

Revista Científica Di Fatto, ISSN 2966-4527. Edição 4. Ano: 2025.

Submissão em: 02/03/2025

Aprovação em: 15/03/2025

Publicado em: 15/03/2025

Disponível em: <https://revistadifatto.com.br/artigos/breve-analise-dos-impactos-ambientais-do-uso-do-fluido-de-corte-em-processos-industriais-de-usinagem/>

Breve análise dos impactos ambientais do uso do fluido de corte em processos industriais de usinagem

Bruno Gabriel Morais Moreira

Graduado em engenharia mecânica, pós-graduado em projeto de estruturas, automação e robótica, discente do curso de mestrado em engenharia mecânica – CEFET-MG. Autor para correspondência: bgsefie@gmail.com

Resumo

Nos processos de fabricação por usinagem, a presença e o uso do fluido de corte são quase constantes. Tais elementos são óleos ou substâncias emulsificantes que possuem como função primária a refrigeração da região de corte entre a peça e a ferramenta que executa o trabalho. O uso de determinadas substâncias confere aos processos de fabricação uma maior produtividade, reduzindo quebras de ferramenta atribuindo um melhor acabamento superficial as peças executadas. Apesar dos benefícios dos fluidos de corte, o seu uso também pressupõe alguns efeitos indesejáveis. Destas consequências deve-se destacar alguns problemas ambientais acerca do uso desses insumos, que se mal manuseadas poderão impactar negativamente a saúde dos operadores e o meio ambiente. Este artigo busca de maneira sistemática dissertar acerca das consequências do uso de fluidos de corte ressaltando os aspectos quando não são aplicados corretamente.

Palavras-Chave: fluido de corte; usinagem; impactos ambientais; processos de fabricação.

Abstract

In machining manufacturing processes, the presence and use of cutting fluid are almost constant. Such elements are oils or emulsifying substances whose primary function is to cool the cutting region between the part and the tool that performs the work. The use of certain substances gives manufacturing processes greater productivity, reducing tool breakages and providing a better surface finish to the manufactured parts. Despite the benefits of cutting fluids, their use also involves some undesirable effects. Of these consequences, some environmental problems should be highlighted regarding the use of these inputs, which, if poorly handled, could negatively impact the health of operators and the environment. This article systematically seeks to discuss the consequences of using cutting fluids, highlighting the aspects when they are not applied correctly.

Keywords: cutting fluid; machining; environmental impacts; manufacturing processes.

1. INTRODUÇÃO

Como operações de usinagem entendemos aquelas que conferem à peça a forma, as dimensões e o acabamento superficial, ou ainda uma combinação qualquer desses três itens, produzindo cavaco como rejeito. Definimos o cavaco como a porção de material da peça retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma geométrica irregular (FERRARESI, 1977). O processo de geração do cavaco ocorre por meio do cisalhamento, caracterizado pela ruptura do material sob a aplicação de forças opostas (ferramenta-peça). Esse processo produz uma quantidade de calor devido a dissipação da potência de corte empregada para a ruptura do material.

Nesse contexto os fluidos de corte têm papel significativos para ajudar a resfriar a região entre a ferramenta e a peça permitindo que a usinagem prossiga sem que ocorra falhas catastróficas da ferramenta ou mesmo um acabamento indesejado na peça. Apesar destas funções, deve-se destacar também que o fluido de corte trabalha, muitas vezes, removendo o cavaco da região onde ocorre o corte, fazendo uma limpeza da área e contribuindo para a correta operação do equipamento.

Em 1890, Taylor investigou e mediu o impacto dos fluidos de corte no processo de usinagem de materiais. Ele descobriu que o uso de água para resfriar a ferramenta ajudava a mitigar os efeitos negativos da alta temperatura, permitindo um aumento de 33% na velocidade de corte sem comprometer a durabilidade da ferramenta. Posteriormente, Taylor passou a utilizar uma solução de água e sabão para evitar a ferrugem tanto na peça quanto na ferramenta.

