

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE CORTE NOS SINAIS MONITORADOS DE FORÇA E VIBRAÇÃO, E NA VARIAÇÃO DA RUGOSIDADE DA SUPERFÍCIE TORNEADA

André João de Souza

Universidade Regional Integrada (URI). Engenharia Industrial Mecânica (EIM). Rua Universidade das Missões, 464, CEP 98802-470, Santo Ângelo, RS, e-mail: ajsouza@san.uri.br.

Rolf Bertrand Schroeter

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Laboratório de Mecânica de Precisão (LMP). Caixa Postal 476 (EMC), CEP 88010-970, Florianópolis, SC, e-mail: rolf@emc.ufsc.br.

Resumo. *Em sistemas de supervisão do estado da ferramenta de corte, o monitoramento de sinais de força mostra-se eficaz na detecção de falhas. Porém, as perturbações causadas pelas variações no material da peça, na geometria da ferramenta e nos parâmetros de corte podem gerar a mesma magnitude que diferentes níveis de desgastes e avarias. Além disso, a deformação plástica, os atritos e as oscilações da força de usinagem produzem vibrações. Com o tempo de corte, a ferramenta se desgasta, e o sinal de vibração passa a apresentar alterações de frequência e intensidade. O principal problema está no fato de que os sinais de vibração também variam com os parâmetros de usinagem e com a geometria da ferramenta. Assim, pretende-se mostrar a influência dos parâmetros de corte nos sinais adquiridos de força e vibração, e na variação do desvio médio de rugosidade da superfície usinada utilizando 24 combinações diferentes de parâmetros no torneamento a seco do aço ABNT 1040 usando pastilhas de metal-duro revestidas. Os resultados gráficos e estatísticos mostraram significativa estabilidade das componentes normalizadas com as variações da velocidade de corte. Como o desgaste é influenciado principalmente por este parâmetro, o isolamento desta influência é fator decisivo para sua aplicação em sistemas de monitoramento. No caso da vibração, foi possível constatar que ela cresce com os aumentos do avanço e da profundidade de corte, e com a diminuição da velocidade de corte. Como esperado e devidamente constatado, a rugosidade varia proporcionalmente com o avanço.*

Palavras-chave: torneamento, parâmetros de corte, força, vibração, rugosidade.

1. INTRODUÇÃO

A força de usinagem atua sobre o gume durante o corte. As suas componentes ortogonais são obtidas de acordo com as considerações físicas e tecnológicas da formação do cavaco.

Em sistemas de monitoramento, os sinais de força mostram-se eficazes na detecção de falhas na ferramenta. Porém, as perturbações causadas pelas variações no material da peça, na geometria da ferramenta e nos parâmetros de corte podem gerar a mesma magnitude que diferentes níveis de desgastes e avarias. Além disso, a deformação plástica, os atritos e as oscilações da força de usinagem produzem vibrações.

Com o tempo de corte, a ferramenta se desgasta, e o sinal de vibração passa a apresentar alterações de frequência e intensidade. O principal problema em correlacionar os sinais de vibração com o estado da ferramenta está no fato de que estes variam também com os parâmetros de usinagem e com a geometria da ferramenta. Assim, tem-se a intenção de verificar graficamente e comprovar estatisticamente qual o grau de influência dos parâmetros de corte nos sinais adquiridos de força (as componentes e suas normalizações) e de vibração, e na variação do desvio médio de rugosidade da superfície torneada.

2. VARIÁVEIS DEPENDENTES E INDEPENDENTES

Conforme descrito por J. T. Black⁽¹⁾, dentre as variáveis envolvidas no processo de corte com formação de cavaco, existem aquelas nas quais se pode intervir (variáveis independentes de entrada) e aquelas nas quais não se pode (variáveis dependentes de saída), já que sofrem influência das mudanças nas variáveis de entrada. Uma maneira de controlar o processo de usinagem é atuar diretamente nas variáveis de entrada e mensurar seu efeito através da medida de variáveis de saída. As condições ideais para um determinado processo de usinagem podem ser determinadas com um melhor aproveitamento da ferramenta de corte e uma melhor taxa de remoção de material.

2.1. Variáveis Independentes de Entrada

A peça (material e geometria), a ferramenta (material e geometria), a máquina, os parâmetros de corte e os meios lubri-refrigerantes são considerados como variáveis independentes de entrada em torneamento. Conforme enfoca o trabalho, apenas as duas últimas serão brevemente descritas.

2.1.1. Parâmetros de Corte

Childs *et al.*⁽²⁾ explicam que para cada operação de usinagem é necessário decidir quais serão os parâmetros de corte utilizados [velocidade de corte (v_c), avanço (f) e profundidade de corte (a_p)]. Muitos fatores vão de encontro a tais decisões, pois todas as variáveis dependentes são influenciadas por elas. A seleção apropriada destes parâmetros depende também de outras variáveis de entrada que devem ser escolhidas com antecedência: a quantidade total de material a ser removido; os materiais da peça e da ferramenta; e as operações de corte envolvidas. Em geral, operações de desbaste envolvem baixa " v_c ", alto " f " e alta " a_p "; já operações de acabamento trabalham com baixo " f ", baixa " a_p " e alta " v_c ".

