

INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE CORTE EM MATERIAIS PLÁSTICOS NO PROCESSO DE TORNEAMENTO

Filipi Rosálio da Silva

Paulo Sérgio Martins

Centro Universitário UNA – BH. Rua dos Aimores 1451, Belo Horizonte - MG, Brasil. 30140 071

filipirs@yahoo.com.br; paulo.martins@prof.una.br

Augusto César Santos Peixoto

Lucas Melo Queiroz Barbosa

Pedro Henrique Pires França

Gustavo Henrique Nazareno Fernandes

Uni. Federal de Uberlândia, LEPU, Avenida Joao Naves de Avila, 2121, Uberlândia - MG, Brasil. 38408-100

augusto-csp@hotmail.com; lmqbarbosa@gmail.com; pedrohenriquepiresf96@gmail.com; ghnfernandes@gmail.com

Resumo. A usinagem de materiais plásticos é um tema pouco estudado pela comunidade científica, com o conhecimento sobre o tema sendo guardado em segredos industriais. Estes materiais quando submetidos a operações de corte se comportam de maneira diferente da maioria dos metais devido a fatores como a menor condutividade térmica e maior ductibilidade. Outro fator a ser observado é a expansão térmica dos plásticos, pois costuma ser elevada e pode causar problemas dimensionais. Este trabalho avaliou as o acabamento superficial e as rugosidades R_a , R_q e R_z nos materiais plásticos PVC E nylon 6, alterando o avanço e a velocidade de corte. O PVC apresentou melhor usinabilidade em todas as condições estudadas, além disso o nylon apresentou melhor usinabilidade em situações de maior velocidade.

Palavras chave: torneamento, rugosidade, plásticos, PVC, nylon.

1. INTRODUÇÃO

O uso de materiais plásticos como substituto de materias metálicos é inerente a fabricação moderna, podendo alcançar melhor relação de custo benefício e produzir peças mais leves e com possibilidade de diferentes tipos de geometria (Ahirwar *et al.*, 2020). Segundo (Fernandes *et al.*, 2007), há poucos estudos em materiais poliméricos e muito do conhecimento é mantido secreto em segredo comerciais.

Segundo (Schneider *et al.*, 2008) e o calor nos processos de usinagem é pela deformação do material além do atrito com a ferramenta, nos polímeros, que normalmente apresentam menor condutividade térmica em comparação aos metais, ocorre a maior porte da dissipação da energia térmica pela ferramenta. O que eleva a temperatura na zona de corte e dificulta a o acabamento. Já (Salles and Gonçalves, 2003) recomenda que para manter melhores acabamentos superficiais, é necessário utilizar parâmetros de corte nos quais a temperatura de corte não seja maior que a temperatura de transição vítrea.

O policloreto de vinila (PVC) possui características como baixa densidade, impermeabilidade, alta resistência química, impermeabilidade, termo moldável e bom condutor térmico, característica que garantem utilização como tubulações residenciais, e placas para usos gerais. É formado através da união dos monômeros de cloreto de vinila, formando o policloreto de vinila, (Silva and De Góis, 2013), conforme a figura 1.

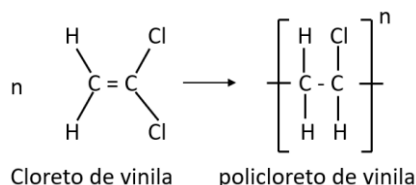


Figura 1. Polimerização do PVC.

Já o nylon ou poliamida tem características resistência ao desgaste, resistência a tração e resistência ao impacto, além de elétricas, físicas e químicas, além disso possui uma ótima resistência ao desgaste, ao impacto e ao tracionamento. Podem ser usados desde como matéria prima de roupas e vestimentas, até em peças para a indústria

automobilística. A figura 2 mostra o esquema simplificado da produção da poliamida, através da reação da haxametilenodiamina com ácido adípico, também resultando em água como subproduto (Colombi, 2016).

