

Efeitos da Influência dos Parâmetros de Corte no Processo de Fresamento de Topo no Aço AISI D6

José Augusto Da Costa Sousa Filho, jsousaf@yahoo.com¹

José Matias Ferreira Filho, josematias@ifpi.edu.br¹

Patrícia Silva Oliveira, patricia.silva.oliver@gmail.com²

Pedro Lopes Dos Reis Júnior, preis90@gmail.com¹

Ricardo Cardoso Soares, eng.mec.ricardocardoso@gmail.com¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Campus Teresina Central, PI, Brasil,

²Universidade de Brasília – UnB, Campus Darcy Ribeiro, DF, Brasil.

Resumo: O fresamento é um processo de usinagem caracterizado pela remoção de material, e que implica em selecionar de forma correta os parâmetros de corte. Estes irão influenciar em todo o processo de fresamento, como por exemplo, tempo de operação e acabamento superficial final. Neste sentido, esta pesquisa tem por objetivo analisar a influência dos parâmetros de corte no fresamento de topo no aço AISI D6, uma vez que estes parâmetros colaboram de maneira significativa na qualidade do produto final. Para tanto, foi realizado um processo de usinagem de canais em corpo de prova único e realizado medições de rugosidade. Paralelamente a este processo, foi desenvolvido um modelo de predição de rugosidade superficial, com o intuito de controlar as variáveis envolvidas no processo, a saber: avanço, profundidade e velocidade de corte. Além disso, para verificar qual parâmetro de usinagem tem maior influência no processo de fresamento de topo, será realizada uma análise estatística através do software Statistica 13.0. Os resultados obtidos mostraram que o avanço por dente foi o único parâmetro analisado que contribuiu para o aumento da rugosidade final.

Palavras-chave: avanço, profundidade, velocidade de corte, Statistica 13.0.

1. INTRODUÇÃO

O processo de usinagem de metais e outros materiais é uma das técnicas mais utilizada na indústria metal mecânica. Dentre os vários métodos de usinagem caracterizados pela remoção de material da peça, destaca-se o fresamento. Neste sentido, o fresamento de topo é um dos procedimentos industriais mais comuns que pode ser utilizado em uma máquina fresadora. Dentro desta técnica é importante a correta seleção dos parâmetros de usinagem, como, por exemplo, rotação e a velocidade de avanço de corte. Tais parâmetros influenciam não somente na peça trabalhada, mas também na vida útil das ferramentas de corte utilizadas na indústria, que, por sua vez, influenciam no custo da produção de determinado produto. No fresamento de materiais, o maior desafio encontrado é a correta seleção dos parâmetros de corte. De acordo com Yang *et al* (2011) os parâmetros de corte podem ser divididos em controláveis e não controláveis. O primeiro tem como principais parâmetros a velocidade de rotação, o avanço, e a profundidade de corte. Já os classificados como não controláveis são: vibração, desgaste da ferramenta, material não homogêneo da ferramenta e peça trabalhada, formação do cavaco.

Seja o parâmetro controlável ou não, são eles que definirão a qualidade, a forma e acabamento superficial do produto final dentro dos padrões preestabelecidos, a correta seleção dos parâmetros de usinagem depende principalmente do operador. É importante destacar que esta seleção não é simples e muitas vezes não é feita de maneira correta. Como afirma Bluhm, Hayajneh e Tahat (2007), em uma pesquisa recente realizada por um fabricante líder de ferramentas, indica que nos Estados Unidos, menos de 50% das vezes é selecionada a correta ferramenta de corte, e somente 58% das vezes a ferramenta de corte é usada na velocidade de corte avaliada correta. Um estudo feito por Singh *et al* (2014), mostra que a importância dos fatores de usinagem no acabamento superficial segue a seguinte ordem: velocidade de rotação, avanço da ferramenta de corte, profundidade, e diferentes líquidos refrigerantes. De acordo com Tammineni e Yedula (2014), apenas a seleção adequada de parâmetros de corte pode produzir um melhor acabamento superficial.

Outro aspecto de suma importância é a rugosidade, fator de grande interesse no parâmetro micro geométrico, no qual tem como princípio examinar os desvios da superfície real em relação à superfície geométrica ideal. A rugosidade, argumenta Sharkawy (2011), também afeta várias funções de peças, como por exemplo, o contato entre partes causando atrito superficial, desgaste, reflexão da luz, transmissão de calor, habilidade de distribuir e reter lubrificantes, revestimento, e resistência à fadiga.