2.1.2. Meios lubri-refrigerantes

A seleção correta do meio lubri-refrigerante (também chamado fluido de corte, óleo de corte, líquido refrigerante etc.) para uma combinação particular peça-ferramenta pode significar a diferença entre o sucesso e o fracasso em quase todos os processos de usinagem. Diferentes autores explicam que a lubrificação e a refrigeração têm por finalidade: aumentar a vida da ferramenta; aumentar a eficiência da remoção do cavaco da região de corte; melhorar o acabamento usinado; reduzir a força e potência de corte [Diniz *et al.*⁽³⁾; Machado e Silva⁽⁴⁾ Stemmer⁽⁵⁾]. Por outro lado, a usinagem a seco está crescendo na indústria de corte de metais. Nesta, não se verificam as funções primárias do meio lubri-refrigerante: refrigeração, lubrificação e transporte de cavacos. Assim, exige-se uma adaptação compatível de todos os fatores influentes: máquina, peça, ferramenta, processo e parâmetros de corte.

Modernas ferramentas de corte têm sido desenvolvidas para suportar altas temperaturas na região de corte, sem perder a dureza e a resistência ao desgaste. Com isso, é possível aumentar a produtividade com a usinagem a seco, pois não se elimina apenas o custo com o lubrificante-refrigerante, mas também o tempo e o custo com a manutenção. Além dos aspectos tecnológicos e econômicos citados, os aspectos ecológicos também merecem destaque (os fluidos de corte são nocivos ao homem e agredem o meio ambiente) [König e Klocke⁽⁶⁾].

2.2. Variáveis Dependentes de Saída

As características extraídas da força de usinagem, da vibração e da rugosidade geradas no processo podem ser consideradas variáveis dependentes, uma vez que sofrem modificações com as condições de usinagem (variáveis independentes de entrada). As outras variáveis de saída do processo são: cavaco (tipo e forma), temperatura na região de corte e falhas na ferramenta.

2.2.1. Força e Potência de Usinagem

A usinagem de um metal usando parâmetros de corte definidos, meio lubri-refrigerante específico e ferramenta de corte determinada (material e geometria), gera forças, energia e potência

de usinagem. Uma mudança em qualquer uma das variáveis de entrada altera os valores das forças. Assim, Childs *et al.* ⁽²⁾ afirmam que se for necessário modificar tais valores, dever-se-á alterar os parâmetros que geram estas forças. A Figura 1 apresenta qualitativamente a dependência das componentes ortogonais da força de usinagem em função dos parâmetros de corte (v_c , f , a_p) e do ângulo de posição (χ_r).

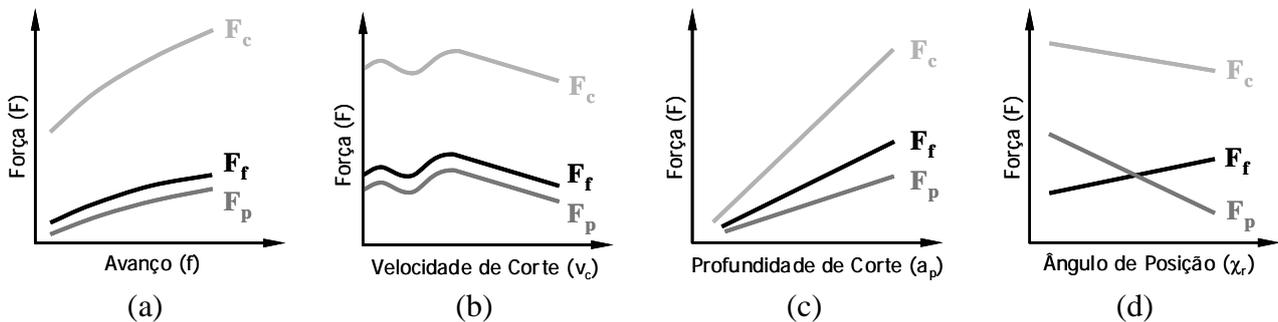


Figura 1. Dependência das componentes das forças de usinagem em relação a: (a) avanço; (b) velocidade de corte; (c) profundidade de corte; (d) ângulo de posição [König e Klocke ⁽⁶⁾]

König e Klocke ⁽⁶⁾ mostram que a ação de “ χ_r ” sobre as forças de avanço (F_f) e passiva (F_p) ocorre devido à localização geométrica do gume principal com relação ao eixo da peça, já que com maiores valores de “ χ_r ”, a componente “ F_f ” aumenta e têm seu máximo quando $\chi_r = 90^\circ$. Se este ângulo for aumentado, a espessura do cavaco (h) aumenta na mesma proporção que a largura do cavaco (b) diminui. Já que a força de corte (F_c) é proporcional à profundidade de corte (equivalente a “ b ”), ela aumenta de forma inversamente proporcional ao avanço (equivalente a “ h ”), resultando das duas variações uma pequena redução de “ F_c ” com aumento de “ χ_r ”.

As forças são importantes, pois influenciam as deflexões na ferramenta e na peça, afetando as dimensões finais desta. Também são responsáveis pelos fenômenos de vibração, comuns em usinagem. Busca-se sempre uma forma de se controlar as forças geradas (e a potência consumida) para assim poder assegurar a integridade do sistema máquina-ferramenta-peça [König e Klocke ⁽⁷⁾].

