



CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE UMA EMULSÃO MINERAL UTILIZADA COMO FLUIDO DE CORTE NOS PROCESSOS DE USINAGEM

FRANCINE AMARAL PIUBELI¹, ROBERTA GOMES¹, OLAVO SPERANZA DE ARRUDA¹, MARIA SUELI PARREIRA DE ARRUDA¹, EDUARDO CARLOS BIANCHI², CARLOS ELIAS DA SILVA JUNIOR², PAULO ROBERTO DE AGUIAR³, RODRIGO EDUARDO CATAI⁴

¹Departamento de Ciências Biológicas - Faculdade de Ciências - Unesp - Campus de Bauru - Brasil

²Departamento de Engenharia Mecânica - Faculdade de Engenharia - Unesp - Campus de Bauru - Brasil

³Departamento de Engenharia Elétrica - Faculdade de Engenharia - Unesp - Campus de Bauru - Brasil

⁴Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET - Curitiba - PR - Brasil

(Recibido 2 de diciembre de 2005, para publicación 2 de diciembre de 2007)

Resumo – Nas operações de usinagem, a utilização do fluido de corte é essencial para se obter melhores acabamentos superficiais da peça, para minimizar o desgaste da ferramenta de corte, para resfriar e lubrificar a peça e a ferramenta de corte e para remover partículas e fragmentos do corte. Em contrapartida a emulsão água-óleo, usada como fluido de corte, é freqüentemente atacada por microrganismos. Este estudo enfoca aspectos quantitativos dos microrganismos contaminantes do fluido de corte, apresentando ainda características morfológicas e tintoriais das bactérias que degradam esse fluido. São realçadas algumas das alterações nas características iniciais do fluido após a contaminação por microrganismos. Para a coleta foi introduzida uma pipeta de 1 ml no reservatório. A seguir as amostras foram depositadas em tubos e posteriormente semeadas em meio de cultura específico. No momento das coletas foi determinado o pH dos respectivos locais de obtenção das amostras, os quais oscilaram entre 8,05 a 8,35. Os resultados obtidos mostraram que os principais microrganismos contaminantes foram cocos Gram positivos e bacilos Gram negativos, o que permite inferir que a emulsão mineral comporta-se como um meio de cultivo bacteriano, oferecendo condições para a proliferação desses microrganismos. Igualmente pode-se afirmar que os agentes antimicrobianos adicionados ao fluido de corte realizam eficaz controle do crescimento populacional de microrganismos. Observou-se também um crescimento de colônias diferentes, levando-nos a concluir que no reservatório encontramos diversas espécies de bactérias, em consequência a esse crescimento houve uma leve acidificação do pH.

Palavras Chave – Fluido de corte, contaminação microbiana e usinagem.

1. INTRODUÇÃO

Nas operações de usinagem, a utilização dos fluidos de corte é essencial para melhorar o acabamento superficial das peças bem como para reduzir o desgaste da ferramenta de corte, resfriar e lubrificar a peça e a ferramenta e ainda para remover cavacos e outros resíduos oriundos do processo de corte [1-2].

Para Taylor (1890) apud Rios [3] a utilização de água para refrigeração nos processos de corte de uma certa forma fornecia vantagens, no entanto, apresentava desvantagens em relação à oxidação da peça e também da máquina. Segundo Rios [3], com o aperfeiçoamento dos produtos e das indústrias petrolíferas, os óleos foram incorporados nesse processo e desde então têm sido largamente utilizados, principalmente pela boa capacidade lubrificante e por atuarem como agente anticorrosivo. O autor acrescenta ainda que embora o sistema água/óleo possua uma vasta aplicação, oferecendo a vantagem da refrigeração proporcionada pela água, e de lubrificação, promovida pelos derivados de petróleo, este é freqüentemente atacado por microrganismos, resultando em alterações nas propriedades iniciais do produto, tornando-o instá-

