
ETEC JOÃO GOMES DE ARAÚJO

PICOTADOR DE FIO DE ELETROEROSÃO

**MARIA VITORIA DE SOUZA E SOUZA
MARIO FRANCISCO MORAES DE JESUS
SAMYRA SOUZA SIMÕES
WELLINGTON LUIZ SANTOS DE MELLO
WILLIAM RODRIGO DOS SANTOS AGOSTINE
YASMIN ALVES RIBEIRO**

PICOTADOR DE FIO DE ELETROEROSÃO

Desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso, da Etec João Gomes de Araújo, pertencente ao Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza para conclusão do Curso Técnico em Mecânica.

Orientador: Prof. Eng. João Alaor dos Santos

AGRADECIMENTO

Agradecemos as nossas famílias e amigos que deram suporte nesse tempo até o dia de hoje, aos colegas do curso que foi de extrema importância para a produção do trabalho de conclusão.

RESUMO

O projeto consiste solucionar um problema que ocorre na empresa onde um dos alunos do grupo trabalha, operando a Máquina Eletroerosão a fio (FANUC). No processo de descarte do fio durante a operação, vai se acumulando em uma caixa receptora, porém a mesma enche rapidamente, causando paradas frequentes durante a produção. A não retirada desse material, pode ocasionar travamento na máquina, gerando paradas para manutenção. A solução será a instalação de um dispositivo que realizará cortes contínuos no fio, gerando menos volume na caixa e consequentemente, menos paradas para esvaziamento da mesma.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 Objetivo geral	5
1.2 Objetivo específico	5
1.3 Justificativa	6
1.4 Metodologia	6
2 DESENVOLVIMENTO	7
2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: A MÁQUINA.....	7
2.1.1 MATERIAIS USINADOS	7
2.1.2 MATERIAL DE USINAGEM	8
2.2 O PROJETO.....	9
2.3 MONTAGEM	10
2.4 PLANO DE MANUTENÇÃO.....	12
2.5 MEMORIAL DE CÁLCULOS	13
2.6 ORÇAMENTO	16
3 CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS.....	18
APÊNDICE	19

1 INTRODUÇÃO

A eletroerosão é um processo amplamente utilizado na indústria para a usinagem de materiais de alta dureza, proporcionando elevado grau de precisão e acabamento. Nesse contexto, máquina como a eletroerosão FANUC desempenha papel fundamental, operando com fio metálico que é descartado de forma contínua ao longo do processo. No entanto, observou-se na prática uma deficiência operacional relacionada ao acúmulo desse fio em uma caixa receptora. Devido à sua capacidade limitada, ocorrem paradas frequentes para esvaziamento, o que compromete a produtividade e, em casos mais graves, pode ocasionar falhas mecânicas ou travamentos no equipamento, exigindo manutenções corretivas.

1.1 Objetivo geral

O objetivo é a redução do volume do material gerado pelo processo de eletroerosão e a eliminação da manutenção corretiva por paradas não programadas causadas pelo acúmulo de fio, o resultado do processo aumenta notavelmente a eficiência da máquina.

1.2 Objetivo específico

- Aumentar a eficiência da máquina;
- Evitar paradas para manutenção;
- Reduzir volume de material na caixa receptora;
- Reduzir custos com manutenção da máquina.

1.3 Justificativa

Diante desse cenário, justificou-se a realização deste estudo técnico visando reduzir paradas operacionais e aumentar a autonomia do sistema, com foco na melhoria do desempenho da máquina por meio da otimização do descarte de resíduos no processo de eletroerosão.

1.4 Metodologia

Com base na análise do problema, identificou-se que o acúmulo de fio na caixa receptora da máquina de eletroerosão causava paradas frequentes. Como solução, foi implementado um dispositivo de corte contínuo ao final do processo, fragmentando o fio descartado e reduzindo o volume acumulado. Isso ampliou a capacidade de armazenamento, diminuiu as intervenções manuais e otimizou o processo, aumentando a eficiência da máquina.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: A MÁQUINA

A FANUC Robocut Alpha OID é uma máquina de eletroerosão a fio desenvolvida para realizar usinagens de alta precisão em materiais metálicos, especialmente aqueles com elevada dureza ou difícil usinabilidade. Nesse processo, a remoção de material ocorre por meio de descargas elétricas controladas entre um fio condutor e a peça, garantindo cortes extremamente finos, estáveis e com excelente acabamento superficial, sem contato mecânico ou esforços de corte.

Projetada para atender às exigências da indústria moderna, a Robocut Alpha OID utiliza controle CNC e movimentos nos eixos X, Y, Z, U e V, permitindo a execução de geometrias complexas, cortes inclinados e perfis tridimensionais.

