

COMPARAÇÃO DE REFRIGERAÇÃO INTERNA DA FERRAMENTA E JORRO NO TORNEAMENTO DE ALUMÍNIO 2011-T4

Lucas Melo Queiroz Barbosa
Pedro Henrique Pires França
Cláudio Gomes do Nascimento
Eder Silva Costa

Univ. Federal de Uberlândia, LEPU, 2121 Joao Naves de Avila Avenue, Uberlândia - MG, Brasil. 38408-100
lmqbarbosa@gmail.com; pedrohenriquepiresf96@gmail.com; claudiomecanicanascimento@yahoo.com.br;
edercosta@ufu.br.

Paulo Sérgio Martins

UNA University Center – Belo Horizonte. Rua dos Aimores 1451, Belo Horizonte - MG, Brasil. 30140 071.
paulo.martins@prof.una.br.

Álison Rocha Machado

PUC-PR – PPGEM; R. Imac. Conceição, 1155 - Prado Velho, Curitiba - PR, 80215-901.
alissonr.machado@gmail.com.

Resumo: A usinagem é baseada na retirada de material da peça. De toda energia mecânica gerada pelo processo mais de 95% são convertidas em calor no momento do corte. Devido a essas condições, a temperatura na ferramenta de corte pode alcançar valores de 1200 °C, como na usinagem de aços endurecidos e superligas, diminuindo a vida útil da ferramenta de corte. Os fluidos de corte são os meios mais utilizados com fins de refrigeração nas indústrias, sendo em muitas situações não sustentáveis, devido ao custo elevado, difícil descarte e riscos aos operadores, além de não serem recomendáveis em algumas ocasiões. A fim de garantir maior refrigeração que a usinagem a seco e eliminar a contaminação e reduzir os custos da usinagem com fluidos de corte, o sistema de ferramentas refrigerados internamente em circuito fechado é uma técnica sustentável no qual já obteve resultados promissores. Este trabalho tem como objetivo projetar e testar um sistema de refrigeração interno em ferramentas de metal duro revestidos por TiNAl circulando uma mistura de água com etileno glicol em circuito fechado, o no torneamento da liga alumínio 2011-T4 tratada termicamente e envelhecida. O foco será estudar a influência dos sistemas de refrigeração interno da ferramenta na força de corte e rugosidade superficial, comparando com o método mais utilizado: jorro. Dessa forma foi feito dois planejamentos fatoriais com dois níveis e duas variáveis para cada mensurando, um comparando jorro com refrigeração interna, e outro jorro com refrigeração interna da ferramenta; além de utilizar duas velocidades de corte distintas. Ao comparar ferramentas com refrigeração interna com fluido de corte em abundância no torneamento de Alumínio 2011-T4, não foi constatado diferença estatística tanto nos parâmetros de rugosidades R_a , R_q e R_z quanto nas forças de corte e resultante. A velocidade de corte foi o único parâmetro estatisticamente influente na análise da rugosidade, com a melhor acabamento na maior velocidade de corte, a refrigeração não possuiu tendencia significativa. Já para a análise de forças, somente a velocidade foi influente na força resultante, de maneira diretamente proporcional, o que é um indício da presença de aresta postiça de corte na menor velocidade.

Palavras-chave: usinagem; ferramenta refrigerada internamente (FRI); jorro; rugosidade; alumínio 2011-T4.

1. INTRODUÇÃO

A usinagem é um dos processos de fabricação mais utilizados no mundo, e se baseia na retirada material de uma peça por uma ou mais ferramentas de corte através de um movimento relativo aplicando uma força sobre um corpo com menor dureza. Devido a forças cisalhantes e ao atrito, a temperatura na interface cavaco-ferramenta é elevada, sendo que a principal variável do processo responsável pelo aumento da temperatura é a velocidade de corte (Karaguzel and Budak, 2018). Mesmo com a evolução dos materiais utilizados em ferramentas de corte, permitindo utilizar maiores velocidades, as temperaturas elevadas podem ocasionar redução na vida útil da ferramenta, devido a efeitos da redução a resistência ao desgaste, além da perda da qualidade dimensional e possíveis problemas na integridade da superfície da peça (Ning and Liang, 2019). Dessa forma, são usadas diversas técnicas para resfriamento das ferramentas de corte, e a aplicação de fluidos de corte utilizada, normalmente na forma de jorro ou por MQL, mínima quantidade de lubrificante.

De acordo com Krolczyk *et al.* (2019) a manufatura sustentável, mais especificamente a usinagem, atualmente caminha para tecnologias verdes, economicamente justificadas, como o prolongamento da vida útil da ferramenta de corte, métodos e condição de refrigeração e lubrificação sustentável, além de determinação e parâmetros funcionais de

manufaturados. Roca e Searcy (2012) dizem que a sustentabilidade é a capacidade de se auto sustentar ou de se auto manter. Rokhmawati, Sathye e Sathye (2015) acrescentam que a sustentabilidade é o desenvolvimento de medidas as quais suprem as necessidades atuais sem comprometer as necessidades de gerações futuras. Diversas empresas do setor industrial passaram a avaliar seu desempenho em termos financeiros, sociais e de dimensões ambientais, através de um método proposto por Elkington (1997), conhecido como tripé da sustentabilidade.

