (μm) (Autores, 2021)

SEM FLUIDO (SF)						COM FLUIDO (CF)					
				Média	Desvio					Média	Desvio
PONTO A	2,839	2,826	2,786	2,82	0,03	PONTO A	2,206	2,172	2,184	2,19	0,02
PONTO B	2,851	2,878	2,878	2,87	0,02	PONTO B	2,03	2,046	2,036	2,04	0,01
PONTO C	1,64	1,665	1,705	1,67	0,03	PONTO C	2,01	2,045	2,018	2,02	0,02
Média	2,45					Média	2,08				
Desvio Padrão	0,59					Desvio Padrão	0,08				

Iniciando a análise exploratória dos dados obtidos, não levando em consideração os diferentes pontos de medição, em média as amostras sem fluido de corte apresentaram rugosidade maior comparada as amostras com fluido

de corte. Em termos de variabilidade, observa-se que houve uma maior dispersão de valores nas amostras sem fluido de corte. Validando essa interpretação por meio de gráficos boxplot, pode-se observar a Figura 3.

Boxplots apresentam a variação de medidas, dispersão de dados e valores discrepantes, conhecidos como *outliers* do conjunto de dados de uma determinada medição. Esse tipo de análise gráfica também permite a comparação a um outro conjunto de dados semelhante para que seja possível analisar a simetria e diferenças de variação entre esses dados. Além disso, permite a apuração de processos de maior qualidade, em função da redução de variabilidade de processo.

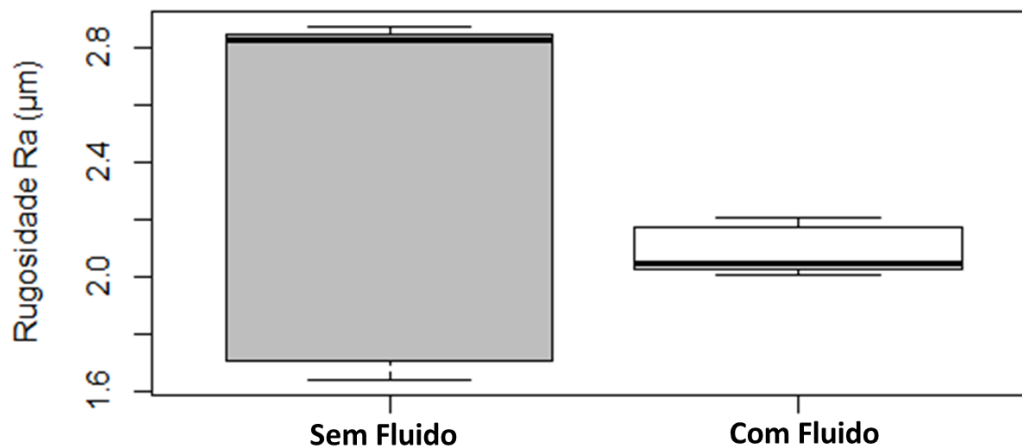
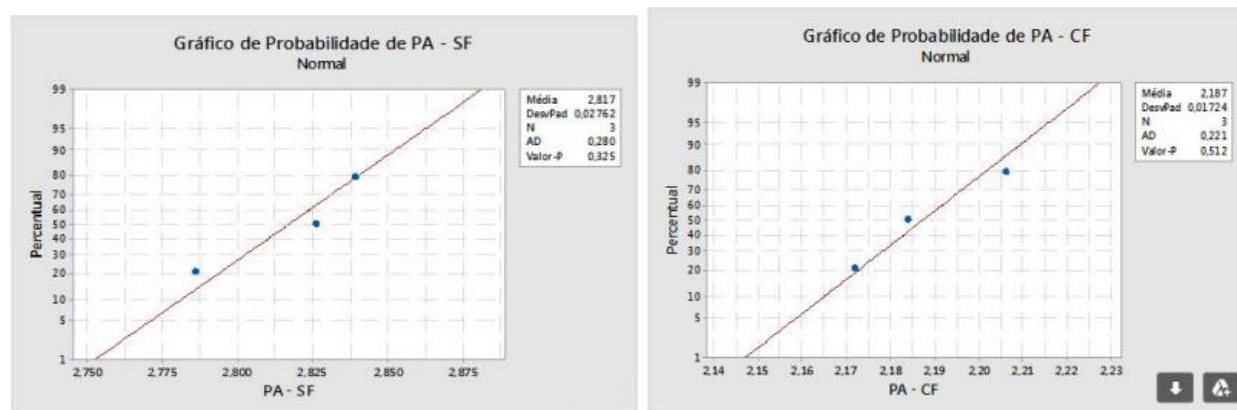