Para eliminar a influência das variações das condições de corte, ferramentas e materiais da peça na força resultante, Youn e Yang ⁽⁷⁾ estabelecem a normalização das suas componentes ortogonais a partir das Equações (1), (2) e (3).

$$NF_f = \frac{F_f}{F} \quad (1)$$

$$NF_p = \frac{F_p}{F} \quad (2)$$

$$NF_c = \frac{F_c}{F} \quad (3)$$

2.2.2. Vibrações

Oscilações das componentes da força de usinagem (variações cíclicas das parcelas dinâmicas) geram movimentos periódicos na estrutura da máquina-ferramenta. Estas oscilações são chamadas, conforme Stemmer ⁽⁵⁾, de **vibrações mecânicas**. Os sinais de vibração, resultantes do processo de corte em metais, podem ser basicamente forçados (causados por elementos mecânicos da máquina) ou auto-excitados (gerados por interações do processo com a estrutura da máquina).

Dimla ⁽⁸⁾ mostra que a medição direta da vibração é difícil de ser efetuada, pois na determinação das características representativas do sinal, o modo de vibração depende da frequência. Por isso, parâmetros correlacionados, tais como variações da parcela dinâmica da força de usinagem por unidade de tempo (aceleração), são medidos, e características derivadas deste padrão são obtidas.

Uma das causas da vibração é o atrito entre a superfície usinada e o flanco da ferramenta: a tendência à vibração cresce com o aumento da largura da marca de desgaste (VB). A geometria da ferramenta também influi no comportamento de vibrações: raio de quina (r_c) grande contribui para o seu crescimento. Com o aumento da vibração, a vida da ferramenta tende a diminuir com maior rapidez, pois microlascamentos são produzidos no gume. Stemmer⁽⁵⁾ cita que o acabamento sofre também influência direta, diminuindo assim a qualidade da superfície com o aumento da vibração.

2.2.3. Acabamento da Superfície Usinada

Risbood *et al.*⁽⁹⁾ explica que acabamento é um termo coloquial largamente usado para designar a qualidade geral de uma superfície usinada. O acabamento não está especificamente ligado à textura ou padrão característico da superfície técnica, nem a valores específicos de rugosidade. Contudo, um “bom” acabamento implica baixos valores de rugosidade, e vice-versa. Assim, segundo Childs *et al.*⁽²⁾, a habilidade de uma operação de usinagem em produzir um acabamento específico depende de muitos fatores: ferramenta, peça, processo, parâmetros de corte e meio lubri-refrigerante.

Conforme Mesquita⁽¹⁰⁾, em geral, a qualidade de uma superfície usinada é classificada apenas em termos do parâmetro rugosidade, cujos valores medidos são normalmente expressos pelo desvio médio aritmético de rugosidade (R_a – *roughness average*) ou pela profundidade máxima de rugosidade ($R_{máx}$ ou R_t). O parâmetro “ R_a ” é o parâmetro de medição mais utilizado em todo o mundo, principalmente em superfícies nas quais: (a) o controle contínuo da rugosidade nas linhas de produção faz-se necessário; (b) o acabamento apresenta sulcos de usinagem bem orientados, e.g. torneamento; (c) exige-se pouca responsabilidade, como no caso de acabamento com fim estético.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1. Arquitetura do Sistema

A Figura 2 ilustra a arquitetura do sistema experimental, descrito nos tópicos subseqüentes.