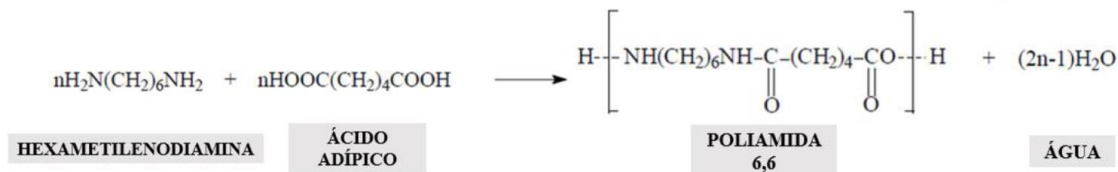


Figura 2. Polimerização do PVC, adaptado de (Colombi, 2016).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência dos parâmetros de corte no processo de torneamento de materiais em 2 diferentes tipos de materiais plástico, PVC e Nylon 6, analisando como os parâmetros de corte velocidade e avanço influencia no acabamento na peça com ênfase nas rugosidades R_a , R_q e R_z

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes realizados consistiram na análise de como os parâmetros de corte interferem a rugosidade do processo de torneamento de materiais poliméricos. Foram utilizados 2 corpos de prova com 25,4 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento, um de policloreto de vinila (PVC) e o outro de poliamida (Nylon 6.0).

O equipamento utilizado na usinagem dos corpos de prova foi o torno de bancada Manrod MR – 334, 850 W, com motor Manrod MS 8024, classe de isolamento: F e grau de proteção IP54 de 220v e 60Hz de frequência conforme a figura 3a. Foi utilizada a ferramenta de corte código VBMW160404-2 da Walter Tools com ângulo positivo, conforme a figura 3b, além do rugosímetro portátil digital Mitutoyo SJ-210, figura 3c, utilizado na medição de rugosidade.



Figura 3. Equipamentos utilizados: (esquerda) Torno de bancada Manrod MR – 334, (centro) ferramenta e porta-ferramentas utilizadas, (direita) rugosímetro Mitutoyo SJ-210

A usinagem foi iniciada pelos corpos de prova de PVC e logo após foram usinados os de nylon. Durante o processo de usinagem não foi utilizado o fluido de corte e nem um método de remoção de cavacos. Os corpos de prova foram fixados na placa do torno e em seguida submetidos às operações de faceamento, furação com broca para furo de centro e torneamento para uniformização da superfície, com a retirada de 1,5 mm de material. Considerando a notável propriedade de elasticidade dos materiais plásticos, os corpos de prova foram na castanha e foi utilizado contraponto, a fim de diminuir o comprimento de flambagem e aumentar a rigidez do sistema. Após a uniformização da superfície, os corpos de prova foram divididos em três regiões: A, B e C marcadas com pincel preto conforme Figuras 4 e 5, cada região com 30 mm totalizando um comprimento de 90 mm.

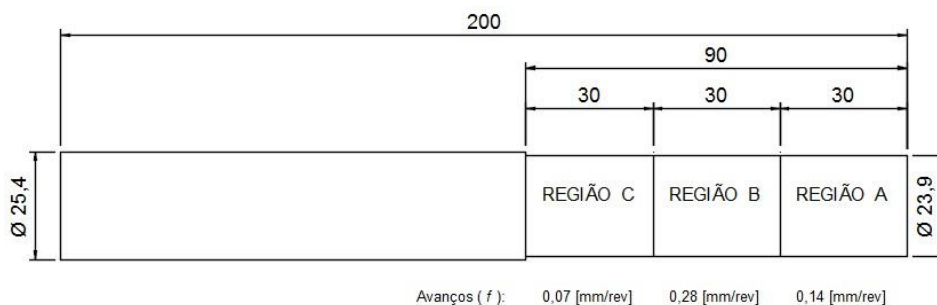


Figura 4. Desenho das regiões definidas para a usinagem do corpo de prova



Figura 5. Corpos de prova com a definição das regiões para usinagem: (esquerda) PVC, (direita) nylon

Foram realizadas quatro medições A,B e C de cada região de cada corpo de prova, ao final foram calculadas as médias das rugosidades R_a , R_q e R_z para a elaboração dos gráficos. A profundidade de corte utilizada após a uniformização da superfície foi de 0,5 mm utilizando a rotação do eixo principal de 150 rpm, 500 rpm e 1000 rpm, conforme a tabela 1.