Figura 3 – Comparativo entre as condições experimentais sem e com fluido de corte (Autores, 2021)

Prosseguindo com as análises, as condições experimentais com e sem fluido de corte serão diferenciadas pelos pontos A, B e C.

De acordo com o Quadro 1, pode-se observar mais precisamente a diferença entre os valores e médias medidas no Ponto A, quando não utilizado o fluido será identificado com as letras PA – SF. E para o mesmo ponto, porém com a utilização de fluidos de corte representaremos com as siglas PA – CF.

Analizamos então que os valores entre as médias variam bastante, onde o ponto A com o uso do fluido de corte apresenta tanto uma variação quanto uma média menor que o ponto A sem o fluido de corte. O teste de normalidade no Ponto A em ambas as amostras (sem e com fluido de corte) é possível realizar o teste de hipóteses, que só pode ser realizado quando temos um comportamento normal entre as medições de cada situação, pois é realizado conforme a linha de Gauss, como é apresentado nas Figuras 4.



Figuras 4 – Análise de Normalidade do Ponto A sem (PA SF) e com fluido (PA-CF) (Autores, 2021)

Foi utilizado o Teste t, apresentado na Figura 5, para 2 amostras de comparação das médias no ponto A, com e sem o fluido de corte, assim como o intervalo de confiança para a diferença dos mesmos.

Os testes T são testes de hipótese para comparar médias. Pode-se comparar uma média amostral com um valor hipotético ou com um valor alvo usando um teste T para uma amostra. Nessa pesquisa, foi utilizado para comparar as médias entre as medições nos pontos A, B e C com e sem fluido.

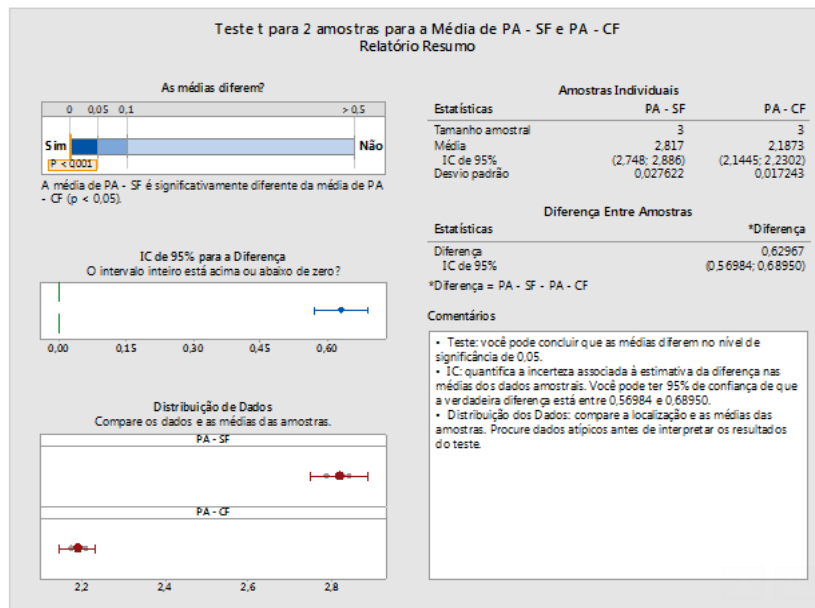
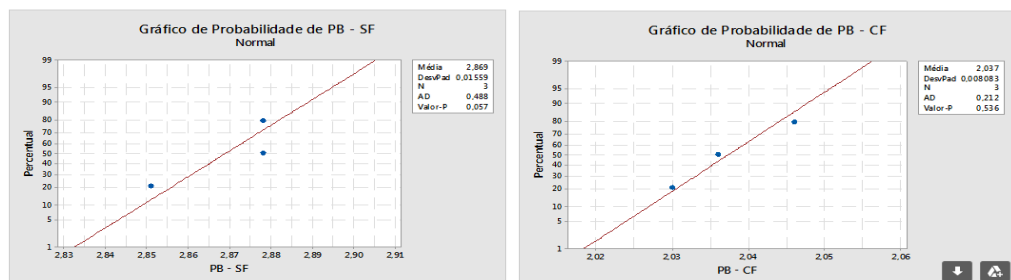


