

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS DE CORTE SOBRE O TORNEAMENTO DO AÇO ABNT 4340

Bárbara Cristina Mendanha Reis, babi_mreis@hotmail.com¹

Christianne Lacerda Soares, chrislacerda3@hotmail.com¹

Paulo Eustáquio Faria, paulofaria@ufmg.br¹

Juan Carlos Campos Rubio, juan@ufmg.br²

¹ Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia de Produção (DEP), Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, CEP 21270-901, Belo Horizonte, MG

² Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC), Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, CEP 21270-901, Belo Horizonte, MG

Resumo: Pesquisas sobre a utilização de fluidos de corte nos processos de usinagem têm sido intensificadas a fim de reduzir, ao máximo, o uso de fluido refrigerante e/ou lubrificante na indústria metal-mecânica. Os fatores importantes que justificam tal ação incluem a maximização da eficiência na produção, a redução dos custos associados com a aquisição, tratamento, estocagem e disposição dos fluidos de corte além do cumprimento das exigências legais quanto à preservação da qualidade ambiental e saúde do trabalhador. Logo, para que ocorra a redução do uso do fluido de corte, duas técnicas surgem como alternativa ao jorro contínuo de fluido: o corte a seco e a mínima quantidade de líquido (MQL), na qual o líquido é pulverizado através de um fluxo de ar comprimido sobre a interface de corte. Considerando o corte a seco, este promove o aumento do desgaste da ferramenta e no uso do MQL, o vapor, a névoa e a fumaça de óleo podem ser considerados subprodutos indesejados. Entretanto, em ambas alternativas, há ganhos de eficiência frente à lubrificação convencional, dada a redução dos custos de reprocessamento, limpeza, acondicionamento, entre outros. Diante deste cenário, neste estudo foi investigado o torneamento do aço ABNT 4340, o qual é utilizado para a fabricação de componentes mecânicos em geral sob a ação de tensões dinâmicas, com aplicação na produção de peças na indústria automotiva, petrolífera e de construção naval. Tal estudo procurou compreender os fenômenos intrínsecos que as variações dos parâmetros de corte, a saber: avanço (0,15 e 0,30 mm/rev), profundidade de usinagem (0,5, 1,0, 1,5 mm) e ambiente lubri-refrigerante (Seco, Jorro, MQL), causam sobre a rugosidade superficial e a temperatura de corte. O estudo contemplou 36 testes e para a análise estatística dos dados utilizou-se o modelo de Análise de Variância (ANOVA). Os resultados mostraram que a rugosidade (R_a) é influenciada pelo avanço sendo o uso de fluido de corte pouco efetivo na obtenção de rugosidades mais baixas. No que concerne a temperatura, verificou-se que todos os efeitos principais (avanço, profundidade de usinagem e ambiente) e a interação entre profundidade de usinagem e meio lubri-refrigerante e a interação entre avanço e meio lubri-refrigerante são significativas sobre a variável resposta.

Palavras-chave: aço ABNT 4340, torneamento, fluido de corte, rugosidade, temperatura .

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, na indústria de manufatura, busca-se produzir cada vez mais, peças sofisticadas, com rigorosos parâmetros de tolerância geométrica e de acabamento concomitante à redução de custos, aos investimento em tecnologia e o cumprimento de legislações ambientais e trabalhistas.

Ao se observar tal paradigma na indústria metal mecânica, percebe-se que pesquisas de determinados fenômenos auxiliam a determinar a causa de alguns efeitos relacionados aos processos de usinagem. Dentre os processos de usinagem com remoção de cavaco, a operação de torneamento destaca-se no meio industrial. Ferraresi (1970) define torneamento como um processo mecânico que, com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes, destina-se a obtenção de superfícies de revolução. O autor detalha que nesta operação a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar. Machado *et al.* (2015) classificam o torneamento como usinagem convencional e descrevem a operação como sendo a peça girando em torno do seu eixo enquanto a ferramenta de corte realiza os movimentos de avanço longitudinal e/ou transversal.

O torneamento, segundo Souza (2004), dependerá de variáveis independentes: material da peça, geometria da peça, material da ferramenta, geometria da ferramenta, parâmetros de corte, meios lubri-refrigerantes e máquina ferramenta;

como também de variáveis dependentes: tipo do cavaco, força e potência de usinagem, temperatura na região de corte, vibrações, falhas na ferramenta de corte e acabamento da superfície usinada.

Diversificar os parâmetros essenciais no intuito de averiguar as condições ótimas de usinagem pode agregar vantagens competitivas devido a redução de resíduos, além da garantia de qualidade na tríade processo, produto e ambiente. Conforme Nascimento (2011) observa na literatura, inúmeros estudos são realizados com foco no controle de variáveis, tais como: deformação plástica, desgaste, vibração, parâmetros de corte, formação de cavacos entre outros, diversificando-se parâmetros essenciais no intuito de averiguar as condições ótimas de usinabilidade para cada material.

