

CONEM2024-0505

ANÁLISE COMPARATIVA DE FLUIDOS DE CORTE SEMISSINTÉTICOS E SINTÉTICOS NA INDÚSTRIA METALÚRGICA: IMPACTO NOS PARÂMETROS DE QUALIDADE E EFICIÊNCIA DE USINAGEM

Thália Soares Fragoso, thalia_@outlook.com¹

Joel Martins Crichigno Filho, joel.crichigno@udesc.br¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, R. Paulo Malschitzki, 200 - Zona Industrial Norte, Joinville - SC, 89219-710

Resumo: A pesquisa visa analisar as variações nos parâmetros de pH, turbidez e TDS ao longo do tempo, comparando o desempenho de um fluido de corte semissintético HPL SS 25 com um fluido de corte sintético HPL SINTCUT 100 na Maker Indústria e Comércio Ltda. A transição entre esses fluidos foi motivada pela busca por maior eficiência e sustentabilidade nos processos de usinagem, considerando os impactos diretos na produtividade e nos custos operacionais. A metodologia adotada envolveu a coleta semanal de amostras de fluido de corte em um centro de usinagem operado pela empresa. Para a coleta de dados, foram utilizados sensores de pH, turbidez e TDS integrados ao microcontrolador Arduino Uno. Esses sensores foram calibrados com soluções padrão e os dados foram coletados e analisados utilizando o Arduino IDE e o Python. Os resultados obtidos revelaram que o fluido de corte semissintético apresentou uma mudança gradual na coloração ao longo do tempo, sugerindo degradação. Inicialmente, observou-se uma diminuição do pH, seguida por uma recuperação gradual. A turbidez e o TDS aumentaram ao longo do período de monitoramento, indicando um acúmulo de partículas suspensas e sólidos dissolvidos, respectivamente. Essas variações apontam para uma menor estabilidade do fluido de corte semissintético. Em contrapartida, o fluido de corte sintético manteve uma coloração estável e apresentou variações mínimas nos parâmetros de qualidade ao longo do tempo, indicando uma maior estabilidade. O pH do fluido de corte sintético permaneceu dentro de uma faixa controlada, enquanto a turbidez e o TDS mostraram variações mínimas, sugerindo uma menor propensão à degradação e contaminação. Esses resultados refletem uma maior resistência do fluido de corte sintético às condições adversas do processo de usinagem. A substituição do fluido de corte semissintético pelo fluido de corte sintético demonstrou vantagens significativas. O fluido de corte sintético mostrou uma estabilidade notável ao longo do tempo, reduzindo a necessidade de intervenções frequentes de manutenção. Isso minimizou os riscos de entupimento de ferramentas e danos às peças usinadas, promovendo um ambiente de usinagem mais estável e produtivo na indústria metalúrgica.

Palavras-chave: Fluido de Corte Semissintético e Sintético, Monitoramento, Análise Temporal, Indústria Metalúrgica

1. INTRODUÇÃO

Os fluidos de corte desempenham um papel crucial na indústria metalúrgica, sendo fundamentais para o funcionamento eficiente dos processos de usinagem. Eles são utilizados para reduzir o atrito e o calor gerado durante a usinagem, melhorando a vida útil das ferramentas, a qualidade das superfícies usinadas e protegendo tanto as máquinas quanto os operadores. A escolha do fluido de corte adequado pode ter um impacto significativo na produtividade, nos custos operacionais e na sustentabilidade ambiental (Alves and de Oliveira, 2007; Lisboa *et al.*, 2013 e Zelenko *et al.*, 2021).

Existem diferentes tipos de fluidos de corte, entre os quais se destacam os fluidos semissintéticos e sintéticos, ambos classificados como fluidos à base de água (Runge and Duarte, 1990 e Wu *et al.*, 2021).

O fluido semissintético combina características de fluido de corte emulsionado e fluido sintético (Wu *et al.*, 2021), oferecendo um bom equilíbrio entre lubrificação e refrigeração. Ele apresenta a vantagem de ser mais econômico em comparação com os fluidos sintéticos, além de proporcionar uma boa capacidade de remoção de cavacos e uma vida útil prolongada das ferramentas. No entanto, pode apresentar problemas de estabilidade ao longo do tempo, exigindo manutenção constante e monitoramento para evitar a degradação e a contaminação (Piubeli *et al.*, 2008).

Por outro lado, o fluido sintético é formulado sem a presença de óleos minerais, utilizando aditivos químicos que proporcionam alta estabilidade térmica e menor propensão à formação de resíduos. Ele oferece uma excelente capacidade de refrigeração e lubrificação (Machado *et al.*, 2009 e Byers, 2013), reduzindo o desgaste das ferramentas e melhorando a

qualidade das peças usinadas. Esses fluidos formam soluções transparentes e estáveis, proporcionando uma boa visibilidade do processo de corte e uma maior vida útil, pois são menos suscetíveis ao ataque bacteriano (Baradie, 1996). Embora mais caro inicialmente, o fluido sintético pode reduzir custos a longo prazo devido à menor necessidade de manutenção e à sua maior durabilidade.