Por sua combinação de precisão dimensional, repetibilidade, autonomia operacional e capacidade de usinar perfis sofisticados, a máquina é amplamente empregada nos setores de moldes, matrizes, ferramentas e componentes de alta tecnologia, consolidando-se como um equipamento essencial em processos de manufatura avançada.

2.1.1 MATERIAIS USINADOS

Aço H13:

O Aço H13 é um aço ferramenta da classe de aços para trabalho a quente, caracterizado por sua elevada dureza, resistência térmica e estabilidade dimensional. De acordo com a ASM International, o H13 apresenta composição típica contendo cromo, molibdênio e vanádio, elementos que proporcionam resistência ao desgaste, tenacidade e capacidade de suportar temperaturas elevadas sem deformação significativa.

Essas propriedades tornam o H13 um material amplamente utilizado na fabricação de moldes de injeção, matrizes de extrusão, punções e ferramentas para fundição sob pressão. Como apresenta durezas que podem atingir 48–52 HRC após tratamento

térmico, o H13 é frequentemente usinado por eletroerosão, já que esse processo não exige contato mecânico, evitando danos térmicos ou mecânicos às peças.

Metais Duros:

Os metais duros são materiais compósitos de alta resistência obtidos por metalurgia do pó, combinando carbonetos (como WC, TiC ou TaC) com um ligante metálico (geralmente cobalto, Co). Eles são definidos por sua extrema dureza e resistência à abrasão, sendo essenciais para ferramentas de corte e matrizes de alta performance.

Carbeto de Tungstênio (WC):

Material mais comum dentro da família dos metais duros, o WC-Co (carbeto de tungstênio com cobalto) é amplamente utilizado em ferramentas de corte, insertos indexáveis, matrizes de conformação e componentes sujeitos a alto desgaste. Sua microestrutura confere extrema resistência mecânica e térmica, mas também grande fragilidade, o que torna a eletroerosão o método ideal para usinagem de perfis complexos e tolerâncias apertadas.

Carbeto de Titânio (TiC)

O carbeto de titânio é outro material de elevada dureza, frequentemente combinado com WC em ligas sinterizadas. Apresenta excelente resistência ao desgaste abrasivo e estabilidade química, sendo utilizado em insertos reforçados, pastilhas de corte específicas e componentes para alta temperatura. A Wire EDM permite o corte preciso desse material sem induzir tensões ou micro trincas.

2.1.2 MATERIAL DE USINAGEM

A FANUC Robocut Alpha OID utiliza como eletrodo de corte um fio de latão extra duro de 0,25 mm, material amplamente empregado em processos de eletroerosão devido à sua elevada condutividade elétrica e resistência mecânica. Esse fio é responsável por conduzir as descargas elétricas que promovem a remoção controlada de material da peça, permitindo cortes finos, precisos e com excelente acabamento.

Segundo a RB Metais, o fio de latão utilizado para eletroerosão é produzido com a liga CuZn38 (UNS-C 27400), composta principalmente por cobre e zinco. Essa combinação proporciona uma boa relação entre condutividade elétrica, resistência mecânica e estabilidade térmica, requisitos fundamentais para o desempenho adequado em máquinas Wire EDM.

O fio utilizado no processo apresenta classificação extra dura, com resistência à tração de aproximadamente 900 N/mm² e alongamento superior a 2%. Essa característica garante que o fio suporte as tensões mecânicas geradas durante o corte e mantenha estabilidade mesmo sob altas velocidades e descargas elétricas contínuas.

O leve alongamento é importante para permitir o enfiamento automático e reduzir o risco de rompimentos durante cortes prolongados.

De acordo com a RB Metais, o fio de latão é especialmente adequado para processos de eletroerosão devido à sua capacidade de conduzir energia elétrica de forma eficiente e suportar longos ciclos de descarga sem deformações significativas. Sua resistência e estabilidade térmica contribuem para cortes mais uniformes, menor risco de ruptura e maior confiabilidade em operações automatizadas.

2.2 O PROJETO

Para a construção do produto / protótipo serão necessários os seguintes materiais:

- 1 Controlador de Velocidade (De 12v a 40V)
- 1 Motor Alta Velocidade 12v
- 1 Fresa de Desbaste CNC (13mm)
- 1 Fonte de Alimentação Bivolt (saída 12V)
- 1 Estrutura de Madeira (160x160mm)
- 1 Guia de fio com furo de 0,5 mm de diâmetro

