

## **ANÁLISE DO PROCESSO DE ELETROEROSÃO E CONDIÇÕES FINAIS DO COMPONENTE FABRICADO – UMA REVISÃO.**

### **ANALYSIS OF THE EDM PROCESS AND CONDITIONS END OF THE MANUFACTURED COMPONENT - A REVIEW.**

<sup>1</sup>GUIMARÃES, Douglas Orlando Teixeira; <sup>2</sup>RIBEIRO, Fernando Sabino Fonteque

<sup>1e2</sup>Departamento de Engenharia Mecânica – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-Unifio/FEMM

#### **RESUMO**

A crescente demanda de produtos industrializados tem culminado na necessidade de maiores estudos acerca de processos de usinagem. Em especial, a usinagem de geometrias complexas e endurecidas, como é o caso da usinagem de moldes destinados a indústria de manufatura de polímeros por injeção, demanda de processos de usinagem que atendam as necessidades do projeto. Em especial, o processo de usinagem não convencional denominado por eletroerosão tem aplicação típica no processo de usinagem de moldes e matrizes, uma vez que pode conferir ao componente erodido geometrias complexas e por um custo de fabricação condizente com a complexidade. Todavia, este processo necessita de condições e máquina especiais para sua aplicação, necessitando de profissionais com conhecimento técnico sobre o tema. Com isso, este trabalho visa realizar uma sucinta revisão bibliográfica sobre o tema, apresentando os conceitos principais para a realização de futuros trabalhos de iniciação científica na UNIFIO.

**Palavras-chave:** Eletroerosão; Rugosidade; Micrografia; Usinagem.

#### **ABSTRACT**

The growing demand for industrialized products has culminated in the need for further studies on machining processes. In particular, the machining of complex geometries, as is the machining industry, the need for machining machining processes that meet the design machining manufacturing needs. In particular, the unconventional machining process called electrical discharge machining of molds and dies, since it can give the eroded component complex machining and by a manufacturing custom consistent with complexity. However, this process requires special conditions and machines for its application, requiring professionals with technical knowledge on the subject. With this, this work aims to carry out a brief scientific review on the subject, presenting the main concepts for the realization of future initiation works in UNIFIO.

**Keywords:** Electrical Discharge Machining; Roughness; Micrography. Machining.

#### **INTRODUÇÃO**

Um método de fabricação contemporâneo chamado eletroerosão baseia-se na remoção de partículas metálicas usando descargas elétricas. Essa tecnologia foi descoberta em meados do século XIX, quando foi descrito um método de obtenção de pó metálico por meio de descargas elétricas. No entanto, este método só foi utilizado industrialmente no século XX, para fins de recuperação de objetos com ferragens internas quebradas, como na aplicação de brocas, machos e alargadores (BORTOLOTTI, 2019)

Dentre os processos de usinagem, classificam-se os processos convencionais de geometria definida e indefinida, como o fresamento e o torneamento para geometria definida e a retificação para a geometria indefinida de ferramenta de corte. No entanto, uma classe chamada de processos não convencionais de usinagem compreende processos de fabricação como usinagem a laser, corte por jato abrasivo e a eletroerosão.

A usinagem por eletroerosão é um processo de fabricação em que o eletrodo cria sua própria imagem em uma peça de trabalho (KONIG e KLOCKE, 1997). Uma série de descargas elétricas controladas que são criadas no espaço entre o eletrodo e a peça fazem com que o material seja removido durante eletrosão por penetração. Essa área é chamada de "GAP". Não há força de corte, pois não há contato entre a ferramenta e o objeto, o que impede a formação das tensões comuns dos processos convencionais de usinagem. O dispositivo que gera força erosiva, conhecido como eletrodo, é tipicamente feito de ligas metálicas com boa condutividade elétrica, como cobre, grafite, treliça ou outros metais. Utilizando um fluido dielétrico, a área onde ocorreram as descargas elétricas é limpa .

