

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ESTUDO COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO DE DIFERENTES FLUIDOS DE CORTE NO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

Leonardo Roberto da Silva, lrsilva@deii.cefetmg.br
Davi Alves da Silva, davialvesdasilvaa@yahoo.com.br
Clarice Carvalho Diniz, claricecarvalhodiniz@hotmail.com
Diego Boaventura Amaral, diegoamaral@hotmail.com
Francisco Vieira dos Santos, franvds5@gmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG - Campus I - Departamento de Engenharia de Materiais - DEMAT. Avenida Amazonas, 5253. Nova Suíça. Belo Horizonte, MG, Brasil.

Resumo: O processo de retificação é caracterizado pela sua complexidade, sendo empregado na fabricação de componentes que exigem excelente qualidade superficial e geométrica. O desempenho deste processo depende muito das condições de lubri-refrigeração, evitando o superaquecimento da peça que poderá interferir na integridade superficial da peça. Por outro lado, os fluidos de corte são uma das fontes mais problemáticas na manufatura, por serem produtos nocivos ao meio ambiente e a saúde humana, além disso, o não monitoramento pode comprometer a eficiência do processo, uma vez que a contaminação por bactérias pode afetar a qualidade da peça. Sendo assim, torna-se essencial que se faça estudos em busca de fluidos alternativos visando à redução destes problemas, mas sempre priorizando as propriedades primárias dos fluidos que são a refrigeração e lubrificação que propiciam ao componente usinado a qualidade superficial exigida. Este trabalho visa analisar o comportamento de diferentes fluidos de corte (Mix - 50% fluido integral a base de óleo mineral e 50% óleo de soja; fluido integral a base de óleo mineral e fluido de corte sintético), bem como a utilização da técnica de Mínima Quantidade de Lubrificante (MQL) no processo de retificação do aço ABNT 4340 endurecido. Os parâmetros de saída avaliados foram: rugosidade (R_a , R_t , R_p/R_t) e desgaste do rebolo. O fluido de corte integral e a matriz Mix apresentaram melhor desempenho nas variáveis analisadas. Em geral, os resultados viabilizaram a utilização de formulações biodegradáveis de fluidos de corte, proporcionando melhoria na eficiência do processo e contribuindo para uma produção mais sustentável.

Palavras-chave: retificação, fluidos de corte, rugosidade, desgaste de rebolo, mínima quantidade de lubrificante - MQL, formulação biodegradável.

1. INTRODUÇÃO

O processo de retificação confere a peça um acabamento final, com finalidade de minimizar as irregularidades superficiais, através da interação entre os grãos abrasivos do rebolo e peça a ser retificada. (Alves *et al.*, 2010). O principal objetivo nas operações de acabamento em materiais de alta dureza é de obter baixa rugosidade e estreitas tolerâncias de forma e dimensão. (Puerto *et al.*, 2013).

Segundo Malkin e Guo (2008), a rugosidade de uma peça depende da lubrificação, e é diretamente afeta pelo tamanho do grão abrasivo presente no rebolo, das condições de dressagem, quantidade de material removido, do tempo de centelhamento e condições de lubri-refrigeração. Segundo Irani *et al.* (2005), o dano térmico é um dos principais fatores limitantes ao processo de retificação.

De acordo com Malkin (1989), temperaturas elevadas podem causar vários tipos de danos térmicos à peça, tais como: revenimento da camada superficial endurecida, transformação de fases, tensão residual de tração desfavorável, trincas e redução da resistência à fadiga.

Os fluidos de corte no processo de retificação exercem duas importantes funções: refrigeração e lubrificação. Sua função como lubrificante é a mais importante. (Malkin, 1989). De acordo com Boubekri (2010), existe um alto custo com relação aos fluidos de corte, devido ao seu elevado consumo na indústria e ao tratamento desse fluido de corte no momento do descarte de forma a atender as exigências ambientais. Os custos com fluidos de corte segundo Silva e Soares (2009), podem atingir 20% dos custos de produção.

Dessa forma, a tendência mundial é diminuir a utilização em quantidade dos fluidos de corte ao passar dos anos, exigindo mais pesquisas sobre o assunto, com o objetivo na redução da participação desses fluidos nos processos produtivos e, consequentemente, no meio ambiente, sem que haja alteração na qualidade do componente usinado. (Alves *et al.*, 2009).

Segundo Bianchi *et al.* (2012), a tecnologia de mínima quantidade de lubrificante (MQL) combina a refrigeração com um consumo muito baixo de fluido de corte, e isso pode trazer alguns benefícios como redução de custos na usinagem sobrevivendo do alto consumo de lubrificantes e redução de problemas ambientais. Contudo, a névoa produzida na tecnologia MQL, expõe no local de trabalho muitas partículas suspensas de óleo provocando uma poluição no ar e podendo prejudicar a saúde do operador, exigindo assim, cuidados na implantação do sistema.

Uma outra alternativa seria a aplicação de óleos vegetais na forma de fluidos de corte que é interessante devido ao seu poder lubrificante e devido a matéria prima abundante que possui o Brasil na produção de soja, milho, amendoim, algodão, babaçu e palma (Runge e Duarte, 1990). A maioria dos trabalhos relatados, mencionam os óleos de soja, milho e de mamona como possíveis candidatos e com um enorme potencial para a utilização como fluidos de corte no setor de fabricação (Singh, 2006).

A obtenção dos óleos vegetais ocorre por diferentes métodos de manipulação das sementes oleaginosas que contenham fruto. Estes óleos são submetidos a uma série de tratamentos físico e químico para seu refino (Aluyor, 2009). Em geral, os óleos vegetais por serem ambientalmente amigáveis, renováveis, menos tóxicos e facilmente biodegradáveis, são substitutos atraentes para os óleos à base de petróleo (Matthew *et al.*, 2007).

