

ANÁLISE COMPARATIVA DE UMA SUPERFÍCIE USINADA EM UMA FRESADORA MR-205 COM E SEM COMANDO NUMÉRICO UTILIZANDO O PARÂMETRO R_a

Fábio Antônio Pedra Rodrigues

Raniery Gomes

Túlio Nunes Pedrosa

Centro Universitário Una Betim; Av. Governador Valadares, 640, Centro Betim - MG, CEP 32600-216

pedrafabrinho@hotmail.com; Raniery_96@hotmail.com; tulionunespedrosa@gmail.com

Augusto César Santos Peixoto

Lucas Melo Queiroz Barbosa

Gustavo Henrique Nazareno Fernandes

augusto-csp@hotmail.com; lmqbarbosa@gmail.com; ghnfernandes@gmail.com

Resumo. Em qualquer processo de usinagem, os quais são caracterizados pela remoção de material por uma aresta cortante, haverá a formação de uma nova superfície. Um dos principais parâmetros que a indústria monitora é a rugosidade superficial da peça produzida, pois ela influi diretamente em vários aspectos como: a resistência ao desgaste, qualidade de deslizamento, vedação, qualidade do ajuste entre outros. Este trabalho tem como objetivo analisar a influência na rugosidade causada pela variação de velocidade e pelo método de fresamento utilizado (manual ou CNC). mostra o quão diferente podem ser os resultados quando usinamos um material em máquinas de mesmo modelo, mas com métodos de usinagens diferentes (manual e CNC). Os valores de R_a medido para o fresamento CNC tiveram uma dispersão menor quanto comparado com o fresamento manual. O fato de a velocidade de avanço no fresamento ficar a cargo no operador gera uma perda de qualidade da peça produzida como analisado através de fotos de câmera microscópica.

Palavras-chave: Fresamento, CNC, rugosidade

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Diniz (2006), a integridade superficial pode ser definida como o conjunto de características topográficas, mecânicas, químicas e metalúrgicas de uma superfície e suas relações com o desempenho funcional. As condições básicas para que a integridade superficial seja caracterizada são o acabamento superficial, a macroestrutura e a microestrutura. Porém alterações mecânicas como: deformação plástica, alteração na dureza, tensões residuais, micro ou macro trincas, introdução de inclusões de processamento, vazios, rebarbas ou materiais estranhos aderidos à superfície; apresenta grande importância para o desempenho do material.

Engelhardt et al. (2004) em seu trabalho mostrou que um processo de fresamento ósseo utilizando sistema robótico automático promove relevantes vantagens de precisão e velocidade do procedimento quando comparado com processos manuais feito por neurocirurgiões.

Segundo Machado et al. (2009) as ondulações se constituem de irregularidades superficiais ou erros geométricos cujos espaçamentos são maiores que as irregularidades consideradas rugosidades. Elas podem ser originadas por vibrações, flexão de ferramenta (devido às forças de corte), temperatura de corte, erros de fixação da peça (ou da ferramenta). Já as falhas são definidas como interrupções na topografia típica de uma superfície. Podem ser causadas por defeitos inerentes ao material da peça, como inclusões, trincas, bolhas, ou podem surgir também durante o processo de corte.

O acabamento superficial é influenciado por diversos fatores que incluem: geometria da aresta de corte, parâmetros de corte adotados, micro dureza presente no material usinado que pode gerar vibrações no sistema máquina-ferramenta, dispositivo-peça, rigidez e estabilidade da máquina operatriz, deformação elástica e plástica da superfície da peça, propriedades mecânicas do material da peça e da ferramenta de corte (Ferraresi, 2006).

A rugosidade desempenha um papel importante no comportamento dos componentes mecânicos. Ela influi na: qualidade de deslizamento; resistência ao desgaste; possibilidade de ajuste do acoplamento forçado; resistência oferecida pela superfície ao escoamento de fluidos e lubrificantes; qualidade de aderência que a estrutura oferece às camadas protetoras; resistência à corrosão e à fadiga; na vedação e na aparência (Machado et al, 2009).