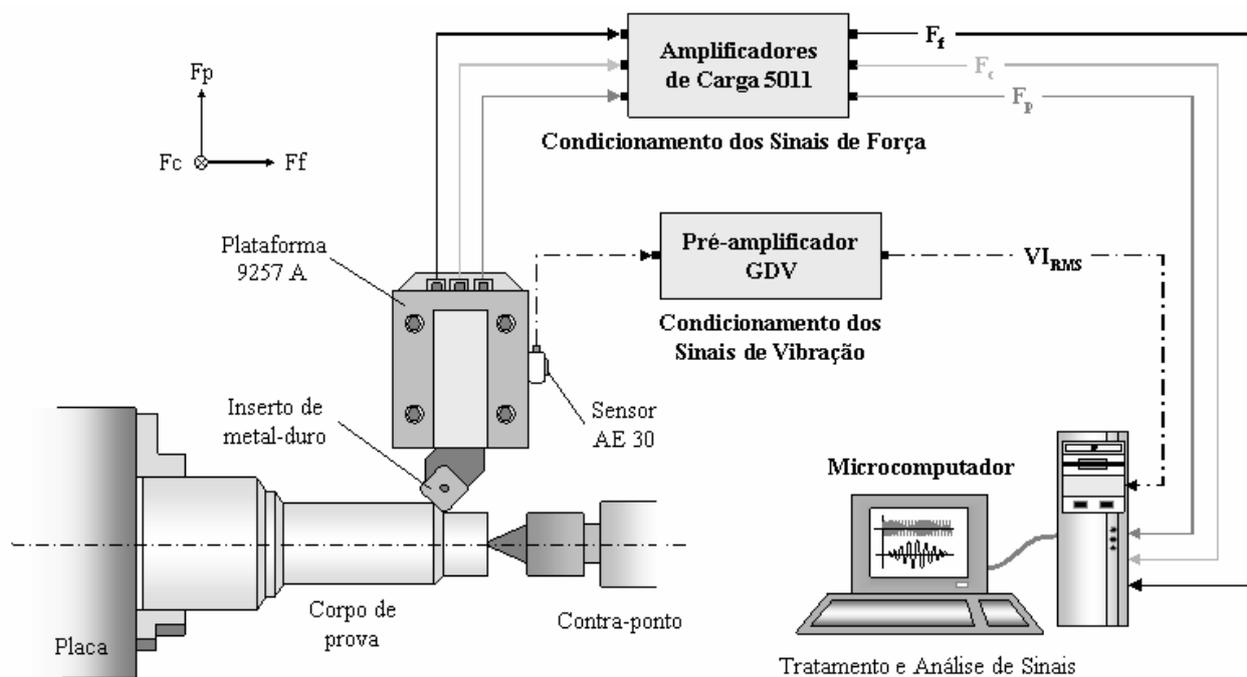


Figura 2. Arquitetura do sistema experimental completo

- *Corpo de prova*: tarugo de aço-carbono ABNT 1040 (barra laminada) com dureza média (medida) de 156 HB, comprimento de 450 mm e diâmetro de 100 mm.
- *Ferramenta de corte*: pastilha negativa SANDVIK® (T-MAX P) tipo SNMG 120408-PM com cobertura GC4025 e suporte ISCAR® tipo PSBNL 2525M-12.

- *Máquina-ferramenta*: torno CNC ROMI[®] COSMOS 20-U com comando MACH-7.
- *Parâmetros de corte*: foram escolhidos conforme recomendações do fabricante (na Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de corte escolhidos para a análise

Parâmetros	Valores Escolhidos			
Velocidade de corte v_c [m/min]	180	240	290	350
Avanço f [mm]	0,15	0,22	0,30	
Profundidade de corte a_p [mm]	1,0		1,5	
Meio lubri-refrigerante	Corte a seco			

- *Sensoriamento e condicionamento de sinais de força*: dinamômetro piezelétrico KISTLER[®] modelo 9257A de três componentes com três amplificadores de carga 5011.
- *Sensoriamento e condicionamento de sinais de vibração*: transdutor piezelétrico PROMETEC[®] modelo AE 30 com pré-amplificador GDV ajustado para uma faixa de operação de 5 a 25 kHz.
- *Aquisição e processamento de sinais*: placa DAQ NATIONAL INSTRUMENTS[®] modelo NI 6070E (PCI-MIO-16E-1) com software LabView[®]
- *Sistema de medição de rugosidade*: rugosímetro portátil MITUTOYO[®] modelo SJ-201.

3.2. Metodologia

De modo a não considerar a influência do desgaste do inserto nos ensaios, tomou-se um gume novo em cada uma das 24 combinações de parâmetros.

Para evitar o efeito *aliasing* na representação de sinais contínuos analógicos por sinais discretos digitais, a taxa de aquisição deve ser pelo menos duas vezes maior que a máxima frequência do sinal a ser coletado (teorema de Nyquist). Assim, considerou-se uma taxa de aquisição de 50 kHz por canal da placa DAQ. Os sinais foram adquiridos no início de cada passe.

4. RESULTADOS

4.1. Força de Avanço (F_f)

Pode-se observar na Figura 3 um nítido crescimento de “ F_f ” com o aumento de “ a_p ”. O aumento de “ F_f ” é de 49%, praticamente o mesmo do incremento de “ a_p ” (50%), já que $r_e = 0,8$ mm. Também se pode verificar um aumento de “ F_f ” com o aumento de “ f ”. Segundo a teoria, dever-se-ia observar uma redução de “ F_f ” com o aumento de “ v_c ” por causa de uma redução da resistência do material em altas temperaturas. Isto foi bem constatado para o avanço de 0,30 mm, onde a quantidade de calor gerada foi maior. Apesar disso, observa-se também para $f = 0,15$ mm, mas apenas para $a_p = 1,0$ mm.