vel e diminuindo seu período de uso no processo de usinagem. Por essa razão o descarte do fluido de corte acaba sendo inevitavelmente necessário. Por se tratar de um importante poluente ambiental o descarte dos fluidos de corte é um processo indesejável, que envolve procedimentos burocráticos complexos que acarretam altos custos, pois deve ser realizado por empresas especializadas e requer a análise e aprovação da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) que, em última instância determina o destino mais adequado a ser dado ao material descartado [4]. Cabe lembrar que a CETESB é um dos órgãos de fiscalização do Estado de São Paulo e tem entre seus objetivos estabelecer uma interação das indústrias com o meio ambiente, impedindo que estas descartem seus rejeitos, como os fluidos de corte, em rios ou galerias de águas pluviais. Assim, o descarte deve obedecer à Legislação Ambiental Brasileira a qual estabelece critérios quanto às características do rejeito líquido das indústrias despejado em rios e córregos. De acordo com Monici [4] os parâmetros analisados laboratorialmente pela CETESB são: resíduos sedimentáveis, pH, demanda bioquímica de oxigênio, óleos e graxas, temperatura, demanda química de oxigênio e oxigênio dissolvido.

Além dos transtornos mencionados, a presença de microrganismo nos fluidos de corte assume importância também por constituir riscos à saúde dos trabalhadores, manifestados principalmente por infecções dermatológicas e respiratórias [4].

Com o crescimento industrial os aspectos relacionados com os custos de produção tem se tornado cada vez mais importantes na cadeia produtiva. Assim, a otimização dos processos aliando o aumento da qualidade com a diminuição dos custos tem sido preocupação presente em todas as fases da produção industrial. Nesse aspecto o custo do fluido de corte chega a 12,7% considerando apenas o custo de aquisição, sem incluir os custos relacionados com o descarte, que igualmente acarreta altos custos em razão de tratar-se de importante poluente ambiental.

Ao procurar eliminar ou ao menos reduzir a contaminação do óleo por bactérias buscamos a melhoria da qualidade do produto, uma vez que as bactérias provocam corrosão e prejudicam a qualidade da peça. Além disso haverá incremento na vida útil do produto, já que a bactéria degrada esse óleo, tornando necessário o freqüente descarte.

Outro aspecto que consideramos igualmente importante neste trabalho diz respeito à saúde dos trabalhadores que operam as máquinas do sistema de corte e usinagem. Como já foi citado, enfatizamos que a proliferação de microrganismos no ambiente de trabalho do operário é uma potencial fonte de contaminação de toda sorte de infecções. O controle dessa fonte infecciosa além de garantir a melhoria da saúde do trabalhador, certamente proporcionará economia de recursos e aumento da produção da indústria.

Um outro fator importante e que vale ressaltar aqui é o aspecto ecológico envolvido. Atualmente tem se verificado a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e, neste contexto, a legislação tem se tornado cada vez mais exigente com as indústrias geradoras de resíduos potencialmente danosos à natureza. Organizações não governamentais (ONGs) defensoras da natureza tem proliferado em nível mundial e suas atuações têm provocado atritos com alguns setores da indústria. Considerando que o fluido de corte é um potente agressor ambiental, a redução do descarte deste produto, obtida com a sua descontaminação, certamente trará grandes benefícios à natureza e também economia de recursos às grandes indústrias, uma vez que estas possuem uma grande demanda de fluido e pagam altos preços para que empresas especializadas determinem a deposição final do fluido de corte. Por outro lado as pequenas indústrias nem sempre possuem conhecimentos e consciência ecológica suficientes para cuidar adequadamente dos seus rejeitos. Assim, possivelmente esse óleo acabe sendo descartado na própria tubulação dessas indústrias, sendo levado diretamente para os rios e córregos mais próximos. Portanto, uma diminuição na contaminação aliada à conscientização dos trabalhadores quanto aos procedimentos finais de descarte do fluido de corte certamente traria grandes benefícios ao meio ambiente e, conseqüentemente, à população.