Fluidos de corte são, portanto, os principais meios utilizados pela indústria a fim de reduzir as temperaturas e prolongar a vida da ferramenta, mas são graves entraves na tendência atual de manufatura sustentável, ao entrar em conflito com os três pilares do tripé da sustentabilidade. Ambientalmente os fluidos de corte são de difícil descarte e gerenciamento, devido à presença de derivados de petróleo e contaminantes. O problema se agrava pelo enorme volume de fluido utilizado na indústria, segundo Debnath *et al.* (2014), no ano de 2005 foram utilizados 38 mega toneladas, número que cresce anualmente. Além disso são gastos milhões de toneladas de água para a limpeza das peças (PARK *et al.*, 1988), comprometendo ainda mais a sustentabilidade. Na esfera social, os fluidos de corte são maléficos a saúde humana, devido a adição de fungicidas que causam alergias aos operadores. Pelo lado econômico, o uso de fluidos de corte pode ser responsável por um montante entre 7 % a 17 % do custo total da usinagem (King *et al.*, 2001).

Por outro lado, há situações em que o fluido de corte atrapalha o processo de usinagem, como na usinagem de materiais com alta dureza, os quais são necessárias altas temperaturas a fim de diminuir a dureza do material (Bonfá, 2013). Também há situações em que o fluido de corte é proibitivo, como na usinagem de componentes da área médica, para evitar contaminação. Outra situação em que a usinagem deve ocorrer a seco é na usinagem com ferramentas cerâmicas, que apresentam baixa resistência ao choque térmico.

Outra forma de amenizar o problema de elevadas temperaturas da ferramenta é através da utilização da refrigeração indireta do porta-ferramentas, na qual a ferramenta é resfriada pelo contato. Ingraci Neto *et al.* (2016) utilizaram um porta-ferramenta modificado como evaporador de um sistema de refrigeração e conseguiu reduzir a temperatura em 10 % em comparação a usinagem a seco, ao tornear aço AISI 1045.

Ferri *et al.* (2014) realizou torneamento cilíndrico externo em uma barra de liga de alumínio AA6082-T6, com objetivo de comparar ferramentas de metal duro convencionais, com ferramentas de metal duro com a presença de canais internos, nos quais circulava água em circuito fechado. O autor constatou que a ferramenta com refrigeração interna apresentou menor temperatura, especialmente nas condições de corte que possui a maior profundidade de corte.

França *et al.* (2022), estudou a temperatura de ferramentas refrigeradas internamente em circuito fechado comparando-a com usinagem a seco no torneamento de ferro fundido cinzento, por meio de termopar ferramenta-peça, o método de resfriamento propostou reduziu a temperatura em 22 %, além de reduzir a temperatura em todos os pontos pelo termopar inserido. Peixoto (2021) utilizou o mesmo sistema e o mesmo material, reduziu a força de corte em até 21 %, e a rugosidade R_a em até 15 % em comparação a usinagem a seco. Ao comparar FRI com jorro Fernandes *et al.* (2023), o FRI apresentou maiores forças de corte além de melhor acabamento superficial para maiores velocidades de corte. Ao analisar a microdureza subsuperficial o FRI apresentou maior microdureza, possivelmente devido à falta de efeito lubrificante.

Este trabalho tem como intuito comparar a utilização de ferramentas refrigeradas internamente em circuito fechado contra fluido de corte em abundância no torneamento de Alumínio 2011-T4. Serão comparados os parâmetros de rugosidades R_a , R_q e R_z , além da força de corte e resultante. Este trabalho se justifica pela carência de estudo de ferramentas refrigeradas internamente na usinagem de alumínio, com somente o trabalho de Ferri *et al.* (2014), mas comparando somente FRI com usinagem a seco somente na temperatura, sem levar em consideração as forças e rugosidade.

2. METODOLOGIA

O material utilizado foi um tarugo de Alumínio 2011-T4 com diâmetro de 60 mm e comprimento de 600 mm. A tabela 1 mostra a composição química da liga 2011-T4 a qual é tratada termicamente e envelhecida, a tabela 2 mostra as propriedades mecânicas da liga.

Tabela 1 - Composição de uma liga 2011 (Souza, 2022)

Elemento	Al	Cu	Pb	Bi	Fe	Si	Zn	Outros
% em massa	91,3 - 94,6	5 - 6	0,2 - 0,6	0,2 - 0,6	0 - 0,7	0 - 0,4	0 - 0,3	0 - 0,15

Tabela 2 - Propriedade do Alumínio 2011-T4 (Souza, 2022)

Alongamento	Limite de resistência	Dureza Vickers
18 %	350 MPa	95 Hv

As condições de corte utilizadas são mostradas na tabela 3, no qual foram alteradas o tipo de ferramentas, sendo 2 tipos: ferramentas refrigeradas internamente (FRI) e ferramentas convencionais com fluido de corte (FC), além de duas velocidades de corte, de 200 e 400 m/min, produzindo um planejamento fatorial 2^2 com tréplica, totalizando 12 ensaios realizados em ordem randômica. Foram mantidas constantes o avanço de corte de 0,1 mm/rev e a profundidade de corte

de 0,5 mm. A velocidade de corte foi escolhida como 400 m/min para nível superior devido a rotação máxima do tomo de 3000 rpm, e o avanço de corte foi escolhido como 0,1 mm a fim de realizar pelo menos dois ensaios cada passagem na barra, a fim de reduzir a diminuição do diâmetro do tarugo, o que poderia alterar as características mecânica do material.