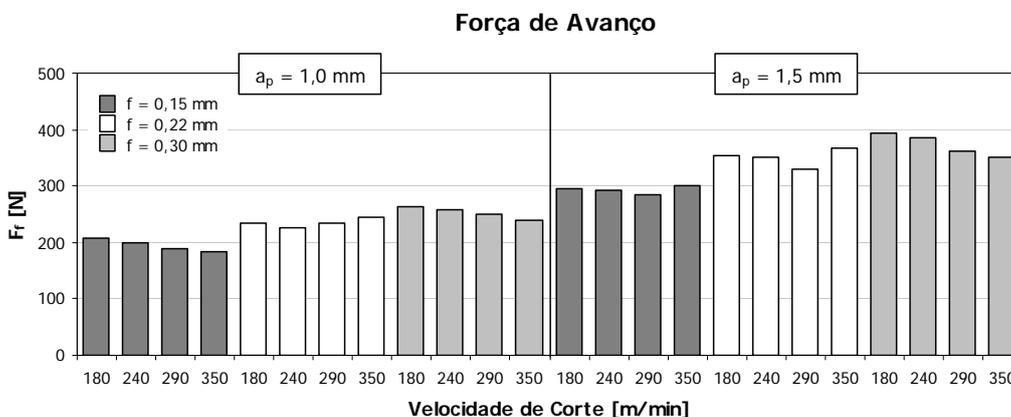


Figura 3. Relação entre força de avanço e os parâmetros de corte

4.1.1. Força de Avanço Normalizada (NF_f)

É possível verificar na Figura 4 que “ NF_f ” cresce muito pouco com o aumento de “ a_p ”. No caso, o crescimento é de apenas 3%, bem diferente do incremento de “ a_p ” (50%). O mesmo pode ser dito a respeito da variação de “ NF_f ” com “ v_c ”: ela não é significativa. Por outro lado, nota-se uma diminuição de “ NF_f ” com o aumento de “ f ”. Como a progressão do desgaste da ferramenta é influenciada principalmente por “ v_c ”, depois por “ f ” e por último por “ a_p ”, a estabilidade de “ NF_f ” com a variação de “ v_c ” torna-se um índice de monitoramento muito importante em sistemas TCM (do inglês *Tool Condition Monitoring*).

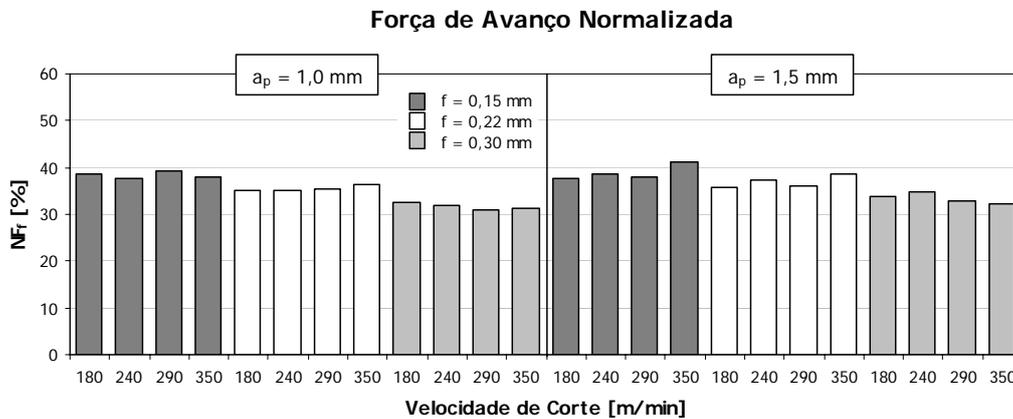


Figura 4. Relação entre força de avanço normalizada e os parâmetros de corte

4.2. Força Passiva (F_p)

Observa-se claramente na Figura 5 um crescimento da intensidade de “ F_p ” com o acréscimo de “ a_p ” (“ F_p ” cresce 35%). Também se pode ver o aumento de “ F_p ” quando “ f ” aumenta. Somente na condição com $f = 0,30$ mm e $a_p = 1,5$ mm – maior quantidade gerada de calor – que a diminuição de “ F_p ” com o aumento de “ v_c ” mostrou-se evidente.

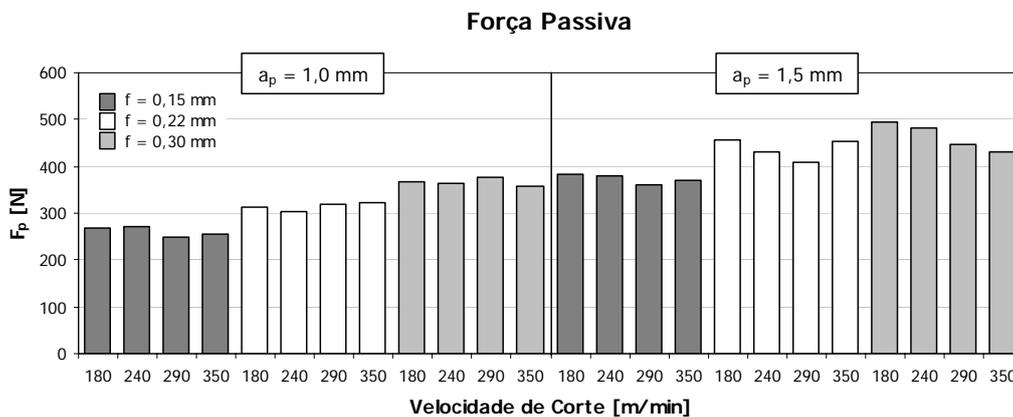


Figura 5. Relação entre força passiva e os parâmetros de corte

4.2.1. Força Passiva Normalizada (NF_p)

Na Figura 6, pode-se notar que “ NF_p ” diminui ligeiramente com o aumento de “ a_p ” (aproximadamente 5%). A variação da “ NF_p ” com “ v_c ” também não é significativa. No entanto, a diminuição de “ NF_p ” com o aumento de “ f ” fica evidenciado. Assim, a estabilidade da “ NF_p ” com a variação de “ v_c ” torna-se também um índice de monitoramento importante em sistemas TCM.