Portanto a correta combinação dos parâmetros utilizados durante uma usinagem é de suma importância, pois, irá resultar em diferentes acabamentos superficiais finais. Durante o processo de fresamento de topo o maior problema que pode ocorrer é o acabamento final da peça que poderá não está de acordo com as especificações preestabelecidas. O acabamento final poderá ser muito grosseiro ou com pouca precisão dimensional, afirma El-Zahry, El-Rahman e Mahdy (2012). Os parâmetros de usinagem influenciam não somente na peça trabalhada, mas também no tempo de produção de determinado produto ou serviço a ser executado. Com o objetivo de melhorar o acabamento final e otimização de tempo de processo de fresagem de topo, diversos modelos de predição de rugosidade final vêm sendo pesquisado e utilizado cada vez mais na indústria moderna.

A rugosidade de uma superfície de acordo com Rocha *et al* (2009) é composta de irregularidades finas ou de erros micro geométricos resultantes de ação inerente ao processo de corte (marcas de avanço, aresta postiça de corte, desgaste da ferramenta e etc.). Atualmente na indústria existem diversas técnicas matemáticas de predição da rugosidade da superfície. Essas técnicas são de verdadeira importância na hora da definição dos parâmetros de corte para a obtenção de um produto com qualidade final cada vez melhor no processo de fresagem de topo. Técnicas como, por exemplo, superfície de resposta, redes neurais e outros. Os pesquisadores Chandramohan, Philip e Rajesh (2015) utilizam em seu trabalho com aço inoxidável duplex, um modelo matemático de predição de superfície de resposta, e afirmam que em relação a rugosidade final os efeitos da velocidade do fuso, taxa de alimentação e profundidade de corte são mais significativos. Contudo, os efeitos da interação da velocidade do fuso e da velocidade de avanço, profundidade de corte e taxa de alimentação e profundidade de corte são menos significativos. Já Bluhm, Hayajneh e Tahat (2007) em sua pesquisa realizada também com fresa de topo, utilizando o alumínio como material base, afirma que o avanço de corte é de longe o fator mais dominante dentre os estudados.

Bluhm, Hayajneh, Tahat (2007) afirma que a demanda por alta qualidade e uma produção totalmente automatizada concentra a atenção na condição superficial do produto, especialmente a rugosidade da superfície, por causa de seu efeito na aparência do produto, função e confiabilidade. Com base nisso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos dos parâmetros de usinagem bem como a combinação dos mesmos no acabamento superficial final no aço AISI D6, sendo estes parâmetros velocidade, avanço e profundidade de corte. Além disso, essa pesquisa visa criar um modelo de predição de rugosidade final da peça trabalhada, visando predeterminar o acabamento final em virtude da escolha e da combinação dos parâmetros de fresagem abordados neste trabalho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram elaborados de forma a investigar de maneira satisfatória a influência na variação dos parâmetros de usinagem no acabamento final do aço AISI D6 durante o fresamento de topo. Várias pesquisas têm avançado no desenvolvimento de modelagem de rugosidade de superfície e otimização dos fatores de controle, para obter um acabamento de superfície de nível desejado. Embora a maioria das pesquisas existentes verifica a influência de um parâmetro específico, o presente trabalho avalia não somente a influência de um fator isolado, mas também a influência da combinação dos mesmos. O procedimento operacional para obtenção dos resultados seguiu os passos descritos a seguir:

- Seleção dos parâmetros de corte
- Usinagem dos corpos de prova
- Medição da rugosidade
- Análise dos resultados

2.1. Seleção dos parâmetros de corte

A seleção dos parâmetros de corte foi feita com base em catálogos e com base na experiência de profissionais da área. As combinações foram geradas de maneira aleatória utilizando a ferramenta *software* STATISTICA 13.0 com o propósito de averiguar os efeitos das combinações de parâmetros diferentes. Para o presente trabalho foi utilizado uma velocidade de corte (V_c) mínima de 75m/min e uma máxima de 126m/min., um avanço por dente (f_z) mínimo e máximo de 0,03 e 0,08mm/dente, respectivamente, e uma profundidade (a_p) mínima e máxima de 0,5 e 1mm. A Tabela 1 abaixo mostra os parâmetros de usinagem utilizados neste trabalho, um valor mínimo de 3000RPM e máximo de 5000RPM de rotação do eixo foi utilizado durante os processos de fresagem.