Ambos os tipos de fluido têm sido amplamente adotados na indústria, cada um com suas vantagens e desvantagens. A escolha entre fluido semissintético e sintético depende das necessidades específicas de cada aplicação e das condições de operação.

Além disso, é essencial monitorar regularmente a qualidade dos fluidos de corte para garantir seu desempenho e eficácia. Nesse contexto, os parâmetros de pH, turbidez e TDS (Total Dissolved Solids) desempenham um papel fundamental. O pH indica a acidez ou alcalinidade do fluido, influenciando a corrosão das peças e a compatibilidade com materiais usinados (Catai *et al.*, 2002). Uma faixa de pH adequada é essencial para garantir a eficácia do fluido de corte e evitar danos às máquinas e às peças (Runge and Duarte, 1990 e Byers, 2013). A turbidez mede a presença de partículas suspensas no fluido, que podem afetar a eficiência do resfriamento e da lubrificação. Quando a turbidez é alta, pode indicar que há uma grande quantidade de resíduos, o que pode acarretar problemas como a obstrução de bicos de refrigeração, redução da visibilidade na área de corte e comprometimento da qualidade do acabamento das peças usinadas (Runge and Duarte, 1990). O TDS refere-se à quantidade total de sólidos dissolvidos presentes no fluido, e sua medida avalia a qualidade e a pureza do fluido utilizado (Oliveira *et al.*, 2023), impactando sua condutividade e propriedades funcionais. Altos níveis de TDS podem acarretar diversos problemas durante a usinagem, como o aumento da corrosão das peças, ferramentas e componentes da máquina (Dias, 2000), aumentando os custos de manutenção.

A utilização de sistemas baseados em Arduino tem se mostrado eficaz em diversas aplicações de monitoramento industrial devido à sua versatilidade, custo acessível e facilidade de programação. O Arduino é uma plataforma de hardware de código aberto que permite criar dispositivos e sistemas interativos controlados por computador. Com a utilização de sensores e atuadores, é possível desenvolver soluções customizadas para monitorar e controlar uma ampla gama de processos industriais. Por exemplo, sistemas de monitoramento de qualidade de água, controle de temperatura em ambientes industriais e sistemas de automação de processos são apenas algumas das aplicações possíveis com Arduino. Os sensores desempenham uma função essencial, permitindo a captura de dados para análise detalhada. Eles são responsáveis por converter informações, como temperatura, umidade, pH, turbidez e concentração de substâncias. Essa combinação de Arduino e sensores oferece uma solução flexível e adaptável para diversas necessidades industriais de monitoramento e controle.

Puneeth and Prasad (2022) desenvolveram um sistema inteligente de monitoramento de fluidos de corte que utiliza a plataforma IoT e integra dispositivos como Raspberry Pi, Arduino e diversos sensores, incluindo uma sonda de pH, sensores de temperatura, nível e turbidez.

Jurina *et al.* (2023) também desenvolveram um sistema inteligente de monitoramento de fluido de corte, com o objetivo de prolongar a vida útil do fluido em máquinas-ferramenta. Foi desenvolvido um dispositivo de monitoramento, fabricado como protótipo, capaz de flutuar no tanque de armazenamento e abrigar sensores, baterias e componentes eletrônicos. O programa de controle foi escrito no Arduino IDE.

Este estudo tem como objetivo analisar as variações nos parâmetros de pH, turbidez e TDS ao longo do tempo, comparando o desempenho de um fluido de corte semissintético com um fluido de corte sintético, ambos utilizados pela Maker Indústria e Comércio Ltda. Os sensores de pH, turbidez e TDS selecionados para esta análise integram-se ao Arduino UNO e destacam-se por seu baixo custo de aquisição. A pesquisa foi motivada pela transição do fluido semissintético para o fluido sintético na empresa, buscando maior eficiência e sustentabilidade. A pergunta central do estudo é: qual é o impacto da substituição do fluido semissintético pelo fluido sintético, considerando o mesmo ambiente de usinagem, nos parâmetros de qualidade pH, turbidez e TDS do fluido de corte? Como essa mudança influencia a eficiência dos processos de usinagem na indústria metalúrgica?

2. METODOLOGIA

2.1 Local e Período de Estudo

O estudo foi realizado na Maker Indústria e Comércio Ltda., situada em Jaraguá do Sul, Santa Catarina. As coletas de amostras ocorreram em um centro de usinagem modelo DM 5226 Dyna Pentium Control System, operando de segunda a sexta-feira, das 05h às 17h. O período do estudo abrangeu aproximadamente seis meses, com amostras semanais de fluido de corte. Entre 28 de abril de 2023 e 30 de junho de 2023, foram coletadas amostras do fluido semissintético HPL SS 25. Posteriormente, de 07 de julho de 2023 a 15 de setembro de 2023, foram coletadas amostras do fluido sintético HPL SINTCUT 100, ambos fabricados pela HPL Indústria e Comércio Ltda.

2.2 Coleta de Amostras

A coleta de amostras foi realizada por um colaborador da empresa, utilizando a mangueira conectada ao reservatório de fluido de corte do centro de usinagem da Maker Indústria e Comércio Ltda, representado na Fig. 1, responsável por operações de fresagem, furação e mandrilamento de peças de metal, predominantemente aço, utilizando ferramentas de metal duro. As amostras foram armazenadas em recipientes de polipropileno, garantindo a integridade e prevenindo contaminações cruzadas entre os fluidos. Após a coleta, as amostras foram transportadas para outro local para análise

detalhada.