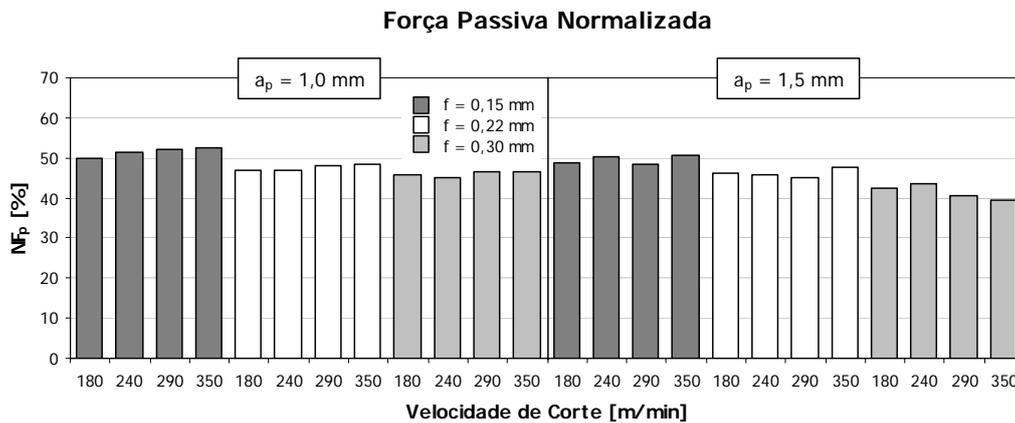


Figura 6. Relação entre força passiva normalizada e os parâmetros de corte

4.3. Força de Corte (F_c)

Na Figura 7, observa-se claramente o crescimento de “ F_c ” com o aumento de “ a_p ”. No caso, o crescimento é de 45%. Também pode se verificar um aumento de “ F_c ” com o aumento de “ f ”. Já o aumento de “ v_c ” proporciona uma ligeira redução de “ F_c ”, praticamente em todos os casos.

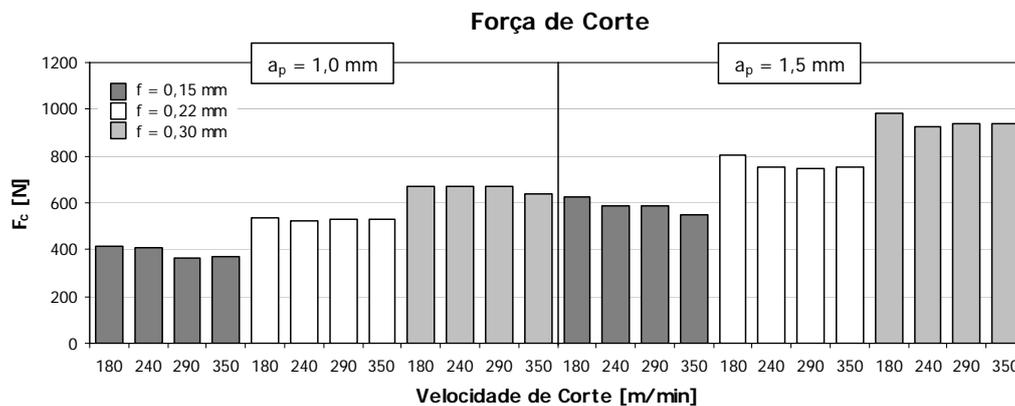


Figura 7. Relação entre força de corte e os parâmetros de corte

4.3.1. Força de Corte Normalizada (NF_c)

Na Figura 8, a variação de “ NF_c ” com os aumentos de “ a_p ” e “ v_c ” não é significativa. No caso do aumento de “ NF_c ” com o aumento de “ f ”, tem-se uma ligeira tendência. Com isso, a estabilidade de “ NF_c ” pode-se tornar também um importante índice de monitoramento.

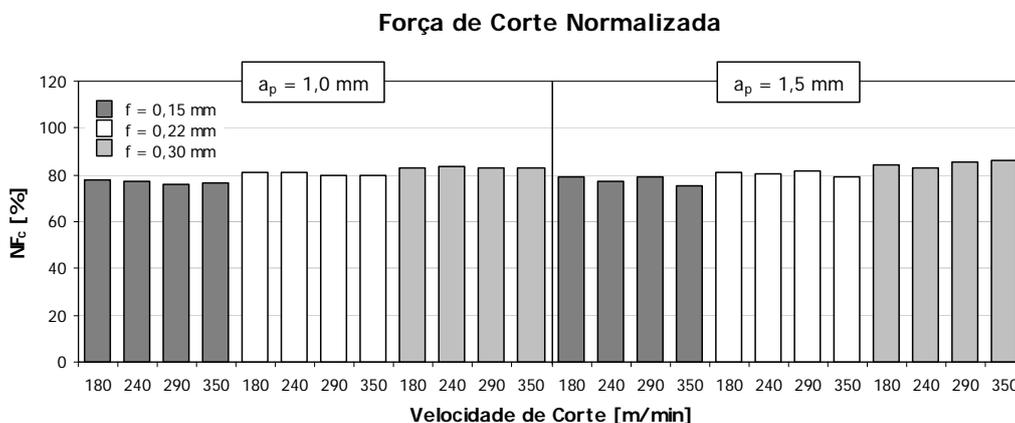


Figura 8. Relação entre força de corte normalizada e os parâmetros de corte

4.4. Vibração (VI_X)

A Figura 9 ilustra a relação entre a tensão elétrica [V_{RMS}] de saída do pré-amplificador GDV e os parâmetros de corte da Tabela 1. Fica claro que a vibração cresce com o aumento de “f”, visto que se pôde verificar um aumento de “F_f” com este acréscimo – vale lembrar que o transdutor está posicionado na direção de avanço (X).