Patole et al. (2021) em seu trabalho investiga a influência do uso de nano fluidos aplicado em forma de MQL (Minimum Quantity Lubrication) na rugosidade superficial no torneamento do aço de liga AISI 4340, compara-se o valor

da rugosidade experimental com um modelo, os resultados mostram que a equação estimada não é apropriada para uma previsão precisa, mas pode ser usada apenas de maneira limitada. Kumar (2020) desenvolveu um trabalho para investigar o efeito de nano fluidos de corte sob lubrificação por quantidade mínima (MQL) e parâmetros na rugosidade da superfície durante o torneamento do aço inoxidável-2205 Duplex. Os resultados mostraram que o nano fluido de óxido de cobre produz o melhor acabamento superficial quanto comparado carboneto de silício e óxido de alumínio.

Lui et al. (2021) comparou a vibração da ferramenta de corte no torneamento do aço AISI 304 quando se faz o uso da lubrificação em jorro e quando se utiliza a aplicado de lubrificação por quantidade mínima refrigerada (MQLC). Os resultados mostraram uma diminuição na rugosidade superficial e na vibração da superfície ocorreu sob condições MQCL, outro parâmetro que também contribuiu de forma significativa para rugosidade da superfície foram a velocidade de avanço da ferramenta. Velan (2021) propôs estudar a influência da refrigeração a alta pressão no acabamento superficial durante o torneamento do aço AISI 1045, variando a velocidade de corte para fazer sua análise. Os resultados mostraram que a capacidade do fluido refrigerante de retirar calor da zona de corte produziu uma diminuição das forças de atrito entre a ferramenta de corte e o material resultando em uma redução de 14–33% nos valores de rugosidade superficial quando um refrigerante de alta pressão é usado.

De acordo com Faccio (2002) a rugosidade é um fator de suma importância e sempre deve ser considerada ao se iniciar um processo de usinagem em determinado material. Ao se analisar um material visando determinar a causa de este possuir menor ou maior rugosidade devem ser levados em consideração.

O objetivo do trabalho é comparar dois processos de fresamento realizados em duas fresadoras modelo MR-205 fabricada pela Manrod, sendo que uma delas utiliza o comando numérico para controle do processo e a outra manual. A análise das diferenças entre os processos será feita meio do parâmetro de rugosidade (Ra) e se fez uma análise da influência da velocidade de corte nesse acabamento superficial final.

2. METODOLOGIA

Para os testes de usinagem foram utilizados seis corpos de prova de alumínio nas dimensões 100 mm x 100 mm x 20 mm. Foram utilizados três corpos de prova para cada tipo de fresamento (manual ou CNC), sendo que em cada corpo de prova ocorreu três passes de fresa em linha perpendicular a peça e com profundidades de 1 mm, 2 mm e 3 mm, como mostrado na Fig.1.

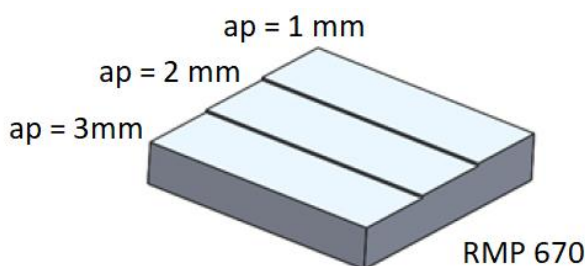


Figura 1. Representação de um corpo de prova (Autor)

Foram executadas nove usinagens no modo manual e nove no modo CNC, variando entre elas RPM e profundidade de corte, de acordo com a Tab. 1 abaixo. A escolha do alumínio de deu pois é um material mais mole, facilitando a usinagem manual.

Tabela 1. Parâmetros de usinagem

ap [mm]	1; 2; 3
Rotação [rpm]	670; 1180; 1970;

A fresadora manual utilizada foi MR-205 Modelo ZX-40HC, fabricada na China e comercializada pela Manrod no Brasil, Fig. 2a. A mesma permite movimento nos três eixos, seu movimento é controlado por fusos de perfil métrico e passos de dois milímetros e com guias rabo de andorinha. Os fusos horizontais (X,Y) são acionados através de volantes com manivelas acopladas nas extremidades dos fusos, já o fuso vertical, é acionado por uma manivela acoplada a um sistema de engrenagens que transmite o torque aplicado ao fuso, permitindo o movimento vertical. O controle do suporte é feito por duas manivelas, uma utilizada para operações de furação e outra para controlar a profundidade de corte.