Imagem 1: Componentes da montagem

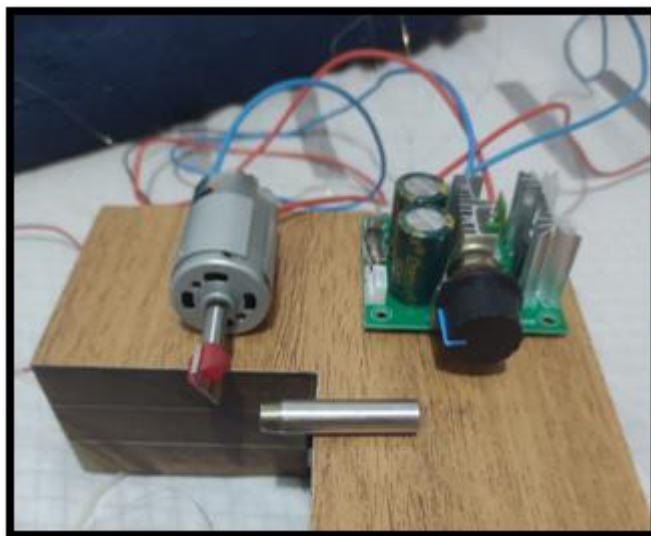


Foto: Do autor

2.3 MONTAGEM

A estrutura do dispositivo foi confeccionada em madeira, configurada em geometria de 'L' com dimensões externas de 80 mm, largura interna de 40 mm e altura total de 55 mm. O sistema de corte, composto por um motor de corrente contínua de 12 V e uma fresa acoplada ao eixo, foi fixado à base por meio de um suporte metálico e parafusos. Para o direcionamento do material, instalou-se uma guia de fio posicionada com ajuste fino (minucioso) em relação à ferramenta de corte, garantindo o cisalhamento preciso. O controle de rotação foi implementado através de um módulo controlador de velocidade (PWM), fixado à base parafusada. Por fim, realizou-se o cabeamento elétrico dos componentes, sendo o sistema alimentado por uma fonte externa de 12 V bivolt.

Como funciona:

O funcionamento do dispositivo picotador baseia-se na interação eletromecânica entre um sistema de alimentação guiada e um elemento de corte rotativo, montados sobre uma estrutura de madeira com geometria em 'L'.

O processo inicia-se com a inserção do fio de latão (0,25 mm) através de uma guia de alinhamento, a qual foi posicionada com ajuste dimensional preciso em relação à ferramenta de corte para garantir o ponto de cisalhamento ideal. O corte é realizado

por uma fresa acoplada diretamente ao eixo de um motor de corrente contínua (DC) de 12 V, fixado à base por suportes metálicos.

Para assegurar a eficiência do corte e a integridade do equipamento, a rotação do motor é regulada por um módulo controlador de velocidade (PWM), permitindo o ajuste da frequência de corte conforme a necessidade. O sistema é energizado por uma fonte de alimentação externa bivolt com saída de 12 V. Após o contato com a fresa em alta rotação, o fio é cisalhado em fragmentos granulares que são precipitados por gravidade para o reservatório de coleta.

2.4 PLANO DE MANUTENÇÃO

Como o dispositivo será implementado na máquina, o plano de manutenção segue o já existente da FANUC.

Para isso dar certo, alguns pontos foram inseridos a mais como:

- Limpeza do dispositivo evitando acúmulo de sujeira (a cada 120h)
- Reaperto nos parafusos de fixação do motor da fresa (a cada 1.000h)
- Conferência da guia do fio (a cada 120h)
- Inspeção nas arestas da fresa (a cada 1.000h trabalhadas)

CRONOGRAMA DE MANUTENÇÃO/INSPEÇÃO FANUC					
Inspeções	Data	Dimensões C / NC / NA	Alinhamento C / NC / NA	Conferência C / NC / NA	OBS
Limpeza do Dispositivo					
Reaperto nos parafusos					
Conferência do Guia					
Inspeção da Fresa					

C = Conforme

NC = Não Conforme

NA = NÃO SE APLICA

2.5 MEMORIAL DE CÁLCULOS

Considerando a tensão do fio de latão utilizado na máquina, como 900 N/mm², conforme informação no material, em foto abaixo.

Imagem 2: Bobina fio de latão



Foto: Do autor

Por se tratar de uma operação de corte, por norma, a tensão de cisalhamento equivale a 75% da tensão normal de tração, sendo assim:

$$\tau_{\text{cis}} = 0,75 \times 900 = 675 \text{ N/mm}^2$$

Conhecendo-se também o diâmetro do fio que será trabalhado, ou seja, diâmetro de 0,25 mm, pode calcular a força de corte necessária do fio, através da definição de tensão de cisalhamento

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Como a área é definida por:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$\text{Então: } A = \frac{\pi \times 0,25^2}{4} = 0,049 \text{ mm}^2$$

Dessa forma, para determinar a força de corte necessária do fio, utiliza-se a relação entre tensão de cisalhamento e a área do fio. Assim, multiplicando esses dois valores descobrimos a força necessária para o cisalhamento.

$$F_c = \tau \times A$$

$$F_c = 675 \times 0,049$$

$$F_c \approx 33 \text{ N}$$

Assim, a força mínima necessária para que o fio sofra cisalhamento é aproximadamente 33 N.