Isto posto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma pesquisa inicial sobre o tema de eletroerosão, apresentando os principais fundamentos sobre o tema. Além disso, esta pesquisa inicial tem como foco gerar embasamento teórico acerca de futuras pesquisas a serem realizadas (KONIG e KLOCKE, 1997).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para a realização deste trabalho, foram realizadas pesquisas no âmbito de artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, bem como em livros técnicos de usinagem. As definições típicas do processo de eletroerosão são tomadas com base em livros clássicos de usinagem, enquanto o estado da arte do processo de eletroerosão é apresentado nas pesquisas dos artigos científicos.

Os parâmetros atrelados acerca dos processos de eletroerosão são indicados como eletroerosão por penetração e por fio. Estes processos variam de acordo com o eletrodo aplicado e a geometria do mesmo.

Além disso, foram contextualizados os temas relevantes com o acabamento das peças, como rugosidade e erros de forma. A rugosidade final dos componentes é avaliada em termos de rugosidade média aritmética e máxima ( $R_a$  e  $R_z$ ), podendo ser aferido por meio de um equipamento chamado rugosímetro. Este parâmetro, de

maneira geral, indica a qualidade superficial do componente, através da medição dos sulcos por meio de apalpador de diamante.

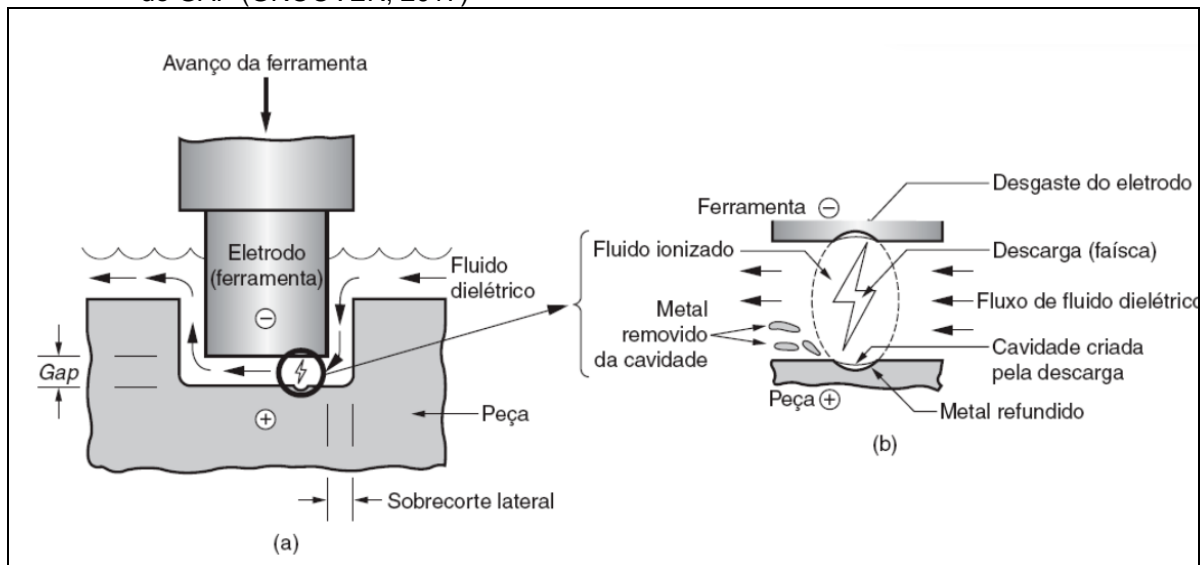
Outro parâmetro a ser avaliado em relação a qualidade final das peças submetidas ao processo de eletroerosão podem ser relacionados a alterações microestruturais. A formação de camada branca devido a presença de martensita indica rápidos resfriamentos e está ligada a possíveis danos térmicos a peça.