Entre os materiais, o aço é bastante utilizado, possuindo aplicações na indústria automobilística, de infraestrutura, aeronáutica, naval, de edificações, química, de equipamentos, de transportes, entre outras. Em relação ao torneamento de aço, este possui ampla aplicação devido à sua relativa simplicidade na escolha de equipamentos, parâmetros e gama de ferramentas de corte disponíveis. Não obstante, a usinabilidade deste material está intimamente ligada à capacidade de desenvolver um ambiente propício para o controle da temperatura na zona de corte, e, por conseguinte, o alcance de vida da ferramenta mais longa e melhor qualidade do componente final.

Nesse contexto, em sistemas de manufatura, esforços para reduzir custos e aumentar a produtividade sempre devem ser avaliados. No torneamento, o desenvolvimento de técnicas de refrigeração é alvo de constantes estudos com resultados muitas vezes distintos. Conforme Machado *et al.* (2015) o fluido de corte pode evitar alterações microestruturais na peça devido às altas temperaturas durante o corte do material. Entre os benefícios, segundo tais autores, destacam-se o aumento da vida útil da ferramenta, melhoria do acabamento superficial da peça, facilidade de remoção de cavacos da zona de corte além da redução das forças de usinagem.

Entretanto, concomitante ao desenvolvimento deste processo de fabricação, surgiram múltiplos inconvenientes associados ao uso de fluidos de corte. Sua utilização vem sendo questionada não só em termos de prejuízos ao meio ambiente e à saúde humana, mas também em relação aos custos associados com sua aquisição, tratamento, estocagem e disposição, sobretudo dos fluidos de corte de base mineral. A fim de assegurar que suas funções sejam exercidas adequadamente, principalmente a refrigeração e a lubrificação, Machado *et al.* (2015) ressaltam a necessidade de uma adequada seleção de um fluido quanto a sua composição química e propriedades corretas para lidar com as adversidades de um processo de corte específico além da garantia de que o método esteja mais próximo possível da aresta de corte dentro da interface ferramenta-cavaco nos processos de usinagem.

Diante deste cenário, outras técnicas de refrigeração em usinagem emergiram, a saber: refrigeração criogênica, ar comprimido refrigerado, fluidos a alta pressão, entre outros. Neste trabalho, duas técnicas serão discutidas como alternativas ao jorro: a mínima quantidade de lubrificação (MQL) e a usinagem a seco. O MQL garante um consumo menor que o jorro de fluido já que o suprimento é realizado usualmente em dezenas de mililitros por hora ao invés de litros por minuto, por meio de gotículas aplicadas a alta pressão diretamente na zona de corte. Os efeitos desta técnica visam alcançar, além de temperaturas mais baixas na zona de corte, melhores acabamentos e vidas mais longas das ferramentas de corte, entretanto, o vapor, a névoa e a fumaça de óleo podem ser considerados subprodutos indesejados. Considerando o corte a seco, este promove o aumento do desgaste da ferramenta, mas, em ambas alternativas, há ganhos de eficiência frente à lubrificação convencional, dada a redução dos custos de reprocessamento, limpeza, acondicionamento, entre outros.

Em relação a condição microestrutural final de uma superfície usinada, esta é resultado de um processo que envolve deformações plásticas, ruptura, recuperação elástica, geração de calor, vibração e tensões residuais (MACHADO *et al.*, 2015). A qualidade do corte pode ser avaliada através das tolerâncias dimensionais, rugosidade e alterações subsuperficiais. A maior parte dos autores submete os corpos de prova a avaliação de rugosidade superficial devido à relativa facilidade de realização do teste, sendo necessário apenas utilizar o equipamento específico denominado rugosímetro. Além disso, o parâmetro rugosidade é um dos mais utilizados como critério de qualidade na indústria, portanto, neste trabalho, utilizou-se o parâmetro de rugosidade desvio médio quadrático (R_q) para a análise microgeométrica.

O desvio médio quadrático R_q representa a “Raiz quadrada da média dos valores das ordenadas no comprimento de amostragem” (MACHADO *et al.*, 2015, p. 312). O parâmetro R_q representa o desvio-padrão da distribuição de alturas do perfil, além disso, este possibilita ampliar os valores dos picos e vales isolados ou esporádicos, elucidando defeitos ou marcas em superfícies bem acabadas. Öktem (2009) afirma que a rugosidade de uma superfície resulta de ação inerentes ao processo de corte e depende de vários parâmetros, como máquina ferramenta, propriedades do material da peça, geometria da ferramenta e operação de usinagem. Sadaiah e Deepakkumar (2011) realizaram um experimento para estudar os efeitos do torneamento com MQL do aço AISI 4340 sobre a força de corte e qualidade superficial em relação ao torneamento a seco e jorro. Os maiores valores de rugosidade foram encontrados no tornemaneto a seco, entretanto, as técnicas jorro e MQL apresentaram resultados semelhantes mesmo variando a velocidade de corte e o avanço. Para Wang & Chang (2004), os parâmetros de corte apresentam influência sobre a rugosidade, sendo o parâmetro mais influente o avanço porque a distância entre picos e vales tende a crescer com o aumento do avanço em uma proporção quadrática.