Com o tempo, diversos experimentos foram conduzidos, resultando no surgimento de novos meios refrigerantes, como óleos graxos, óleos minerais, combinações de óleos e aditivos, óleos emulsionáveis e fluidos de corte. No entanto, apesar dos benefícios oferecidos pelos fluidos de corte, sua utilização acarreta sérios problemas ambientais, como a poluição, riscos à saúde dos operadores e contaminação da água e do solo. Nesse contexto, as tendências tecnológicas e de aplicação buscam reduzir ou até eliminar o uso de fluidos de corte nos processos de usinagem. (VACARO, 2009; SOUZA, 2011; LAWAL et al., 2012)

2. DESENVOLVIMENTO

Os fluidos de corte contemplam uma ampla gama de químicos e a sua aplicação pode depender do tipo de processo de usinagem bem como do material que está sendo cortado. Nesse aspecto, os fluidos podem ser divididos em três categorias principais:

- **Fluidos à base de óleo mineral:** São fluidos derivados do petróleo. Podem ser óleos puros ou misturados com aditivo. Apresentam como vantagens a alta capacidade de lubrificação e redução de atrito, boa eficiência na dissipação do calor, baixo custo quando comparado a outros fluidos, e disponibilidade de mercado. Entretanto, são altamente poluentes e apresentam grande dificuldade no descarte e a manutenção e a limpeza dos equipamentos que usam esse tipo de insumo pode ser mais difícil.
- **Fluidos sintéticos ou semissintéticos:** São compostos que são quimicamente desenvolvidos para oferecer propriedades específicas de desempenho em processos de usinagem. Os compostos sintéticos são artificiais sem a presença de óleo mineral e geralmente são formulados com ingredientes à base de água. Das suas características, pode-se destacar a alta eficiência de refrigeração, baixa viscosidade, melhor desempenho de lubrificação, e menor geração de fumaça e

odores. Entretanto, das desvantagens, destaca-se o custo de aquisição mais elevado a menor estabilidade química de longo prazo e o fluido contém aditivos químicos que podem ser prejudiciais ao meio ambiente.

- **Fluidos biodegradáveis:** São compostos formulados com ingredientes naturais ou derivados de fontes renováveis. Podem ser decompostos de maneira segura pela ação de bactérias e microrganismos do ambiente. São aplicados em uma ampla gama de processos de usinagem e tem o risco de poluição do solo e da água mínimos. A toxicidade destes compostos é baixa e apresentam uma alta performance. Entretanto, apesar das muitas vantagens, os fluidos biodegradáveis, apresentam como desvantagens o alto custo, menor vida útil e estabilidade em operações com temperaturas mais elevadas, e sensibilidade a contaminação.

2.1. IMPACTOS AMBIENTAIS

Os fluidos de corte apresentam como impactos ambientais algumas situações advindas do seu descarte e uso corriqueiro. Os principais são:

- **Emissão de vapores tóxicos:** Os fluidos de corte desempenham um papel essencial na usinagem ao reduzir o atrito, minimizar o desgaste das ferramentas e dissipar o calor gerado durante o processo. No entanto, essa dissipação térmica pode atingir níveis extremos, levando à vaporização parcial ou completa do fluido, o que resulta na emissão de vapores potencialmente tóxicos. A inalação desses vapores representa um risco significativo à saúde dos operadores, podendo causar irritação das vias respiratórias, alergias, dores de cabeça e, em casos de exposição prolongada, contribuir para o desenvolvimento de doenças pulmonares crônicas, como asma ocupacional e pneumonite química. Além disso, partículas finas suspensas no ar podem ser inaladas e provocar inflamações nos pulmões, enquanto alguns compostos presentes nos fluidos, como óleos minerais, aditivos e biocidas, podem ter propriedades carcinogênicas, exigindo controle rigoroso sobre sua exposição. O impacto ambiental também deve ser considerado. A volatilização de certos componentes dos fluidos pode resultar na contaminação do ar dentro das instalações industriais e, em menor escala, contribuir para a poluição atmosférica externa. Além disso, a degradação térmica dos fluidos pode gerar compostos tóxicos, que, ao se acumularem no ambiente de trabalho, exigem sistemas eficientes de ventilação e filtragem para reduzir a exposição dos trabalhadores e minimizar o impacto ambiental. Outro aspecto relevante é o forte odor emitido por alguns fluidos de corte durante a vaporização. Esse fator pode gerar desconforto aos operadores, prejudicando a qualidade do ambiente de trabalho e podendo até comprometer a produtividade. Fluidos que contêm compostos sulfurados ou clorados, por exemplo, tendem a ter odores mais intensos e desagradáveis, tornando essencial a escolha de formulações menos agressivas e ambientalmente seguras. Para mitigar esses problemas, a indústria tem investido no desenvolvimento de fluidos