Tabela 3 – condições de corte utilizadas

Ferramenta	Velocidade de corte	Avanço	Profundidade de corte
FRI	200 m/min	0,1 mm	0,5 mm
FRI	400 m/min	0,1 mm	0,5 mm
FC	200 m/min	0,1 mm	0,5 mm
FC	400 m/min	0,1 mm	0,5 mm

Ambas as ferramentas utilizadas são de metal duro da classe K-20 com o código SNMG120404 MF 131 revestida por AlCrN. A única diferença entre as ferramentas convencionais e com refrigeração interna e a adaptação de galerias internas para a passagem de uma mistura de água com 10 % de monoetileno glicol. A figura 1 (esquerda) mostra a fisionomia dos insertos modificados, sendo que as galerias foram feitas por eletroerosão por eletrodo rotativo, possuindo diâmetro de 1,5 mm na ferramenta. A entrada do fluido ocorre na face superior (Figura 1) e a saída na face inferior, percorrendo as galerias conforme as setas em azul, devido penetração do eletrodo, foi necessário criar tampas com brasagem prata. O porta-ferramentas utilizado foi fabricado pela Walter Tools com o código DSSNR2525X12-P e já possuía canais internos, mas com saídas no grampo e na superfície de folga para ser utilizado com fluido de corte em alta pressão. A figura 1 (B) mostra as modificações para permitir a injeção e remoção do fluido na ferramenta. É importante frisar que em nenhum momento o fluido de arrefecimento entra em contato com a peça ou o cavaco, percorrendo um circuito fechado

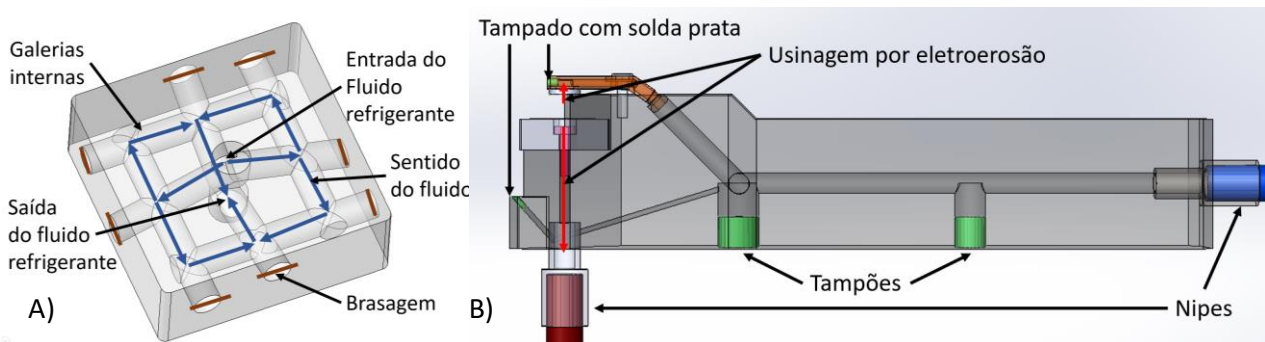


Figura 1 - modificações do sistema de refrigeração – a) ferramenta de corte; b) porta-ferramentas (Barbosa, 2021).

Para diminuir a temperatura do fluido de refrigeração modificou-se um freezer vertical modelo 04180CBC201 da marca Prosdócimo, no qual o evaporador foi prolongado e entra em contato com o reservatório do fluido de arrefecimento, diminuindo sua temperatura entre -4 °C e 0 °C. A fim de promover a circulação do fluido secundário entre o reservatório de fluido e a sistema de usinagem, foi utilizada uma bomba resultando na vazão de 1,11 L/min, o qual transla da o fluido com por uma tubulação flexível de 6 mm de diâmetro até a ferramenta e o porta-ferramentas, retornando posteriormente ao reservatório. A representação do sistema de refrigeração é mostrada na figura 2.