Figura 1: Centro de usinagem DM 5226 Dyna Pentium Control System.

2.3 Instrumentação e Configuração dos Sensores

Para a coleta de dados de pH, turbidez e TDS, foram utilizados sensores de baixo custo integrados ao microcontrolador Arduino Uno, responsável por transmitir os dados para um computador por meio de um cabo USB. Para medir o pH foi utilizado o sensor de pH Arduino e o Módulo de Leitura BNC PH4502C, responsável por medir a acidez ou basicidade de uma solução, com faixa de medição de 0 a 14 pH. Para medir a turbidez, empregou-se o Sensor de Turbidez Arduino ST100, capaz de detectar a presença de partículas suspensas no fluido, expressas em NTU (Nephelometric Turbidity Units). Por sua vez, para medir o TDS, o TDS Meter V1.0, foi utilizado para medir o total de sólidos dissolvidos, expresso em ppm (partes por milhão), com faixa de medição de 0 a 1000 ppm.

Para a obtenção dos dados, os sensores de pH, turbidez e TDS são submersos nas amostras extraídas do reservatório. Posteriormente, os dados são armazenados e analisados para verificar as variações dos parâmetros do fluido ao longo do tempo. Para isso, o Python foi utilizado para gerar gráficos que facilitam a análise dos dados coletados. A Figura 2 mostra as ferramentas utilizadas para a coleta, medição e análise das amostras de fluido de corte.

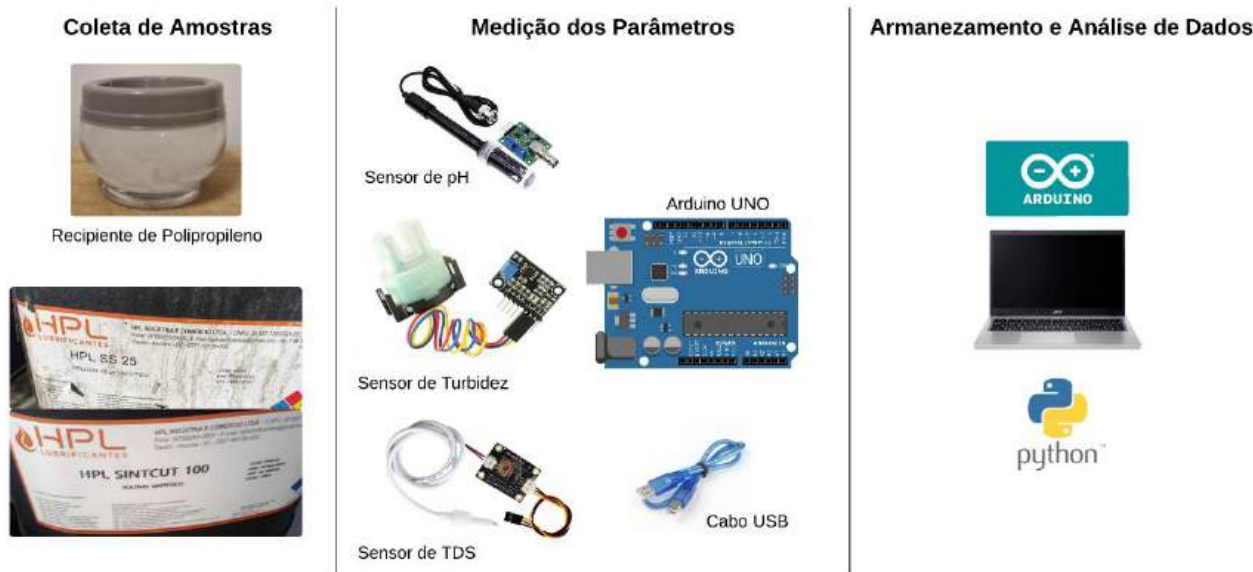


Figura 2: Ferramentas utilizados na coleta, medição e análise das amostras de fluido de corte.

As conexões dos sensores com o microcontrolador seguiram especificações técnicas para garantir uma comunicação estável. O desenvolvimento dos códigos para operação dos sensores foi realizado no ambiente de desenvolvimento

Arduino IDE.

A Figura 3 mostra o fluxograma do código realizado no Arduino IDE, onde as etapas do processo de leitura e conversão dos sensores são delineadas. Inicialmente, é verificada a conexão e preparação dos sensores, garantindo que estejam adequadamente conectados ao Arduino. Posteriormente, os dados de pH, turbidez e TDS são capturados pelos sensores, convertidos em unidades de medição e, por fim, exibidos para análise. O processo é finalizado após a conclusão da leitura e conversão dos dados.