Por fim, os temas apresentados na seção de materiais e métodos buscam evidenciar os principais pontos atrelados ao processo de eletroerosão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

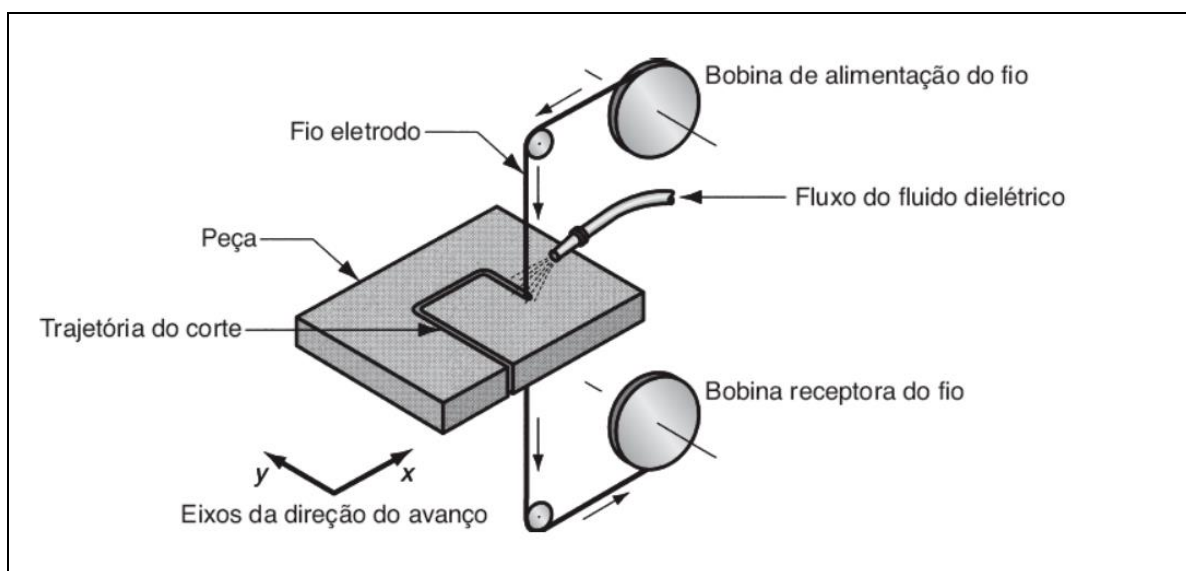
Foram identificados basicamente dois métodos aplicados ao processo de eletroerosão: o processo a fio e por penetração. Conforme aponta Groover (2017), um dos processos não convencionais mais populares é a usinagem por eletroerosão (EDM, *electric discharge machining*). Um eletrodo desejado produz a forma desejada da superfície superior da peça acabada. O espaço entre a ferramenta e a superfície da peça é denominado GAP, onde há a presença de um fluido dielétrico, que cria um caminho para cada descarga elétrica à medida que se ioniza, fluido esse necessário para que o processo de EDM ocorra. As descargas são produzidos por uma fonte pulsante de corrente contínua que está conectada a peça e à ferramenta. A Figura 1 ilustra uma configuração de EDM (GROOVER, 2017).

**Figura 1** – Representação do processo EDM. **A)** Interação entre eletrodo e peça. **B)** Exemplificação do GAP (GROOVER, 2017)



A eletroerosão a fio (EDWC, do inglês *electric discharge wire cutting*), chamada frequentemente de EDM a fio, é uma técnica única de eletroerosão que emprega um fio condutor de pequeno diâmetro para fazer um corte reto na peça. A energia das descargas elétrica entre o eletrodo e a peça faz com que a ação de remoção de material ocorra. A Figura 2 ilustra o EDMWC em movimento. A peça é avançada, movendo-se pelo fio, de forma semelhante a uma operação de encaixe da fita, para obter a linha de corte desejada. O movimento da peça durante o corte é controlado por um comando numérico. Para gerar na peça com uma geometria constante, o eletrodo é alimentado lenta e continuamente entre uma bobina de alimentação e uma bobina de recepção (GROOVER, 2017). A interação