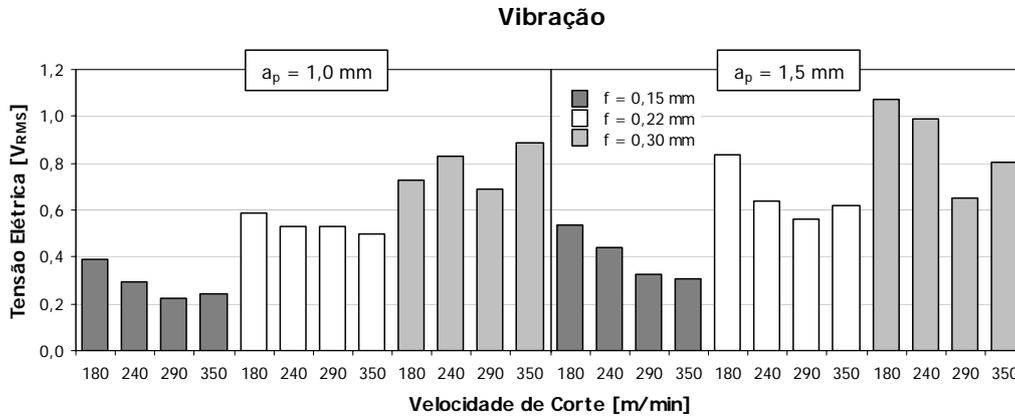


Figura 9. Relação entre o sinal de vibração e os parâmetros de corte

De maneira geral, é possível afirmar para os avanços $f = 0,15$ mm e $f = 0,22$ mm que a vibração aumenta: com a diminuição de “v_c” e com o aumento de “a_p”. Já para $f = 0,30$ mm, a vibração oscila; e.g.: a menor vibração para $f = 0,30$ mm ocorre com $v_c = 290$ m/min.

4.5. Desvio Médio de Rugosidade (R_a)

O acabamento da superfície torneada depende muito da relação entre avanço (f) e raio de arredondamento de quina (r_ε). Teoricamente, “R_a” é dada pela Equação (4) [Machado e Silva⁽⁴⁾]:

$$R_a = \frac{1000 \times f^2}{18\sqrt{3} \times r_\epsilon} \quad [\mu\text{m}] \quad (4)$$

Um fator muito importante na medição do parâmetro “R_a” é a determinação do valor do comprimento de medição (L_c ou *cut-off*). Este valor define o comprimento de amostragem que serve de referência para a medição da altura e profundidade das irregularidades no cálculo da rugosidade. A norma ISO 4288 estabelece os critérios para a correta seleção do *cut-off*. Os valores de rugosidade (Figura 10) foram adquiridos pelo rugosímetro SJ-201 utilizando L_c = 0,8 mm.

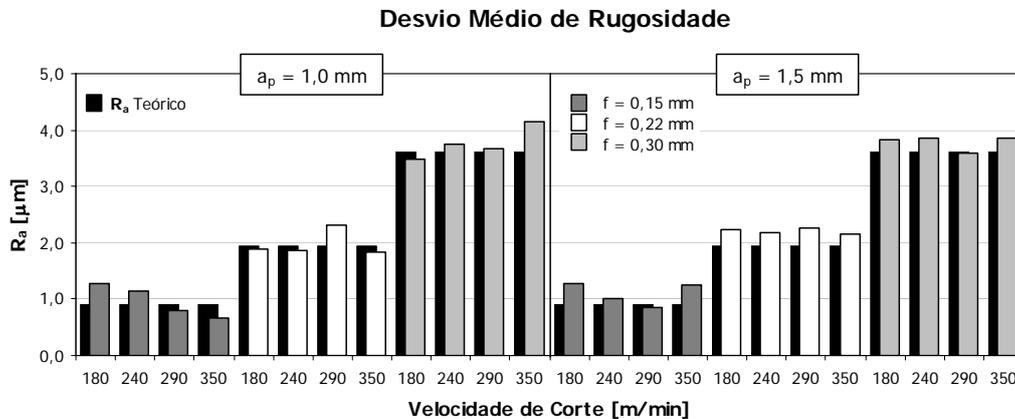


Figura 10. Relação entre o desvio médio de rugosidade e os parâmetros de corte

Observa-se na Figura 10 que os valores teóricos assemelham-se bastante aos valores obtidos empiricamente. Algumas variações entre os resultados podem ser explicadas por causa de fatores tais como vibração, deformação do cavaco, fluxo lateral do cavaco etc. E como era de se esperar, “ R_a ” varia proporcionalmente com “ f ”. À medida que “ v_c ” cresce, “ R_a ” oscila. Diniz *et al.* ⁽³⁾ explicam este fato afirmando que a oscilação da rugosidade é a resposta que o sistema máquina-peça-ferramenta-dispositivo de fixação dá, em termos de vibração, ao crescimento de “ v_c ”. Observa-se também que “ a_p ” não exerce uma influência significativa em “ R_a ”.