Tabela 1. Velocidade de avanço utilizados

Rotação [rpm]	f [mm/rev.]	Vf [mm/min]	Vc [m/min]
150	0,07	10,5	12
	0,14	21	
	0,28	42	
500	0,07	10,5	39
	0,14	21	
	0,28	42	
1000	0,07	10,5	80
	0,14	21	
	0,28	42	

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o processo de torneamento foram observados que independentemente das velocidades de corte utilizadas houveram a formação de cavacos de perfil contínuo, os quais se envolveram a peça, conforme exemplificado na figura 6a. Em se tratando da usinagem do nylon, além da geração de cavaco de perfil contínuo foi observado que utilizando a rotação de 1.000 rpm. e a velocidade de avanço (f) de 0,28 mm/rev., uma quantidade expressiva de cavacos ficaram presos à peça comprometendo o acabamento, conforme figura 6b.



Figura 6. (esquerda) Formação de cavacos, (direita) Cavacos presos à peça quando utilizada a rotação de 1.000 min⁻¹ e o avanço (f) de 0,28 mm/rev.

A partir de uma avaliação visual identificou-se que na usinagem do PVC o acabamento superficial não apresentou problemas aparentes, conforme figura 7a. Já no caso da usinagem do nylon o acabamento ficou comprometido quando utilizadas as rotações de 150 rpm com avanço de 0,14 mm/rev. e 0,28 mm/rev., e de 500 rpm com avanço de 0,14 e 0,07 mm/rev., conforme figura 7b.



Figura 7 Aspecto visual do acabamento após a usinagem dos corpos de prova de: (esquerda) PVC, (direita) nylon

Observa-se a partir das figuras principalmente do nylon, que o uso da ferramenta em V no formato básico positivo não foi a escolha ideal para o torneamento dos materiais plásticos. A ferramenta indicada deveria ser de ângulo negativo e ângulo de posição conforme indicado na figura 8. O cuidado na seleção da ferramenta teria gerado um resultado com acabamento superficial mais satisfatório.



Figura 8. Ferramenta com o correto ângulo de posição para a usinagem de plásticos

As figuras 9, 10 e 11 apresentam a rugosidade (R_a , R_q e R_z) medidas durante a usinagem do nylon e do PVC, para as velocidades de 150 rpm, 500 rpm e 1000 rpm, respectivamente.

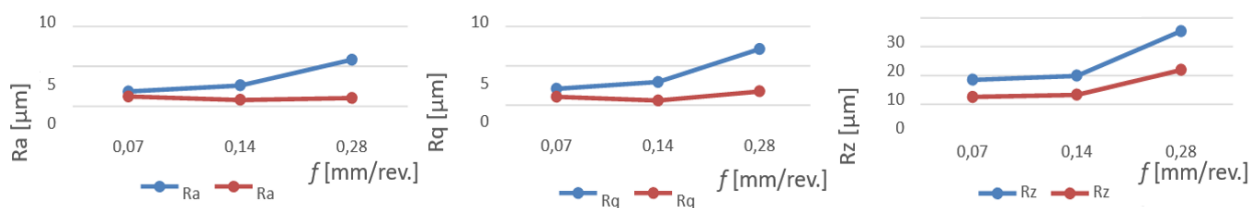


Figura 9. Rugosidade para 150 rpm:(esquerda) PVC R_a , (centro) PVC R_q , (direita) PVC R_z

Para a velocidade de rotação de 150 rpm, foi possível aferir a rugosidade do PVC, uma vez que a o nylon ao rugosímetro não conseguir percorrer o segmento de medição devido a várias imperfeições e ao péssimo acabamento superficial. Com base nos dados expostos na figura 9, observa-se o aumento das rugosidades à medida que houve um aumento da velocidade de avanço. Para a obtenção de um melhor acabamento utilizando a velocidade de rotação de 150 rpm, indica-se o avanço de 0,07 mm/rev.