Este trabalho tem como objetivo identificar como os parâmetros de entrada (avanço, profundidade de usinagem e meios lubri-refrigerantes) afetam de maneira quantitativa a rugosidade e a temperatura de corte durante a operação de torneamento do aço ABNT 4340. As análises serão fundamentadas em conceitos técnicos e estatísticos.

2. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O material do corpo de prova é o aço ABNT 4340, o qual é amplamente utilizado na fabricação de componentes mecânicos em geral, sob a ação de tensões dinâmicas, na construção naval, além de peças para as indústrias automotiva e petrolífera. Vieira (2012) ressaltava algumas de suas vantagens como a alta resistência mecânica, a boa resistência a fadiga e ao desgaste. A composição química deste material está indicada na Tabela 1. Os corpos de prova cilíndricos possuíam diâmetro inicial de 73 mm. Afim de homogeneizá-los, estes foram tratados termicamente pelo processo de recozimento na temperatura de patamar de 930 °C durante cinco horas. O resfriamento dos corpos de prova ocorreu dentro do próprio forno onde estes foram tratados. Após tal procedimento, a dureza média resultante foi de 193 HV. Para este experimento, foi utilizado o método de torneamento cilíndrico.

Tabela 1. Faixa de composição química do aço ABNT 4340. Fonte: ASM International (1997)

C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%
0,38–0,43	0,15–0,35	0,60–0,80	≤ 0,035	≤ 0,040	0,70–0,90	0,20–0,30	1,65–2,00

Os ensaios foram realizados em um torno CNC ROMI, conforme a Fig. 1a, modelo Centur 30S (5,5 kW de potência e rotação máxima de 3500 rpm). O bico para a saída do fluido de corte foi direcionado para a superfície ferramenta-peça, detalhe ilustrado pela Figura 1b. Os ensaios foram realizados com os métodos de usinagem a seco, jorro e MQL. No método MQL a vazão foi de 60 ml/h e a pressão de 6,0 bar, sendo ambas mantidas constantes. Um óleo lubrificante a névoa KSO45, a uma concentração de 5% em água foi utilizado como fluido, sendo este distribuído pela empresa Kampmann.



Figura 1. Montagem do Experimento: (a) Torno CNC ROMI, (b) Detalhe da Localização do Bico

Os valores de rugosidade (R_q) foram coletados com um rugosímetro Mitutoyo modelo Surftest 301 empregando um comprimento de amostragem de 0,8 mm e comprimento total de medição de 4,0 mm. Após cada conjunto de testes realizados, a rugosidade foi medida em três pontos equidistantes do corpo e o valor médio foi calculado. Para a aferição da temperatura foi utilizado um termopar tipo K. O método termopar inserido na ferramenta permitiu verificar a variação de temperatura com o tempo. Utilizou-se um fio de reduzido diâmetro inserido em um microfuro, realizado por eletroerosão, de forma a causar a menor perturbação possível no campo de temperatura, permitindo encontrar o máximo valor na interface cavaco-ferramenta.

Foram escolhidos três níveis de profundidade de usinagem (0,5, 1,0, 1,5 mm), dois níveis de avanço (0,15, 0,30 mm/rev) e três meios lubri-refrigerantes (Jorro, Seco e MQL). O valor da velocidade foi mantido constante em 200 m/min. O estudo contemplou 36 testes, sendo 18 referentes ao teste principal e o restante à única réplica do experimento. Para evitar que fatores não controláveis influenciassem os resultados, os testes foram realizados em ordem aleatória. Devido a variação entre as arestas das ferramentas de corte utilizadas pelo teste principal e para as réplicas tornou-se necessário o uso da técnica de blocagem a qual permitiu controlar e avaliar, sistematicamente, a variabilidade resultante de tal fator que perturbaria o sistema, mas que não era de interesse neste estudo.