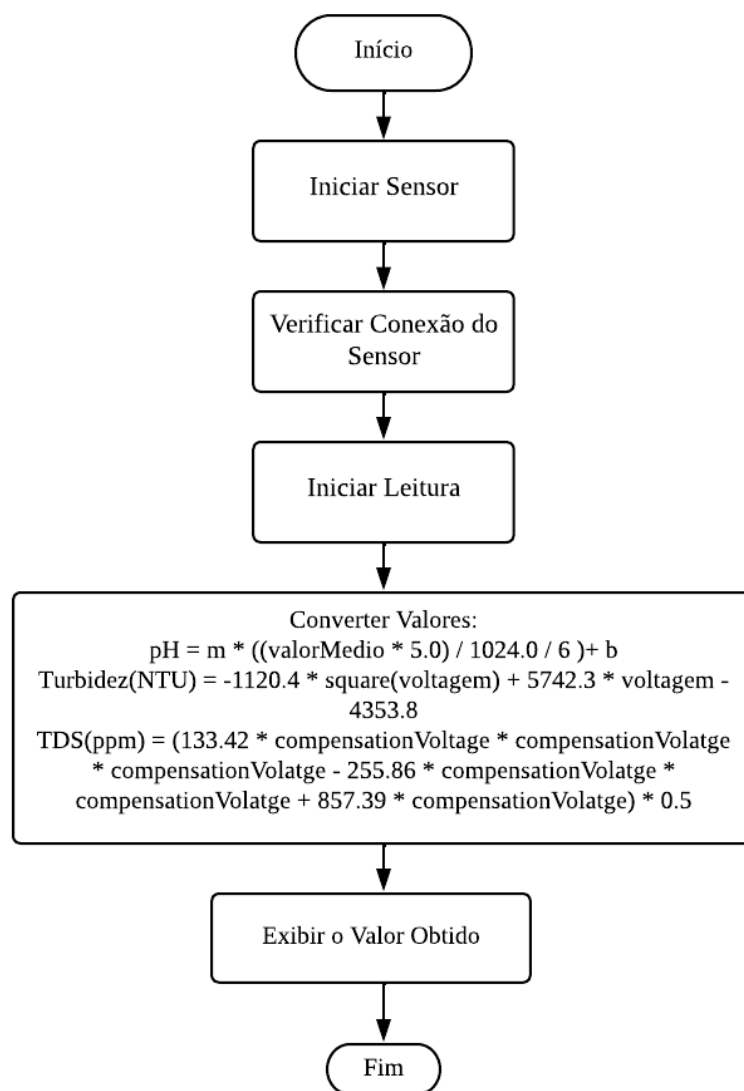


Figura 3: Estrutura dos códigos de leitura e conversão dos sensores.

2.4 Calibração dos Sensores

O aparato experimental foi montado e calibrado, com dados dos sensores coletados em intervalos de 5 minutos, totalizando 10 medições por amostra. A calibração dos sensores de pH, turbidez e TDS foi conduzida empregando soluções tampão. Os sensores passaram por um processo de lavagem com água destilada, seguido de uma secagem suave, antes de serem imersos nas soluções tampão para ajustar o leitor a uma leitura precisa. Esse procedimento foi repetido conforme necessário, permitindo o ajuste dos sensores para garantir uma precisão adequada. No caso do sensor de pH, utilizaram-se soluções com pH conhecidos, como pH 4, pH 7 e pH 10. Para a calibração do sensor de turbidez, empregaram-se soluções de calibração padrão com valores estabelecidos (0 NTU, 10 NTU, 100 NTU, 800 NTU). Em seguida, a calibração do sensor de TDS envolveu o uso de soluções com concentrações de 1000 ppm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 4 apresenta as 20 amostras coletadas, sendo 10 de fluido de corte semissintético e 10 de fluido de corte sintético. As amostras são dispostas em ordem cronológica, permitindo a visualização das mudanças visuais nos fluidos ao longo do tempo.



Figura 4: Progressão visual das amostras de fluidos de corte semissintético e sintético.

No fluido de corte semissintético, a primeira amostra exibe uma tonalidade azulada e uma opacidade pronunciada, indicando sua composição inicial. À medida que as semanas se sucedem, um fenômeno de transição sutil começa a se desenrolar, evidenciado por uma mudança gradual na coloração, evoluindo de um azul inicial para uma tonalidade acinzentada por volta da sétima amostra. Entretanto, é a partir da oitava amostra que se torna mais evidente uma transformação significativa: a coloração adquire nuances de bege, um sinal de possível alteração química no fluido.

Ao chegar à décima amostra, observa-se uma clara segregação de fases, com a parte inferior revelando uma tonalidade bege, enquanto a parte superior apresenta uma coloração branca amarelada, sugerindo a formação de emulsões ou a separação de componentes. Estas mudanças visuais fornecem indícios importantes sobre a condição do fluido, sugerindo a presença crescente de contaminantes e partículas em suspensão, o que pode afetar adversamente sua eficácia e estabilidade ao longo do tempo.

Por outro lado, o fluido de corte sintético inicia seu ciclo de amostragem com uma aparência transparente, assemelhando-se à pureza da água. Entretanto, à medida que as semanas avançam, um leve tom amarelado começa a se desenvolver, tornando-se mais proeminente conforme o tempo passa. Apesar dessa mudança de cor, o fluido sintético mantém sua transparência até a décima amostra, sugerindo uma estabilidade química mais consistente e um menor acúmulo de impurezas em comparação com seu homólogo semissintético. Essa observação reforça a possibilidade de uma menor probabilidade de degradação e formação de contaminantes, destacando a vantagem dessa formulação em termos de durabilidade e desempenho prolongado.