4.6. Análise Estatística dos Resultados

Baseando-se na *Análise de Variância* apresentada na obra de Montgomery e Runger ⁽¹¹⁾, é possível afirmar, com confiança superior a 95% ($\alpha = 0,05$ na Distribuição F), que:

- as três componentes da força de usinagem (F_f , F_p e F_c) são afetadas pela profundidade de corte (a_p) e pelo avanço (f) nas razões aproximadas de 9:1, 8:2 e 6:4 respectivamente. Não houve influência da velocidade de corte (v_c) para os casos analisados;
- as componentes normalizadas da força de usinagem NF_f e NF_c recebem influência somente de “ f ”. A “ NF_p ” é afetada por “ f ” e “ a_p ” na razão 7:3.
- a vibração (VI_x) é afetada pelos três parâmetros de corte (f , a_p e v_c) na razão aproximada de 8:1:1 respectivamente.
- o desvio médio de rugosidade (R_a) é influenciado também pelos três parâmetros (f , a_p e v_c), mas com um predomínio absoluto de “ f ” (99,2%) sobre “ a_p ” (0,7%) e “ v_c ” (0,1%).

5. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram significativa estabilidade das componentes normalizadas (razão entre a componente e a força resultante) com as variações da velocidade de corte e da profundidade de corte. Como o desgaste abrasivo é influenciado principalmente por “ v_c ”, o isolamento desta influência é fator decisivo para aplicação deste índice em sistemas de monitoramento.

No caso da vibração, foi possível constatar, de um modo geral, que ela cresce: com os aumentos do avanço e da profundidade de corte, e com a diminuição da velocidade de corte.

A rugosidade varia proporcionalmente com o avanço, a profundidade de corte não exerce uma influência significativa sobre ela, e o aumento da velocidade de corte proporciona uma pequena oscilação dos valores, que é a resposta que o sistema máquina-ferramenta-peça dá, em termos de vibração, a este crescimento.

6. REFERÊNCIAS

1. BLACK, J. T.. **Introduction to machining processes**. In: METALS HANDBOOK. v. 16: Machining. 9. ed. Washington: ASM International, 1994, p. 1-4.
2. CHILDS, T. H. C. et al. **Metal machining: theory and applications**. London: Butterworth-Heinemann, 2000, 408 p.
3. DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L.. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 4. ed. São Paulo: Artliber, 2001, 248 p.
4. MACHADO, A. R.; SILVA, M. B.. **Usinagem dos metais**. 4. ed. Uberlândia: Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem, Universidade Federal de Uberlândia, 1999, 214 p. Apostila.
5. STEMMER, C. E.. **Ferramentas de corte I**. 5. ed., Florianópolis: UFSC, 2001, 249 p.
6. KÖNIG, W.; KLOCKE, F.. **Fertigungsverfahren 1. drehen, fräsen, bohren**. 5. ed., Berlin: Springer-Verlag GmbH, 1997, 417 p.

7. YOUN, J.-W.; YANG, M.-Y.. A study on the relationships between static/dynamic cutting force components and tool wear. **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, Transactions of the ASME, v. 123, n. 2, p. 196-205, May 2001.
8. DIMLA, D. E.. Sensor signals for tool-wear monitoring in metal cutting operations – a review of methods. **International Journal of Machine Tools and Manufacturing**, v. 40, n. 8, p. 1073-1098, Jun. 2000.
9. RISBOOD, K. A.; DIXIT, U. S; SAHASRABUDHE, A. D.. Prediction of surface roughness and dimensional deviation by measuring cutting forces and vibrations in turning process. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 132, n. 1-3, p. 203-214, Jan. 2003.
10. MESQUITA, N. G. M.. **Avaliação e escolha de uma superfície segundo sua função e fabricação**. 1992. 142 f. Tese (Doutorado em Eng. Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1992.
11. MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C.. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2003, 463 p.

CUTTING PARAMETERS INFLUENCE ANALYSIS IN THE MONITORED SIGNALS OF THE FORCE AND VIBRATION, AND IN THE VARIATION OF THE TURNING SURFACE ROUGHNESS

André João de Souza

Integrated Regional University (URI). Industrial Mechanical Engineering (EIM). 464 University of the Missions, Zip Code 98802-470, Santo Angelo, RS, e-mail: ajsouza@san.uri.br.

Rolf Bertrand Schroeter

Federal University of Santa Catarina (UFSC). Laboratory of Precision Mechanics (LMP). P.O. Box 476 (EMC), Zip Code 88010-970, Florianopolis, SC, e-mail: rolf@emc.ufsc.br.

Abstract. *In supervision systems of the cutting tool state, the monitoring of force signals reveals efficient in the failure detections. However, the disturbances caused for the variations in part material, tool geometry and cutting parameters can generate the same magnitude that different levels of tool wear and fracture. Moreover, the plastic deformation, the attritions and the oscillations of the machining force produce vibrations. With the cutting time, the tool if consumes, and the vibration signal starts to present alterations of frequency and intensity. The main problem is in the fact of that the vibration signals also vary with the cutting parameters and tool geometry. Thus, it is intended to show the influence of the cutting parameters in the acquired signals of force and vibration, and in the variation of the roughness average of the machining surface using 24 different combinations of parameters in the dry turning of steel ABNT 1040 using coated carbide inserts. The graphical and statistical results had shown significant stability of the components normalized with the variations of the cutting speed. As the tool wear is influenced mainly by this parameter, the isolation of this influence is decisive factor for its application in monitoring systems. In the case of the vibration, it was possible to evidence that it grows with the increases of the feed rate and the depth of cut, and with the reduction of the cutting speed. As waited and duly evidenced, the roughness change proportionally with the feed rate.*

Keywords: *cutting parameters, force, vibration, roughness.*