Para a análise dos resultados, foi empregada a análise de variância (ANOVA). Posteriormente, foi construído o gráfico do valor médio dos parâmetros de saída com o intervalo de confiança de 95% para possibilitar a comparação entre a influência de cada parâmetro de entrada, bem como as suas interações, sobre as variáveis temperatura e rugosidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Rugosidade da Superfície Torneada

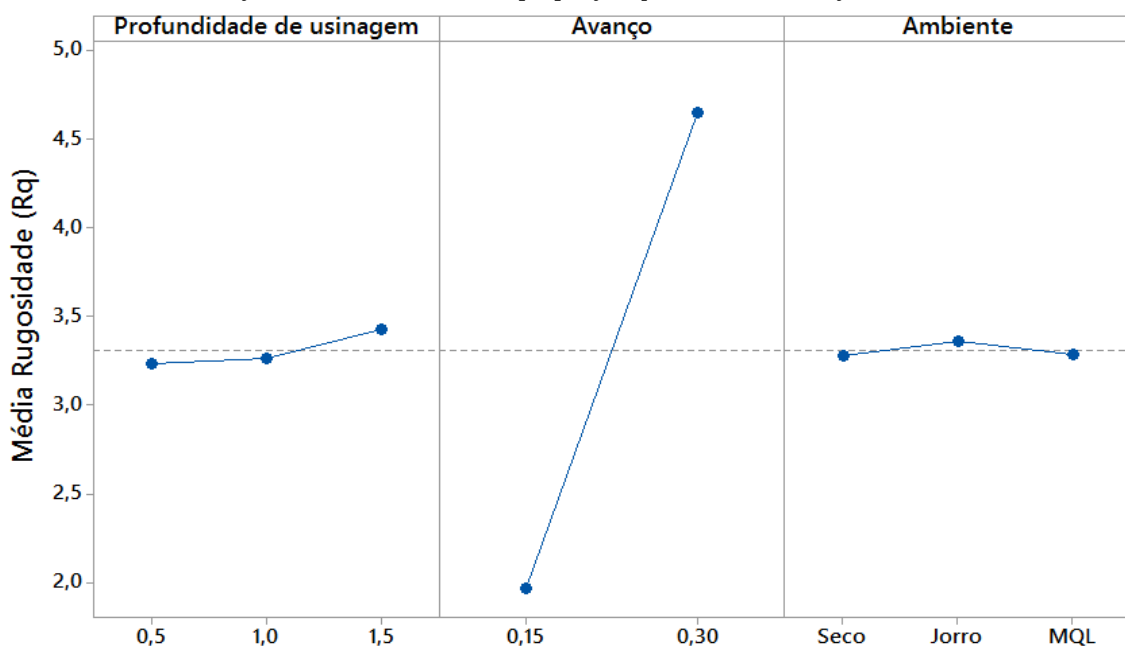
Antes da realização da análise de variância (ANOVA), foi verificada a adequação do modelo por meio da análise de resíduos. Uma vez comprovada a adequação do modelo, a ANOVA foi realizada no intuito de verificar a influência dos parâmetros profundidade de usinagem, avanço e meio lubri-refrigerante e a combinação destes sobre a rugosidade superficial (R_q) em um nível de significância de 5%. A Tabela 2 mostra os p-valores para a rugosidade.

Tabela 2. P-valores da rugosidade

Interações	Parâmetro(s)	P-Valor
Linear	a_p	0,685
	f	0,000
	Ambiente	0,929
Segunda Ordem	$a_p * f$	0,871
	$a_p * \text{Ambiente}$	0,733
	$f * \text{Ambiente}$	0,619
Terceira Ordem	$a_p * f * \text{Ambiente}$	0,985

Observa-se, da Tabela 2, que o parâmetro de rugosidade foi influenciado significativamente pelo avanço ($p \leq 0,05$), sendo os demais parâmetros de entrada e a combinação entre eles irrelevantes ($p > 0,05$). Esse resultado implica que diferentes especificações de avanços apresentam distintas médias para a qualidade de acabamento superficial do corpo de prova. Os autores Diniz, Marcondes, Coppini (2008) afirmam que o avanço em operações de acabamento deve ser o menor possível, uma vez que, para baixos valores de avanço, um pequeno acréscimo gera uma grande redução na pressão específica de corte. Assim, a formação do cavaco é mais adequada, com pouco fluxo lateral de cavaco e a rugosidade real se aproxima da rugosidade ideal.

A Figura 2 apresenta os gráficos de efeito principal para a rugosidade. Corroborando com os dados da Tabela 2, nota-se que variações na profundidade de usinagem (Figura 2a), e no ambiente (Figura 2c), apresentam efeito desprezível sobre o valor médio da variável resposta. Entretanto, os menores valores de R_q são alcançados para os menores valores de avanço como pode ser visto na Figura 2b. Machado *et al.* (2015) mostram que as condições de corte apresentam efeito sobre a rugosidade, sendo o avanço o parâmetro influente, isto é, a altura dos picos e a profundidade dos vales das marcas de avanço tendem a aumentar em proporção quadrática ao avanço.



(a) (b) (c)
Figura 2. Gráfico de efeito principal para Rugosidade: (a) Profundidade de usinagem, (b) Avanço, (c) Ambiente

Também, é possível perceber que a menor rugosidade foi obtida no ambiente a seco (Figura 2c), sendo a diferença mínima para o ambiente MQL ($3,03\mu\text{m}$ e $3,05\mu\text{m}$, respectivamente). Ao se comparar com o jorro de fluido e a usinagem a seco, percebe-se que o uso do fluido de corte não proporciona reduções significativas na rugosidade.