O presente trabalho visa identificar o desempenho operacional dos diferentes fluidos de corte (Mix: 50% fluido integral base de óleo mineral e 50% óleo de soja; fluido integral a base de óleo mineral e fluido de corte sintético) e a tecnologia de mínima quantidade de lubrificante (MQL) na retificação do aço ABNT 4340 endurecido. Afim de viabilizar diferentes alternativas proporcionando uma melhora do processo, além de contribuir para uma manufatura ecologicamente correta. Para isto foi verificado o desempenho dos fluidos em relação à qualidade superficial através dos parâmetros de rugosidade (R_a e R_t), desgaste diametral do rebolo e coeficiente de vazão ($C_v = R_p/R_t$).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do trabalho foi baseado em ensaios de retificação por mergulho realizados em uma retificadora cilíndrica universal, marca *TosHostivar*, com potência equivalente a 9 kW, e rebolo convencional de óxido de alumínio (Al_2O_3), com as seguintes dimensões e características: (355,6 x 50,8 x 127 mm - FE 38A60KV). Este rebolo é utilizado na retificação de aços que possuem alta resistência à tração e elevada dureza.

Foram utilizados quatro tipos de fluido de corte no processo de retificação das amostras, sendo três tipos aplicados pelo método convencional e um tipo pelo método de mínima quantidade de lubrificante (MQL) com um bocal devidamente preparado para este tipo de aplicação.

Os fluidos de corte utilizados no método de lubri-refrigeração convencional foram: o Mix (50% fluido integral à base de óleo mineral e 50% óleo de soja); fluido integral a base de óleo mineral MecaFluid 14 SC do fabricante Petronas Lubrificante e o fluido de corte sintético Southcool RU 20 do fabricante Southquin. A vazão dos fluidos de corte no método convencional foi de 12L/min. Para o método de mínima quantidade de lubrificante (MQL) utilizou-se um equipamento aplicador Accu-Lube fornecido pela ITW - Chemical Products Ltda, utilizando fluido LB 1000 fornecido pelo fabricante do equipamento, sendo que a vazão do ar foi regulada para 36 m³/h a uma pressão de 5 Kgf/cm². A vazão do lubrificante foi regulada para 105 mL/h.

Para realizações dos ensaios foram confeccionados corpos de prova cilíndricos de aço ABNT 4340 temperado e revenido (dureza média de 52 HRC), com diâmetro inicial de 37 mm e comprimento retificado de 42 mm, sendo sua composição química mostrada na Tab. 1.

Tabela 1. Composição química (em %) do aço ABNT 4340.

C	Mn	P	Si	S	Cr	Ni	Mo
0,38	0,66	0,03	0,21	0,011	0,74	1,66	0,22
Al	Cu	Co	V	Ti	Sn	N	H
0,021	0,052	0,04	0,04	0,003	0,0012	0,72ppm	4,7ppm

A operação de dressagem do rebolo foi realizada no início de cada ensaio. Foi utilizado um dressador conglomerado de diamante preso a um suporte, que faz parte dos acessórios da retificadora. A dressagem tem como funções manter a agressividade do rebolo, eliminando os grãos abrasivos gastos e os cavacos de material incrustados entre os grãos, manter as formas geométricas (perfis) do rebolo e produzir peças dentro das dimensões e rugosidades exigidas, além de evitar a ocorrência de altas temperaturas na interface peça/rebolo.

As condições de usinagem utilizadas foram: velocidades de mergulho (V_i) de 0,6 mm/min e 1,2 mm/min; volume de material retificado da peça de $1,93 \times 10^3$ mm³; $12,64 \times 10^3$ mm³ e $21,82 \times 10^3$ mm³; rotação da peça (n_w) de 155 rpm; tempo de centelhamento - *spark out* (t_s) de 6s e 10s; profundidade de dressagem (a_d) de 0,05 mm (10 passadas) e velocidade de dressagem de 2,7 mm/s.

A matriz de experimentos foi feita com base em quarenta e oito corpos de prova conforme Tab. 2.

Tabela 2. Matriz dos corpos de prova ensaiados.

	FLUIDOS DE CORTE															
	MIX				INTEGRAL				SINTÉTICO				MQL			
Velocidade de mergulho (mm/min)	1,2		0,6		1,2		0,6		1,2		0,6		1,2		0,6	
Volume de material retificado (10 ³ mm ³)	Teste	Réplica	Teste	Réplica	Teste	Réplica	Teste	Réplica	Teste	Réplica	Teste	Réplica	Teste	Réplica	Teste	Réplica
1,93	CDP1	CDP4	CDP7	CDP10	CDP13	CDP16	CDP19	CDP22	CDP25	CDP28	CDP31	CDP34	CDP37	CDP40	CDP43	CDP46
12,64	CDP2	CDP5	CDP8	CDP11	CDP14	CDP17	CDP20	CDP23	CDP26	CDP29	CDP32	CDP35	CDP38	CDP41	CDP44	CDP47
21,82	CDP3	CDP6	CDP9	CDP12	CDP15	CDP18	CDP21	CDP24	CDP27	CDP30	CDP33	CDP36	CDP39	CDP42	CDP45	CDP48

Para medição de desgaste, foram utilizados dezesseis corpos de prova cilíndricos retificados de aço ABNT 1020 fixados na própria retificadora, com o intuito de obter a marcação do perfil desgastado do rebolo. Essa operação foi realizada, após o fim dos ensaios nos determinados parâmetros (fluidos de corte e velocidade de mergulho) e suas respectivas réplicas, como observado na Tab. 3. O desgaste diametral pode então ser medido utilizando o parâmetro Pt do rugosímetro.

Tabela 3. Matriz para avaliação de desgaste.

	FLUIDOS DE CORTE							
	MIX		INTEGRAL		SINTÉTICO		MQL	
Velocidade de mergulho (mm/min)	1,2	0,6	1,2	0,6	1,2	0,6	1,2	0,6
Teste	CDP1	CDP3	CDP5	CDP7	CDP9	CDP11	CDP13	CDP15
Réplica	CDP2	CDP4	CDP6	CDP8	CDP10	CDP12	CDP14	CDP16

Na medição de rugosidade, utilizou-se um rugosímetro Mitutoyo modelo SJ-301 de acordo com as normas JIS 2001 e DIN 4776, com comprimento de amostragem “cut-off” de 0,8mm. As medições dos corpos de prova retificados foram realizadas em quatro posições radiais e equidistantes a 90° aproximadamente. Foram utilizados dispositivos adequados para uma maior precisão conforme Fig. 1. Os parâmetros avaliados foram Ra, Rt, Rz e coeficiente de vazão que é a relação de (Rp/Rt).