Tabela 1. Parâmetros de Corte

Corpo de prova	V_c (m/min)	f_z (mm/volta)	a_p (m)
1	75.0000	0.030000	0.500000
2	75.0000	0.030000	1.000000

3	75.0000	0.080000	0.500000
4	75.0000	0.080000	1.000000
5	126.0000	0.030000	0.500000
6	126.0000	0.030000	1.000000
7	126.0000	0.080000	0.500000
8	126.0000	0.080000	1.000000
9	57.6143	0.055000	0.750000
10	143.3857	0.055000	0.750000
11	100.5000	0.012955	0.750000
12	100.5000	0.097045	0.750000
13	100.5000	0.055000	0.329552
14	100.5000	0.055000	1.170448
15	100.5000	0.055000	0.750000
16	100.5000	0.055000	0.750000

2.2. Usinagem dos Corpos de Prova

Para o corpo de prova foi utilizado um bloco de aço, conforme observa-se na Fig. 1, AISI D6 quadrado de lado 88mm e altura de 60mm, com dureza que varia de 59 a 65 HRC. Pois segundo Chiaverini (1986) ele consiste em um aço-ferramenta para trabalho a frio também chamado indeformável, porque é menos sujeito a alterações de forma e dimensão durante tratamento térmico, sendo indicado para aplicação que exigirem cuidadoso controle dimensional.



Figura 1. Bloco corpo de prova.

2.3. Máquina Ferramenta

Os ensaios, para a obtenção dos dados de rugosidade, foram realizados no centro de usinagem Finetech SMV-1170-H3L Fig. 2, com três eixos, com potência máxima de 15Kw, rotação máxima de 8000 RPM, com controlador numérico Siemens sinumerik 810-D.



Figura 2. Centro de usinagem.

2.4. Processo de Usinagem

O corpo de prova, de dimensões 88x88x60 mm, foi fixado no centro da morsa do centro de usinagem, conforme mostra a Fig. Com o auxílio de um relógio comparador Mitutoyo com precisão de 0,01mm foi feito seu alinhamento aos eixos X, Y, Z da fresadora.

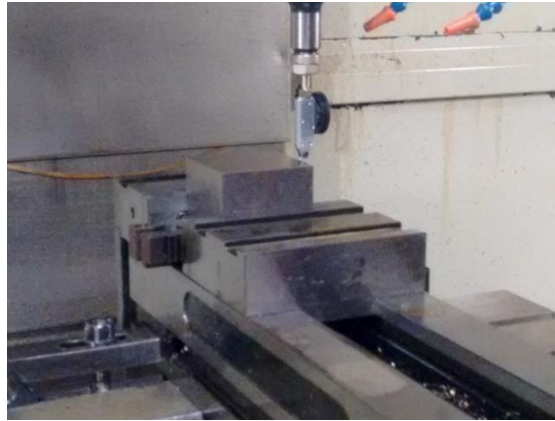


Figura 3. Alinhamento do corpo de prova.

Os *softwares* Visual CAD 2012 e VisualCAM 1.0 foram empregados para a criação do modelo e códigos de usinagem que foram utilizados na máquina ferramenta, respectivamente. Para a usinagem dos canais no bloco base, como pode-se observar na Fig. 4, foi utilizado uma fresa inteira para metal duro com diâmetro de 8 mm e 4 arestas cortantes. Cada canal foi enumerado com o objetivo de facilitar a mensuração das rugosidades obtidas. Todos os canais foram feitos em passe único, visando a obtenção de uma maior precisão da rugosidade final.



Figura 4. Usinagem dos canais.

2.5. Verificação Da Rugosidade

Para o presente trabalho utilizou-se para aferição da rugosidade final dos canais, que podem ser observados na Fig. 5-a, um rugosímetro de bancada digital Precision 400.200 com princípio de medição baseado na indução eletromagnética, que pode ser observado na Fig. 5-b, utilizando se o filtro de Gauss, uma vez que, Oliveira (2004) argumenta que uma propriedade do filtro gaussiano é a capacidade de levar em consideração os dados antes e depois da posição efetiva da ponta do apalpador. Possui também a característica de maior estabilidade devido à faixa de corte, o que permite retirar falsos picos da análise.



(a)

(b)

Figura 5. Verificação de rugosidade. (a) Canais em corpo de prova. (b) Rugosímetro

Por limitações da haste do apalpador, foram feitas medições no início e fim de cada canal, num total de 4 medições em cada canal, obtendo-se assim, uma média de rugosidade. Foi utilizado o parâmetro Ra (Desvio aritmético médio), definido na norma NBR ISO (2002), como a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas no comprimento de amostragem. Foi utilizado um comprimento de amostragem (lr) de 0,8 ampliado em 5x no rugosímetro, na faixa (Rz) de 40µm, conforme recomendações de Rocha *et al* (2009).

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O tratamento dos dados experimentais foi feito por meio do *software* comercial *Statistica13.0*, criado pela *Statsoft*. Este programa contém ferramentas poderosas de análise estatística, como o módulo especializado de análise de regressão. Na Figura 6 a planilha de dados usada pelo *Statistica* e que pode ser importada diretamente do Excel.