de corte biodegradáveis, isentos de substâncias tóxicas e de baixa volatilidade. Além disso, a utilização de sistemas de exaustão eficiente, filtros de ar e boas práticas de manutenção das máquinas e do próprio fluido, como a remoção de contaminantes e o controle da temperatura, são medidas essenciais para reduzir os riscos à saúde ocupacional e minimizar os impactos ambientais.

- **Contaminação da água:** Esse problema pode gerar um impacto ambiental significativo no meio ambiente se a substância não for descartada corretamente. Nas indústrias de fabricação de peças metálicas o emprego de fluidos de corte é uma constante, e durante as paradas para a manutenção dos equipamentos, a troca do fluido de corte é feita. Normalmente, esses insumos são guardados em galões para posterior coleta por empresa terceira que fará o correto descarte desse material. Nesse contexto logístico, a contaminação de água pode ocorrer por meio de vazamento, derramamento acidental ou mesmo pelo descarte incorreto deste material. Alguns fluidos de corte possuem emulsificantes que facilitam a sua dissolução em corpos d'água. Tal aspecto pode ser prejudicial ao meio ambiente pois a depender da quantidade de material contaminante vazado, as consequências podem ser a eutrofização e depleção de oxigênio, toxicidade para organismos aquáticos gerando impactos em toda a cadeia alimentar.

- **Contaminação do solo:** A contaminação do solo pelos fluidos de corte é uma preocupação ambiental significativa, especialmente quando esses produtos não são descartados ou armazenados de forma adequada. Durante o processo de usinagem, pequenas quantidades de fluido podem se acumular no ambiente de trabalho e, eventualmente, infiltrar-se no solo por meio de vazamentos, derramamentos ou descarte irregular. Muitos fluidos de corte contêm óleos minerais, aditivos químicos, metais pesados e substâncias tóxicas que podem comprometer a qualidade do solo, afetando sua capacidade de absorção de água e nutrientes, além de representar um risco à fauna e à flora locais. Além disso, esses contaminantes podem atingir lençóis freáticos, agravando ainda mais os impactos ambientais ao comprometer a qualidade da água potável. Para mitigar esse problema, é fundamental adotar práticas sustentáveis, como o uso de sistemas de contenção, reciclagem e reprocessamento dos fluidos, além da implementação de protocolos rigorosos de descarte conforme a legislação ambiental vigente.

2.2 ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS

Para contornar os possíveis impactos do uso de fluidos de corte na indústria, novos métodos e tecnologias tem sido adotada visando mitigar e diminuir as consequências. Dentre as principais abordagens destacam-se:

- **Preferência para fluidos Biodegradáveis:** Os fluidos biodegradáveis, como o próprio nome sugere, apresentam uma decomposição sob a ação de microrganismos. Tal aspecto contribui para reduzir o seu impacto no ambiente, entretanto é necessário levar

em consideração o seu custo mais elevado.

- **Técnicas de usinagem a seco:** As técnicas de usinagem a seco são uma alternativa para a fabricação de peças sem o uso dos fluidos de corte. Entretanto é necessário levar em consideração que para determinados materiais e tipos de trabalho, o uso do fluido é praticamente indispensável. Também é pertinente salientar que existem estudos que demonstram que a usinagem sem o emprego do fluido de corte pode provocar danos a máquina ferramenta acarretando em paradas para manutenção interferindo na produtividade da linha.