**Figura 1. Rugosímetro e dispositivos para medição dos parâmetros avaliados.**

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados a seguir, referem-se às condições de corte e de lubri-refrigeração encontrados na retificação cilíndrica de mergulho do aço ABNT 4340 temperado e revenido para os parâmetros avaliados: rugosidade média (Ra), rugosidade total (Rt), coeficiente de vazão (Cv) e desgaste diametral do rebolo.

3.1. Rugosidade (Ra)

As Figuras 2 e 3 apresentam os valores médios de rugosidade (Ra) e seus respectivos desvio padrão com diferentes fluidos de corte para velocidades de mergulho de 1,2mm/min e 0,6mm/min e volume de material retificado da peça de $1,93 \times 10^3 \text{ mm}^3$, $12,64 \times 10^3 \text{ mm}^3$ e $21,82 \times 10^3 \text{ mm}^3$.

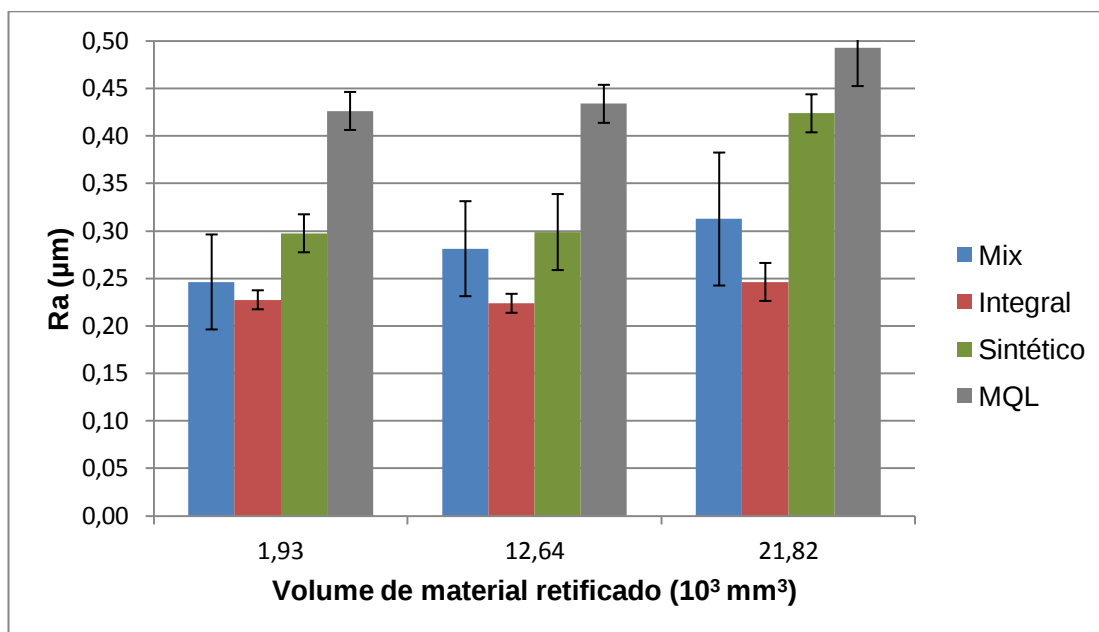


Figura 2. Rugosidade (Ra) em função do volume de material retificado utilizando diferentes fluidos de corte na velocidade de mergulho de 0,6 mm/min.

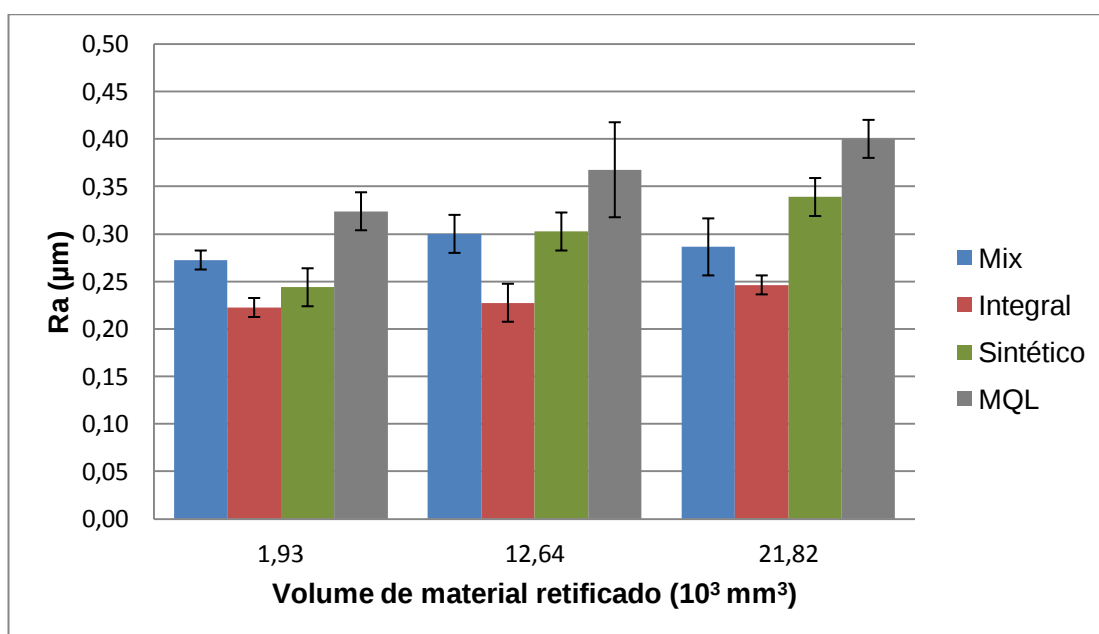


Figura 3. Rugosidade (Ra) em função do volume de material retificado utilizando diferentes fluidos de corte na velocidade de mergulho de 1,2 mm/min.