Outra fresadora de mesmo modelo, Fig. 2b, foi utilizada nos testes para comparação. Porém esta fresadora é automatizada, de modo que os fusos métricos foram substituídos por fusos trapezoidais, inseridos motores de passo no lugar das manivelas e a instalação de um hardware e um software para controle da máquina. Esta fresadora foi utilizada para usinar os outros três corpos de provas restantes para comparação, utilizando os mesmos parâmetros de corte da máquina manual expostos na Tab. 1. A fresadora automatizada possui motores acoplados em seus eixos, que são

controlados pelo software mach3, que permite um controle do avanço da mesa. No processo manual, o avanço da mesa é realizado pelo operador, não permitindo um controle preciso do avanço da mesa. Com isso a fresadora automatizada realiza um melhor acabamento na superfície usinada.

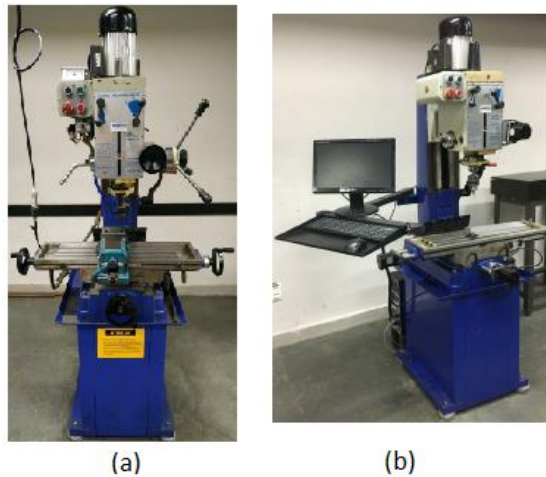


Figura 2. (a) Fresadora manual, (b) Fresadora CNC

Para todos os testes realizados nas duas máquinas foram utilizados o inserto de modelo F4081 de marca WALTER, Fig. 3, indicada para fresamento de topo.



Figura 3. Fresa Octogonal WALTER modelo F4081.

Com todas as amostras usinadas, foi possível assim começar a realizar os testes para comparação de rugosidade e determinar melhorias no fresamento por comando numérico. Para isso se utilizou o instrumento rugosímetro Mitutoyo e o suporte no qual foi possível retirar medidas de rugosidade média (R_a) ao longo das peças usinadas, Fig. 4. Foram executadas 12 medições ao longo de cada condição de corte, adotando-se um cut-off (λ) de 2,5 mm. Foi utilizado a norma ISO 4288 como padrão para as medições, todas as medições foram feitas em ambiente controlado a 20 °C. A escolha do R_a foi feita em virtude de ser o parâmetro de rugosidade mais utilizado em ambiente industrial.

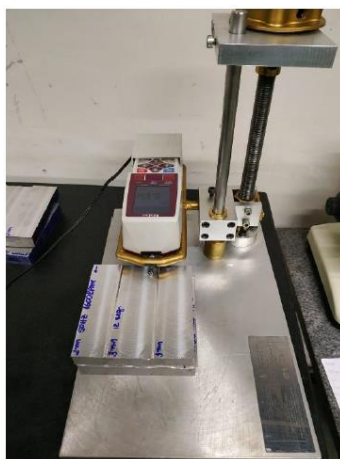


Figura 4. Rugosímetro e suporte para medição de rugosidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 5 mostra para cada rotação (670, 1180 e 1970 rpm) a dispersão de doze medições de rugosidade das amostras fresadas. Nota-se que em todos os gráficos em média a usinagem feita de modo CNC resultou em uma rugosidade superficial menor, denotando ser um processo com controle dimensional do que quando a usinagem é feita de modo manual.

Também fica claro que à medida que aumenta a rotação da máquina, há uma queda na rugosidade superficial e consequente aumento de qualidade. Na literatura tal comportamento é explicado pelo aumento da temperatura de corte e consequente queda na resistência ao cisalhamento do material facilitando o processo de formação do cavaco.