- **Reciclagem e tratamento dos fluidos de corte:** A reciclagem de fluidos de corte é uma prática essencial para reduzir desperdícios, minimizar impactos ambientais e prolongar a vida útil desses insumos na indústria. O processo envolve a remoção de impurezas, como partículas metálicas, óleos oxidados, microrganismos e outros contaminantes, por meio de técnicas como centrifugação, filtração, decantação e separação por membranas. Além de reduzir custos operacionais ao diminuir a necessidade de reposição frequente do fluido, a reciclagem também contribui para a preservação dos recursos naturais, uma vez que minimiza a demanda por matérias-primas utilizadas na formulação de novos fluidos. Além disso, o descarte inadequado de fluidos usados pode causar sérios danos ambientais, como contaminação do solo e da água, tornando a reciclagem uma alternativa sustentável e alinhada às regulamentações ambientais. A implementação de sistemas eficientes de reprocessamento permite que as indústrias otimizem o desempenho dos fluidos de corte, garantindo maior eficiência nos processos de usinagem e reduzindo a geração de resíduos perigosos.

3. Conclusão

A utilização de fluidos de corte nos processos de usinagem desempenha um papel fundamental na melhoria da eficiência e qualidade do trabalho realizado, contribuindo significativamente para a refrigeração das ferramentas, a remoção do cavaco e a redução do desgaste. Além disso, esses fluidos são essenciais para garantir um bom acabamento superficial nas peças e para a manutenção da vida útil das ferramentas. No entanto, os impactos ambientais associados ao uso desses fluidos não podem ser negligenciados. A contaminação do solo e da água, bem como os riscos à saúde dos operadores, são problemas significativos que exigem a adoção de medidas de controle e a busca por alternativas mais sustentáveis.

Embora o desenvolvimento de novas tecnologias e tendências, como a redução ou eliminação do uso de fluidos de corte, seja um passo importante para mitigar esses impactos, a transição para soluções mais ecológicas ainda representa um grande desafio. Nesse contexto, é crucial que a indústria continue a investir em pesquisas que visem otimizar o uso de fluidos de corte e, ao mesmo tempo, explorem alternativas que minimizem os danos ambientais, sem comprometer a eficiência dos processos de usinagem. A implementação de práticas sustentáveis e a conscientização dos operadores sobre o manejo adequado desses fluidos são essenciais para promover um futuro mais responsável e equilibrado na indústria de usinagem.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERRARESI, Dino. Usinagem dos metais. São Paulo: Blucher, 1977.

LAWAL, Sunday Albert; CHOUDHURY, Imtiaz Ahmed; NUKMAN, Yusoff. A critical assessment of lubrication techniques in machining processes: a case for minimum quantity lubrication using vegetable oil-based lubricant. In: JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, 2012, 12p. Editora: Elsevier.

LISBOA, Fabio Cordeiro de; MORAES, Jessyca Jordanna Barroso de; HIRASHITA, Massako de Almeida. Fluidos de corte: uma abordagem geral e novas tendências. ENEPEP 2013, São Paulo, 185, p. 23095, 2013. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_185_056_23095.pdf. Acesso em: 27 fev. 2025.

SOUZA, André João de. Processos de fabricação por usinagem – Parte 1. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011, 89p. Disponível em: http://www.chasqueweb.ufrgs.br/~ajsouza/ApostilaUsinagem_Parte1.pdf. Acesso em: 29 dez. 2012.

VACARO, Tiago. Redução da utilização de fluidos de corte: uma abordagem ecológica na gestão de processos de usinagem. In: XVII ENCONTRO DE JOVENS PESQUISADORES DA UCS, 2009, Caxias do Sul. Disponível em: http://www.ucs.br/ucs/pesquisa/jovenspesquisadores2009/trabalhos/poster/e_TiagoVacaro.pdf. Acesso em: 24 fev. 2013.