Run	Vc (m/min)	fz (mm/volta)	ap (mm)	Rug
1	75,0000	0,030000	0,500000	0,30325
2	75,0000	0,030000	1,000000	0,79625
3	75,0000	0,080000	0,500000	1,5425
4	75,0000	0,080000	1,000000	0,942
5	126,0000	0,030000	0,500000	0,51225
6	126,0000	0,030000	1,000000	0,2695
7	126,0000	0,080000	0,500000	0,85175
8	126,0000	0,080000	1,000000	0,61025
9	57,6143	0,055000	0,750000	0,5625
10	143,3857	0,055000	0,750000	0,5625
11	100,5000	0,012955	0,750000	0,2965
12	100,5000	0,097045	0,750000	0,7865
13	100,5000	0,055000	0,329552	0,66175
14	100,5000	0,055000	1,170448	0,81225
15 (C)	100,5000	0,055000	0,750000	0,65275
16 (C)	100,5000	0,055000	0,750000	0,5285

Figura 6. Planilha de dados empregados pelo *Statistica*.

Na Figura 7 tem-se um resumo do planejamento experimental realizado, que serviu de base para a obtenção dos resultados.



Figura 7. Resumo do planejamento experimental.

O planejamento experimental, como já mencionado anteriormente, baseou-se na revisão bibliográfica e na experiência de professores e profissionais que atuam na área de usinagem. A variável dependente analisada foi a rugosidade, cuja medição foi realizada na direção perpendicular ao avanço da usinagem, em cada canal fresado no corpo de prova. Para cada condição experimental proveniente do planejamento, foram feitas quatro medições (duas em cada extremidade dos canais usinados) e, em seguida, calculada a média, visando assegurar a confiabilidade dos resultados. A Tabela 2 mostra os valores médios de rugosidade "Ra" medidos após o fresamento de topo.

Tabela 2. Resultados das aferições da rugosidade "Ra".

Corpo de prova	Vc (m/min)	fz (mm/volta)	ap (m)	Rugosidade (Ra)
1	75,0000	0,030000	0,500000	0,30325
2	75,0000	0,030000	1,000000	0,79625
3	75,0000	0,080000	0,500000	1,5425
4	75,0000	0,080000	1,000000	0,942

5	126,0000	0,030000	0,500000	0,51225
6	126,0000	0,030000	1,000000	0,2695
7	126,0000	0,080000	0,500000	0,85175
8	126,0000	0,080000	1,000000	0,61025
9	57,6143	0,055000	0,750000	0,5625
10	143,3857	0,055000	0,750000	0,5625
11	100,5000	0,012955	0,750000	0,2965
12	100,5000	0,097045	0,750000	0,7865
13	100,5000	0,055000	0,329552	0,66175
14	100,5000	0,055000	1,170448	0,81225
15	100,5000	0,055000	0,750000	0,65275
16	100,5000	0,055000	0,750000	0,5285

Os resultados foram analisados no *software Statistica13.0*, considerando uma confiabilidade de 95%. A Tabela 3 e a Figura 8 permitem constatar que a rugosidade não foi influenciada pelas variáveis independentes, visto que o valor do *p-level* foi acima de 5%. Quando esses valores ficam abaixo de 5%, a linha do efeito correspondente aparece vermelha.

Factor	Effect	Std. Err. Pure Err	t(1)	p	-95%	95%	Coeff.	Std.Err.Coe ff.	-95%	95%
Mean/Interc.	0,579683	0,061943	9,35834	0,067770	-0,20738	1,366742	0,579683	0,061943	-0,207377	1,366742
(1)Vc (m/min) (L)	-0,196275	0,047548	-4,12790	0,151309	-0,80043	0,407885	-0,098138	0,023774	-0,400217	0,203942
Vc (m/min) (Q)	0,032946	0,057731	0,57068	0,669859	-0,70060	0,766488	0,016473	0,028865	-0,350298	0,383244
(2)fz (mm/volta) (L)	0,423132	0,047548	8,89898	0,071240	-0,18103	1,027292	0,211566	0,023774	-0,090514	0,513646
fz (mm/volta) (Q)	0,018097	0,057731	0,31347	0,806615	-0,71544	0,751639	0,009048	0,028865	-0,357722	0,375819
(3)ap (mm) (L)	-0,049593	0,047548	-1,04299	0,486605	-0,65375	0,554567	-0,024796	0,023774	-0,326876	0,277284
ap (mm) (Q)	0,156336	0,057731	2,70801	0,225199	-0,57721	0,889878	0,078168	0,028865	-0,288603	0,444939
1L by 2L	-0,176188	0,062125	-2,83602	0,215811	-0,96556	0,613185	-0,088094	0,031063	-0,482780	0,306593
1L by 3L	-0,094188	0,062125	-1,51610	0,371204	-0,88356	0,695185	-0,047094	0,031063	-0,441780	0,347593
2L by 3L	-0,273063	0,062125	-4,39537	0,142414	-1,06244	0,516310	-0,136531	0,031063	-0,531218	0,258155