Observa-se nas Fig. 2 e 3 que o fluido integral apresentou melhor rugosidade em relação aos demais fluidos de corte em todos os três diferentes volumes de material retificado, devido ao excelente poder lubrificante desse fluido. Isto faz com que o coeficiente de atrito seja reduzido e proporcione menores forças de corte no processo de retificação e, conseqüentemente, melhor acabamento superficial.

Para volume de material retificado de $1,93 \times 10^3 \text{ mm}^3$ e velocidade de mergulho de 1,2 mm/min o fluido integral apresentou melhor rugosidade seguida pelo sintético, Mix e por último o MQL. No volume de material retificado de $1,93 \times 10^3 \text{ mm}^3$, e velocidade de mergulho de 0,6mm/min o fluido integral apresentou melhor rugosidade, seguida pelo Mix, sintético e por último MQL.

Os menores valores de rugosidade encontrados para os diferentes fluidos de corte foram para o volume de material retificado de $1,93 \times 10^3 \text{ mm}^3$, mostrando que menor penetração do rebolo melhor será a rugosidade, resultados coerente com os obtidos por Alves *et al.*, (2009), onde afirma que menores taxas de remoção de material, menor será a rugosidade.

Para a tecnologia de mínima quantidade de lubrificante (MQL), encontrou-se nas três etapas as maiores rugosidades, provavelmente pelo fluido não ter sido eficiente quanto a retirada de cavaco da zona de corte em relação

aos demais fluidos de corte. Segundo Oikawa *et al.*, (2009) na técnica MQL, o ar comprimido não é eficiente para a retirada de cavaco na zona de corte, ocorrendo a formação de uma “borra” com cavaco de difícil remoção e afetando os valores de rugosidade da peça. Cabe ressaltar que a vazão e a pressão do ar comprimido utilizado nos experimentos foram inferiores a indicação do fabricante do equipamento de MQL.

Todos os valores de rugosidade média obtidos para os diferentes fluidos de corte, velocidade de mergulho e volumes de material retificado do rebolo, estão dentro da faixa de tolerância, apresentando resultados bem satisfatórios. De acordo com Diniz *et al.* (2003), ha uma faixa de tolerância aceitável para o processo de retificação onde esses valores estão entre 0,2 e 1,6 μm .

3.2. Rugosidade (Rt)

Quando se deseja ou necessita-se especificar a altura máxima da rugosidade, um dos parâmetros essenciais é o Rt. O mesmo deve ser empregado, devido ser diretamente influenciado por qualquer defeito ou irregularidade na superfície. (Machado *et al.*, 2009).

As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados de rugosidade Rt para os diferentes fluidos de corte para as velocidades de mergulho de 0,6 e 1,2 mm/min, nos diferentes volumes de material retificado.

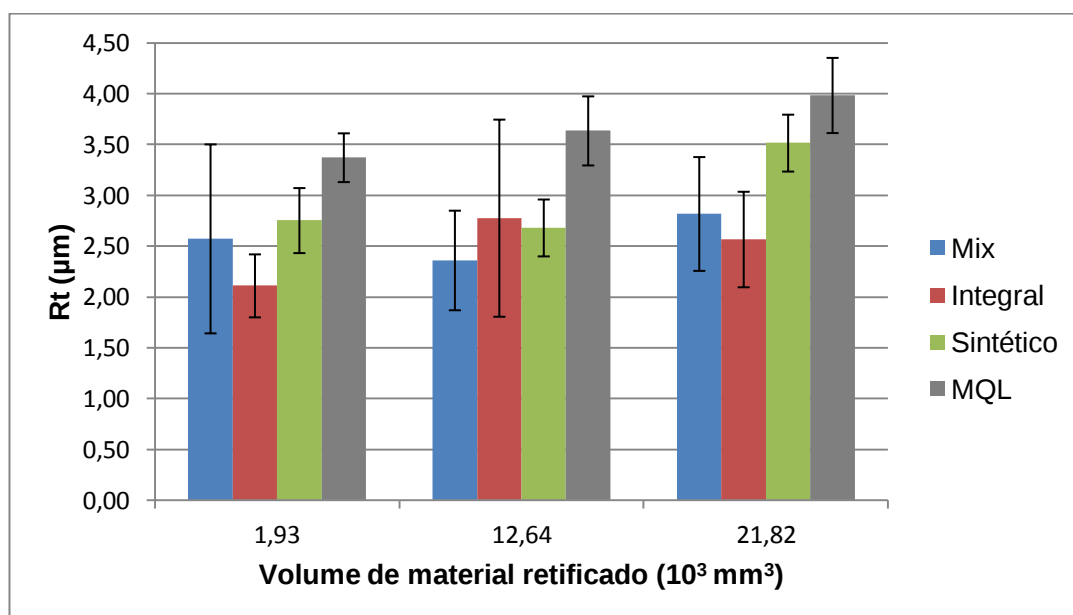


Figura 4. Rugosidade máxima (Rt) em função do volume de material retificado utilizando diferentes fluidos de corte na velocidade de mergulho de 0,6 mm/min.