Depois de saber a força necessária, calculamos o torque que nada mais é do que a força aplicada a uma determinada distância do ponto de rotação. Sendo assim, multiplica-se a força pelo raio onde a força atua. Tendo em vista o valor do raio é de 3 mm.

$$T = F \times r$$

$$T = 33 \times 0,003$$

$$T \approx 0,09 \text{ Nm}$$

Dando seguimento com os cálculos, determinamos a rotação mínima para que ocorra o cisalhamento do fio. Com os valores utilizados, chega-se à conclusão que o sistema precisa girar a cerca de 5300 RPM para funcionar conforme especificado.

$$n = \frac{100 \times 1000}{3,1416 \times 6}$$

$$n = 5.305 \text{ RPM}$$

Por fim, calcula-se a velocidade de corte necessária para o funcionamento do sistema. Tendo o valor da rotação das roldanas verificadas no local que é de aproximadamente de 40 RPM, conseguimos determinar a velocidade de corte.

$$V_c = \pi \times d \times n$$

$$V_c = \pi \times 0,013 \times 40$$

$$V_c = 1,63 \text{ m/min}$$

Fórmulas:

Tensão: $\tau = \frac{F}{A}$

Área: $A = \frac{\pi \times d \min^2}{4}$

Força de corte: $F_c = \tau \times A$

Torque: $T = F_c \times r$

Rotação: $n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D}$

Velocidade de corte: $V_c = \pi \times d \times n$

Resumo dos cálculos

- Tensão de cisalhamento: 675 N/mm²
- Área da seção transversal: 0,049 mm²
- Força de corte: 33 N
- Torque Mínimo: 0,09 Nm
- Rotação: 5.305 RPM
- Velocidade de corte: 1,63 m/min

2.6 ORÇAMENTO

Elemento de despesa	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Controlador de Velocidade	1	28,90	28,90
Motor Alta Velocidade 12v	1	32,56	32,56
Fresa de Desbaste CNC (13mm)	1	25,99	25,99
Fonte de Alimentação Bivolt (12V)	1	20,00	20,00
			107,45

3 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do Picotador de Fio de Eletroerosão partiu da necessidade de solucionar um problema crítico de eficiência operacional identificado na máquina de eletroerosão a fio FANUC. O acúmulo acelerado do fio descartado gerava paradas frequentes e aumentava significativamente o risco de falhas mecânicas, comprometendo a continuidade do processo produtivo. Nesse contexto, a criação de um dispositivo capaz de realizar o corte contínuo do fio de latão mostrou-se uma alternativa prática, funcional e tecnicamente eficiente.

Os resultados obtidos demonstraram plenamente a eficácia da solução proposta. Todos os objetivos estabelecidos foram alcançados: o dispositivo reduziu substancialmente o volume do material descartado, eliminou a necessidade de interrupções não programadas para esvaziamento da caixa receptora e ampliou de forma notável a autonomia operacional da máquina. Além disso, ao transformar um resíduo contínuo em fragmentos menores, o equipamento eliminou a causa-raiz das obstruções e contribuiu diretamente para a redução de manutenções corretivas e dos custos associados.

Conclui-se, portanto, que o Picotador de Fio de Eletroerosão representa uma intervenção de baixo custo, alta eficiência e grande impacto no desempenho do processo. Sua implementação reforça o compromisso com a melhoria contínua, otimiza a gestão de resíduos e aumenta a confiabilidade da eletroerosão a fio, caracterizando-se como um investimento sólido na estabilidade e na produtividade da manufatura.

REFERÊNCIAS

RB Metais. *Fios de latão para eletroerosão*. RB Metais. Disponível em: <https://www.rbmetaisltda.com.br/fios-de-latao>. Acesso em: 28 nov. 2025.

FANUC. *ROBOCUT | Máquinas EDM de corte a fio*. FANUC Europe. Disponível em: <https://www.fanuc.eu/pt-pt/robocut-maquinas-edm-de-corte-a-fio>. Acesso em: 28 nov. 2025.

FANUC. *ROBOCUT Wire-EDM*. FANUC America. Disponível em: <https://www.fanucamerica.com/products/robocut-wire-edm>. Acesso em: 28 nov. 2025.

Aços Nobre. *Aço H13 — propriedades, composição química, características e dureza*. Aços Nobre. Disponível em: https://acosnobre.com.br/blog/aco-h13-propriedades-composicao-quimica-caracteristicas-dureza/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 01 dez. 2025.

SteelPRO Group. *H13 — Dados técnicos do aço para ferramentas (Tool Steel H13)*. SteelPRO Group, 23 dez. 2024. Disponível em: https://steelprogroup.com/pt/tool-steel/grades/h13/properties/technical-data/?utm_source=chatgpt.com#google_vignette. Acesso em: 01 dez. 2025.