



AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE FLUIDOS DIELÉTRICOS NO PROCESSO DE USINAGEM POR DESCARGAS ELÉTRICAS

Luciano José Arantes - ljarantes@mecanica.ufu.br

Alberto Arnaldo Raslan - ltm-raslan@ufu.br

Evaldo Malaquias da Silva - emalaqui@mecanica.ufu.br

Márcio Bacci da Silva - mbacci@mecanica.ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Mecânica - Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Bloco 1M - Uberlândia - MG - 38400-902

Resumo. *O processo de Usinagem por Descargas Elétricas é muito utilizado na usinagem de materiais de elevada dureza, que são difíceis de serem usinados por processos convencionais, além de permitir a confecção de geometrias complexas e diminutas. Um dos materiais que são largamente usinados por EDM (Electrical Discharge Machining) é o aço ABNT M2, que apresenta grande versatilidade, combinando excelente tenacidade, dureza e resistência a abrasão, muito indicado para confecção de matrizes de estampagem. O objetivo principal deste trabalho é o estudo do desempenho de diferentes tipos de fluidos dielétricos em três regimes de usinagem com relação à rugosidade média aritmética, taxa de remoção de material, relação de desgaste e topografias.*

Os diversos fluidos dielétricos possibilitam diferentes condições de usinagem e muito pouco se sabe sobre qual o fluido mais indicado para cada operação. Foram feitos ensaios com 5 diferentes fluidos dielétricos verificando-se diferenças importantes, mantendo-se constantes todas as demais condições de operação. Notou-se que uma maior TRM ocasionou uma superfície de pior acabamento. Porém, a maior conclusão desse trabalho foi a de que o querosene, apesar de ser até 3 vezes mais barato que os demais fluidos, apresentou piores acabamentos superficiais e TRM não tão grandes quanto o esperado.

Palavras-chave: EDM, Fluidos Dielétricos, TRM, Topografia e Rugosidade.

1. INTRODUÇÃO

A usinagem por descargas elétricas, ou EDM (*Electrical Discharge Machining*), ou como é conhecido ainda na indústria, usinagem por eletroerosão, é um processo indicado na usinagem de formas complexas em materiais condutores elétricos, especialmente aqueles de alta dureza, difíceis de serem usinados por processos tradicionais. Suas maiores aplicações são: fabricação de matrizes para estampagem, forjamento, feiras para trefilação, extrusão, moldes de plástico, enfim, para o setor de ferramentaria em geral (Cruz, 1999).

O fluidos dielétricos especificamente desenvolvidos para o processo EDM são óleos hidrocarbonetos altamente refinados ou sintéticos. Existem inúmeras características físicas e químicas que podem ser usadas para definir e identificar o desempenho de cada fluido. Neste trabalho serão abordadas as características mais importantes no processo, mas aquelas que são fornecidas pelos fabricantes, já que não se trata de um trabalho com análises químicas, mas sim de desempenho (Intech EDM, 1996).

As características físico-químicas dos fluidos para EDM podem ou não influenciar o desempenho do processo. Dentre as características que têm influência decisiva estão: resistividade dielétrica, viscosidade, ponto de fulgor, estabilidade à oxidação. Outras características com pouca ou nenhuma influência no desempenho do processo são: odor, cor e ponto de fluidez. Atualmente, um fator importante quanto à escolha do fluido é a segurança quanto ao armazenamento e uso nas operações de EDM. Um fluido pode apresentar características químicas que proporcionam elevada qualidade no acabamento da superfície usinada e altas Taxas de Remoção de Material (TRM), mas ser nocivo à saúde do operador. A questão da qualidade do ambiente de trabalho e da saúde ocupacional deve ser levado em consideração devido à legislação ambiental e trabalhista, uma vez que os fluidos dielétricos mais tóxicos podem causar problemas sérios de dermatites e intoxicações pela inalação do produto evaporado (Intech EDM, 1996).

O principal objetivo deste trabalho é discutir e analisar alguns dos fatores mais importantes que influenciam no processo de usinagem por descargas elétricas, além disso, avaliar o desempenho de alguns fluidos dielétricos comerciais no Brasil, suas características e possíveis aplicações, já que existem poucos trabalhos relacionados especificamente quanto ao estudo dos fluidos dielétricos.

A principal justificativa para realização deste trabalho se baseia no fato de existe a necessidade de uma literatura voltada para a indústria no sentido de orientar qual o fluido dielétrico mais indicado para cada aplicação (acabamento, desbaste, semi-acabamento, tipo diferente de material). Isso se comprovou durante a procura por artigos sobre o assunto, onde foi grande a dificuldade de se encontrar trabalhos restritos ao uso do fluido dielétrico na usinagem por eletroerosão. Alguns trabalhos foram realizados quanto ao estudo do desempenho de fluidos dielétricos, porém, com adição de pó de carboneto de silício, realizados por Fernandes, 1999 e Rodrigues, 1999, o que não será realizado nesse trabalho. Portanto, espera-se que esse trabalho contribua tanto para a indústria quanto para orientação de novos estudos acadêmicos.