Tabela 3. Análise da rugosidade para uma confiabilidade de 95%

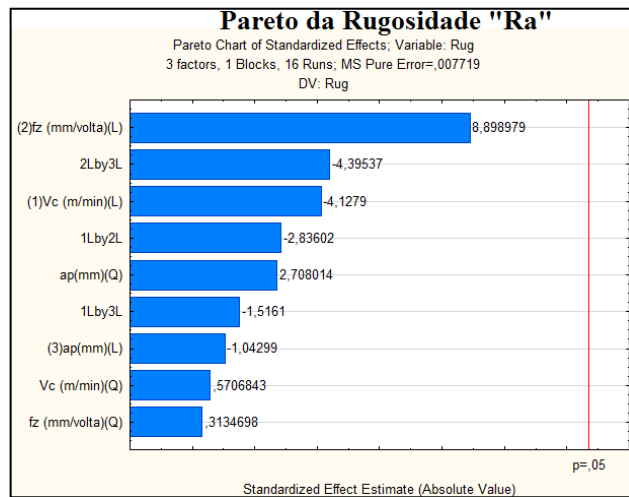


Figura 8. Diagrama de Pareto para efeito das variáveis independentes na rugosidade "Ra".

Mesmo que nenhuma das variáveis tenha sido representativa para os resultados de rugosidade, a Tab. 3 e a Fig. 8 mostram uma maior influência do avanço por dente "fz", destacando a importância de estudá-lo. A Figura 9 mostra as curvas de nível para rugosidade quando se tem o avanço por dente "fz" em função da velocidade de corte "Vc".

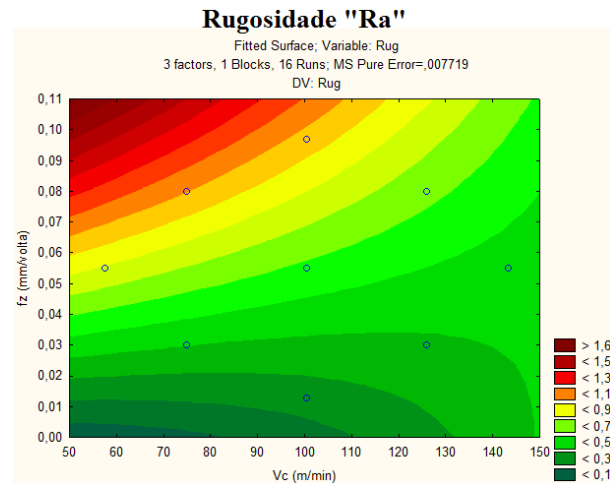


Figura 9. Gráfico "Vc" x "fz" para rugosidade "Ra".

É possível observar, a partir da Fig. 9 acima, que os menores valores de rugosidade ocorrem para os valores mínimos de "fz", enquanto que os maiores valores ocorrem para altos valores de "fz".

A Figura 10 mostra as curvas de nível para a rugosidade, quando se tem a profundidade de corte "ap" em função do avanço por dente "fz".

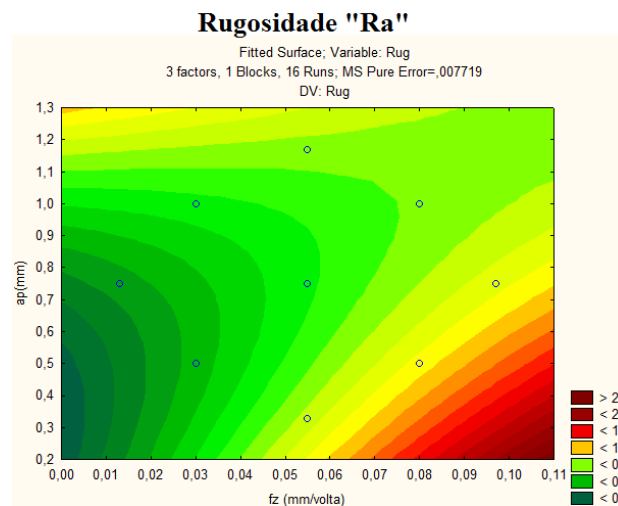


Figura 10. Gráfico "fz" x "ap" para rugosidade "Ra".