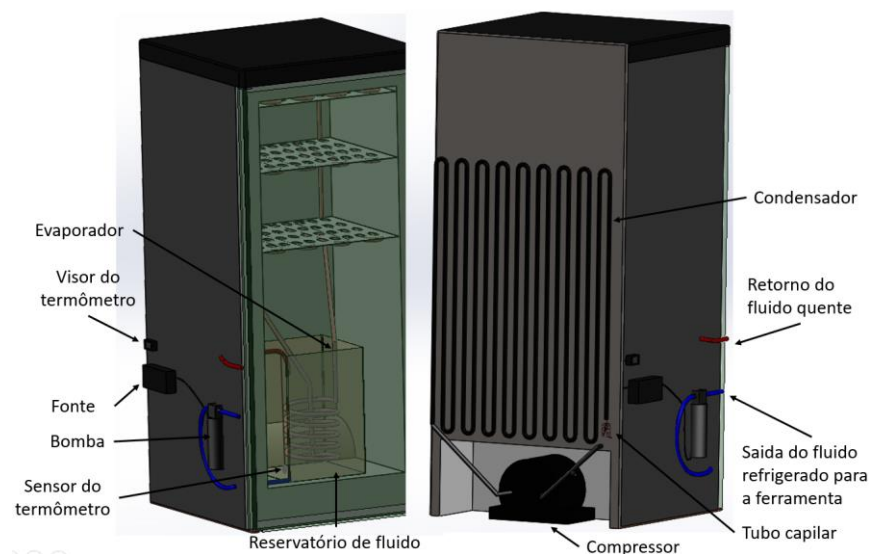


Figura 2 – Sistema de refrigeração

Todos os testes de usinagem são realizados no torno CNC ROMI Multiplic 35D. Foram utilizados somente 2 arestas de corte, uma na ferramenta convencional, e outras com canais internos, uma vez que a ferramenta de corte não apresentou desgaste.

Nos ensaios de força foi utilizado um dinamômetro 9265B e um amplificador de sinal 5019A, ambos do fabricante Kistler Instrument e uma placa de aquisição de sinais modelo NI PCO-6036E da National Instrument. Foram aferidas as componentes forças de corte (F_c), avanço (F_f) e passiva (F_p), com taxa de aquisição de 100 Hz e tempo de amostragem de dez segundos, resultando em um total de 1000 pontos por teste. A força resultante (F_r) foi definida como a soma quadrática de cada componente.

A medição de rugosidade foi realizada com um rugosímetro TaylorHobson® modelo Surtronic-S128, com resolução de $0,05 \mu\text{m}$ e agulha do palpador de diamante com raio de ponta de $0,2 \mu\text{m}$. Cada medição foi feita com espaçamento de 120° , mediante da rotação do tarugo no torno e depois feito a média para cada ensaio. Foi utilizado o filtro Gaussiano (cut-off) de $0,8 \text{ mm}$ de acordo com a norma ISO 4287 (2002). A rugosidade encontrada será comparada com a rugosidade teórica para o parâmetro R_a (h), a qual depende do avanço (f) e o raio de ponta da ferramenta (R_f), conforme a Eq. 1 (Roberto *et al.*, 2018).

$$h = \frac{f^2}{8 * R_f} * 1000 \mu\text{m} = \frac{(0,1 \text{ mm})^2}{8 * 0,4 \text{ mm}} * 1000 \mu\text{m} = 3,125 \mu\text{m} \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras 3(A), 3(B), e 3(C) mostram os resultados da rugosidade R_a , R_q e R_t , respectivamente, para todas as condições. Já as figuras 4(A), 4(B) e 4(C) mostram o diagrama de Pareto das rugosidades R_a , R_q e R_z , respectivamente. A velocidade de corte foi a única variável estatisticamente significativa para confiança de 95 %, apontando que em todas as situações houve a diminuição da rugosidade ao aumentar a velocidade de 200 m/min para 400 m/min . Uma hipótese para essa diminuição pode ser explicada pela formação de aresta postiça de corte (APC). A formação de APC está ligada diretamente com a temperatura de corte. De acordo com Yücel *et al* (2021), à medida que a velocidade de corte aumenta, a temperatura de corte também cresce, com isso a formação de APC decresce. Quando a temperatura de recristalização do material do cavaco é ultrapassada, não há mais formação de APC, pois com a formação de novos grãos no cavaco, não existe mais a possibilidade de encruamento dela, fator fundamental para a formação da APC. No caso da interação entre a refrigeração com velocidade de corte e refrigeração, não foi notado uma diferença significativa, indicando que as práticas de refrigeração não interferem no acabamento. Pode ser que, embora seja diferente a maneira na qual a refrigeração é feita em cada condição, a diferença entre as temperaturas não seja significativa. Porém, isto é apenas uma hipótese, já que nenhum teste de temperatura foi realizado neste estudo. Ao comparar as rugosidades R_a experimentais com a rugosidade R_a teórica, foram encontrados valores com menos de 50 % acima do valor teórico, o que indica que fatores como vibração não tiveram grande influência na usinagem.