2. FLUIDO DIELÉTRICO

O fluido dielétrico é muito importante para o desempenho do processo EDM, pois atua diretamente em vários aspectos da usinagem. Conforme Fuller (1989), o fluido dielétrico tem um papel fundamental no processo: controlar a potência de abertura da descarga. O fluido pode ser querosene, hidrocarbono aditivado – ambos derivados do petróleo – água deionizada e até mesmo certas soluções aquosas. Ele exerce duas outras funções no processo: promove a lavagem da interface ferramenta-peça (*gap*), arrastando para fora as partículas erodidas e auxilia no arrefecimento do sistema, nas vizinhanças das descargas. O arrastamento adequado é muito importante para o desempenho otimizado do processo, sendo o grande responsável pela presença de uma camada refundida mais ou menos profunda. A capacidade de arrefecimento influencia também no desempenho do processo, pois uma capacidade adequada permite um resfriamento relativamente rápido das partículas erodidas, evitando-se assim um aumento de partículas que voltarão a se

solidificar e integrar o material constitutivo da camada refundida, o que acaba por ser muito prejudicial à integridade superficial da peça.

2.1. Principais Propriedades dos Fluidos Dielétricos

Para bem cumprir suas funções, o fluido dielétrico deve ser avaliado principalmente em relação às seguintes propriedades ou fatores:

Rigidez Dielétrica: Rigidez Dielétrica, ou Resistividade Dielétrica é uma medida da capacidade de insulação de um dado fluido para EDM. Maior rigidez dielétrica implica em menor distância entre ferramenta-peça, com o conseqüente aumento da precisão da usinagem.

Tempo de Deionização: Um dos fatores que implicam em altas TRMs é o tempo de deionização. Este refere-se ao tempo para íons e elétrons se recombinarem depois de uma descarga. Quanto menor é o tempo de deionização, menor é o tempo T_{off} necessário entre os pulsos subsequentes. Esta característica faz com que se evitem curtos-circuitos.

Viscosidade: Viscosidade é uma medida da resistência ao escoamento do fluido. No geral, quanto menor for a viscosidade, melhores serão as características de escoamento, particularmente em cavidades profundas, pequenos detalhes, etc., apesar de alta viscosidade poder proporcionar bom desempenho em alguns tipos de operações de desbaste (Intech EDM, 1996).

Calor Específico: Quanto maior o calor específico, mais energia térmica pode acumular sem grande aumento na temperatura, o que aumenta o rendimento do processo e aumenta a vida do fluido dielétrico. O elevado crescimento da temperatura aumenta a difusão de átomos da peça para o fluido e vice-versa, o que pode causar alterações significativas na estrutura do material usinado, além do aparecimento de uma maior quantidade de micro-trincas causadas pelo calor excessivo (Fernandes, 1999).

Condutividade Térmica: Quanto maior a condutividade térmica do fluido dielétrico, menor é o tempo necessário para solidificar e refrigerar as gotas de metal expelidas da zona de erosão. Isto reduz a possibilidade de partículas se aderirem ao eletrodo ou repositarem na superfície da peça. Estas duas características (calor específico e condutividade térmica) aliadas dão alta capacidade de refrigeração, preservando a integridade da estrutura metalúrgica do material da peça durante a operação.

Ponto de Ebulição: Quanto maior o ponto de ebulição do dielétrico, mais estável se mantém o fluido em temperaturas elevadas sem perder suas propriedades originais, perdendo frações menores de componentes pela evaporação seletiva das frações mais voláteis (Intech EDM, 1996).

Ponto de Fulgor: o ponto de fulgor é uma medida da volatilidade do fluido e é a mínima temperatura na qual um fluido irá suportar antes de uma combustão momentânea, ou um “flash”, quando na presença de uma ignição. Como regra, quanto maior for o ponto de fulgor, mais seguro será a operação de usinagem (Intech EDM, 1996).

Limite de Fluidez: Limite de Fluidez ou Ponto de Fluidez é um indicador da capacidade que o fluido tem de escoar livremente a baixas temperaturas. A temperatura indicada é a mais baixa na qual o fluido pode escoar. Muitos fluidos dielétricos tipicamente tornam-se opacos e mais viscosos quando a temperatura se aproxima do Limite de Fluidez (Intech EDM, 1996).

Odor: O presença de um “odor” pode indicar muitas vezes evaporação excessiva do dielétrico, mas pode também indicar a qualidade do local de trabalho para o operador. A maioria dos fluidos de alta qualidade do mercado são tanto sem odor (desodorizado) quanto com odor pequeno mas tolerável (Intech EDM, 1996).