Finalmente, ao sugerir a caracterização e o conhecimento dos contaminantes que se reproduzem nos fluidos de corte acredita-se ser possível encontrar maneiras de minimizar as perdas decorrentes dessa contaminação. Assim, partindo da interação entre profissionais das áreas biológica e de engenharia, a presente proposta busca uma caracterização do fluido de corte na expectativa de posteriormente encontrar resultados aplicáveis na indústria que não demandem grandes investimentos para a sua aplicação.

Neste contexto o presente trabalho apresenta um estudo sobre alguns aspectos de microrganismos encontrados em amostras de fluidos de corte a base de óleo mineral, enfocando sua morfologia e a concen-

tração bacteriana nas amostras analisadas. Também serão apresentadas algumas alterações ocorridas nas características iniciais do fluido após a sua contaminação por microrganismos, tais como pH e turvação.

O objetivo deste trabalho foi compreender os aspectos envolvidos nas contaminações dos fluidos de corte, visando melhorar o desempenho e diminuir os custos dos mesmos nos processos de usinagem.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Buscando organizar didaticamente os estudos e ordenar a obtenção de informações foram estabelecidos alguns critérios metodológicos, tais como:

1. Análise do crescimento microbiano no início do uso da emulsão mineral como fluido de corte nos processos de usinagem;
2. Verificação da correlação do crescimento microbiológico e pH;
3. Verificação do tempo decorrido para o início da contaminação bacteriológica e;
4. Determinação das características morfológicas das bactérias contaminantes da emulsão utilizada como fluido de corte.

Para isso foram analisadas amostras de uma emulsão mineral coletadas no reservatório de uma máquina retificadora do Laboratório de Usinagem por Abrasão do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus de Bauru. Amostras de fluido foram coletadas duas vezes ao dia, durante uma semana. O material coletado foi transportado em bolsa térmica até o laboratório de Imunopatologia Experimental do Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências da UNESP, Campus de Bauru, onde foram submetidos à análise microbiológica para verificação da presença de bactérias. Visando complementar os dados foram aferidos a temperatura, o pH e a turvação do fluido do reservatório. A temperatura ambiente também foi anotada.

2.1. Análise microbiológica do fluido de corte

Em meio de cultura com ágar infusão de cérebro e coração (BHI) foram semeados 10 µl da amostra para cultura de bactérias. Considerando a possibilidade de existência de quantidades desconhecidas de bactérias, essas amostras foram diluídas a 1:10 e novamente semeadas no meio bacteriológico. Após incubação a 37° C em estufa foi procedida a contagem do número de colônias crescidas e anotadas as suas características. Cada colônia desenvolvida originou-se de uma célula bacteriana preexistente e, portanto, a sua totalização representava a concentração bacteriana no fluido de corte. Esses procedimentos foram repetidos diariamente até o quinto dia. A seguir, as colônias bacterianas foram repicadas para isolamento e estudos bacterioscópicos. Dos materiais coletados antes e após a diluição foram ainda tomados swabs com os quais foram preparados esfregaços em lâminas de microscopia, para análise comparativa com o cultivo.

O estudo bacterioscópico foi realizado em preparações contendo material depositado no centro da lâmina, evitando deste modo a concentração excessiva em um único ponto. A seguir esse material foi fixado pelo calor e, posteriormente, corado pelo método clássico de Gram. Considerando a morfologia e o comportamento das bactérias frente aos corantes empregados, esse método de coloração oferece um indicativo rápido e eficiente dos tipos de microrganismos presentes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Passman [5] o fluido de corte apresenta grande quantidade de nutrientes que facilitam o desenvolvimento microbiano. Os óleos minerais contém glicoses, ácidos graxos, aminas e outros constituintes que possuem os nutrientes essenciais necessários para o crescimento de uma grande variedade de microrganismos.

Tabela 1. Crescimento bacteriano em amostras de fluido de corte sementeado em meio de cultura agar BHI.