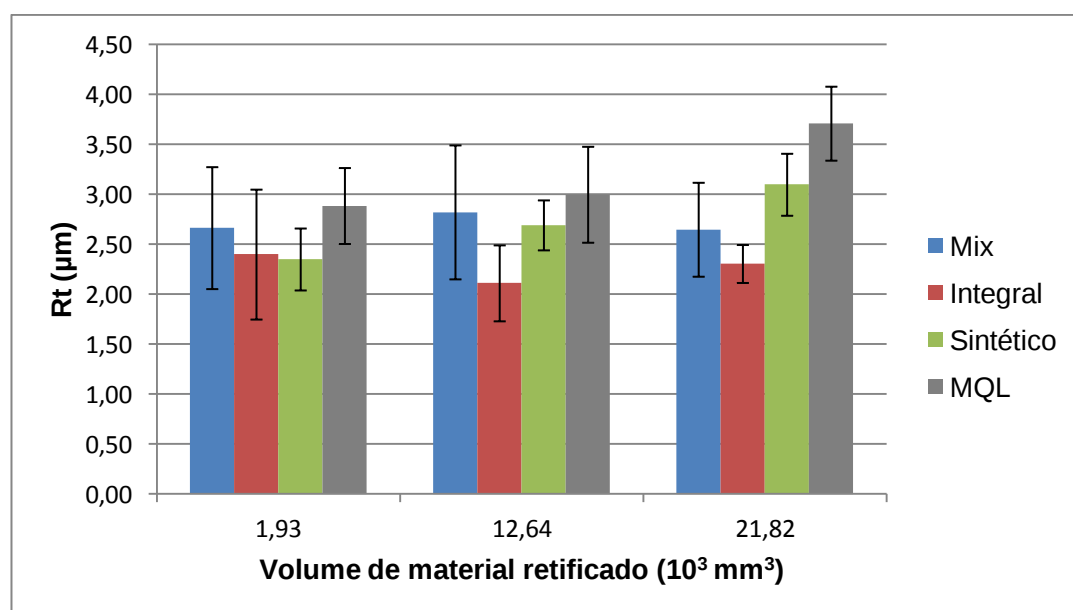


Figura 5. Rugosidade máxima (Rt) em função do volume de material retificado utilizando diferentes fluidos de corte na velocidade de mergulho de 1,2 mm/min.

Observa-se através da Fig. 4 que o menor valor de R_t para todos os fluidos de corte utilizados, foi no volume de material retificado de $1,93 \times 10^3 \text{ mm}^3$, velocidade de mergulho de 0,6 mm/min e com aplicação do fluido integral. Valores em acordo com os resultados obtidos também para o desgaste do rebolo para velocidade de mergulho de 0,6 mm/min e com a aplicação do fluido integral onde ocorreu o menor desgaste do rebolo.

O maior valor de rugosidade R_t , foi no volume de material retificado de $21,82 \times 10^3 \text{ mm}^3$, velocidade de mergulho de 0,6 mm/min e com aplicação do MQL conforme Fig. 4.

Em todas as condições de volume de material retificado e velocidades de mergulho, o MQL apresentou o maior valor de rugosidade R_t . Percebe-se uma menor eficiência da lubrificação e refrigeração do MQL em relação aos demais fluidos de corte.

O melhor resultado obtido para o fluido MQL pode ser visto para o volume de material retificado de $1,93 \times 10^3 \text{ mm}^3$ e velocidade de mergulho de 1,2 mm/min. Houve uma tendência de aumento do R_t à medida que se aumenta o volume de material retificado com aplicação de MQL. Ainda em relação ao MQL, os resultados mostraram melhor rugosidade R_t com o aumento da velocidade de mergulho de 0,6 mm/min para 1,2 mm/min.

Em geral, analisando os parâmetros R_a e R_t nas diversas condições de corte e lubri-refrigeração, nota-se uma boa opção a utilização do fluido Mix e da técnica de MQL, contribuindo para uma produção mais sustentável, devido a presença de 50% de óleo de soja no Mix e de fluido vegetal biodegradável na MQL.

3.3. Coeficiente de Vazio (R_p/R_t)

Pawlus e Michalski (1992) afirmam que, o desgaste linear e acabamento podem ser relacionados através do coeficiente de vazio que é um importante parâmetro tribológico usado para avaliar o desgaste ocorrido na superfície da peça. Quanto menor o valor do coeficiente de vazio, menor será o desgaste na superfície da peça e melhor o acabamento superficial. Esse coeficiente relaciona os parâmetros de amplitude R_p (altura máxima do perfil) e R_t (altura total do perfil) que pode ser calculado pela Eq. (1).

$$Cv = \frac{R_p}{R_t} \quad (1)$$

As Figuras 6 e 7 mostram as médias das rugosidades R_p/R_t das quatro análises feitas para cada condição de lubri-refrigeração Mix, integral, sintético e MQL em função do volume de material retificado.

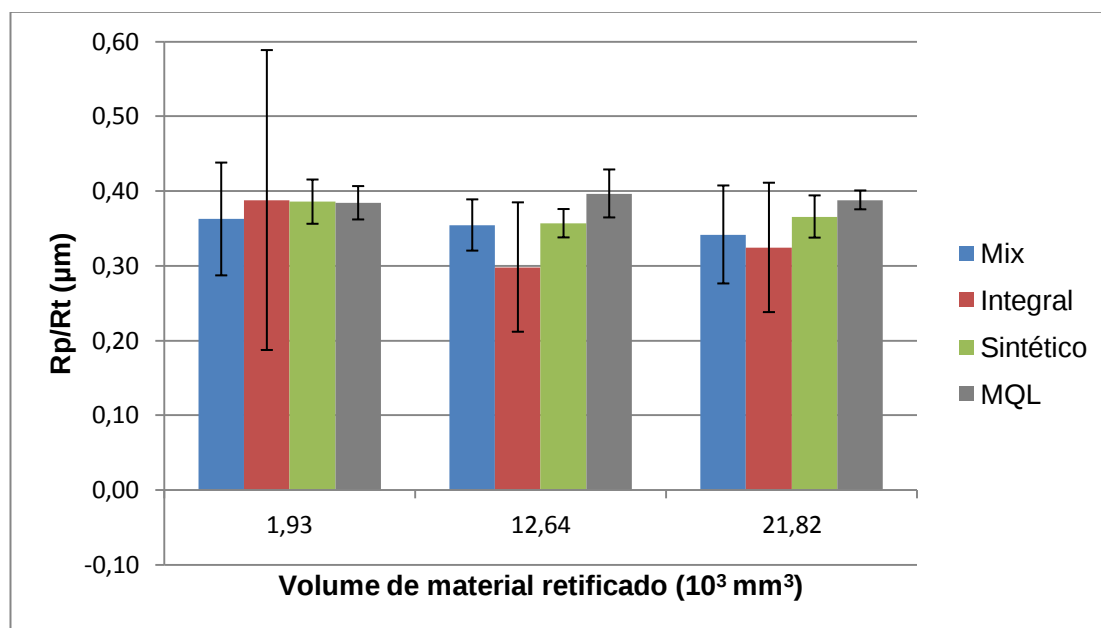


Figura 6. Coeficiente de vazio (R_p/R_t) em função do volume de material retificado utilizando diferentes fluidos de corte na velocidade de 0,6 mm/min.