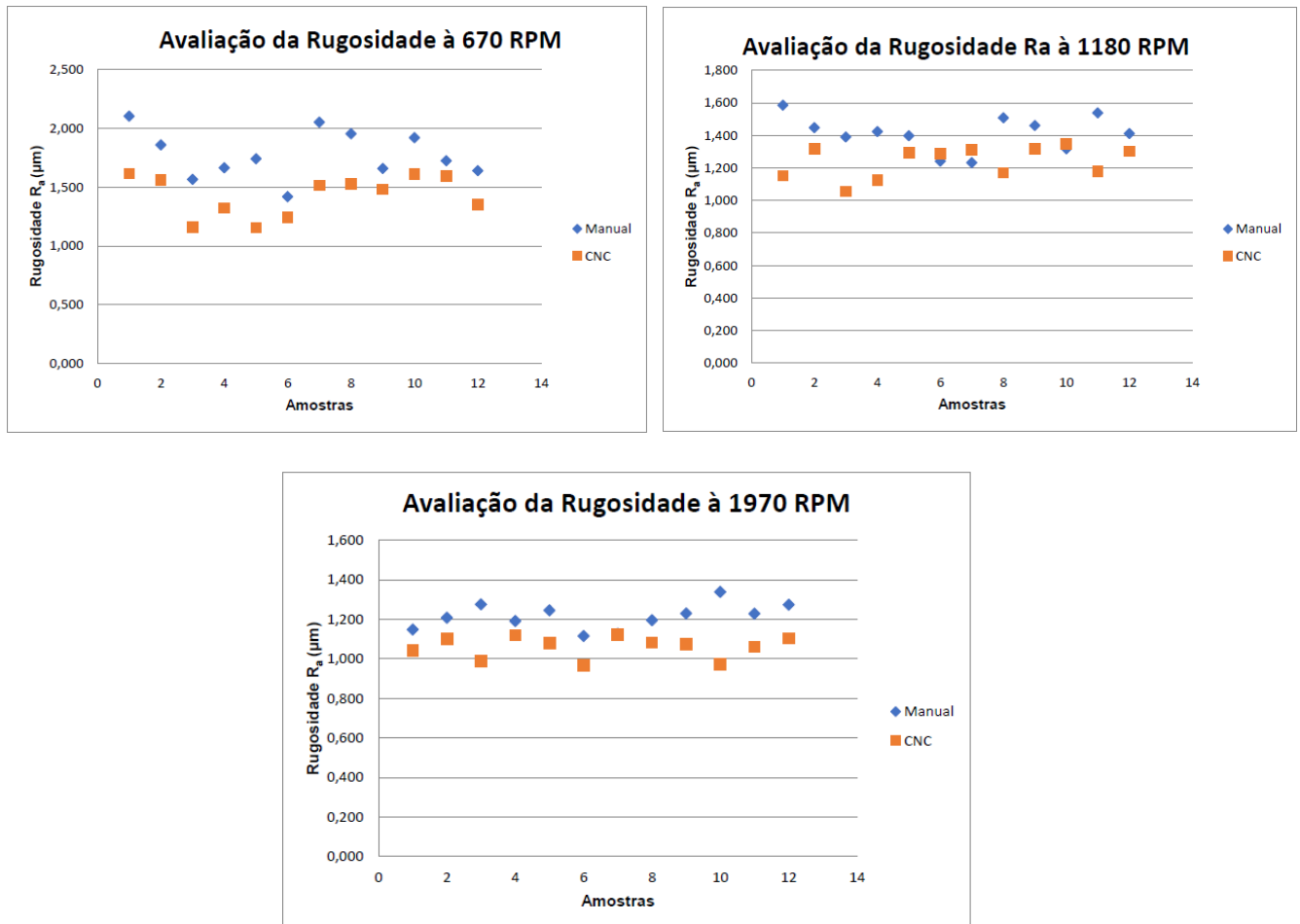


Figura 5. Gráfico de dispersão da rugosidade superficial (a) 670 rpm, (b) 1180 rpm, (c) 1970 rpm (Autor, 2021)

A Tabela 2 mostra a rugosidade média para cada condição de corte. Fica claro que à medida que aumenta a rotação da máquina, há uma queda na rugosidade superficial e consequente aumento de qualidade. Na literatura tal comportamento é explicado pelo aumento da temperatura de corte e consequente queda na resistência ao cisalhamento do material facilitando o processo de formação do cavaco.