A Tabela 1 apresenta os valores de pH, turbidez e TDS ao longo do período de monitoramento para o fluido semissintético. Os parâmetros foram medidos em intervalos regulares, sendo apresentados como médias de 10 medições em cada data de amostragem. Da mesma forma, a Tab. 2 destaca as observações para o fluido de corte sintético durante um período comparável.

Tabela 1: **Dados de monitoramento do fluido de corte semissintético HPL SS25.**

Semana	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)
1	9,11	576	450
2	7,97	932	472
3	7,941	999,89	481
4	7,93	1760,2	489
5	7,75	2218,2	502
6	7,617	2940,7	511
7	7,375	3000	568
8	9,071	3000	721
9	9,067	3000	612
10	9,059	3000	874

Tabela 2: **Dados de monitoramento do fluido de corte sintético HPL SINCUT 100.**

Semana	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)
1	9,012	0	390
2	8,974	1,5	479
3	8,97	1,63	479
4	9,01	5,33	483
5	8,99	5,1	485
6	8,713	7,28	487
7	8,985	13,4	491
8	9	24,5	489
9	9,021	27,28	489
10	9,035	27,5	498

Além dos dados apresentados na Tab. 1 e Tab. 2, é fundamental considerar o processo de reposição do fluido de corte. Tanto para o fluido de corte semissintético quanto para o fluido de corte sintético, é adotada a prática de reposição do fluido quando este está se esgotando. Essa reposição pode introduzir novos componentes ao fluido, alterando suas propriedades químicas e físicas. Por exemplo, ao adicionar um novo lote de fluido, pode ocorrer uma diluição dos compostos presentes, afetando o pH, a turbidez e o TDS. Portanto, é essencial considerar o impacto da reposição do fluido ao interpretar os dados apresentados nas tabelas, pois essa prática pode explicar algumas das flutuações observadas nos parâmetros ao longo do período de monitoramento, devendo ser levada em conta na análise dos resultados.

Na Figura 5 e Figura 6, observa-se que o pH do fluido de corte HPL SS25 diminui nas primeiras semanas de monitoramento, partindo de um valor inicial em torno de 9,11 e alcançando valores inferiores a 7,5 por volta da quinta semana. Essa diminuição pode estar relacionada à degradação do fluido semissintético ao longo do tempo, influenciada por fatores como a exposição ao calor, a ação de microrganismos e a oxidação. Posteriormente, ocorre um aumento gradual do pH, atingindo valores próximos a 9 nas últimas semanas. Esse aumento pode estar associado à prática de reposição do fluido ou a processos de manutenção que visam ajustar os parâmetros do fluido para garantir seu desempenho adequado. Essas variações indicam a importância de monitorar e controlar regularmente a condição dos fluidos de corte para garantir a eficácia do processo de usinagem.

Para o fluido de corte HPL SINCUT 100, observa-se uma variação do pH ao longo das semanas, partindo de um valor inicial próximo a 9 e variando entre aproximadamente 8,97 e 9,035 ao longo do período de monitoramento. Essa estabilidade relativa do pH ao longo do tempo sugere uma maior resistência do fluido sintético às variações ambientais e de processo, em comparação com o fluido semissintético HPL SS25.

Com base nos critérios estabelecidos por Runge and Duarte (1990) para avaliar a qualidade do fluido de corte com base no valor de pH, pode-se interpretar os resultados obtidos. No caso do fluido semissintético HPL SS25, observa-se que o pH inicialmente diminui para valores inferiores a 7,5, o que indicaria a necessidade de substituição do fluido. No entanto, posteriormente, o pH se recupera e atinge valores superiores a 8,7, sugerindo uma melhoria na qualidade do fluido e sua adequação para continuar em uso. Essa recuperação pode estar relacionada às práticas de manutenção adotadas, como a reposição do fluido e a adição de biocidas, conforme necessário.

Para o fluido sintético HPL SINCUT 100, observa-se que o pH permanece dentro da faixa de 8,7 a 9 ao longo do período de monitoramento. Isso indica que o fluido se mantém em condições satisfatórias para continuar em uso, de acordo com os critérios estabelecidos por Runge and Duarte (1990). No entanto, variações dentro dessa faixa podem indicar a necessidade de ajustes ou correções no processo de manutenção, como a adição de biocidas para controlar bactérias e outros contaminantes.

Na Figura 5, que representa a variação do pH e da turbidez dos fluidos de corte semissintético HPL SS25 e sintético HPL SINCUT 100, observa-se uma tendência significativa. Para HPL SS25, a turbidez aumenta significativamente ao longo do tempo, partindo de 576 NTU na primeira semana e atingindo valores de 3000 NTU nas últimas semanas. Esse aumento indica uma crescente presença de partículas suspensas, sugerindo uma degradação do fluido que pode afetar negativamente o processo de usinagem.