Colônia Coleta	Crescimento bacteriano	Cocos Gram positivos	Bacilos Gram negativos
1º dia - coleta 1	+	++	++++
1º dia - coleta 2	+	++	++
2º dia - coleta 1	+	++	++
2º dia - coleta 2	++++	-	+++
3º dia - coleta 1	+	++	+++
3º dia - coleta 2	+	++	++
4º dia - coleta 1	++++	++	+++
4º dia - coleta 2	++++	++	++
5º dia - coleta 1	+++	++	+++
5º dia - coleta 2	++++	++	++++
6º dia - coleta 1	+++	++	+++
6º dia - coleta 2	++++	-	-
7º dia - coleta 1	++++	+	++

Colônias: ++++ = confluentes; +++ isoladas (+ de 100); ++ = isoladas (20 a 100); + = isoladas (- de 20); - = ausência de colônias

3.1. Pesquisa bacteriológica

Os dados resultantes das culturas em meio de agar BHI, encontram-se sumarizados na Tabela 1.

Como pode ser observado, logo nos primeiros momentos experimentais foi registrada a presença de microrganismos. Esse fato está de acordo com Bennet [6] que afirma que os fluidos de corte são rapidamente contaminados por microrganismos quando o sistema interno pelo qual estes circulam está contaminado. Os dados são também concordantes com os de Lee & Chander [7] que ao estudar a contaminação em um sistema de tubulação verificaram que fluidos livres de microrganismos passavam a exibir 27 milhões de microrganismos por ml após uma única passagem pelo sistema. Do mesmo modo, Hill [8] notou que a concentração microbiana de um fluido que acabou de ser depositado no reservatório aumentou de 470.000 para 3.9 milhões por ml depois de um ciclo através do sistema. Assim, o fato de termos encontrado microrganismos logo no início do experimento provavelmente foi devido à pre-existência destes no sistema de tubulações empregado no estudo. Não pode ser descartada, entretanto, a possibilidade desses microrganismos terem adentrado o sistema através da manipulação dos operadores da retificadora.

De acordo com Bennet [6] e Morton *et al* [9] os fluidos de corte quando em soluções concentradas são praticamente livres de microrganismos e podem ser estocados por longos períodos sem sofrer deterioração. Isso se deve ao fato de a pressão osmótica dos fluidos não diluídos ser bastante elevada, o que impede que microrganismos se estabeleçam nesse ambiente. A contaminação advém com o uso e pode ser originada de microrganismos presentes no solo, na água, e no contato com pessoas que os possuam no trato intestinal, no trato respiratório, ou ainda na pele. Considerando que em nosso estudo foram encontradas cocos Gram positivos e bacilos Gram negativos podemos inferir que tais microrganismos atingiram o fluido de corte vindos do meio ambiente onde a máquina se encontrava ou de indivíduos que os albergavam, ou ainda de ambas as fontes. A predominância desses microrganismos pode ser observada nos resultados mostrados na Tabela 1.

Classicamente, toda vez que um microrganismo encontra um novo ambiente ele sofre um certo retardo em seu ciclo de desenvolvimento, devido à necessidade de se adaptar às novas exigências [10]. Certamen-

te isso ocorreu no experimento e é o que explica a baixa concentração de microrganismos no início do experimento. Após o período de adaptação a multiplicação microbiana aumenta gradualmente em velocidade, provocando conseqüente aumento populacional e assim se mantém enquanto as condições relacionadas à nutrição, temperatura e umidade mantenham-se adequadas. Isso explica os resultados encontrados no experimento quando, após a fase inicial, observou-se um crescimento contínuo da população microbiana presente no fluido de corte.

Pode ser observado claramente um decréscimo brusco do crescimento de microrganismos após o 2º dia do experimento. Isso está diretamente relacionado com o momento em que foi adicionada solução antibacteriana ao fluido de corte. Essa adição foi incluída ao experimento para reproduzir laboratorialmente as condições de trabalho no ambiente industrial da forma mais fiel possível, visto que, quando necessário, para controlar o crescimento microbiológico nos fluidos de corte faz-se uso de substâncias bactericidas.