Figura 5 – Teste de Hipóteses T-Student, comparando as duas condições experimentais no Ponto A (Autores, 2021)

Portanto, de acordo com a distribuição de dados, podemos concluir com 95% de confiança que ocorreu uma mudança significativa entre as médias com e sem fluido no Ponto A. Pode-se afirmar também com 95% de confiança que a rugosidade com fluido de corte é menor comparada a sem fluido de corte.

As mesmas análises foram realizadas para o ponto B, nesta etapa podemos observar mais precisamente a diferença entre os valores e médias medidas no Ponto B, quando não utilizado o fluido (PB – SF) e com fluido (PB – CF). Primeiramente foi analisado os valores entre as médias, observou-se que variou bastante, o ponto B com o uso do fluido de corte apresenta tanto uma variação quanto uma média menor que o ponto B sem o fluido de corte, conforme Quadro 1.

Foram analisadas as normalidades para ambas as amostras para verificar se é possível realizar o teste de hipóteses; O teste de hipóteses só pode ser realizado quando temos um comportamento normal entre as medições de cada situação, pois é realizado conforme a linha de Gauss. Ambas tiveram uma distribuição normal, como pode-se observar na Figura 6.



Figuras 6 – Análise de Normalidade do Ponto B sem (PB-SF) e com fluido (PB-CF) (Autores, 2021)

Foi utilizado o Teste t, apresentado na Figura 7, para 2 amostras para comparação das médias no ponto B, com e sem o fluido de corte, assim como o intervalo de confiança para a diferença dos mesmos. Sendo assim, de acordo com a distribuição de dados, podemos concluir com 95% de confiança que ocorreu uma mudança significativa entre as médias com e sem fluido no Ponto B. Da mesma forma que o ponto A, podemos afirmar com 95% de confiança que a rugosidade nesses dois pontos foi menor na condição experimental em que foi utilizado o fluido de corte.