O HPL SINCUT 100 apresenta uma turbidez inicial muito baixa, próxima de 0 NTU, e um aumento gradual até 27,5 NTU nas últimas semanas. Apesar do aumento, os valores permanecem relativamente baixos em comparação com o fluido semissintético, indicando uma menor degradação e acúmulo de partículas suspensas. Além disso, ao observar a variação do pH em conjunto com a turbidez, para o fluido HPL SS25, conforme o pH diminui, a turbidez aumenta gradualmente, sugerindo uma correlação entre a diminuição do pH e o aumento da turbidez. Isso indica que a degradação do fluido semissintético pode estar associada ao aumento de partículas suspensas. No entanto, para o fluido HPL SINCUT 100, apesar das variações no pH ao longo das semanas, a turbidez permanece relativamente baixa e estável. Isso sugere que, mesmo com variações no pH, a presença de partículas suspensas no fluido sintético é mínima, indicando uma maior estabilidade ou uma menor tendência à formação de resíduos em comparação com o fluido semissintético.

Para o fluido de corte semissintético HPL SS25, os valores de TDS aumentaram ao longo do tempo, partindo de 450 ppm na primeira semana e alcançando 874 ppm na última semana. Esse aumento indica a acumulação de sólidos dissolvidos, o que pode impactar negativamente a condutividade e as propriedades funcionais do fluido. Em contraste, o fluido de corte sintético HPL SINCUT 100 também apresentou um aumento no TDS, embora de forma mais controlada.

Os valores variaram de 390 ppm na primeira semana para 498 ppm na última semana, indicando uma menor acumulação de sólidos dissolvidos em comparação com o fluido semissintético.

Na Figura 6, que representa a variação do pH e do TDS dos fluidos de corte semissintético HPL SS25 e sintético HPL SINCUT 100, observa-se que para o fluido HPL SS25, conforme o pH aumenta ao longo das semanas, há um crescimento correspondente no TDS. Essa observação sugere uma possível correlação entre o aumento do pH e o aumento do TDS, indicando que mudanças na alcalinidade do fluido podem estar associadas à dissolução de sólidos no líquido de corte. Por outro lado, para o fluido HPL SINCUT 100, apesar das variações no pH ao longo do tempo, o TDS permanece relativamente estável. Isso sugere que, mesmo com mudanças no pH, a quantidade de sólidos dissolvidos no fluido sintético permanece constante. Essa estabilidade no TDS pode indicar uma composição química mais consistente do fluido sintético, com menos variação na quantidade de sólidos presentes.

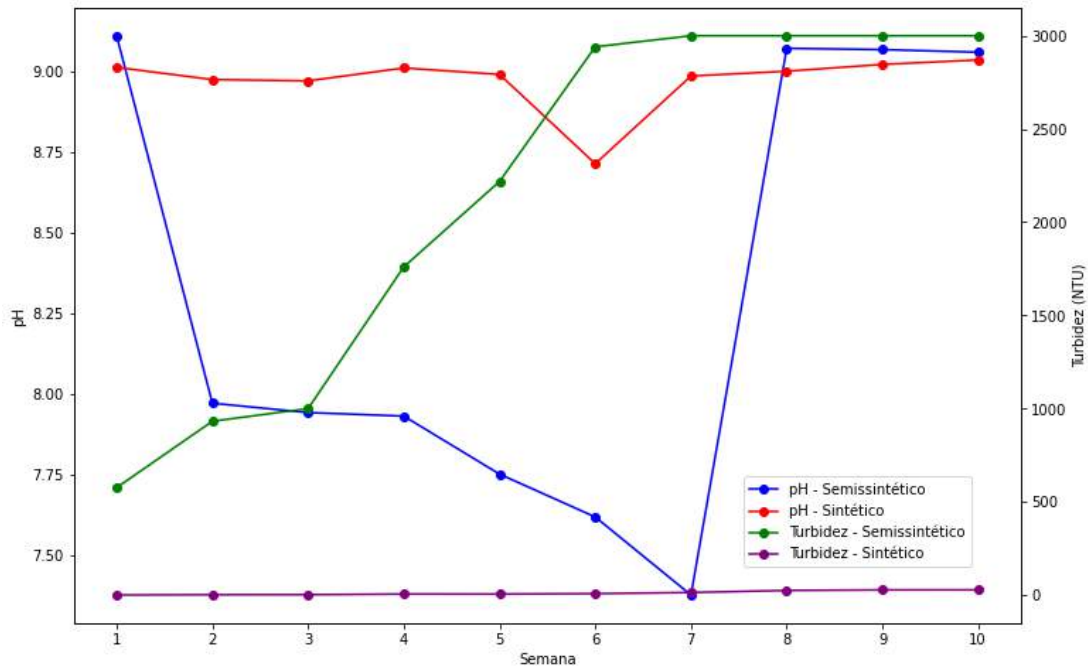


Figura 5: Variação do pH e turbidez ao longo do tempo.