A Figura 3 apresenta o gráfico de interação para a rugosidade. Quanto a interação $a_p * f$, mantendo-se o avanço constante, maiores profundidades de usinagem não causam aumento na variável resposta, confirmando assim a análise de variância, ou seja, o aumento da rugosidade deu-se devido ao aumento do avanço. Por fim, a mudança de nível de $0,15\text{ mm/rev}$ para $0,30\text{ mm/rev}$, em todos os ambientes, acarretou em rugosidade mais elevada. O trabalho de Machado *et al.* (2015) permite dizer que tal comportamento está relacionado a um maior distanciamento das marcas de avanço deixadas na peça e à possibilidade de atuação do fluido como refrigerante desprezíveis nos valores de Rq.

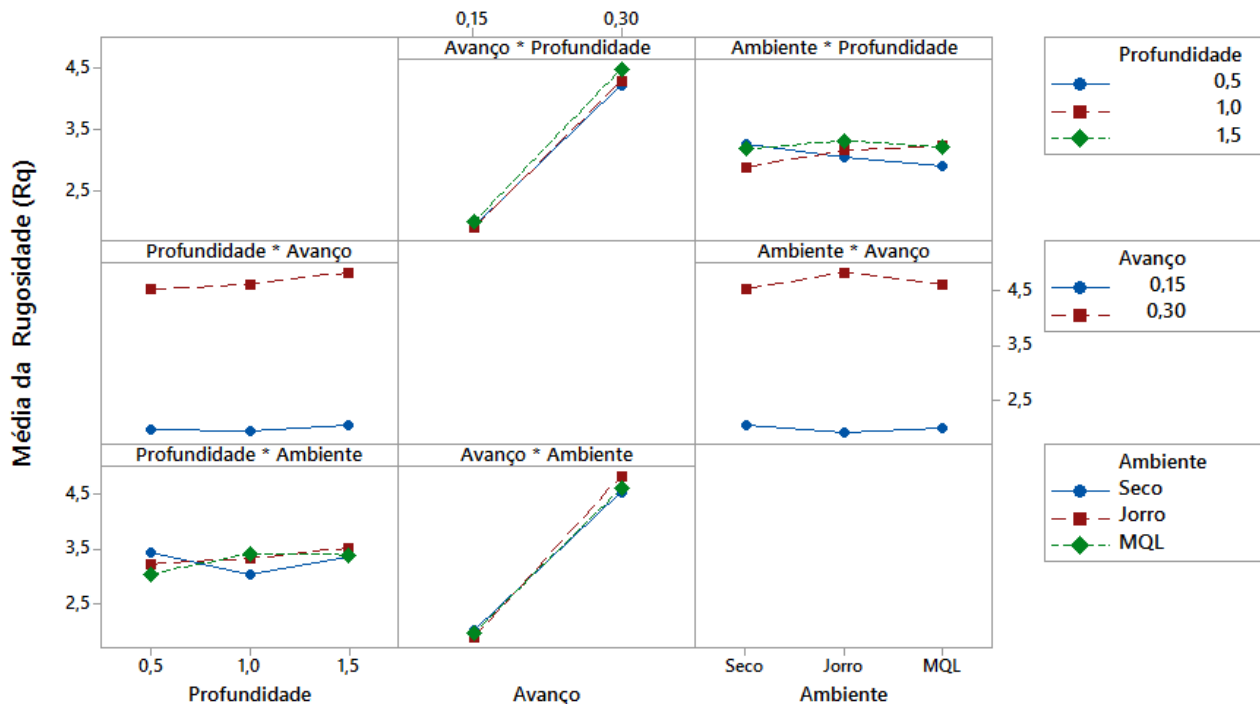


Figura 3. Gráfico de interação para a Rugosidade

3.2. Temperatura

De forma análoga aos dados da rugosidade, para a análise estatística dos dados da temperatura, antes da realização da análise de variância (ANOVA), foi verificada a adequação do modelo por meio da análise de resíduos. Uma vez comprovada a adequação do modelo, a ANOVA foi realizada no intuito de verificar a influência dos parâmetros profundidade de usinagem, avanço e meio lubri-refrigerante e a combinação destes sobre a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) em um nível de significância de 5%. A Tabela 3 mostra os p-valores para a temperatura.

Tabela 3. P-valores da temperatura.

Interações	Parâmetro(s)	P-Valor
Linear	a_p	0,000
	f	0,000
	Ambiente	0,000
Segunda Ordem	$a_p * f$	0,693
	$a_p * \text{Ambiente}$	0,003
	$f * \text{Ambiente}$	0,009
Terceira Ordem	$a_p * f * \text{Ambiente}$	0,140

Observa-se, através da Tabela 3 que, utilizando um nível de confiança estatística de 95%, todos os efeitos principais (a_p , f e ambiente) e as interações $a_p \cdot ambiente$ e $f \cdot ambiente$ são significativos sobre a variável resposta.