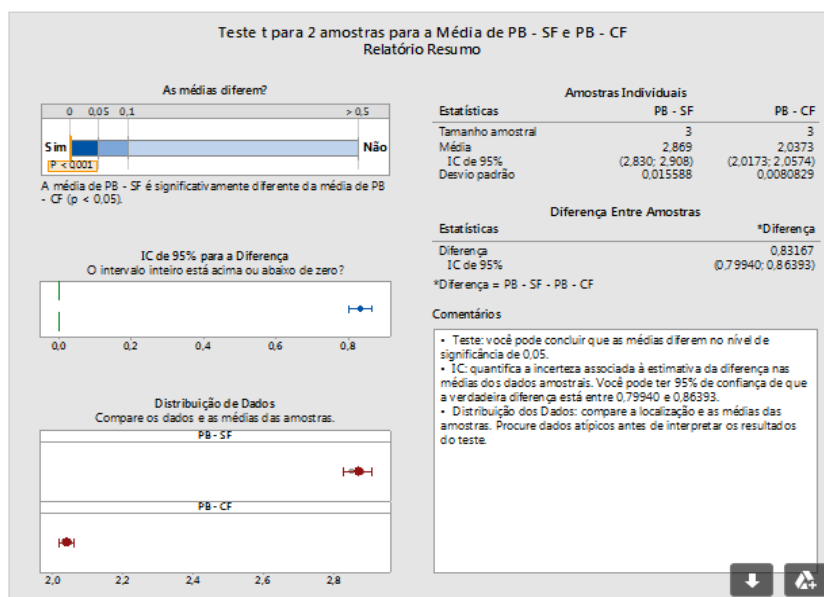


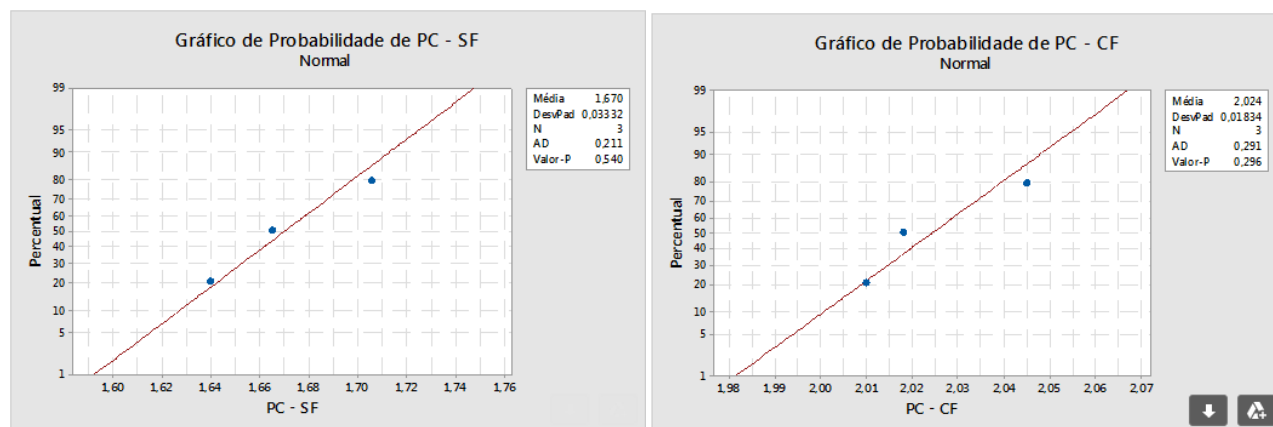
Figura 7 – Teste de Hipóteses T-Student, comparando as duas condições experimentais no Ponto B (Autores, 2021)

As mesmas análises foram realizadas para o ponto C. Nesta etapa, podemos observar mais precisamente a diferença entre os valores e médias medidas no Ponto C, de maneira análoga, quando não utilizado o fluido iremos indicar PC – SF e quando utilizamos fluido PC – CF. Analisamos então que os valores entre as médias variam bastante, onde o ponto C com o uso do fluido de corte apresenta tanto uma variação quanto uma média maior que o ponto C sem o fluido de corte, como é observado no Quadro 1.

Esse comportamento, diferentemente dos outros A e B pode ser justificado devido a influência de uma causa especial no torneamento com fluido de corte. O operador fez o final do torneamento em modo manual, utilizando uma velocidade de avanço menor para evitar colisão no ferramental.

Foram analisadas as normalidades para ambas as amostras para verificar se é possível realizar o teste de hipóteses; O teste de hipóteses só pode ser realizado quando um comportamento normal entre as medições de cada situação, pois é realizado conforme a linha de Gauss. Ambas tiveram uma distribuição normal conforme apresenta as Figura 8.