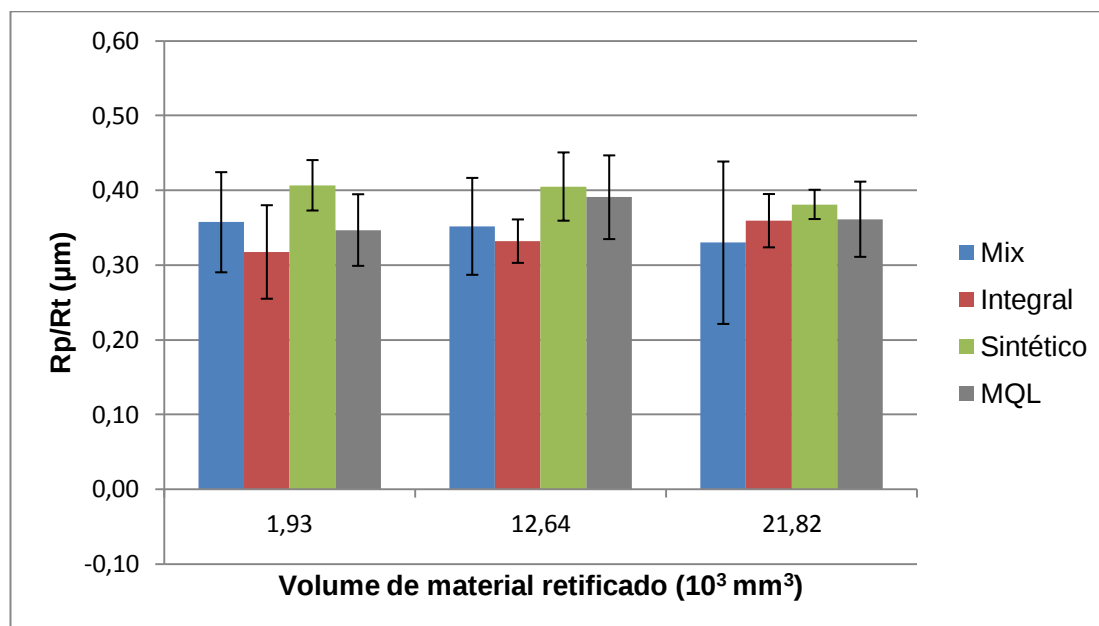


Figura 7. Coeficiente de vazio (R_p/R_t) em função do volume de material retificado utilizando diferentes fluidos de corte na velocidade de 1,2 mm/min.

Analisando o comportamento do coeficiente de vazio e relacionando-o com a rugosidade R_t para os quatro tipos de fluido Mix, integral, sintético e MQL observa-se que para o fluido integral o maior valor da rugosidade R_t resulta em um menor valor para o coeficiente de vazio para ambas as condições de velocidade independente do volume de material retificado.

O menor valor encontrado para o coeficiente de vazio ocorreu para a condição do fluido integral com velocidade de mergulho de 0,6 mm/min, volume de material retificado de $12,64 \times 10^3 \text{ mm}^3$ e *spark-out* de 10 s de acordo com as Fig. 6 e 7. O maior valor obtido para o coeficiente de vazio ocorreu para as condições do fluido sintético na velocidade de avanço (mergulho) 1,2 mm/min com volume de material retificado de $1,93 \times 10^3 \text{ mm}^3$ e $12,64 \times 10^3 \text{ mm}^3$ e, com *spark-out* de 6s e 10s respectivamente.

Esse comportamento ocorreu devido ao fato do fluido de corte integral permitir maior poder de lubrificação em relação aos demais fluidos, uma vez que, sobre baixas velocidades de cortes onde as temperaturas são baixas, o poder de refrigeração é desprezível, à medida que a lubrificação é essencial para reduzir o atrito. Outro fator importante é o tempo de *spark-out* que define a rugosidade da peça, pois quanto maior esse tempo menor a rugosidade da peça. Já para o fluido sintético observou-se comportamento contrário, uma vez que, esse fluido possui baixo poder de lubrificação e alto poder de refrigeração que em baixas velocidades não tem relativa eficiência. Nesse caso o fluido sintético não minimizou o atrito e acentuou o desgaste.

Diante dos resultados obtidos para o aço ABNT 4340, percebe-se que a redução do coeficiente de vazio permitiu um menor desgaste e um melhor acabamento superficial na peça retificada, conforme propôs Pawlus e Michalski (1992) em seus estudos de caracterização de cilindros após as operações de retificação cilíndrica, torneamento e fresamento.

3.4. Desgaste Diametral do Rebolo

O desgaste do rebolo é uma variável de extrema importância no processo de retificação, pois quanto maior o desgaste do rebolo menor a vida útil deste e mais tempo gasto com a dressagem. De acordo com Malkin (1989), a perda de aresta de corte dos grãos abrasivos provoca desgaste por atrito, ocorrendo um aumento de áreas planas, e causando um aumento do atrito entre a peça e o rebolo, podendo provocar danos térmicos à superfície do material retificado.

A Figura 8 apresenta o desgaste diametral do rebolo para os diferentes fluidos de corte para as velocidades de mergulho de 0,6mm/min e 1,2mm/min.