Estabilidade à Oxidação: A oxidação ocorre quando o oxigênio ataca e degrada o fluido dielétrico. O processo é acelerado pelo calor, luz e reações com metais; e na presença de água, ácidos e contaminantes sólidos. Quanto maior a estabilidade à oxidação do fluido dielétrico, maior será a duração no sistema EDM. Como a longevidade do fluido é obviamente importante, esse parece ser um critério indispensável para a seleção (Fernandes, 1999).

Custo: Obviamente, custo é um fator importante em qualquer produto usado por uma empresa. Entretanto, é uma falsa economia tentar economizar dinheiro usando produtos que não foram formulados para serem usados no processo EDM como fluido dielétrico. O risco de pequena expectativa de vida, potencial dano à saúde e baixo desempenho dielétrico são grandes. Por outro lado, alto custo não necessariamente corresponde à uma melhor desempenho ou melhor qualidade das superfícies usinadas (Intech EDM, 1996).

Perigo à saúde: Um fator muito importante nos dias atuais, é o perigo à saúde causado por produtos químicos durante seu uso na indústria. Muitos esforços têm sido feitos para minimizar os riscos à saúde, graças à legislação trabalhista mais rigorosa, no Brasil e no mundo, visando proteger sempre a integridade física do operador (Intech EDM, 1996).

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A Fig. (1) apresenta de forma esquemática as diversas etapas para a execução deste trabalho.

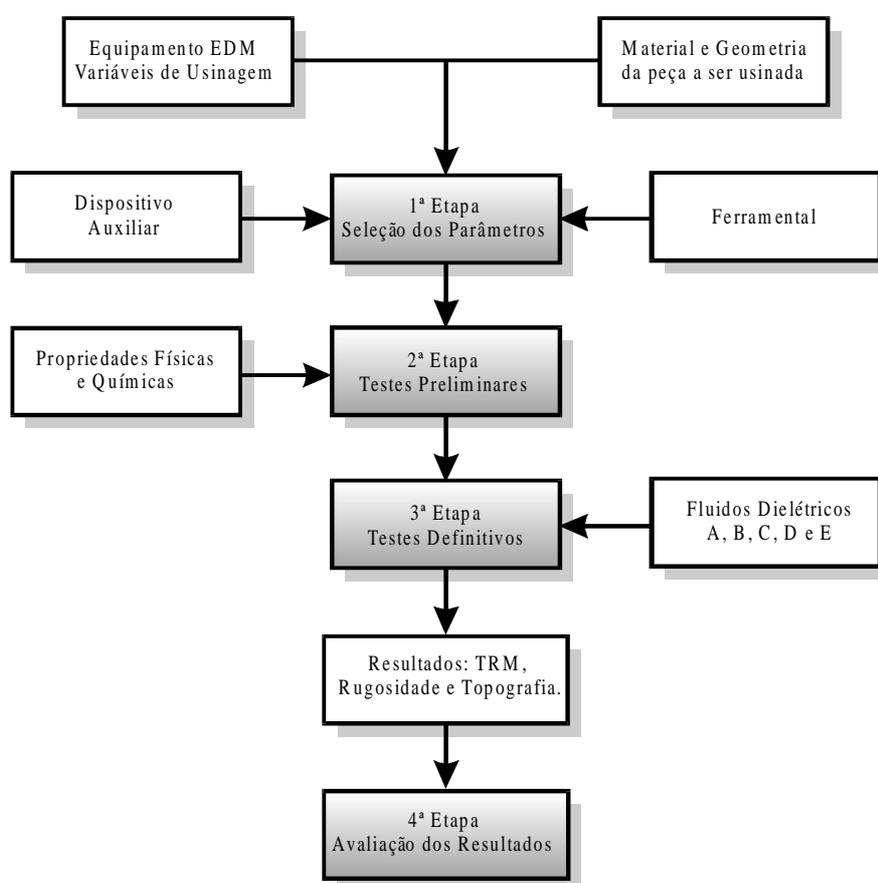


Figura 1. Esquema sob diagrama de blocos para a metodologia.

4. ANALISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Taxa de Remoção de Material (TRM)

No processo de Usinagem por Descargas Elétricas, a TRM não possui uma expressão matemática ou modelagem precisa, mas pode-se diretamente avaliar a TRM em função do volume de material removido da peça pelo tempo de operação, cujas unidades são expressas em mm^3/min e calculada segundo a Eq. (1):

$$TRM = \Delta mp / \gamma p \times \Delta t \text{ [mm}^3\text{/min]} \quad (1)$$

Em que:

Δmp = Diferença entre a massa inicial e final do material da peça [g];

γp = Massa específica do aço rápido ABNT M2 ~ 0,00768 [g/mm³];

Δt = Tempo de usinagem [min].