A Figura 3 apresenta os gráficos de efeito principal para a temperatura. Corroborando com os dados da Tabela 3, nota-se que acréscimos na profundidade de usinagem e avanço da ferramenta implicam em maiores temperaturas no processo (Figura 3a e 3b). Quanto ao ambiente de refrigeração, a temperatura mais alta foi alcançada na usinagem totalmente a seco, sendo os valores reduzidos à medida que uma maior quantidade de fluido é dispersa na interface cavaco-ferramenta (Figura 3c). Como no jorro essa quantidade é superior à névoa do MQL, a menor temperatura foi alcançada neste ambiente.

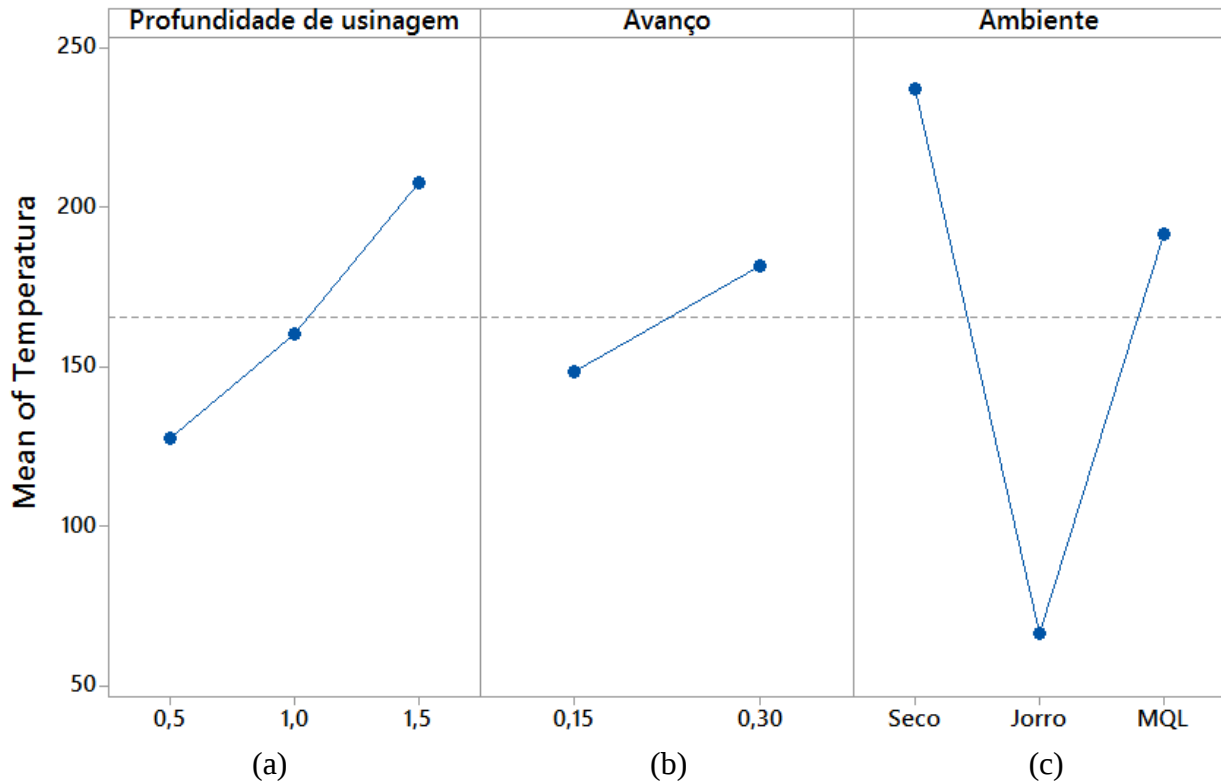


Figura 3. Gráfico de efeito principal para Temperatura: (a) Profundidade de Corte, (b) Avanço, (c) Ambiente

A Figura 4 apresenta o gráfico de interação para a temperatura. Corroborando com a Figura 3, que mostra os efeitos principais isoladamente, no gráfico de interação é possível reafirmar que o aumento da profundidade de usinagem e do avanço da ferramenta resultaram em uma temperatura mais elevada.