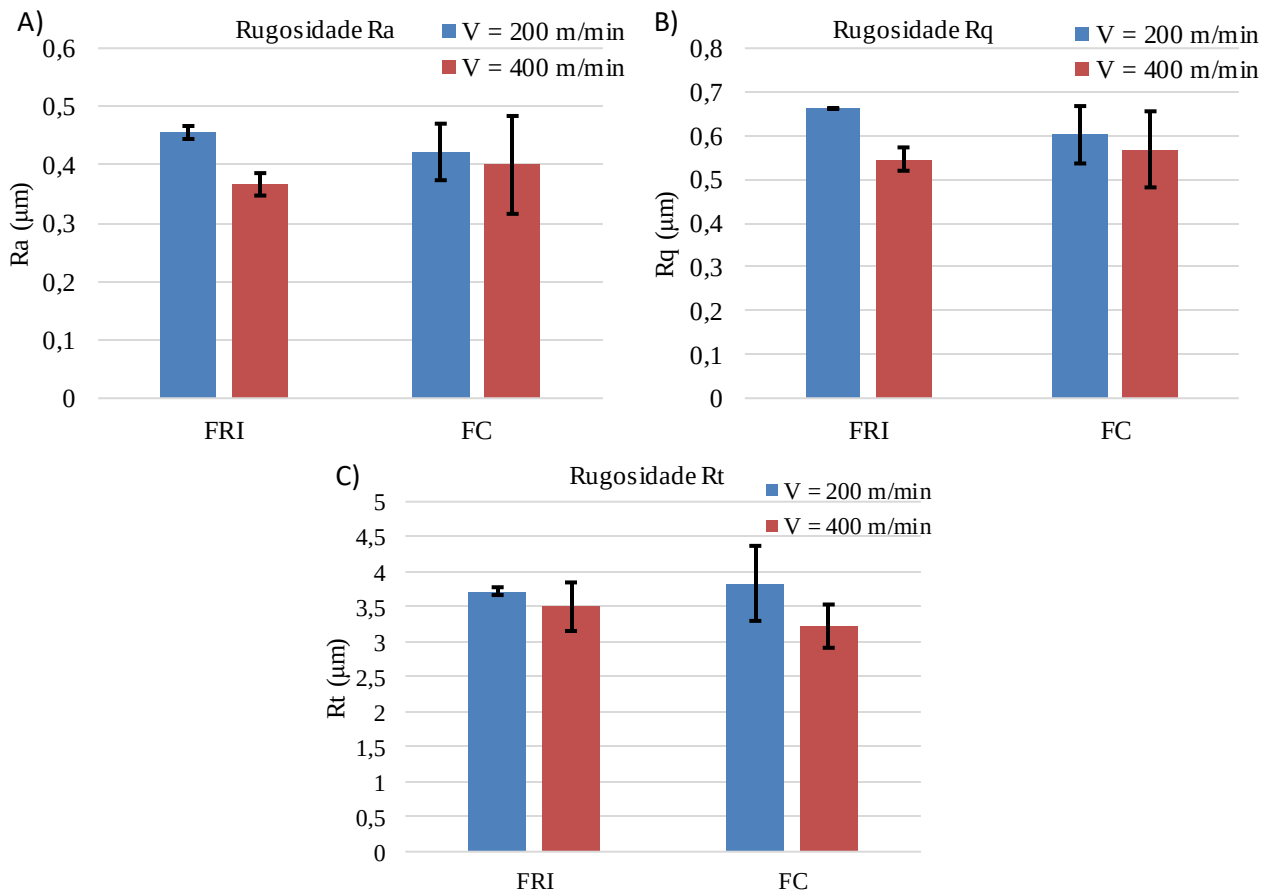


Figura 3 – Rugosidades: a) Ra; b) Rq; c) Rt

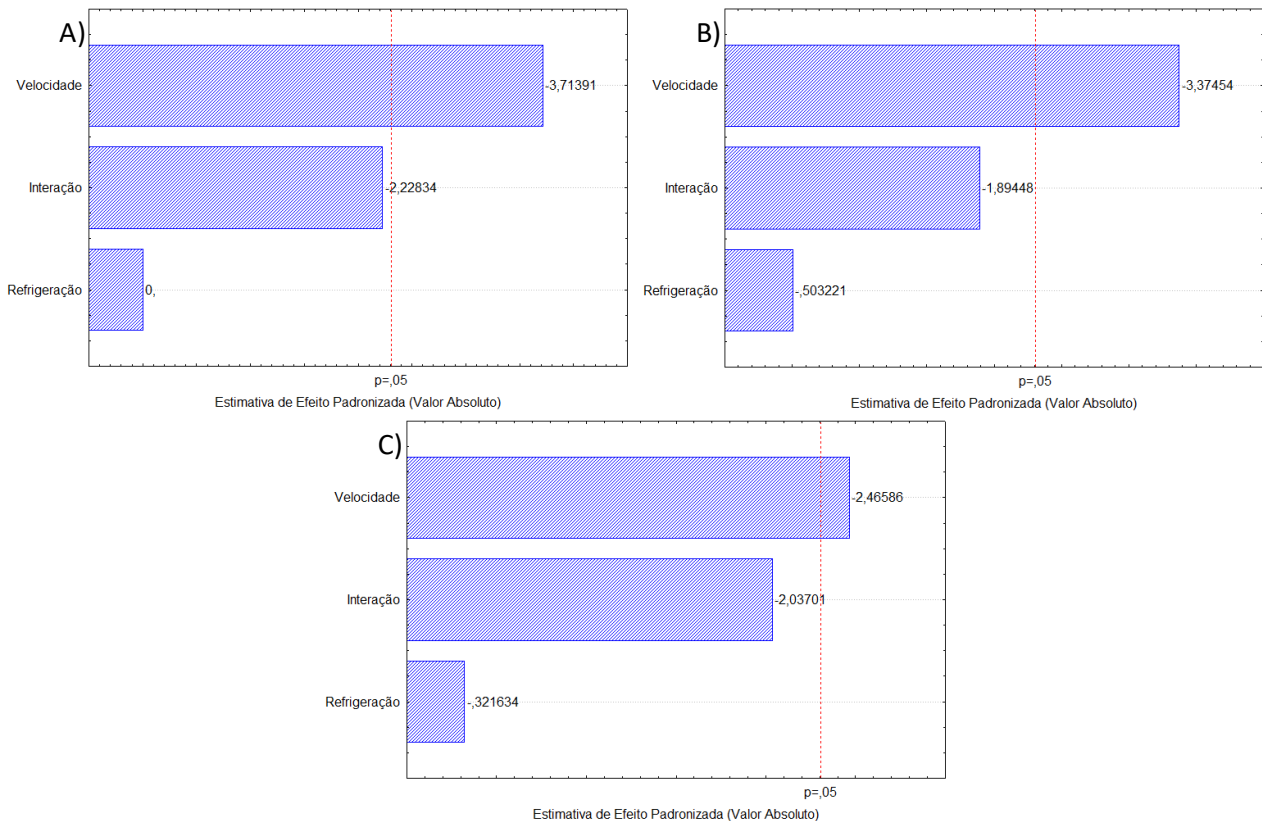


Figura 4 – Diagrama de Pareto para as rugosidades: a) Ra; b) Rq; c) Rt

As figuras 5(A) e 5(B) representam as forças de corte (F_c) e forças resultante (F_r), respectivamente, para todas as condições. Já as figuras 6(A) e 6(B) o diagrama de Pareto para as forças de corte e forças resultante. Ao analisar somente a força de corte, não foram encontradas variáveis significativas para um nível de significância de 5 %, mas foi possível observar que houve maior tendência que a velocidade de corte possuiu maior impacto, sendo que o aumento da velocidade de corte tendeu a elevar a força de corte.

Já na força resultante, a velocidade de corte foi estatisticamente significativa, com a força de corte aumentando proporcionalmente com o aumento da velocidade. Este resultado vai contra a maioria dos resultados na literatura, uma vez que com o aumento da velocidade de corte, eleva a temperatura do material reduzindo a força de corte por meio do amolecimento térmico. Mas um possível motivo para esta divergência é o possível aparecimento da aresta postiça de corte (APC), o qual ocorre em materiais tende dúcteis em baixas velocidades, ocasionando em menor força devido ao aumento do ângulo efetivo de saída do cavaco (Diniz, Marcondes e Coppini, 2003), outro fator que sustenta esta teoria é a tendência a diminuição da rugosidade com o aumento da velocidade, uma vez que a APC tende a aumentar a rugosidade devido ser um fenômeno cíclico. Uma outra hipótese, é o aumento de vibração que foi apresentado durante os ensaios com uma velocidade de corte maior, que é indicado pela variação dos desvios padrões dos ensaios de 400 m/min, que apresentaram dispersões bem maiores do que nas condições de baixa velocidade de corte.

Já em relação as condições de refrigeração, o teste estatístico mostrou uma insignificância, apesar da tendência que o fluido de corte apresenta no auxílio da diminuição das forças de corte, devido à suas ações lubrificantes. Diferente das FRIs, que atuam somente no trabalho de refrigeração.