A Fig. (2) apresenta os resultados das TRMs dos cinco fluidos testados no regime de desbaste leve, em que nota-se uma diferença significativa entre os valores das TRMs. A diferença entre o óleo que apresentou maior TRM e o que apresentou menor TRM foi de 31%, o que mostra clara diferença de desempenho dos mesmos nessa condição de usinagem, material e geometria da ferramenta, material da peça usinada e equipamento utilizado. Como era esperado, o querosene apresentou uma boa TRM, porém, foi superado pelos óleos A e C. Portanto, no que diz respeito a TRM na condição de acabamento, não houve justificativa para utilização do querosene (óleo E), a não ser o fator custo.

A Fig. (3) apresenta os resultados das TRMs para regime de desbaste médio. Nota-se que o óleo A apresentou uma TRM 190% maior que a TRM do óleo de pior desempenho, o óleo D. Não há aparentemente uma justificativa para diferença tão grande entre o óleo A e os demais, porém, para essas condições de usinagem, o primeiro óleo é mais indicado para as condições de desbaste médio.

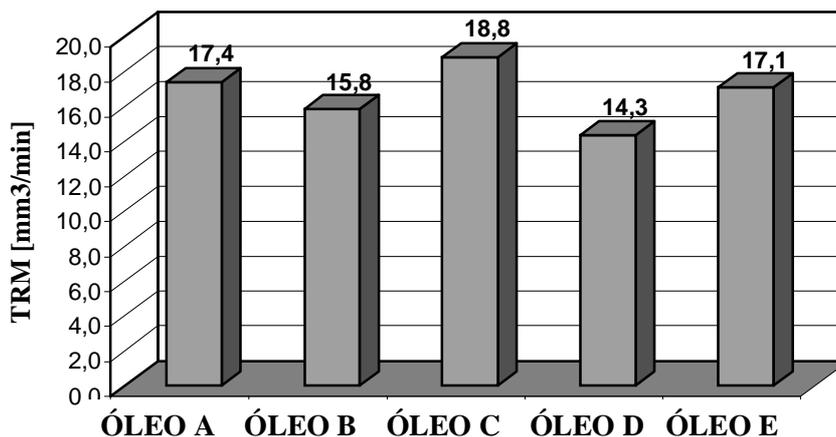


Figura 2. TRMs geradas no processo EDM com fluidos dielétricos A, B, C, D e E em regime de Desbaste Leve.

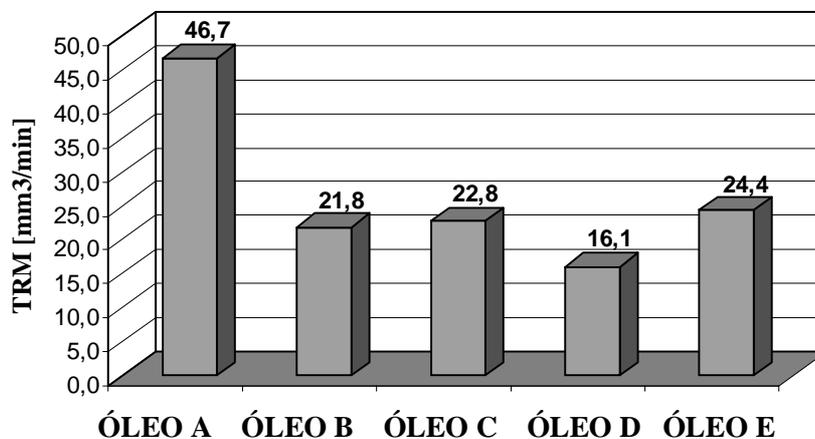


Figura 3. TRMs geradas no processo EDM com fluidos dielétricos A, B, C, D e E em regime de Desbaste Médio.

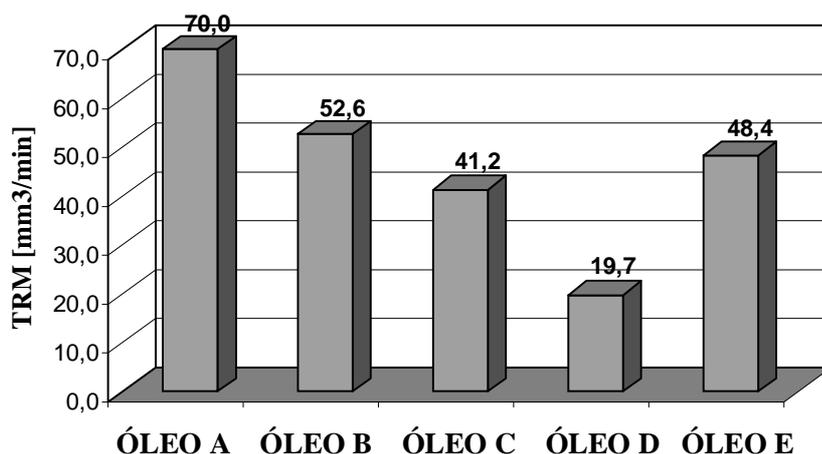


Figura 4. TRMs geradas no processo EDM com fluidos dielétricos A, B, C, D e E em regime de Desbaste Severo.