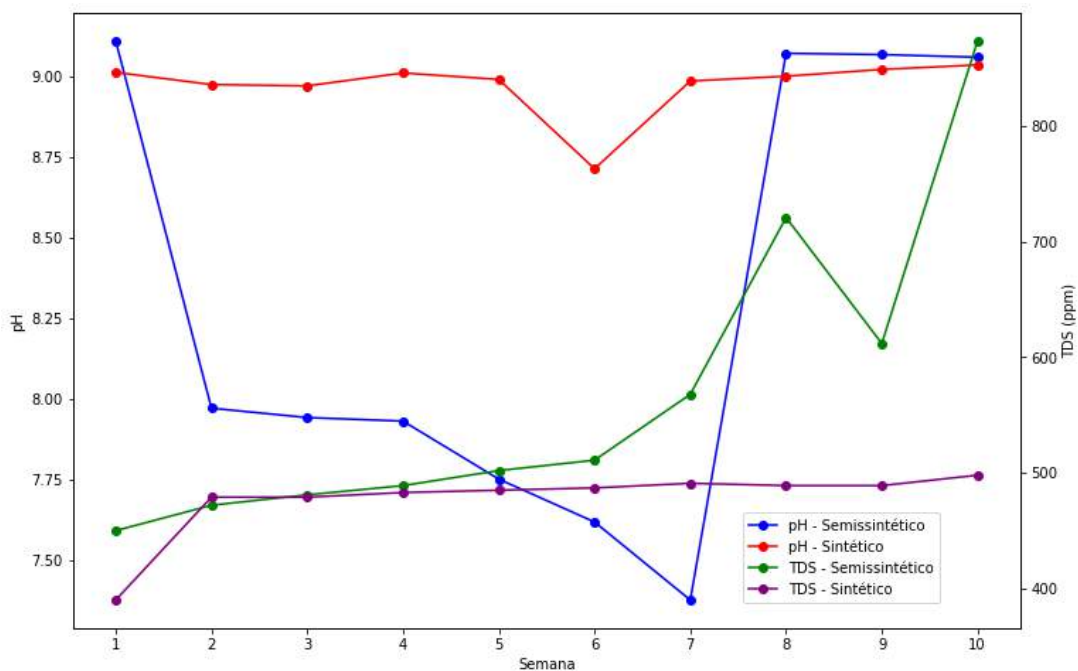


Figura 6: Variação do pH e TDS ao longo do tempo.

Na Figura 7, que representa a variação do TDS e da turbidez dos fluidos de corte semissintético HPL SS25 e sintético HPL SINCUT 100, observa-se que para o fluido HPL SS25, conforme o TDS aumenta ao longo das semanas, há um

aumento correspondente na turbidez do fluido. Isso sugere uma possível correlação entre o aumento do TDS e o aumento da turbidez, indicando que a presença de sólidos dissolvidos pode estar relacionada à quantidade de partículas em suspensão no fluido semissintético. Por outro lado, para o fluido HPL SINCUT 100, apesar das variações no TDS ao longo do tempo, a turbidez permanece baixa e relativamente estável. Isso sugere que, mesmo com variações no TDS, a presença de partículas em suspensão no fluido sintético é mínima, indicando uma maior estabilidade ou uma menor tendência à formação de resíduos em comparação com o fluido semissintético.

É importante ressaltar que manter o TDS e turbidez em níveis baixos pode ser essencial para garantir a estabilidade do processo de usinagem e a qualidade das peças produzidas. Fluidos com altos níveis de sólidos dissolvidos e partículas em suspensão podem aumentar o risco de entupimento de ferramentas de corte e afetar adversamente a integridade das peças usinadas. Portanto, a manutenção de um TDS estável, especialmente em fluidos de corte semissintéticos, como observado neste estudo, pode desempenhar um papel fundamental na otimização do processo de usinagem e na garantia da qualidade das peças fabricadas.



Figura 7: Variação do TDS e turbidez ao longo do tempo.

4. CONCLUSÕES

A substituição do fluido de corte semissintético pelo fluido de corte sintético resulta em vantagens significativas em relação aos parâmetros de qualidade, pH, turbidez e TDS. Enquanto o fluido sintético mantém uma estabilidade notável ao longo do tempo, resistindo às flutuações ambientais e de processo, o fluido semissintético HPL SS25 tende a sofrer degradação, resultando em formação de resíduos. Essa estabilidade do fluido sintético reduz a necessidade de intervenções frequentes de manutenção, conferindo maior eficiência e confiabilidade aos processos de usinagem. Além disso, a consistência nos parâmetros de qualidade minimiza os riscos de entupimento de ferramentas e danos às peças usinadas. Em suma, a transição para o fluido sintético promove um ambiente de usinagem mais estável e produtivo na indústria metalúrgica.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo apoio essencial que possibilitou a realização deste trabalho, tanto por meio do projeto FAPESC 2023TR000563 quanto pela concessão da bolsa de mestrado. Também agradecem à Maker Indústria e Comércio LTDA pelo fornecimento das amostras de fluidos de corte, cuja colaboração foi importante para o desenvolvimento desta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- Alves, S.M. and de Oliveira, J.F.G., 2007. "Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando produção mais limpa como estratégia de gestão ambiental". *Production*, Vol. 17, No. 1, pp. 129–138. doi:10.1590/s0103-65132007000100009.
- Baradie, M.A.E., 1996. "Cutting fluids: Part i. characterization". *Journal of Materials Processing Technology*, , No. 56, pp. 786–797.