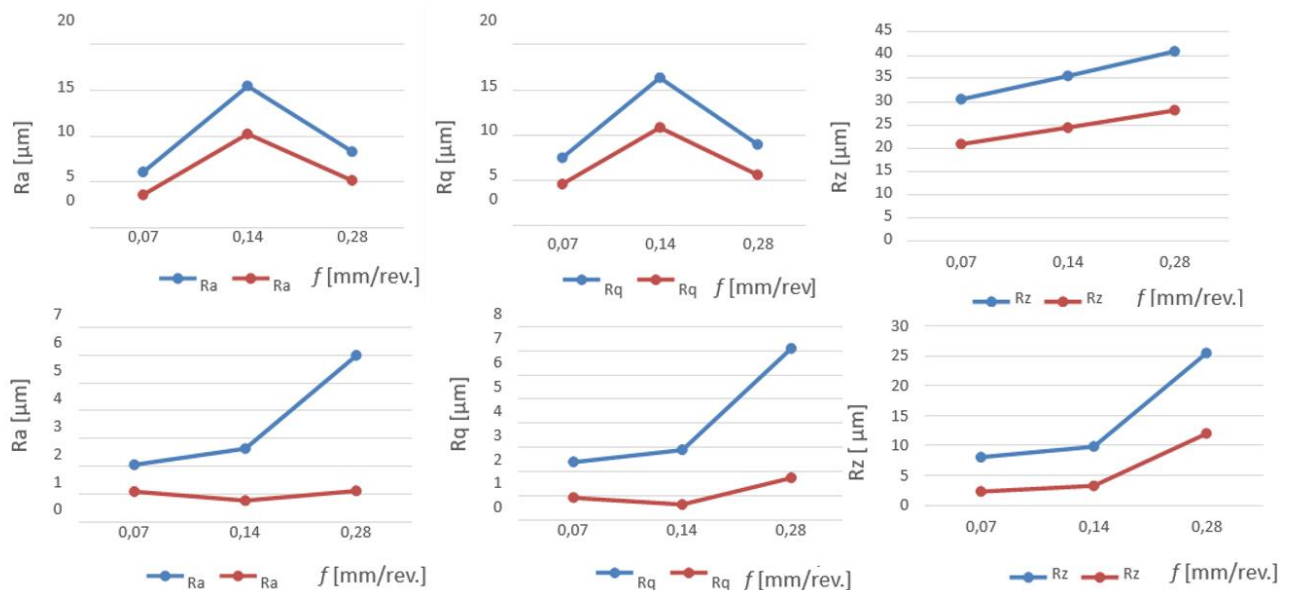


Figura 10. Rugosidade para 500 rpm: (superior esquerda) nylon R_a , (superior central) nylon R_q , (superior direita), PVC R_z , (inferior esquerda) PVC R_a , (inferior central) PVC R_q , (inferior direita) PVC R_z

Para a rotação de 500 rpm do nylon, observa-se que nas medições das rugosidades R_a e R_q , figuras 10a e 10b, houve uma grande elevação da rugosidade quando utilizada a velocidade de avanço de 0,14 mm/rev. Já no R_z houve uma condição normal de elevação de rugosidade à medida que se aumentava a velocidade de avanço, figuras 10c. A melhor condição obtida utilizando a rotação de 500 rpm com avanço de 0,07 Para este material, uma rotação de 1.000 rpm as melhores condições de usinagem foram obtidas com o avanço de 0,07 mm/ rev. e 0,14 mm/rev.

A rugosidade medida durante a usinagem do PVC com rotação de 500 rpm apresenta que a melhor velocidade de corte para a obtenção de um bom acabamento seria a de 0,07 mm/rev. e 0,14 mm/rev.