A Figura 10 também possibilita aferir que os valores mínimos de rugosidade ocorrem para os valores mínimos de "fz".

Além disso, a Figura 11, que mostra as curvas de nível para a rugosidade quando se tem a profundidade de corte "ap" em função da velocidade de corte "Vc", oferece condições para se observar que os valores mínimos de rugosidade ocorrem para valores altos de "Vc" e valores de "ap" de médio para alto.

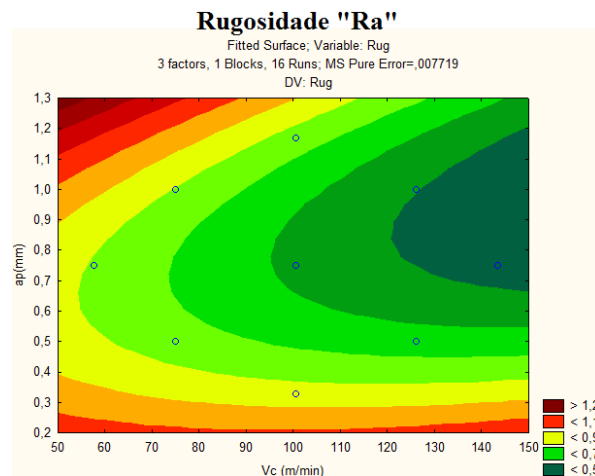


Figura 11. Gráfico "Vc" x "ap" para rugosidade "Ra".

A Figura 12 mostra as superfícies de resposta para a rugosidade.

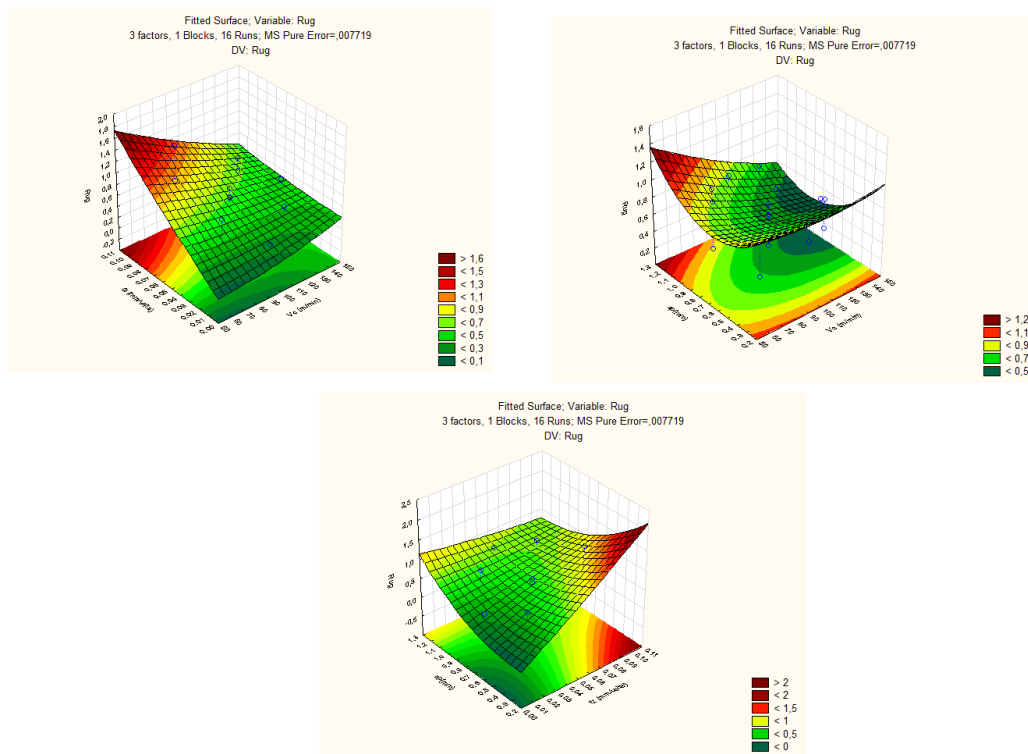


Figura 12. Superfícies de resposta para a rugosidade.

Por meio da Figura 12, percebe-se que não há curvaturas de ponto máximo, isto é, a rugosidade não passa por um máximo, sendo que os pontos críticos estão explícitos na Tab. 4.

Tabela 4. Pontos experimentais que levam à máxima Rugosidade "Ra".

Fator	Mínimo Observado	Valores Críticos	Máximo Observado
Vc (m/min)	57,61428	148,7991	143,3857
fz (mm/volta)	0,01296	0,0414	0,0970
ap (mm)	0,32955	0,8139	1,1704

Nota-se, na Tabela 4, que a velocidade de corte "Vc" que leva ao ponto de sela da rugosidade está fora da faixa operacional inicialmente proposta, ou seja, da faixa experimental da variável independente "Vc", conforme cor vermelha do número.