E para concluir nossas análises, também foi realizado o Teste t para 2 amostras para comparação das médias no ponto C, com e sem o fluido de corte, assim como o intervalo de confiança para a diferença dos mesmos como apresentado na figura 13. Sendo assim, de acordo com a distribuição de dados, podemos concluir com 95% de confiança que ocorreu uma mudança significativa entre as médias com e sem fluido no Ponto C.



Figuras 8 – Análise de Normalidade do Ponto C sem (PC-SF) e com fluido (PC-CF) (Autores, 2021)

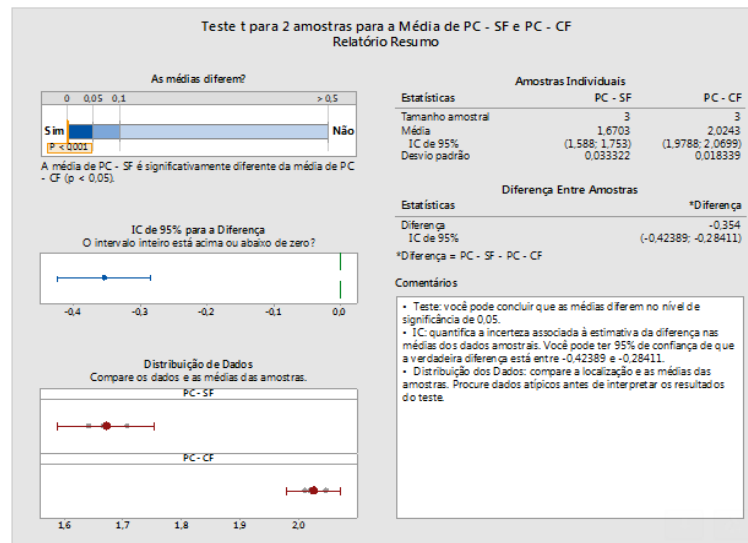


Figura 9 – Teste de Hipóteses T-Student, comparando as duas condições experimentais no Ponto C (Autores, 2021)

4. CONCLUSÃO

Durante o processamento dos metais, mais precisamente falando-se na usinagem, surge um grande número de variáveis que implicam na qualidade do produto final. Em determinadas aplicações, é necessário que a qualidade superficial das peças produzidas seja garantida pelo processo de usinagem. Para que isso ocorra, os parâmetros corretos de corte devem ser utilizados, permitindo que se produzam peças com melhor qualidade e menor preço possível. Em acordo ao que foi apresentado, conclui-se que os fluidos de corte possuem um impacto direto no acabamento superficial das superfícies usinadas em torno convencional de um eixo de material SAE 1045. É interessante observar que essa relação muitas vezes não é levada em conta, embora os fluidos de corte sejam comumente utilizados em diferentes tipos de processos de usinagem, e utilizados inclusive por convenção em alguns casos. Dessa forma, tendo em vista o exposto, é possível supor com base nos resultados obtidos que os processos utilizando fluido proporcionam menor variação e melhores resultados de rugosidade. No entanto, esses resultados estão diretamente ligados a forma de como a operação de usinagem é conduzida, conforme pode ser observado no ponto C. O impacto de uma causa especial no processo, fez com que a rugosidade nesse ponto fosse maior com a utilização de fluido de corte devido a operação ter sido efetuada com o avanço manual.

Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi evidenciar de forma clara o impacto da utilização do fluido de corte na operação de usinagem, trazendo benefícios para a rugosidade da peça.