A Fig. (4) apresenta as TRMs para o regime de desbaste severo. O óleo A continua a apresentar um rendimento superior em relação aos demais óleos, uma diferença de 255% em relação ao óleo de pior desempenho, novamente, como no regime de desbaste médio, o óleo D. Nessas condições, os demais óleos, B, C e E mostraram-se mais eficientes do que o óleo D, que parece ter seu desempenho mais voltado para regimes de acabamento do que de desbaste. É importante ressaltar que para todos os dados apresentados nos gráficos, a variação de resultado de um ensaio para outro não foi maior que 2 a 5%, demonstrando assim boa confiabilidade nos resultados, uma vez que as diferenças chegaram na ordem de 30% a até 255%.

Já o óleo A, apresentou nas condições dos ensaios melhores resultados para condições de desbaste severo. Porém, é importante lembrar que esse óleo possui uma dificuldade maior de operação, uma vez que possui um odor bem mais forte que os demais óleos, com exceção é claro, do querosene, que é, pela literatura e na prática, o mais tóxico e perigoso (Guitrau, 1997).

Portanto, quanto a TRM, em todos os regimes testados, o óleo A apresentou melhor desempenho, demonstrando que quanto mais severo o regime de operação, melhor seu rendimento. Seu uso seria mais recomendado para equipamentos que trabalham somente com operações de desbaste severo. Para condições de desbaste leve, os óleos tiveram diferenças bem menores, o que indica que para uma possível diminuição da severidade do regime, ainda menores seriam as diferenças entre os fluidos, sempre falando em termos de TRM.

4.2. Rugosidade Média Aritmética (Ra) e Topografias (MEV)

As Fig. (5), (6) e (7) apresentam os gráficos das rugosidades médias aritméticas (Ra) para os três regimes de operação. Analisou-se a região usinada com um comprimento de 4mm. O comprimento de amostragem adotado foi 2,5 mm. Para cada amostra, foram feitas 12 leituras no sentido do eixo central da mesma.

No regime de desbaste leve, Figura (5), notou-se uma pequena diferença de rugosidade, da ordem de 15% a diferença de rugosidade com o óleo de melhor desempenho (óleo B) com o de pior desempenho (óleo D). Isso pode ter ocorrido pelo fato de que alguns óleos produzem mais vapor que os outros, lembrando que maior vaporização pode resultar também em maior quantidade de bolhas formadas durante as descargas elétricas, o que gera uma piora no acabamento da superfície usinada, no que diz respeito a rugosidade (Ra). Porém, fazendo uma observação detalhada das topografias da Fig. (8), ou seja, uma vista superior da superfície usinada, com aumento de 300x, pode-se analisar que entre os óleos A, B, C e D não houve uma considerável diferença visual, enquanto que o querosene, apesar de ter apresentado menor rugosidade que o óleo D, mostrou-se com topografia inferior, com um número muito alto de bolhas de metal redepositado. Esse fato se

deve ao fato já mencionado de excessiva evaporação do dielétrico, em que quanto maior o número de bolhas durante cada descarga, associado ao fato de habilidade inferior de lavagem e remoção rápida do calor das partículas implodidas após a descarga elétrica, pior será o acabamento da superfície acabada. O querosene mostrou-se no regime de desbaste leve uma pior superfície usinada, o que prejudica principalmente peças que irão trabalhar com contato de superfície e alta precisão geométrica. Nas topografias fica claro que as superfícies gerados pelos óleos A, B, C e D possuem uma camada refundida ou camada branca bem homogênea, como se um “caldo” do material tivesse escoado por sobre a superfície.

Já para o regime de desbaste médio, Fig. (8), notou-se uma diferença maior entre os óleos, que chegou a 36% entre o óleo A e o óleo E. Confirma-se uma tendência importante, quanto mais severo o regime, mais discrepante é o desempenho dos fluidos. Comparando esses resultados com os resultados de outras topografias, fica bem claro que o melhor desempenho foi do óleo A, pois além de apresentar menor rugosidade, apresentou uma camada refundida ainda mais homogênea que a dos outros óleos, B, C e D. De forma análoga, o querosene (óleo E) apresentou rugosidade inferior e confirmou esse desempenho pelas topografias, com elevadíssimo número de bolhas refundidas do material da peça, de diversos tamanhos e formas.