Os coeficientes de regressão, em termos das variáveis originais, estão dispostos na Tab. 5.

Tabela 5. Coeficientes de regressão.

Fator	Coef. regressão	Std. Err. PureErr	t(1)	p	-95%	95%
Mean/Interc.	-0,6432	0,81385	-0,79027	0,574242	-10,984	9,6978
(1)Vc (m/min) (L)	0,0042	0,01005	0,41789	0,748006	-0,124	0,1319
Vc (m/min) (Q)	0,0000	0,00004	0,57068	0,669859	-0,001	0,0006
(2)fz (mm/volta) (L)	37,1416	8,03667	4,62152	0,135660	-64,974	139,2572
fz (mm/volta) (Q)	14,4775	46,18478	0,31347	0,806615	-572,356	601,3108
(3)ap (mm) (L)	-0,0313	0,89638	-0,03495	0,977760	-11,421	11,3582
ap (mm) (Q)	1,2507	0,46185	2,70801	0,225199	-4,618	7,1190

1Lby 2L	-0,1382	0,04873	-2,83602	0,215811	-0,757	0,4809
1Lby 3L	-0,0074	0,00487	-1,51610	0,371204	-0,069	0,0545
2Lby 3L	-21,8450	4,97000	-4,39537	0,142414	-84,995	41,3048

Os valores previstos versus os valores observados podem ser visualizados na Fig. 13, o que confirma que o modelo proposto não descreve bem os dados experimentais, uma vez que a maioria dos pontos não caem próximos à linha reta.

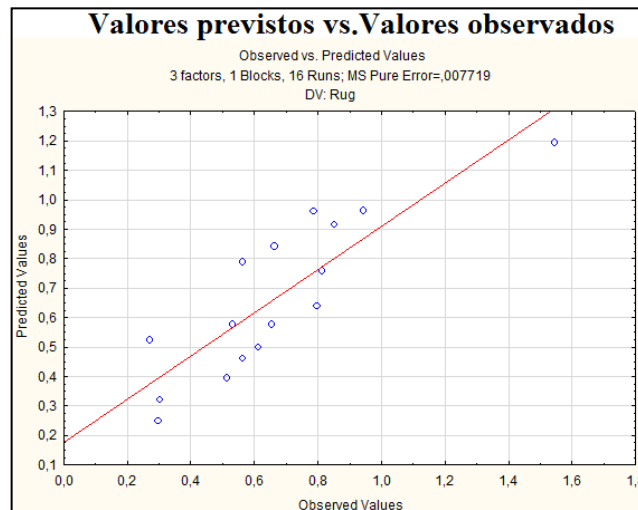


Figura 13. Valores previstos versus valores observados para a rugosidade.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com este trabalho permitiram verificar que os valores medidos de rugosidade “Ra”, após realização dos experimentos propostos, variaram entre 0,27 e 1,54 μm . Além disso, constatou-se, por meio da Tab. 3 e da Fig. 8 que o avanço por dente “fz” foi o único parâmetro que influenciou positivamente para o aumento do valor final da rugosidade, mesmo que em baixa intensidade. Isso significa dizer que quanto maior o valor do avanço por dente “fz”, pior as características superficiais em termos de rugosidade.

A análise estatística dos dados obtidos também permitiu observar que a rugosidade não apresenta um valor máximo, mas um ponto de sela, onde a velocidade de corte “Vc” que leva a esse ponto de sela está fora da faixa experimental proposta para “Vc” e equivale a 148,7991 m/min.

Por fim, por meio da Fig. 13 chegou-se à conclusão de que o modelo proposto não descreve bem os dados experimentais, pois os dados estão localizados distantes da linha reta, o que caracteriza um ajuste insatisfatório.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve a colaboração da empresa Bike do Nordeste S/A, que cedeu seu centro de usinagem para a realização da etapa de fresamento do corpo de prova. Além disso, contou com o apoio do Laboratório de Materiais do Instituto Federal do Piauí, no que se refere às aferições de rugosidade.