3.2. Estudo bacterioscópico

No estudo bacterioscópico evidenciamos o desenvolvimento crescente de colônias de cocos e micrococos, ambos Gram positivos. Entretanto houve maior crescimento de bacilos Gram negativos. Esse fato pode estar relacionado com a fonte de contaminação do fluido de corte ou mesmo com melhores condições adaptativas dessas bactérias ao ambiente encontrado no fluido de corte. A realização de estudos ainda mais pormenorizados, os quais encontram-se em andamento nos laboratórios, permitirá um esclarecimento a este respeito.

3.3. Aferição do pH

Segundo Bennet [6] o pH possui grande influência no crescimento bacteriano pois quando o pH encontrado está entre 7 e 9, a tendência de proliferação microbiana é alta, quando este encontra-se na faixa entre 9 e 9,5 esta tendência é muito leve e quando está acima de 9,5, a tendência é praticamente nula. Nos ensaios realizados o pH da emulsão variou entre 9,4 e 8,4 como pode ser observado na Fig. 1. Isso de certa forma pode ter contribuído para controlar o crescimento dos microrganismos. Dados semelhantes foram obtidos por Passman [5] que, trabalhando com emulsão, observou um decréscimo no pH do fluido de corte quando na presença de microorganismos.

4. CONCLUSÕES

Frente ao exposto pode-se concluir que a emulsão mineral mantida no reservatório da máquina foi contaminada logo após a retificadora ser acionada. Os microrganismos presentes iniciaram crescimento e a população aumentou gradualmente durante o período experimental. Coincidentemente ao crescimento dos microrganismos houve diminuição do pH e alteração na coloração do fluido de corte. Alterações de pigmentação, tamanho, morfologia, consistência e velocidade de crescimentos das colônias levam a concluir que diferentes espécies de bactérias colonizaram a emulsão mineral neste experimento.

Nesse contexto, pode-se sugerir que a utilização do fluido de corte deve ser acompanhada de cuidados prévios que promovam a melhor assepsia possível. Por se tratar de produto que contém elementos nutritivos para microrganismos, aliados à temperatura e umidade, essa emulsão de corte torna-se verdadeiro meio de cultura próprio para o desenvolvimento de microrganismos provenientes do ambiente e, sobretudo dos operadores da retificadora. Assim o ambiente de trabalho, onde estão a máquina retificadora e o reservatório, devem ser mantidos limpos e higienizados. Os operários devem ser conscientizados de que eles são uma fonte de contaminação como também podem sofrer problemas de saúde, particularmente respiratórios e dermatológicos, devido ao uso incorreto do fluido. Essas precauções visam ainda otimizar os processos de usinagem e, conseqüentemente, diminuir os custos de produção.