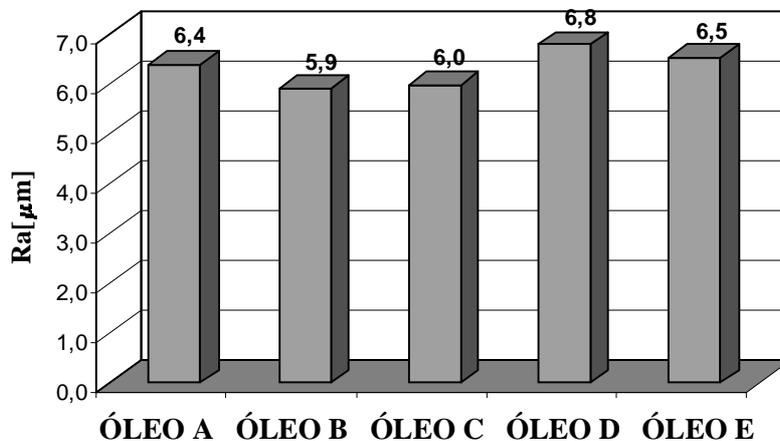


Figura 5. Rugosidades Ra geradas no processo EDM com fluidos dielétricos A, B, C, D e E em regime de Desbaste Leve.

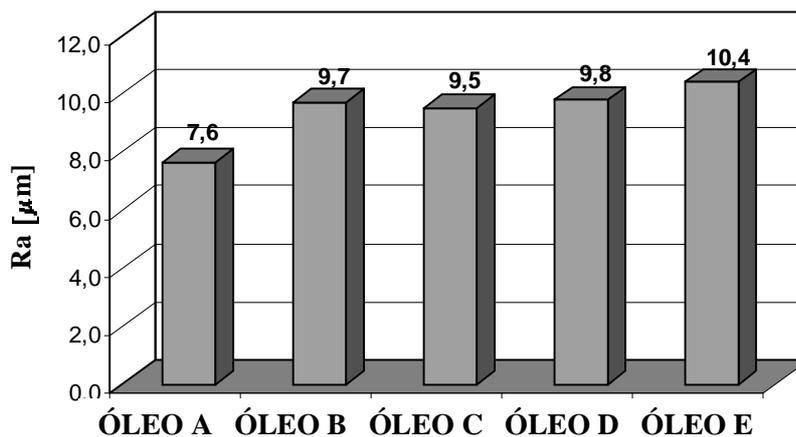


Figura 6. Rugosidades Ra geradas no processo EDM com fluidos dielétricos A, B, C, D e E em regime de Desbaste Médio.

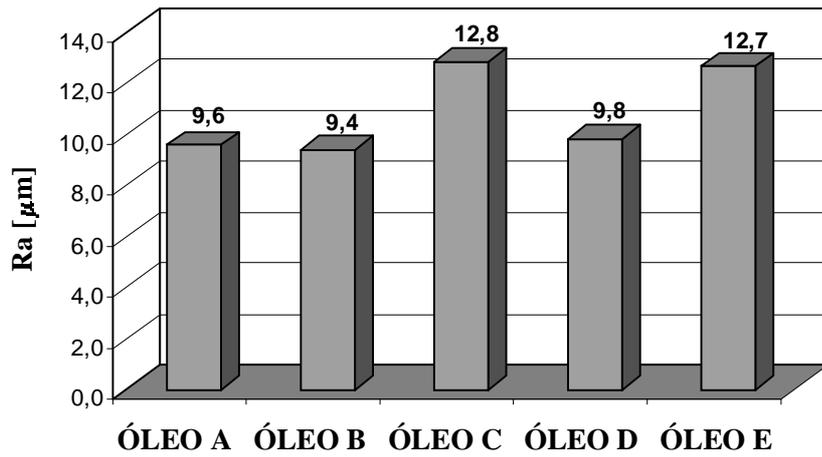


Figura 7. Rugosidades Ra geradas no processo EDM com fluidos dielétricos A, B, C, D e E em regime de Desbaste Severo.