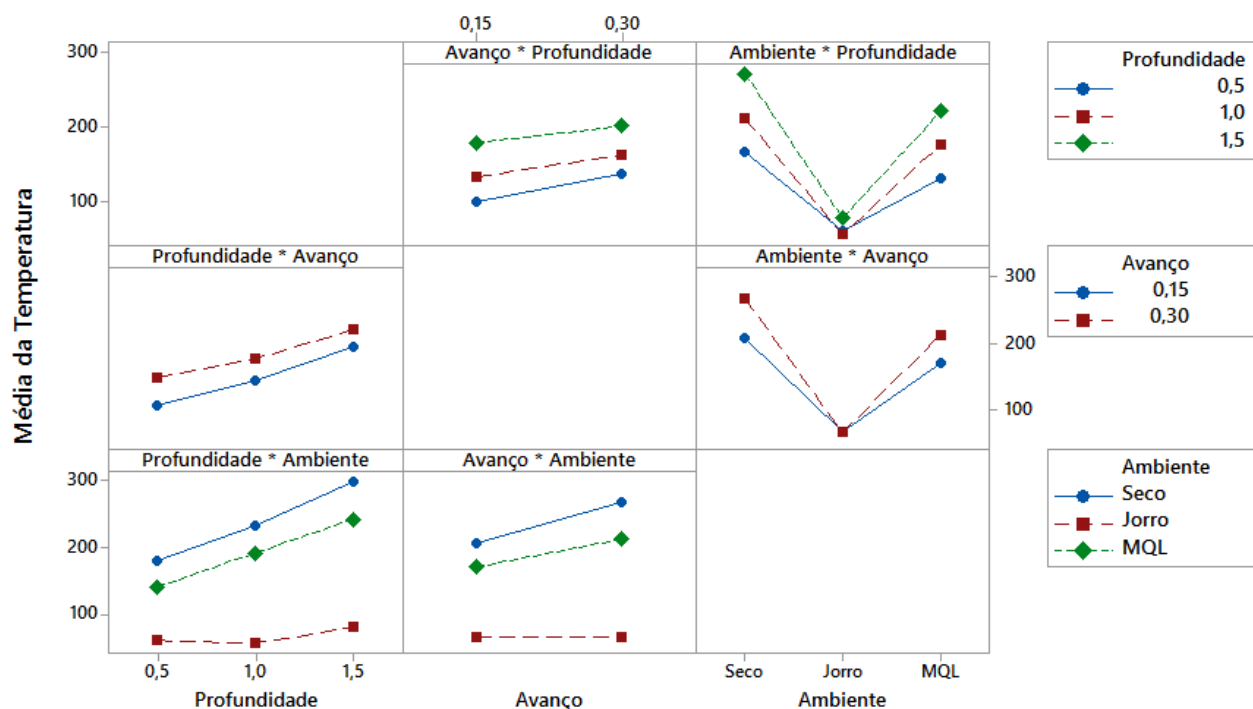


Figura 4. Gráfico de interação para a Temperatura

A condição de refrigeração/lubrificação que obteve melhor resultado, levando em conta a variação nos parâmetros de corte avanço e profundidade de usinagem foi a inundação de fluido (jorro), seguido da refrigeração MQL e por último a usinagem a seco. No jorro, a maior abundância de fluido contribuiu para maximizar o efeito refrigerante, já que o fluido era composto 95% de água auxiliando na remoção efetiva do calor gerado durante o torneamento. Outro aspecto que explica a eficácia do jorro frente aos outros ambientes é o método de aplicação do fluido. Durante os experimentos, foi observado que o bico promove uma dispersão suficiente de volume de fluido além do jato estar orientado para a superfície de folga. Tal arranjo proporciona o melhor acesso possível à interface numa tentativa mais oportuna de se atingir o ponto de contato natural, propiciando uma refrigeração na zona de geração do calor.

No MQL, a quantidade de fluido dispersa na região de corte foi inferior que no ambiente de jorro, com isso ocorreu menor penetração da névoa na região de contato da ferramenta com a peça durante o processo de usinagem, com isto, não foram observadas grandes reduções frente ao ambiente seco. Vale ressaltar que a função principal do MQL é a lubrificação sendo a refrigeração secundária. Desta forma, o efeito lubrificante não foi tão poderoso quanto o efeito refrigerante do jorro, agindo basicamente na redução do atrito entre ferramenta e peça.

No caso do torneamento a seco, as maiores temperaturas de corte são explicadas pela ausência de um método adicional de refrigeração e ou lubrificação nas regiões onde ocorre atrito entre a ferramenta e a peça, fazendo com que a ambas sejam submetidas a uma carga térmica maior.

Para a interação $f \cdot a_p$, observa-se que, o aumento dos parâmetros, simultaneamente, proporciona um aumento da temperatura devido principalmente ao aumento da área da seção de corte. Para tal fato, Machado *et al.* (2015) elucida que o trabalho realizado e, conseqüentemente, o calor gerado dependem das propriedades do material da peça, da ferramenta e sua geometria além das condições de corte. Logo, observa-se um aumento do calor proporcional ao aumento da taxa de remoção de material, seja por meio do aumento da profundidade de usinagem, do avanço ou através da interação de ambos (Figura 4).