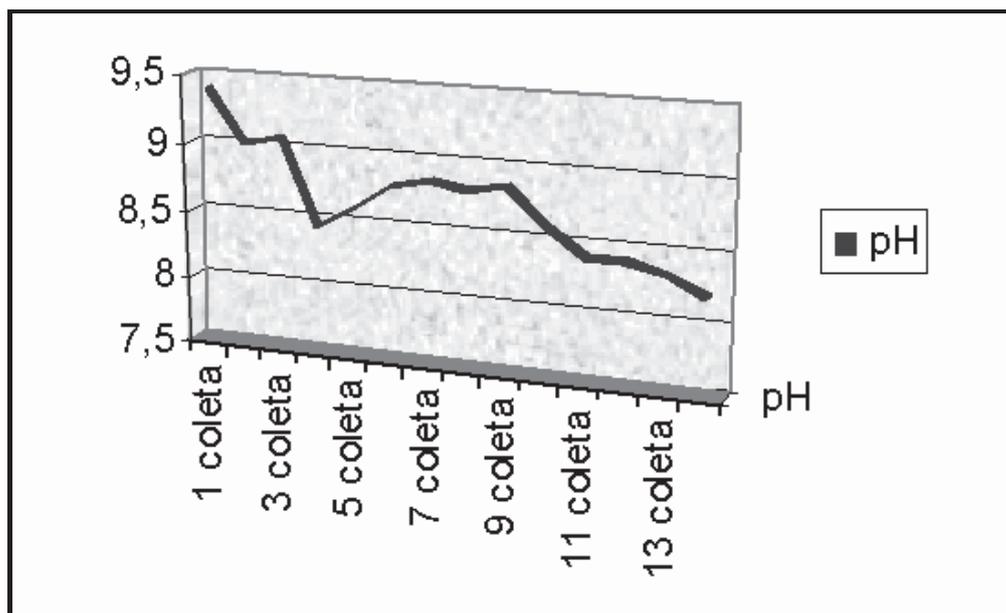


Fig. 1. Representação gráfica das variações de pH do fluido de corte durante o experimento.

Vale lembrar que o presente trabalho é parte de uma linha de pesquisa que está sendo desenvolvida nos laboratórios da UNESP - campus de Bauru, e que estudos complementares encontram-se em andamento na tentativa de esclarecer aspectos relacionados com os processos de usinagem, na expectativa de obter resultados que sejam úteis para a otimização deste importante processo produtivo.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de manifestar o seu agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro e ao Instituto Fábrica do Milênio (IFM) pelo incentivo.

REFERÊNCIAS

- [1] Silva, L.P.N., “Estudo Sobre Fluidos de Corte”, Dissertação (Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Bauru (1997)
- [2] Runge, P.R.F., Duarte, G.N. “Lubrificantes nas Indústrias - Produção, Manutenção e Controle”, Cotia - SP: *Triboconcept Edições Técnicas*, 71-171 (1990)
- [3] Rios, M.R.S. “Estudo do Comportamento do Fluido Sintético na Furação de Aço Inoxidável”, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas (2002)
- [4] Monici, R.D., Relatório de Estágio Supervisionado, CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Bauru-SP, (1999)
- [5] Passman, F.J., “Microbial Problems in Metalworking Fluids”, *Journal of the Society of Tribologists and Lubrication Engineers*, **44**, 431-433 (1988)
- [6] Bennett, E.O., “The Biology of Metalworking Fluids”, *Journal of the American Society of Lubrication Engineers*, **28**, 237-247 (1972)
- [7] Lee, M., Chandler, A.C., “A Study of the Nature, Growth and Control of Bacteria in Cutting Compounds”, *Journal of Bacteriology*, **41**, 373-386 (1941)
- [8] Hill, E.C., “Microbiological Examination of Petroleum Products”, *Tribology*, **2**(1), 5-10 (1969)

- [9] Morton, L.H.G., Gillatt, J.W., Warrilow, E.O., Greenhalgh, M., "A Potential Method for the Recognition of Metalworking Fluid Spoilage Organisms", *International Biodeterioration & Biodegradation*, **48**, 162-166 (2001)
- [10] Trabulsi, L.R., Alterthum, F., Gompertz, O.F., Candeias, J.A.N., *Microbiologia*, Atheneu, 3ª ed., São Paulo, (1999)

MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF A MINERAL EMULSION USED AS A CUTTING FLUID ON A GRINDING PROCESS

Abstract. Nowadays with the greatly increase in machining process much more cutting fluid has been used to lubricate and cooling the workpieces. The cutting fluid is frequently attacked by microorganism, resulting in alterations of its initial properties, making it instable and decreasing its useful period in machining process. In consequence we must to make the disposal of it. This work shows a study of various aspects of microorganism in cutting fluid, focusing the morphology of bacteria that degrade the fluid, and shows some characteristics of the cutting fluid after contamination, like pH and others. For this were taken samples of a mineral emulsion twice a day for seven days. The samples collected were sow in 10 ml in agar brain hearth infusion (BHI), after was acquire the colonies they were sow again to isolate and do bacteriologic studies. With this procedures we saw that happened microbiologic grown and this contamination increased during the week in consequence the pH of the fluid decreased. The results make us to believe that different species of bacteria colonized the mineral emulsion.

Keywords – Cutting fluid, microbial contamination and machining.