5. REFERÊNCIAS

- BARBOSA, João Paulo. Torno Mecânico. In: BARBOSA, João Paulo. Torno Mecânico. 2011. Apresentação de conteúdo (Técnico) - Instituto Federal Espírito Santo Campus São Mateus, Espírito Santo, 2011. <http://ftp.sm.ifes.edu.br/professores/JoaoPaulo/PRONATEC/PROCESSOS%20DE%20USINAGEM/TORNO.pdf>.
- DE FARIAS, Adalto. ANÁLISE DA TENSÃO RESIDUAL E INTEGRIDADE SUPERFICIAL NO PROCESSO DE TORNEAMENTO EM MATERIAL ENDURECIDO DO AÇO ABNT 8620 CEMENTADO. ADALTO DE FARIAS ANÁLISE DA TENSÃO RESIDUAL E INTEGRIDADE SUPERFICIAL NO PROCESSO DE TORNEAMENTO EM MATERIAL ENDURECIDO DO AÇO ABNT 8620 CEMENTADO, São Paulo, 6 maio 2009. <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp090823.pdf>
- GEIER, M.; MELLO, M. S.; SOUZA, A. J. Comparação entre ferramenta alisadora e ferramenta convencional no torneamento de acabamento para aços baixo carbono e baixa liga. 2011. 10 f. Artigo – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- MESQUITA, N. G. M. Avaliação e escolha de uma superfície segundo sua função e fabricação. Florianópolis, Tese (Doutorado) – POSMEC, UFSC, 1992
- NEVES, Sidney. Curiosidades da área de Mecânica: torno mecânico. Torno mecânico. 2018. <https://www.cemeq.ufg.br/n/97461-curiosidades-da-area-de-mecanica>
- SILVA, Gladimir Pinto da. Disciplina de prática de Usinagem: torneamento. Torneamento. 2018. <https://conaenge.com.br/wp-content/uploads/2018/03/Apostila-de-torneamento.compressed.pdf>
- TRENT, E. M.; WRIGHT, P. K. Metal Cutting. 4. ed. Butterworth Heinemann, 2000.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) o(s) único(s) responsável(is) pelas informações incluídas neste trabalho.

AXIS ROUGHNESS ANALYSIS ON CONVENTIONAL TURNING WITH AND WITHOUT CUT FLUID

Victor de Castro¹ victor_de-castro@estudante.sc.senai.br

Maria Eduarda Olinger¹ maria_eo@estudante.sc.senai.br

Elvis Rech¹ elvis_rech@estudante.sc.senai.br

Caio Cesar Marques¹ caio_c_marques@estudante.sc.senai.br

André Guilherme May¹ andre_g_may@estudante.sc.senai.br

Luciano Marques¹ luciano_marques1@estudante.sc.senai.br

Anderson de Carvalho Fernandes¹ anderson.c.fernandes@edu.sc.senai.br

Thais Ballmann¹ thais.ballmann@edu.sc.senai.br

Bruna de Freitas Zappelino¹ bruna.zappelino@edu.sc.senai.br

¹Faculdade Senai Joinville - Arno Waldemar Dohler, 921 - Zona Industrial Norte, Joinville – SC

Abstract. The machining process can be defined as the one in which there is roughing, or cutting, by means of mechanical equipment, aiming to shape a part. The superficial quality in certain applications can perform specific functions in a project, therefore, it must be guaranteed by the machining process. However, due to the use of incorrect parameters, some problems related to finishing arise. The irregularities that may appear on the machined surface are stress concentrating points, favoring the appearance and propagation of cracks, consequently leading to an accidental rupture of the material. Therefore, the research aims to relate roughness parameters in machining with and without the use of cutting fluids in SAE 1045 steel. The experimental conditions will be machined in conventional lathe and the roughness data were collected by means of a digital rugosimeter. By treating the data obtained with appropriate statistical models, it can be proved with 95% confidence that the use of the Bondmann Fluid B90 cutting fluid is appropriate and recommended in machining processes, providing a reduction in the surface roughness of SAE 1045 steel. These results are directly linked to the way in which the machining process is conducted. In the replicas test in which the operation was conducted with manual feed, the process showed greater variability in roughness.

Keywords: Roughness. Cut fluid, Conventional Turning

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.