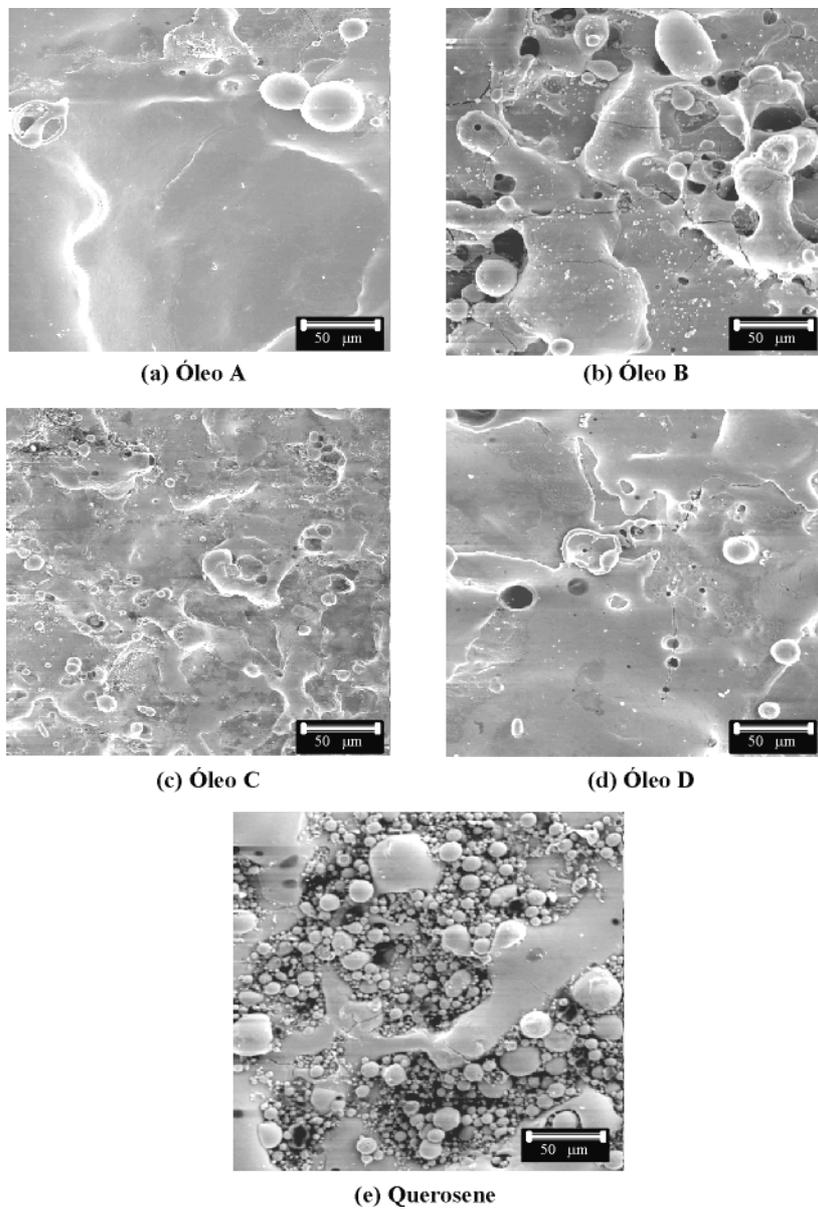


Figura 8. Topografias obtidas por MEV (aumento de 300x) das superfícies usinadas por EDM com fluidos dielétricos A, B, C, D e E em regime de Desbaste Médio.

Essa grande diferença entre as superfícies usinadas pelo óleo A e os demais, destacando-se o ruim desempenho do querosene (E), pode-se analisar que um dos fatores que mais influenciaram no desempenho foi a viscosidade dos fluidos, uma vez que na literatura falasse que para regimes de desbaste uma viscosidade maior é benéfica para o processo. A viscosidade do Fluido A está em torno de 3,7 cSt, ao passo que as demais fluidos possuem viscosidade em torno de 2-2,8 cSt e o querosene em torno de 1-2 cSt.

5. CONCLUSÕES

Atentando-se estritamente para o aspecto tecnológico de desempenho dos fluidos dielétricos para EDM nas condições testadas, pode-se concluir que:

- O fluido dielétrico E (querosene), ainda muito utilizado nas indústrias, deixou a desejar em relação aos fluidos específicos para EDM, com relação a pelo menos 1 desses fluidos em todos os aspectos analisados (TRM, Ra e Topografia).

- Nem todos os fluidos dielétricos específicos para EDM são recomendados para substituir o querosene, ou por serem demasiadamente mais caros ou por apresentarem desempenho pouco melhor. Porém, os aspectos de toxicidade e perigo no manuseio do querosene reafirmam que seu uso como dielétrico para EDM deve ser realmente proibido no Brasil, assim como já acontece nos Estados Unidos.

- Os fluidos dielétricos apresentaram uma grande inconsistência no desempenho nos 3 diferentes regimes de usinagem, o que mostra uma considerável diferença entre os mesmos, apesar de todos apresentarem propriedades razoavelmente dentro de uma mesma faixa tal como viscosidade e densidade.

- A grande diferença de desempenho se deve muito ao processo EDM, que é altamente dependente de inúmeros fatores, onde até a umidade e temperatura ambiente podem afetar sensivelmente o processo.