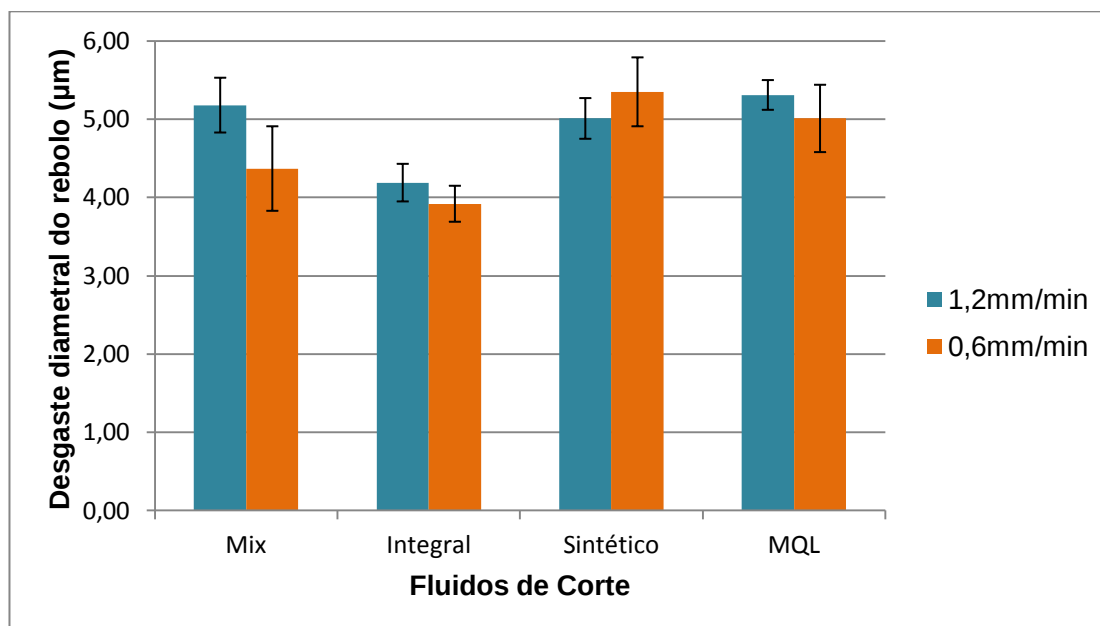


Figura 8. Desgaste diametral do rebolo utilizando diferentes fluidos de corte nas velocidades de mergulho de 0,6 e 1,2mm/min.

Observa-se na Fig. 8 que o desgaste diametral do rebolo foi menor para o fluido integral na velocidade de mergulho de 0,6mm/min. Esse comportamento pode ser também observado nos resultados de rugosidade total (R_t) com velocidade de mergulho de 0,6mm/min e volume de material retificado de $1,93 \times 10^3 \text{ mm}^3$. Tal comportamento se deve ao fato de que, melhor poder de lubrificação do fluido integral e menor solicitação do rebolo, menor o desgaste por atrito e consequentemente menores imperfeições na superfície da peça, melhor acabamento superficial e menor desgaste do rebolo.

Pode-se verificar através da Fig. 8 que somente para o fluido de corte sintético o desgaste diametral foi maior para velocidade de mergulho de 0,6mm/min, verificando um maior perfil de desgaste na menor taxa de remoção de material.

Maiores taxas de remoção de material, maior será a solicitação do rebolo e consequentemente menor eficiência na lubrificação da interação peça/rebolo. Segundo Destro *et al.*, (2009), quando o cavaco gerado fica maior o fluxo de ar perde a eficiência em removê-lo da zona de corte, diminuindo a capacidade de lubrificação, danificando a superfície e ocorrendo maior desgaste diametral do rebolo.

Pelos resultados, percebe-se que o fluido Mix e a técnica de MQL apresenta de forma em geral, uma proposta de utilização em relação aos fluidos de corte tradicionais (sintético e integral) apresentando valores intermediários não comprometendo assim o processo e também contribuindo para uma manufatura ecologicamente correta.

4. CONCLUSÕES

Através dos dados obtidos experimentalmente pelo processo de retificação por mergulho utilizando diferentes fluidos de corte pode-se concluir que:

- Para os diferentes fluidos de corte utilizados nessa pesquisa, os menores valores de rugosidade (R_a) foram obtidos no menor volume de material retificado de $1,93 \times 10^3 \text{ mm}^3$ para ambas as velocidades de mergulho.
- Devido a pequenas diferenças nos valores de rugosidade (R_a) e os mesmos estarem dentro de faixas recomendadas, o MQL é uma alternativa considerável, diminuindo o uso de fluidos de corte na indústria e além da redução no impacto de seu descarte, obtendo ainda um ganho na qualidade dos operadores de chão de fábrica.
- O fluido Mix (50% de óleo integral a base mineral e 50% de óleo de soja) obteve-se um bom desempenho em relação ao fluido de corte sintético em todos os parâmetros de saída. Sendo também uma fonte alternativa viável, devido ao óleo de soja ter facilidade para degradar, apresentar boas propriedades lubrificantes, ser de fonte renovável e contribuir para o desenvolvimento de fluidos ambientalmente amigável.
- Exceto para o fluido de corte sintético, os demais fluidos apresentaram menor desgaste diametral do rebolo na menor velocidade de mergulho (0,6mm/min) sendo importante este parâmetro. Tal análise contribui em ganho de tempo no processo devido a menores tempos de parada para afiação do rebolo (dressagem) e alta produtividade no processo de fabricação.
- O coeficiente de vazio apresenta uma relação direta com os parâmetros de desgaste linear e acabamento superficial e que através desse coeficiente foi possível determinar nas condições utilizadas nos

ensaios. No geral, o fluido integral desempenhou melhor eficiência que os demais fluidos usados gerando assim um menor desgaste e um melhor acabamento superficial nas peças retificadas.

- Estes resultados sinalizam a viabilidade do uso do fluido Mix e da técnica de MQL como alternativa ao uso de fluidos convencionais (sintético e integral). Características significativas como menor toxicidade, fontes renováveis e biodegradáveis, vem a somar sua utilização no processo de retificação, contribuindo assim para uma manufatura ecologicamente correta e sustentável. Além disto, o óleo de origem vegetal possui custo menos elevado e é biodegradável.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro de auxílio à pesquisa, pelas bolsas de Iniciação Científica e de Produtividade em Pesquisa.