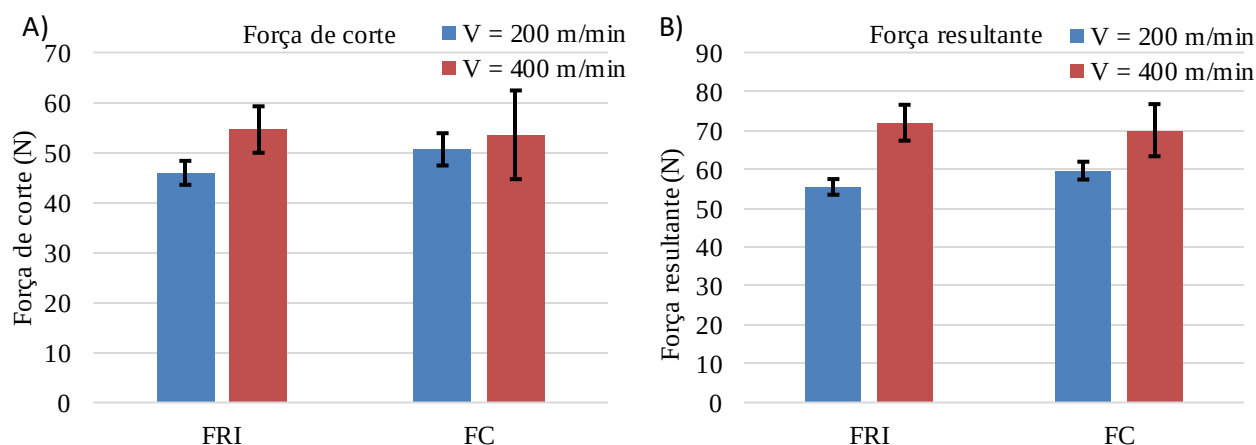


Figura 5 – resultados: a) Força de corte; b) força resultante

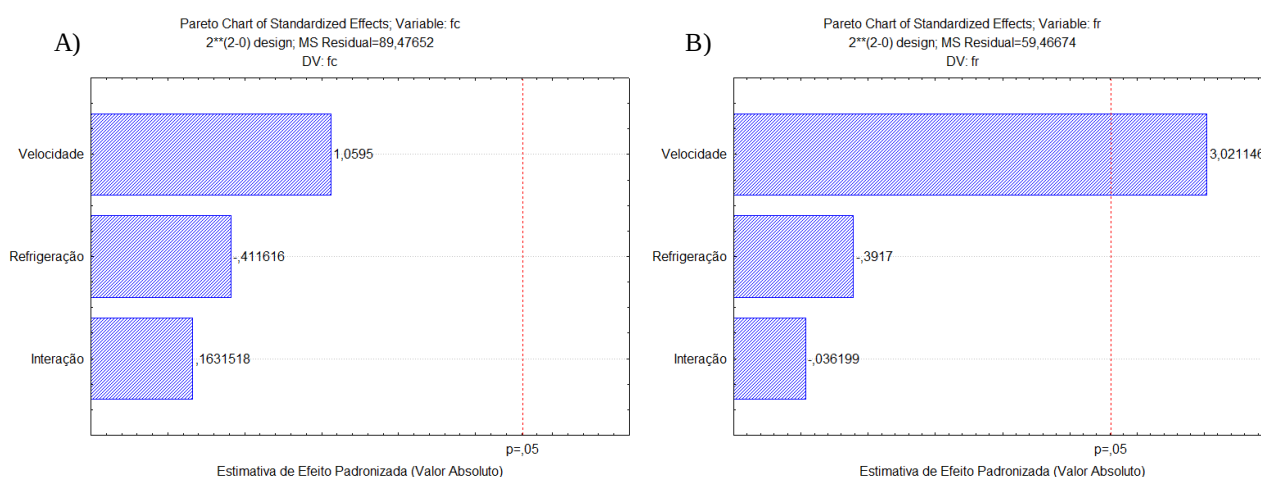


Figura 6 - Diagrama de Pareto: a) Força de corte; b) força resultante

4. CONCLUSÕES

Ao comparar ferramentas com refrigeração interna com fluido de corte em abundância no torneamento de Alumínio 2011-T4:

- Não foi constatado diferença estatística tanto nos parâmetros de rugosidade Ra, Rq e Rz.
- A rugosidade Ra medida experimentalmente não excedeu em 50 % a rugosidade teórica
- A velocidade de corte foi o único parâmetro influente nas análises de rugosidade, mostrando um ganho no acabamento superficial com a elevação da velocidade além da elevação da força de corte, sendo que a aresta postiça de corte foi a causa mais provável na menor velocidade de corte.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Mapal do Brasil e à Ceratizit pelo fornecimento das ferramentas, à Walter Tools e à Nipo-Tec pelo fornecimento do porta-ferramentas; Fuchs por fornecer monoetileno glicol. Este estudo foi apoiado financeiramente pelas agências brasileiras de pesquisa CNPq, FAPEMIG e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES).

6. REFERÊNCIAS

- Barbosa, L.M.Q. (2021) *Torneamento de aço endurecido ABNT - D6 com ferramenta de PCBN refrigerada através de galerias internas*. Universidade Federal de Uberlândia. Available at: <https://doi.org/http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.282>.
- Bonfá, M.M. (2013) 'Torneamento do aço endurecido AISI D6 utilizando mínima quantidade de fluido de corte', p. 123.
- Debnath, S., Reddy, M.M. and Yi, Q.S. (2014) 'Environmental friendly cutting fluids and cooling techniques in machining: a review', *Journal of Cleaner Production*, 83, pp. 33–47. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.071>.
- Diniz, A.E., Marcondes, F.C. and Coppini, N.L. (2003) *Tecnologia da Usinagem dos Materiais*, Artliber Editora, São Paulo. Edited by Artliber. Artliber Editora.
- Elkington, J. (1997) 'Cannibals with Forks: The triple bottom line of 21st centuryThe triple bottom line of 21st century', *Alternative Management Observatory*, (April), pp. 1–16. Available at: <https://doi.org/http://doi.wiley.com/10.1002/tqem.3310080106>.
- Fernandes, G.H.N. et al. (2023) 'Performance comparison between internally cooled tools and flood cooling during grey cast iron turning', *Journal of Manufacturing Processes*, 85, pp. 817–831. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.11.040>.
- Ferri, C. et al. (2014) 'Internally cooled tools and cutting temperature in contamination-free machining', *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 228(1), pp. 135–145. Available at: <https://doi.org/10.1177/0954406213480312>.
- França, P.H.P. et al. (2022) 'Thermal analysis of a proposed internally cooled machining tool system', *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10602-8>.
- Ingraci Neto, R.R. et al. (2016) 'Indirect cooling of the cutting tool with a pumped two-phase system in turning of AISI 1045 steel', *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 87(9–12), pp. 2485–2495. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8620-6>.
- Karaguzel, U. and Budak, E. (2018) 'Investigating effects of milling conditions on cutting temperatures through analytical and experimental methods', *Journal of Materials Processing Technology*, 262, pp. 532–540. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2018.07.024>.
- King, N. et al. (2001) 'Wet versus dry turning: A comparison of machining costs, product quality, and aerosol formation', in *SAE Technical Papers*. SAE International. Available at: <https://doi.org/10.4271/2001-01-0343>.
- Krolczyk, G.M. et al. (2019) 'Ecological trends in machining as a key factor in sustainable production – A review', *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd, pp. 601–615. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.017>.
- Ning, J. and Liang, S. (2019) 'Predictive Modeling of Machining Temperatures with Force–Temperature Correlation Using Cutting Mechanics and Constitutive Relation', *Materials*, 12(2), p. 284. Available at: <https://doi.org/10.3390/ma12020284>.
- Park, R.M. et al. (1988) 'Causes of death among workers in a bearing manufacturing plant', *American Journal of Industrial Medicine*, 13(5), pp. 569–580. Available at: <https://doi.org/10.1002/ajim.4700130505>.
- Peixoto, A.C.S. (2021) *Análise da força de corte e rugosidade no torneamento de ferro fundido cinzento utilizando sistema de resfriamento interno da ferramenta*. Universidade Federal de Uberlândia. Available at: <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.5592>.
- Roberto, G. et al. (2018) 'Análise da rugosidade superficial de barras de aço SAE 1045 após torneamento Surface roughness analyses of 0.45%C (SAE 1045) steel bars after turning'. Available at: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620190001.0630>.
- Roca, L.C. and Searcy, C. (2012) 'An analysis of indicators disclosed in corporate sustainability reports', *Journal of*