**Figura 2** – Processo de Eletroerosão a fio (GROOVER, 2017).



A interação entre peça e descargas elétricas providas do rebolo gera parâmetros de rugosidade superficial. Dentre os parâmetros de rugosidade avaliados, os parâmetros  $R_a$ ,  $R_q$  e  $R_z$  são amplamente utilizados na caracterização de superfícies. A rugosidade média da superfície ( $R_a$ ) fornece uma descrição geral muito boa das variações de altura, mas não fornece nenhuma informação de ondulação e não é sensível a pequenas mudanças no perfil. O desvio da raiz quadrada do perfil avaliado ( $R_q$ ) é mais sensível aos desvios da linha principal do que  $R_a$ , mostrando os picos e vales presentes na superfície. A altura máxima do perfil ( $R_z$ ) corresponde à soma da altura máxima dos picos do perfil e a maior profundidade dos vales do perfil no comprimento da amostra. O parâmetro  $R_z$  pode

gerar informações enganosas da superfície, pois detecta defeitos superficiais como poros e arranhões que não são representativos da rugosidade (MUNHOZ *et al.*, 2020).

Além do exposto, a severidade do processo pode acarretar danos microestruturais as peças submetidas a eletroerosão (MUTHURAMALINGAM e MOHAN, 2015). Em se tratando de aços, o rápido resfriamento gera a formação de camadas brancas superficiais, caracterizadas pela presença de martensita (IACONO *et al.*, 2017). Tais modificações podem gerar falhas futuras em componentes, principalmente em peças que serão submetidas a esforços repetitivos (SINGH, 2016). Desta forma, a escolha do parâmetro correto para a aplicação do processo de eletroerosão deve estar associada a um estudo metalúrgico dos componentes constituintes do processo, visando obter as melhores condições finais do produto (ABBAS *et al.*, 2007).

## CONCLUSÕES

Diante do exposto, foi possível apresentar os principais conceitos acerca do tema de eletroerosão nesta sucinta revisão bibliográfica. Verificou-se que a eletroerosão por penetração e por fio tem peculiaridades técnicas que as diferem, mas, fundamentalmente apresentam a mesma característica de remoção de material por corrente elétrica.

Além disso, foi evidenciado a importância e a representatividade de se obter uma qualidade superficial controlada através dos parâmetros de rugosidade avaliados. Por fim, é apresentada a importância de um controle microestrutural para o componente fabricado, verificando assim a eficácia dos parâmetros de eletroerosão aplicados.

Como futuros trabalhos serão aplicados ensaios experimentais em empresas parceiras na região, realizando observações específicas e análises das peças fabricadas nos laboratórios da UNIFIO.

## REFERÊNCIAS

ABBAS, Norliana Mohd; SOLOMON, Darius G.; BAHARI, Md Fuad. A review on current research trends in electrical discharge machining (EDM). **International Journal of machine tools and Manufacture**, v. 47, n. 7-8, p. 1214-1228, 2007.

BORTOLOTTI, Felipe Carneiro. **Análise da influência dos parâmetros do processo de eletroerosão por penetração sobre o tempo de processo e qualidade superficial da peça.** 2019.

GROOVER, Mikell P. Fundamentos da moderna manufatura. **Tradução Givanildo Alves dos Santos, Luiz Claudio de Queiroz,** v. 5, 2017.

IACONO, F. et al. Structural analysis of HyFlex EDM instruments. **International endodontic journal,** v. 50, n. 3, p. 303-313, 2017.

KÖNIG, Wilfried; KLOCKE, Fritz. Funkenerosives Abtragen (EDM). In: **Fertigungsverfahren 3.** Springer, Berlin, Heidelberg, 1997. p. 3-85.

MUNHOZ, Marcelo Rodrigo et al. Analysis of the surface roughness obtained by the abrasive flow machining process using an abrasive paste with oiticica oil. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,** v. 106, n. 11, p. 5061-5070, 2020.

MUTHURAMALINGAM, T.; MOHAN, B. A review on influence of electrical process parameters in EDM process. **Archives of civil and Mechanical Engineering,** v. 15, n. 1, p. 87-94, 2015.

SINGH, Nishant K. et al. Steps towards green manufacturing through EDM process: a review. **Cogent Engineering,** v. 3, n. 1, p. 1272662, 2016.