7. REFERÊNCIAS

- BLUHM, J.; HAYAJNEH, M. T.; TAHAT, M. S, 2007, “A Study of the Effects of Machining Parameters on the Surface Roughness in the End-Milling Process”. Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, [S.I.], v. 1, n. 1, p. 1-5. Disponível em: <<http://jjmie.hu.edu.jo/files/001.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2017.
- CHIAVERINI, V, 1986, “Tecnologia Mecânica”. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill Ltda.
- CHANDRAMOHAN, P.; PHILIP, S. D.; RAJESH P. K, 2015, “Prediction of Surface Roughness in End Milling Operation of Duplex Stainless Steel Using Response Surface Methodology”. Journal of Engineering Science and Technology, [Malásia], v. 10, n. 3, p. 340-352. Disponível em: <[http://jestec.taylors.edu.my/Vol%2010%20issue%203%20March%202015/Volume%20\(10\)%20Issue%20\(3\)%20340-352.pdf](http://jestec.taylors.edu.my/Vol%2010%20issue%203%20March%202015/Volume%20(10)%20Issue%20(3)%20340-352.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2017.
- EL-RAHMAN, H. M.; EL-ZAHRY, R. M.; MAHDY, Y. B, 2013, “Implementation of neural network for monitoring and prediction of surface roughness in a virtual end milling process of a CNC vertical milling machine”. Journal of

Engineering and Technology Research, Egito, v. 5, p. 63-78. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/journal/JETR/article-authors/27DFA922419>>. Acesso em: 12 out. 2017.

MACHADO, A. R. *et al*, 2009, “Teoria da Usinagem dos Materiais”. São Paulo: Blucher.

OLIVEIRA, C. J, 2004, “Avaliação da Influência de Sistemas de Filtragem Aplicados a Topografia de Superfícies em Usinagens”. 135 f. Dissertação de Mestrado – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas, Belo Horizonte.

SHARKAWY, A. B, 2011, “Prediction of Surface Roughness in EndMilling Process Using Intelligent Systems: A Comparative Study”. Applied Computational Intelligence and Soft Computing. Egito, v. 2011, n. 183764, p. 1-18. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/acisc/2011/183764/>>. Acesso em: 12 out. 2017.

SINGH, S. *et al*, 2014, “A Study of the Effects of Machining Parameters on Surface Roughness Using Response Surface Method on En11 Alloy Steel in The End-Milling Process”. International Journal of Mechanical Engineering and Technology, India, v. 5, n. 11, p. 47-58. Disponível em: <<http://www.iaeme.com/MasterAdmin/UploadFolder/A%20STUDY%20OF%20THE%20EFFECTS%20OF%20MACHINING%20PARAMETERS%20ON%20SURFACE%20ROUGHNESS%20USING%20RESPONSE%20SURFACE%20METHOD/A%20STUDY%20OF%20THE%20EFFECTS%20OF%20MACHINING%20PARAMETERS%20ON%20SURFACE%20ROUGHNESS%20USING%20RESPONSE%20SURFACE%20METHOD.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2017.

TAMMINENI, L.; YEDULA H. P. R, 2014, “Investigation of Influence of Milling Parameters On Surface Roughness and Flatness”. International Journal of Advances in Engineering & Technology, India, v. 6, n. 6, p. 2416-2424. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.670.2972&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 16/10/2017.

YANG, Y. *et al*, 2011, “Prediction of surface roughness in end milling with gene Expression programming”. 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering, [Los Angeles], ano 41, p. 1-6. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/efec/4e080d8930ccd5a8f96cefd85fac9eac9e8f.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2017.

8. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

Effects of the Influence of Cutting Parameters on the Top Milling Process on AISI D6 Steel

José Augusto Da Costa Sousa Filho, jsousaf@yahoo.com¹

José Matias Ferreira Filho, josematias@ifpi.edu.br¹

Patrícia Silva Oliveira, patricia.silva.oliver@gmail.com²

Pedro Lopes Dos Reis Júnior, preis90@gmail.com¹

Ricardo Cardoso Soares, eng.mec.ricardocardoso@gmail.com¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Campus Teresina Central, PI, Brasil,

²Universidade de Brasília – UnB, Campus Darcy Ribeiro, DF, Brasil.

Abstract. Milling is a machining process characterized by the removal of material, which implies in selecting correctly the cutting parameters. These will influence the entire milling process, such as operating time, final surface finish. In this sense, this research has the objective of analyzing the influence of cutting parameters on top milling in AISI D6 steel, since these parameters contribute significantly to the quality of the final product. For this purpose, was machined several channels in a single specimen, where roughness measurements were performed. Parallel to this process, a model of surface roughness prediction was developed, with the purpose of controlling the variables involved in the process, these variables are: feed, depth and cutting speed. In addition, to check which machining parameter has the greatest influence on the top milling process, a statistical analysis will be performed using Statistica 13.0 software. The results showed that the feed was the only parameter analyzed that contributed to the increase of the roughness.

Keywords: Feed, Depth, Cutting Speed, Statistica 13.0.