Tabela 2. Tabela de medição de Rugosidade com Desvio Padrão (Autor)

RPM	Fresamento Manual	Fresamento com CNC
670	$1,773 \pm 0,196$	$1,426 \pm 0,166$
1180	$1,413 \pm 0,104$	$1,238 \pm 0,092$
1970	$1,214 \pm 0,062$	$1,059 \pm 0,053$

4. CONCLUSÕES

A partir dos gráficos de dispersão podemos analisar a relação entre as variações de Ra nos processos de fresamento com e sem comando numérico. Observou-se que a dispersão dos dados e dos valores de Ra diminuem com o aumento da velocidade de corte. Os valores do desvio padrão decrescem para valores de velocidade de corte maiores, demonstrando uma maior padronização do acabamento para condições de velocidade mais elevadas.

Demostrou-se que o uso de um equipamento automático de fresamento garante um acabamento superficial superior quando comparado com um processo de fresamento manual. Outros parâmetros de corte também possuem grande influência na rugosidade da superfície usinada: o avanço, a rotação da ferramenta e a profundidade de corte são os parâmetros que mais influenciam de forma significativa na rugosidade superficial da peça.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU), e as agências de pesquisa brasileiras CNPq, FAPEMIG e CAPES pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- Diniz, A. E.; Marcondes, F. C.; Coppini, N. L. Tecnologia da usinagem dos materiais. 5.ed. São Paulo: Artliber, 2006
- Engelhardt, M., Bast, P., Lauer, W., Rohde, V., Schmieder, K., & Radermacher, K. (2004, June). Manual vs. robotic milling parameters for development of a new robotic system in cranial surgery. In International Congress Series (Vol. 1268, pp. 533-538). Elsevier.
- Ferraresi, D. Fundamentos da Usinagem dos Metais, 12^a ed. São Paulo; Edgard Blucher, 2006
- Faccio, Ian, 2002. Investigações sobre o acabamento superficial de usinagens.
- Kumar, S. P., & Prasada, H. T. (2020). Investigate the effect of nano cutting fluid and cutting parameters under minimum quantity lubrication (MQL) on surface roughness in turning of DSS-2205. Materials Today: Proceedings.
- Liu, N., Liu, B., Jiang, H., Wu, S., Yang, C., & Chen, Y. (2021). Study on vibration and surface roughness in MQCL turning of stainless steel. Journal of Manufacturing Processes, 65, 343-353.
- Machado, A. R.; Abrão, A. M.; Coelho, R. T.; Silva, M. B. Teoria da Usinagem dos Materiais. Editora Edgard Blucher, 2009
- Patole, P. B., Pol, G. J., Desai, A. A., & Kamble, S. B. (2021). Analysis of surface roughness and cutting force under MQL turning using nano fluids. Materials Today: Proceedings.
- Velan, M. V. G., Shree, M. S., & Muthuswamy, P. (2021). Effect of cutting parameters and high-pressure coolant on forces, surface roughness and tool life in turning AISI 1045 steel. Materials Today: Proceedings, 43, 482-489.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

COMPARATIVE ANALYSIS OF A MACHINED SURFACE IN A MR-205 MILLING MACHINE WITH AND WITHOUT NUMERIC COMMAND USING PARAMETER Ra

Abstract. In any machining process, which is characterized by the removal of material by a cutting edge, a new surface will form. One of the main parameters that the industry monitors is the surface roughness of the part, as it directly influences various aspects such as: wear resistance, sliding quality, sealing, fit quality, among others. This work aims to analyze the influence on the roughness caused by the speed variation and the milling method used (manual or CNC). shows how different the results can be when machining a material on machines of the same model, but with different machining methods (manual and CNC). The measured Ra values for CNC milling had less dispersion than the milling manual. The fact that the milling feedrate is in charge of the operator generates a loss of quality of the integrated part as analyzed through microscopic camera photos.

Keywords: Milling, CNC, roughness

RESPONSIBILITY NOTICE

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