Cleaner Production, 20(1), pp. 103–118. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.08.002>.

Rokhmawati, A., Sathye, M. and Sathye, S. (2015) 'The Effect of GHG Emission, Environmental Performance, and Social Performance on Financial Performance of Listed Manufacturing Firms in Indonesia', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 211, pp. 461–470. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.061>.

Souza, F. (2022) *Efeito da texturização em ferramentas de pcd no torneamento de Alumínio 2011-T4*. Universidade Federal de Uberlândia. Available at: <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.79>.

Técnicas, A.B. de N. (2002) 'ABNT NBR ISO 4287: 2002: especificações geométricas do produto (GPS). Rugosidade: método do perfil: termos, definições e parâmetros da rugosidade'. ABNT São Paulo.

Yücel, A. et al. (2021) 'Influence of MoS₂ based nanofluid-MQL on tribological and machining characteristics in turning of AA 2024 T3 aluminum alloy', *Journal of Materials Research and Technology*, 15, pp. 1688–1704. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JMRT.2021.09.007>.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

COMPARISON OF TOOL INTERNAL COOLING AND WET MACHINING IN ALUMINUM TURNING 2011-T4

Lucas Melo Queiroz Barbosa

Pedro Henrique Pires França

Cláudio Gomes do Nascimento

Eder Silva Costa

Univ. Federal de Uberlândia, LEPU, 2121 Joao Naves de Avila Avenue, Uberlândia - MG, Brazil. 38408-100
lmqbarbosa@gmail.com; pedrohenriquepiresf96@gmail.com; claudiomecanicanascimento@yahoo.com.br;
edercosta@ufu.br.

Paulo Sérgio Martins

UNA University Center – Belo Horizonte. Rua dos Aimores 1451, Belo Horizonte - MG, Brazil. 30140 071.
paulo.martins@prof.una.br.

Álison Rocha Machado

PUC-PR – PPGEM; R. Imac. Conceição, 1155 - Prado Velho, Curitiba - PR, 80215-901.
alisonr.machado@gmail.com.

Abstract. *Machining action is based on removing material from the part. More than 95% of all the mechanical energy generated by the process is transformed into heat when cutting. Due to these conditions, the temperature in the cutting tool can reach values of 1200 °C, as in the machining of hardened steels and superalloys, verified the useful life of the cutting tool. Cutting fluids are the most used means for engines in industries, being in many situations unresponsive, due to the high cost, difficult disposal, and risks to operators, in addition to not being recommended on some occasions. To ensure greater movement than dry machining and eliminate contamination and reduce machining costs with cutting fluids, the system of internally cooled tools in a closed circuit is a sustainable technique in which it has already obtained promising results. This work aims to design and test an internal conduction system in TiNAl-coated carbide tools circulating a mixture of water and ethylene glycol in a closed circuit, or in 2011-T4 aluminum turning. The focus will be on studying the influence of the tool's internal traction systems on cutting force and surface roughness, comparing with the most used method: spouting. Thus, two factorial designs were made with two levels and two variables for each measurand, one comparing spurt with the internal use, and another game with the internal use of the tool: in addition to using two different cutting speeds. When comparing tools with internal use with cutting fluid in abundance in aluminum turning 2011-T4, no statistical difference was found either in the roughness parameters Ra, Rq and Rz or in the cutting and resulting forces. The cutting speed was the only parameter that influenced the roughness analysis, showing an improvement in the surface finish and an increase in the cutting force with its increase.*

Keywords: machining; internally cooled tool (ICT); wet machining; roughness; aluminum 2011-T4.

RESPONSIBILITY NOTICE

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