- Byers, J.P., 2013. "Metalworking fluids". *Journal of Chemical Information and Modeling*, Vol. 53, pp. 1689–1699.
- Catai, R.E., Bianchi, E.C. and de Aguiar, P.R., 2002. "Formas de manutenção e métodos de descarte dos fluidos de corte utilizados na usinagem de metais". In *Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*. Natal, pp. 2823–2829.
- Dias, A.M.P., 2000. *Avaliação Ambiental de Fluidos de Corte Utilizados em Processos Convencionais de Usinagem*. Ph.D. thesis, Florianópolis, SC.
- Jurina, F. et al., 2023. "Design of real-time monitoring system for cutting fluids". *Designs*, Vol. 7, No. 2. ISSN 2411-9660.
- Lisboa, F.C., de Moraes, J.J.B. and de Almeida Hirashita, M., 2013. "Fluidos de corte: Uma abordagem geral e novas tendências". In *XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos*. UFAM, Salvador, BA, Brasil.
- Machado, R., Abrão, A.M., Coelho, R.T. and da Silva, M.B., 2009. *Teoria da Usinagem dos Materiais*. Edgard Blücher, São Paulo.
- Oliveira, E.G., Oliveira, A., Pereira, D. and Ahmad, S., 2023. "Medição de sólidos totais dissolvidos e sólidos suspensos totais em sistemas de Água: Uma revisão dos problemas, técnicas convencionais e de sensoriamento remoto". *Remote Sensing*, Vol. 15, p. 3534. doi:10.3390/rs15143534.
- Piubeli, F.A., Gomes, R., de Arruda, O.S., de Arruda, M.S.P., Bianchi, E.C., da Silva Junior, C.E., de Aguiar, P.R. and Catai, R.E., 2008. "Caracterização microbiológica de uma emulsão mineral utilizada como fluido de corte nos processos de usinagem". *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, Vol. 12, No. 1, pp. 35–41. ISSN 1137-2729.
- Puneeth, H.V. and Prasad, G., 2022. "Sustainable in-situ recycling and iot-based monitoring system of water-soluble metal working fluids". *Sustainable Water Resources Management*, Vol. 8, No. 1, pp. 1–18.
- Runge, P.R.F. and Duarte, G.N., 1990. "Lubrificantes nas indústrias". In *Fluidos de corte*, Triboncept, Cotia, chapter 4, pp. 71–172.
- Wu, X., Li, C., Zhou, Z., Nie, X., Chen, Y., Zhang, Y., Cao, H., Liu, B., Zhang, N., Said, Z., Debnath, S., Jamil, M., Ali, H.M. and Sharma, S., 2021. "Circulating purification of cutting fluid: an overview". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. doi:10.1007/s00170-021-07854-1.
- Zelenko, Y., Bezovska, M., Kuznetsov, V. and Muntian, A., 2021. "Technological and ecological aspects of disposal of spent cutting fluids". *Journal of Ecological Engineering*, Vol. 22, pp. 207–212. doi:10.12911/22998993/134080.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

COMPARATIVE ANALYSIS OF SEMISYNTHETIC AND SYNTHETIC CUTTING FLUIDS IN THE METALLURGICAL INDUSTRY: IMPACT ON QUALITY PARAMETERS AND MACHINING EFFICIENCY

Thalía Soares Fragoso, thalia_@outlook.com¹

Joel Martins Crichigno Filho, joel.crichigno@udesc.br¹

¹Santa Catarina State University, R. Paulo Malschitzki, 200 - Zona Industrial Norte, Joinville - SC, 89219-710, Brazil

Abstract: The research aims to analyze the variations in pH, turbidity, and TDS parameters over time, comparing the performance of a semi-synthetic cutting fluid HPL SS 25 with a synthetic cutting fluid HPL SINTCUT 100 at Maker Indústria e Comércio Ltda. The transition between these fluids was motivated by the search for greater efficiency and sustainability in machining processes, considering the direct impacts on productivity and operational costs. The adopted methodology involved the weekly collection of cutting fluid samples from a machining center operated by the company. For data collection, pH, turbidity, and TDS sensors integrated with the Arduino Uno microcontroller were used. These sensors were calibrated with standard solutions, and the data were collected and analyzed using Arduino IDE and Python. The results revealed that the semi-synthetic cutting fluid showed a gradual change in color over time, suggesting degradation. Initially, a decrease in pH was observed, followed by a gradual recovery. Turbidity and TDS increased over the monitoring period, indicating an accumulation of suspended particles and dissolved solids, respectively. These variations point to lower stability of the semi-synthetic cutting fluid. In contrast, the synthetic cutting fluid maintained a stable color and showed minimal variations in quality parameters over time, indicating greater stability. The pH of the synthetic cutting fluid remained within a controlled range, while turbidity and TDS showed minimal variations, suggesting a lower propensity for degradation and contamination. These results reflect greater resistance of the synthetic cutting fluid to the adverse conditions of the machining process. The replacement of the semi-synthetic cutting fluid with the synthetic cutting fluid demonstrated significant advantages. The synthetic cutting fluid showed remarkable stability over time, reducing the need for frequent maintenance interventions. This minimized the risks of tool clogging and damage to machined parts, promoting a more stable and productive machining environment in the metalworking industry.

Keywords: Semisynthetic and Synthetic Cutting Fluids, Monitoring, Temporal Analysis, Metallurgical Industry