- Verificou-se que o desempenho não está relacionado com o custo, um óleo mais barato pode proporcionar melhor desempenho que um óleo mais caro, apesar de que o óleo de melhor desempenho ser o mais caro de todos.

- Sugestão da criação de normas de desempenho para fluidos dielétricos para EDM, como ocorre para óleos lubrificantes. Assim, saber-se-á no ato da compra qual o óleo mais indicado para o seu tipo de trabalho, material usinado, material da ferramenta e condições de desbaste.

6. AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos ao MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), Boston, MA, EUA; pelo acesso livre às suas bibliotecas para realização da revisão bibliográfica deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- Allison, Sam; 2000, *The Case For Additive Technology In EDM*, ONLINE ARTICLE From the Editorial Staff of Modern Machine Shop. Internet adress: www.mmsonline.com/articles
- Benedict, G. F.; 1987 *Nontraditional Manufacturing Processes*, New York, Marcel Dekker, pp.207-246.
- Bhattacharyya, A.; 1973 *New Technology*, Hooghly Printing Company, Calcutá, pp. 144- 177.
- Cruz, C., Malaquias, E. S., Fernandes, I. A., 1999, *Introdução à Usinagem Não Tradicional*, DEEME, UFU, Uberlândia-MG, pp. 7-19.
- EDM Today, January/Fabruary 1999 Issue, *The Electrodes Tell the Story*. Internet adress: www.edmtoday.org

- Fernandes, A. Luciano; 1999, *Efeito da Adição de Pó de Carboneto de Silício nos Fluidos Dielétricos Sobre o Desempenho da Usinagem por Descargas Elétricas do Aço-Rápido ABNT M2*, Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia-MG, 72 págs.
- Field, M., Kahles, J. F., Koster, W. P., *Surface Finish and Surface Integrity*, Metcut Research Associates Inc., Metals handbook – 9th Ed., Machining, Vol. 16, pp. 19-36.
- Fuller, J. E., 1989, *Electrical Discharge Machining, Metals Handbook*, 9^a Ed. Vol. 16, machining, pp. 557-564.
- Guitral, E. Bud, 1997, *The EDM Handbook*, Hanser Gardner Publication, Cincinnati, 306 pp.
- Intech EDM, 1996, *A Guide to Understanding and Selecting EDM Dielectric Fluids*, Broadview, IL. Internet adress: www.edmtalk.com
- Kaminski, P. C.; Capuano, M. N.; 1999, *Revista OESP Metal-Mecânica*, Ano 4, nº 25, OESP Mídia, São Paulo, p.p. 42-47.
- McGeough, J. A.; 1988, *Advanced Methods of Machining*, London, Chapman and Hall, pp.128-152.
- Rodrigues, J.R.P., 1999, *Efeito da Adição de Carboneto de Silício em Pó na Geração de Microtrincas e na Topografia da Superfície Usinada por Descargas Elétricas do Aço Rápido ABNT M2*, Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia-MG, 47 pgs.
- Weller, E. J.; 1984, *Nontraditional Manufacturing Processes*, Dearborn, Michigan, Society of Manufacturing Engineers, pp. 162-201, 1984.

EVALUATION OF PERFORMANCE OF DIELECTRIC FLUIDS FOR ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING PROCESS

Luciano José Arantes - ljarantes@mecanica.ufu.br

Alberto Arnaldo Raslan - ltm-raslan@ufu.br

Evaldo Malaquias da Silva - emalaqui@mecanica.ufu.br

Márcio Bacci da Silva - mbacci@mecanica.ufu.br

Federal University of Uberlândia – Faculty of Mechanical Engineering - Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Bloco 1M - Uberlândia - MG - 38400-902

Abstract. *The Electrical Discharge Machining process is very useful while machining very hard materials, which are very difficult to be machined by traditional process, while can make complex geometries and minimum dimensions. One of the materials that are very used in this process is high-speed steel (ABNT M2), which is very hard and has a high mechanical resistance. This work has as main objective the study of performance of different dielectric fluids used in EDM in three different pre chosen set-ups of work in terms of metal removal rate (MMR) and wear ratio (WR), roughness parameter (Ra), then discuss and analyze the most important factors that can produce different performance when machining with this process. Have been done five tests with different types of dielectric fluids using a cooper tool. Can be noticed that occurred very important different performance between the fluids, which all the other conditions of operation were unchanged. When using such a fluid the workpiece presented less roughness and a higher MMR in some cases. In other cases, a higher MMR produced in the other hand a Recast Layer less uniform. However, the most important conclusion of this work is about kerosene, which costs 3 times less than the specific dielectric fluids for EDM, presented worst finishing surfaces and not too high MMR as expected, despite all the risks for the operator.*

Keywords. *EDM, Dielectric Fluids, MRR, Topography and Roughness.*