Os resultados indicam, com 95% de confiança, que as interações $a_p \cdot \text{Ambiente}$ e $f \cdot \text{Ambiente}$ influenciam na temperatura de corte. Menores valores de profundidade de usinagem e avanço combinados ao ambiente jorro, MQL e seco, respectivamente, apresentam melhores resultados. Sendo assim, a menor temperatura de corte foi obtida para o menor avanço e menor profundidade de usinagem no ambiente jorro.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes de torneamento do aço ABNT 4340 realizados neste estudo permitiu constatar a interligação dos diversos parâmetros analisados e, além disto, verificar como as variações comportamentais de uma variável afeta as demais, estado este que pode dificultar a determinação da configuração de parâmetros ótimos.

Em relação a rugosidade, pode ser concluído que a aplicação do método estatístico ANOVA permitiu detectar que o parâmetro mais influente sobre o R_q é o avanço. Os resultados corroboraram a hipótese estatística, atestando o f como parâmetro de maior influência exemplificado pela mudança significativa nos valores de R_q ao modificar o nível de f . O emprego de fluido de corte contribuiu de forma desprezível na diminuição dos valores de R_q .

Em relação a temperatura, pode ser concluído que a aplicação do método estatístico ANOVA possibilitou perceber que os parâmetros influente sobre a temperatura são todos os efeitos principais (profundidade de usinagem, avanço e ambiente) e as interações a_p *ambiente e f *ambiente. Os resultados confirmaram a hipótese estatística, atestando a menor temperatura de corte alcançada no ambiente de abundância de fluido (jorro) e nos menores valores de a_p e f .

4. REFERÊNCIAS

- Diniz, A. E., Marcondes, F. C., & Coppini, N. L. (2008). Tecnologia da usinagem dos materiais. São Paulo: 6ª ed., Artliber Editora Ltda, São Paulo, 244p.
- Ferraresi, D. Usinagem dos Metais. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.
- Machado, A. R. Abrão, A.M. Coelho R.T. Silva, M.B.. Teoria da Usinagem dos Materiais. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2015.
- Nascimento, C. H. Estudo da Distribuição da Temperatura na Região de Formação de Cavacos usando Método dos Elementos Finitos. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação e Engenharia de Produção e Área de Concentração em Processos de Manufatura Avançada, p. São Carlos. 2011.
- ÖKTEM H., 2009, "An integrated study of surface roughness for modeling and optimization of cutting parameters during end milling operation", Int. Adv. Technol, Vol. 43, Londres, Inglaterra, Springer-Verlag, pp. 852 – 861.
- Sadaiah, M.; Deepakkumar, P. Investigations on finish turning of AISI 4340 steel in different cutting environments by CBN insert. 2011.
- Souza, A. J. D. Aplicação de Multisensores no Prognóstico da Vida da Ferramenta de Corte em Torneamento. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
- Vieira, L.F.S. Comportamento mecânico do aço AISI 4340 revestido com WC-CrC- Ni; WC-10Ni; Ni-20Cr; Ni-Cr-B-Si-Fe;Cr3C2-NiCr pelo processo HVOF. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012.
- Wang M. Y., Chang, H. Y., 2004, "Experimental study of surface roughness in slot end milling AL 2014-T6", International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 44, pp. 51 – 57.

INFLUENCE OF CUTTING PARAMETERS ON THE TURNING OF ABNT 4340 STEEL

CON-2016-0314

Abstract. Research on the use of cutting fluids in machining processes have been intensified in order to reduce as much as possible its use in the metal industry. Important factors that justify such action include maximizing production efficiency, reducing costs associated with its acquisition, treatment, storage and disposal in addition to compliance with legal requirements regarding the preservation of environmental quality and occupational health. Therefore, two techniques are an alternative to the continuous stream of fluid: the dry cutting and a minimal quantity lubrication (MQL), in which the liquid is sprayed through a flow compressed air on the cutting interface. Considering dry cutting, it causes increased wear of the tool and the use of MQL, steam, fog and smoke oil can be considered unwanted by-products. However, in both alternatives, there are front efficiencies to conventional lubrication, given the reduced reprocessing cost, cleaning, conditioning, among others. In this scenario, this study investigated the steel turning ABNT 4340, which is used for the manufacture of mechanical components in general under the action of dynamic stresses, with application in the production of parts in the automotive, oil and shipbuilding industry. This study sought to understand the intrinsic phenomena that variations of cutting parameters, namely: feed rate (f) (0.15 and 0.30 mm / rev) depth of cut (a_p) (0.5, 1.0, 1.5 mm) and environment (Dry, Conventional, MQL), and their influences on the surface roughness and the cutting temperature. The study included 36 tests and the statistical analysis used the analysis of variance model (ANOVA). The results showed that the surface roughness (R_q) is influenced by the feed rate and the use of cutting fluid was inefficient to achieve lower roughness values. As regards the temperature, it was found that all the main effects (feed rate, depth of cut and environment) and interactions a_p *environment and f *environment are significant advance on the response variable.

Keywords: ABNT 4340 steel; Turning; Cutting fluid; Roughness; Temperature