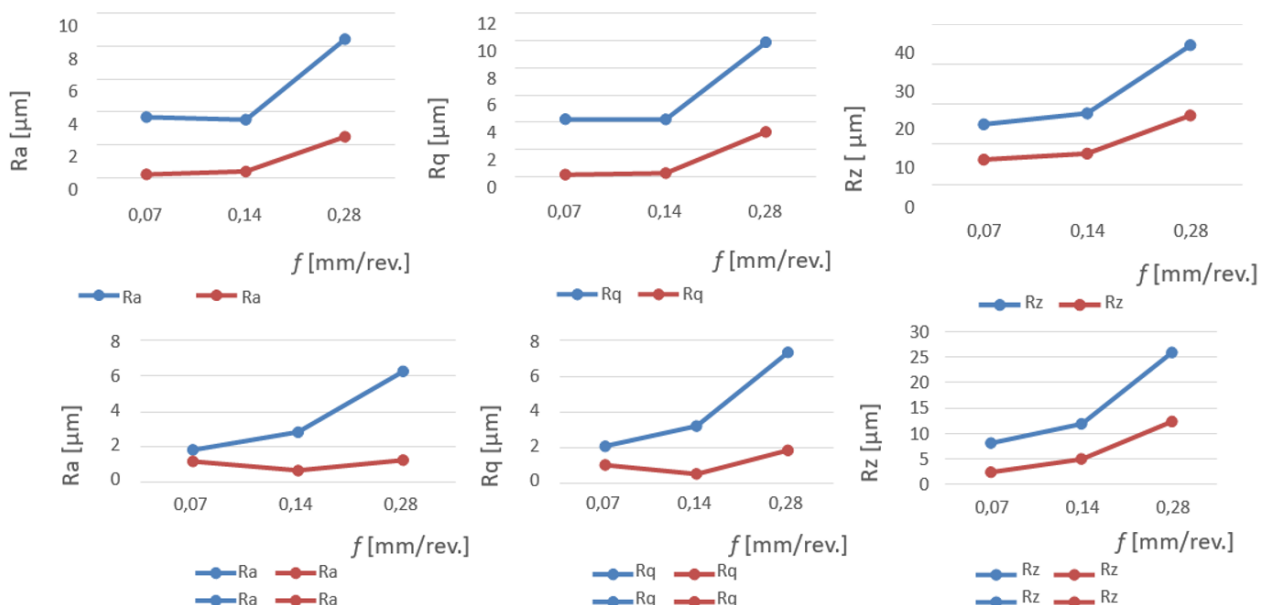


Figura 11. Rugosidade para 1000 rpm: (superior esquerda) nylon R_a , (superior central) nylon R_q , (superior direita), PVC R_z , (inferior esquerda) PVC R_a , (inferior central) PVC R_q , (inferior direita) PVC R_z

Para a rotação de 1000 rpm, figura 11, ambos os materiais apresentaram valores de crescentes conforme o aumento do avanço. Sendo esta única condição que o nylon apresentou esta progressão.

No geral o PVC apresentou resultados mais previsíveis do que o nylon, pois sempre a rugosidade foi proporcional a avanço, o que corresponde a maioria dos casos presentes na literatura (Machado *et al.*, 2009), apresentando também

menores rugosidade para todos os casos analisados, estes valores da rugosidade R_a estão condizentes ao encontrados no artigo de (Baurova and Makarov, 2017), o qual afirma que pode-se obter valores de 0,8 μm a 2 μm . O nylon apresentou maiores valores que normalmente vão contra a literatura, principalmente em menores velocidades, com a maior rugosidade R_a e R_q no avanço intermediário em 500 rpm além da não possibilidade de aferição dos resultados de rugosidade para 150 rpm.