Ao CEFET-MG pelo financiamento da bolsa de mestrado e auxílio à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- Aluyor, E.O., Kessington, O.O., 2009, "Mudiakeoghene. Biodegradation of vegetable oils: a review", Scientific Research and Essay, Vol. 4, N°. 6, pp. 543-548.
- Alves, M.C.S.; Bianchi, E.C.; Aguiar, P.R., 2010, "Influência das técnicas de mínima quantidade de lubrificante, refrigeração otimizada e refrigeração convencional na qualidade das peças produzidas com aços endurecidos no processo de retificação". Revista chilena de engenharia; Vol. 18, No. 2, pp.228-234.
- Alves, M.C.S., Bianchi, E.C., Aguiar, P.R., Catai, R.E., 2009, "Influência na qualidade final de metais retificados através da variação da velocidade de mergulho". Revista metalurgia e materiais, Ouro Preto, Vol. 62, No. 1, pp.65-71.
- Bianchi, E. C. et al. 2012, "Limpeza da superfície de corte de rebolos por um sistema de ar comprimido na retificação cilíndrica externa de mergulho de materiais cerâmicos refrigerados com a técnica da mínima quantidade de lubrificante (MQL)". Cerâmica, [s.l.], v. 58, n. 346, p.270-274.
- Boubekri, N., Shaikh, V., Foster, P.R., 2010, "A technology enabler for green machining: Minimum quantity lubrication (MQL)". Journal of Manufacturing Technology Management, [S.l.], Vol.21, No. 5, pp.556-566.
- Destro, R.S., Oikawa, M.H., Souza, R.M., Damasceno, R.F., Bianchi, E. C., Aguiar, P.R., Sampaio, M.C., 2009, "Análise de diferentes métodos de lubri-refrigeração na retificação plana de aços". In: Congresso brasileiro de engenharia de fabricação, Belo Horizonte. Anais.
- Diniz, A.E., Marcondes, F.C., Coppini, N.L., 2003, "Tecnologia da usinagem dos materiais", Artliber Editora Ltda, Campinas, SP, Brasil, 4ª Edição.
- Irani, R.A., Bauer, R.J., Warkentin, A., 2005, "A review of cutting fluid application in the grinding process". International Journal of Machine Tools &Manufacture, Vol. 45, pp.1696–1705.
- Machado, A.R., Abrão, A.M., Coelho, R.T., Silva, M.B., 2009, "Teoria da usinagem dos materiais". 1. Ed. Blucher, São Paulo, Brasil, 371p.
- Malkin, S., 1989, "Grinding Technology: theory and applications of machining with abrasives". 1th Edition. Dearborn, USA: Society of Manufacturing Engineers, pp. 275.
- Malkin, S.; Guo, C., 2008, "Grinding Technology: theory and applications of machining with abrasives". New York, USA: Industrial Press, pp. 372.
- Matthew T.S., Nader, S., Bigyan, A., Lambert, A.D., 2007, "Influence of fatty acid composition on the tribological performance of two vegetable-based lubricants", Journal Synthetic Lubrication, Vol. 24, pp. 101-10.
- Oikawa, M.H., Destro, R.S., Souza, R.M., Fugita, H., Simões, R.P., Bianchi, E.C., Aguiar, P.R., Sampaio, M. C., 2009, "Utilização da mínima quantidade de lubrificação (MQL) no processo de retificação cilíndrica externa de mergulho em cerâmicas com rebolos diamantados". In: Congresso brasileiro de engenharia de fabricação, Belo Horizonte. Anais.
- Pawlus, P., Michalski, J.; 1992, "Characterization of the shape of the roughness profile ordinate distribution of honed cylinder surfaces". Wear; Vol. 161, pp. 135-143.
- Puerto, P., Fernandez, F., Madariaga, J., Arana, J., Gallego, I., 2013, "Evolution of surface roughness in grinding and its relationship with the dressing parameters and the radial wear". Procedia Engineering, pp. 174-182.
- Runge, P.R.F., Duarte, G.N., 1990, "Lubrificantes nas indústrias - produção, manutenção e controle", Cotia, SP, Brasil, Triboconcept Edições Técnicas, 323p.
- Silva, L.R., Soares, C.B., 2009, "Performance of the minimum quantity lubrication technique in turning Inconel 718 at high cutting speed". International Journal of Machining and Machinability of Materials, Vol. 5, No. 4, pp. 401-416.
- Singh, A.K, et al., 2006, "Metal working fluids from vegetable fluids", Journal Synthetic Lubrication, pp.123-76.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos no seu trabalho.

COMPARATIVE STUDY OF CUTTING FLUIDS DIFFERENT BEHAVIOR IN GRINDING PROCESS

Leonardo Roberto da Silva, lrsilva@deii.cefetmg.br
Davi Alves da Silva, davialvesdasilvaa@yahoo.com.br
Clarice Carvalho Diniz, claricecarvalhodiniz@hotmail.com
Diego Boaventura Amaral, diegoamaral@hotmail.com
Francisco Vieira dos Santos, franvds5@gmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG - Campus I - Departamento de Engenharia de Materiais. Avenida Amazonas, 5253. Nova Suíça. Belo Horizonte, MG, Brasil.

Abstract. *The grinding process is characterized by its complexity, being employed in the manufacture of components that require excellent surface quality and geometric. The performance of this process depends largely on the conditions of lubrication and cooling, preventing overheating of the part may interfere with the surface integrity of the piece. Moreover, cutting fluids are one of the most troublesome sources in manufacture, being harmful products for the environment and human health, in addition, non-tracking may compromise the efficiency of the process, since contamination by bacteria can affect the quality of the piece. Thus, it becomes essential to make studies in search of alternative fluids in order to reduce these problems, but always giving priority to the primary properties of fluids which are to provide cooling and lubrication to the machined component surface quality required. This study aims to analyze the behavior of different cutting fluids (Mix -50% full fluid mineral oil base and 50% soybean oil; full fluid mineral oil base and synthetic cutting fluid) as well as the use of technical Minimum Quantity Lubricant (MQL) in the grinding process of AISI 4340 hardened steel. Output parameters evaluated were: roughness (R_a , R_t , R_p / R_t) and grinding wheel wear. The full cutting fluid and the Mix array performed better in those variables. In general, the results enabled the use of biodegradable formulations cutting fluids, resulting in improved process efficiency and contributing to a more sustainable production.*

Keywords: grinding, cutting fluids, roughness, grinding wheel wear, Minimum Quantity Lubricant (MQL), biodegradable formulation.