4. CONCLUSÕES

Ao final do processo de usinagem, considerando os parâmetros utilizados para o experimento, observou-se que:

- A formação de cavacos de perfil contínuo se mostrou um problema característico nos processos de usinagem dos materiais plásticos escolhidos. Para controlar a formação destes cavacos, indica-se o uso de uma ferramenta de corte de ângulo negativo com ângulo de posição diferente do utilizado no procedimento.
- Na usinagem dos corpos de prova de PVC e nylon, os parâmetros de corte e a escolha da ferramenta influenciaram consideravelmente no acabamento obtido.
- O PVC demonstrou possuir melhor usinabilidade, pois seus valores médios foram menores quando comparados com a média do nylon.
- Em altas rotações verificou-se que não é adequado o uso de avanços de 0,28 mm/rev., pois nesta condição houve uma maior dificuldade na quebra de cavaco.
- O nylon em uma rotação de 1000 rpm apresentou menores resultados de rugosidade quando comparado aos resultados obtidos à rotação de 500 rpm.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradem ao Centro Universitário UNA e a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), além dos órgãos de fomento CAPES e CNPQ pela realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- Ahirwar, Y. *et al.* (2020) 'Optimization of the surface quality in milling machine using PVC composite plate', in *AIP Conference Proceedings*. American Institute of Physics Inc., p. 040004. doi: 10.1063/1.5141577.
- Baurova, N. I. and Makarov, K. A. (2017) 'Machining of Machine Elements Made of Polymer Composite Materials', 2017(13), pp. 15–19. doi: 10.1134/S0036029517130043.
- Colombi, B. L. (2016) 'Polimerização da Poliamida 6,6: Uma Breve Revisão', *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 11(n. 3), pp. 121–129. Available at: www.ufcg.edu.br.
- Fernandes, M. O. *et al.* (2007) 'USINAGEM DE PLÁSTICOS DE ENGENHARIA. UMA OPÇÃO DE PROCESSAMENTO', in.
- Machado, Á. R. *et al.* (2009) 'Teoria da usinagem dos materiais'. Edgard Blücher.
- Salles, J. L. C. and Gonçalves, M. T. T. (2003) *Effects of Machining Parameters on Surface Quality of the Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE)*, N°. Available at: <http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10119/10119.pdf> (Accessed: 7 January 2021).
- Schneider, E. L. *et al.* (2008) 'Análise dos Parâmetros de Usinagem no Acabamento Superficial de Polímeros Analysis of Machining Parameters Effects on Polymers Surface Quality', *UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológica*, 7, pp. 25–30.
- Silva, S. F. and De Góis, L. M. N. (2013) 'TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO E PURIFICAÇÃO DO PVC', *Revista CIATEC-UPF*, 5(1). doi: 10.5335/ciatec.v5i1.3119.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

THE INFLUENCE OF CUTTING PARAMETERS ON PLASTIC MATERIALS IN THE TURNING PROCESS

Filipi Rosário da Silva

Paulo Sérgio Martins

Centro Universitário UNA – BH 1451 Aimores Street, Belo Horizonte - MG, Brazil. 30140-071

filipirs@yahoo.com.br; paulo.martins@prof.una.br

Augusto César Santos Peixoto

Lucas Melo Queiroz Barbosa

Pedro Henrique Pires França

Gustavo Henrique Nazareno Fernandes

Univ. Federal de Uberlândia, LEPU, 2121 Joao Naves de Avila avenue, Uberlândia - MG, Brazil. 38408-100

augusto-csp@hotmail.com; lmqbarbosa@gmail.com; pedrohenriquepiresf96@gmail.com; ghnfernandes@gmail.com

Abstract. *The machining of plastic materials is a topic little studied by the scientific community, with the knowledge on the subject being kept in industrial secrets. These materials when subjected to cutting operations behave differently from most metals due to factors such as lower thermal conductivity and greater ductility. Another factor to be observed is the thermal expansion of plastics, as it is usually high and can cause dimensional problems. This work evaluated the surface finish and the roughness R_a , R_q and R_z in plastic materials PVC E nylon 6, changing the feed and cutting speed. PVC showed better machinability in all the studied conditions, in addition, nylon showed better machinability in situations of higher speed.*

Keywords: turning, roughness, plastics, PVC, nylon.

RESPONSIBILITY NOTICE

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