

USO DE BAIXAS TEMPERATURAS NO CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO MICROBIANA DOS FLUIDOS DE CORTE

**Olavo Speranza de Arruda^{1*}, Eduardo Carlos Bianchi², Roberta Cristina Gomes³,
Paulo Roberto de Aguiar², Maria Sueli Parreira de Arruda¹**

¹ Department of Biological Sciences, UNESP – São Paulo State University, Bauru, SP, BRAZIL, * Corresponding author E-mail: arruda@fc.unesp.br

² Department of Mechanical Engineering, UNESP – São Paulo State University, Bauru, SP, BRAZIL

³ Graduation student of Biological Sciences, UNESP – São Paulo State University, SP, BRAZIL.

Resumo

A crescente industrialização tem tornado alguns procedimentos das linhas de produção cada vez mais importantes e, muitas vezes, certos aspectos não tem sido acompanhados de adequados estudos. Fluidos de corte são um bom exemplo pois sua importância tem sido ressaltada há muito tempo. Citações dão conta que Taylor, em 1890, constatara que a refrigeração usando apenas água apresentava vantagens ao processo de corte. Entretanto a água apresentava também grandes inconvenientes, principalmente aqueles relacionados com a oxidação da peça. Depois disso os derivados de petróleo foram gradativamente sendo incorporados nesse processo e atualmente são amplamente utilizados. Com a associação desses dois elementos foi obtido um sistema de ampla aplicação que oferece a vantagem da refrigeração, proporcionada pela água, e da lubrificação, fornecida pelos derivados de petróleo. Em contrapartida o sistema água/óleo torna-se um ambiente propício à manutenção e reprodução de microrganismos os quais acabam provocando alterações nas propriedades do fluido e reduzindo sua vida útil. Torna-se então necessária a sua substituição e descarte do óleo contaminado. Por diversas razões o descarte do fluido de corte é um processo indesejável. Por se tratar de substância altamente poluidora para o meio ambiente a sua destinação requer cuidados especiais que oneram sobremaneira os sistemas de produção. A literatura especializada relata que milhões de toneladas desses produtos são utilizados anualmente. Pode-se deduzir que esses lubrificantes, de alguma forma, acabam sendo lançados na natureza. Além disso a presença de microrganismos nos fluidos de corte assume importância também por apresentar riscos à saúde dos trabalhadores. Portanto, a contaminação dos fluidos de corte com microrganismos apresenta múltiplos prejuízos às

empresas. Diante dessas considerações e levando em conta que microrganismos têm dificuldade de se reproduzir em temperaturas baixas este estudo avaliou os efeitos provocados à população microbiana contaminante do fluido de corte submetida à baixa temperatura. Para isso foi usado um equipamento de refrigeração simples, de baixo custo que se constitui em uma tubulação helicoidal que, banhada em gelo, transposta o fluido de corte reduzindo consideravelmente sua temperatura. Esse procedimento mostrou-se altamente eficiente no controle da proliferação microbiana com conseqüente aumento da vida útil do fluido de corte.

Palavras chave: fluido de corte, microrganismos, contaminação, hipotermia

CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO MICROBIANA DOS FLUIDOS DE CORTE COM UTILIZAÇÃO DE BAIXAS TEMPERATURAS

Arruda, O.S.; Bianchi, E.C.; Gomes, R.C.; Arruda, M.S.P.; Aguiar, P.R.

Introdução

Citações bastante antigas, muitas vezes de domínio público, dão conta que homens primitivos descobriram que podiam afiar suas facas de pedra e até mesmo esculpir ferramentas rudimentares atritando-as contra outras pedras. O aperfeiçoamento desses procedimentos levou à retificação de metais no antigo Egito há cerca de 2000 anos a.C., coincidindo com o início da metalurgia, e ganhando valor no mundo oriental por permitir a confecção de ferramentas pontiagudas e ornamentos. No entanto, somente no início do século XIX, na Índia, foi que surgiu o primeiro rebolo, o qual era constituído de grãos abrasivos feitos de coríndon e diamante (MALKIN, 1989). De acordo com Oliveira et al (1988), a primeira retificadora de superfícies cilíndricas foi construída em 1872 e atingia velocidade máxima de 10 m/s. Atualmente muitas retificadoras de produção alcançam 200 m/s (HITCHINER, 2001).

Não há dúvidas de que os avanços da ciência têm proporcionado descobertas tecnológicas que geram extraordinário crescimento da indústria de transformação acarretando importantes avanços nos sistemas de produção. Entretanto na medida em que cresce a produção industrial crescem igualmente a produção de resíduos e outros subprodutos que necessitam de destinação adequada. Os fluidos de corte estão entre estes.

Aliado importante nas operações de usinagem e retificação, o fluido de corte é utilizado como lubrificante com a finalidade de reduzir o desgaste das ferramentas e proporcionar melhor acabamento superficial da peça. É também importante agente de refrigeração que previne o superaquecimento gerado pelo atrito durante os processos de retificação e ainda, ao banhar a peça, arrasta consigo partículas e fragmentos do corte promovendo importante limpeza nos locais de processamento (SILVA, 1997; RUNGE & DUARTE, 1990; MOTA & MACHADO, 1995).

Dados da literatura especializada (RIOS, 2002; MACHADO & DINIZ, 2000) dão conta que em 1883, F.W. Taylor foi um dos pioneiros a verificar o bom desempenho do processo de corte de metais com a aplicação de um jato de água direcionado à zona de corte o qual permitia aumentar a velocidade de corte em até 40%. Depois disso os derivados de petróleo foram incorporados nesse processo e, desde então têm sido amplamente utilizados, principalmente pela boa capacidade lubrificante e por atuar como agente anticorrosivo. A associação desses dois elementos resultou na obtenção de um sistema de vasta aplicação que oferece a vantagem da refrigeração, proporcionada pela água, e de lubrificação fornecida pelos derivados de petróleo.

Em contrapartida o sistema água/óleo torna-se um ambiente favorável à proliferação de uma ampla variedade de microrganismos que acaba provocando alterações nas propriedades do fluido, tornando-o instável e reduzindo sua vida útil. Conseqüentemente torna-se inevitável o seu descarte.

Devido a uma série de razões o descarte do fluido de corte é um processo indesejável. Primeiramente por se tratar de substância poluidora para o meio ambiente que necessita de complexo e oneroso tratamento prévio. Para a destinação desses produtos a legislação ambiental estabelece critérios de acordo com as características do rejeito líquido, os quais levam em conta parâmetros como resíduos sedimentáveis, pH, oxigênio dissolvido, demandas química e bioquímica de oxigênio, temperatura, óleos e graxas e a presença de microrganismos. A análise e o tratamento desses elementos geralmente requerem serviços especializados e demandam alto custo que oneram os sistemas de produção. A literatura é pobre em relação ao volume total de fluido utilizado, entretanto dados de Heisel et al (1998) informam que na Alemanha, somente em 1992, foram utilizados cerca de 79.000 toneladas de lubrificantes para refrigeração nos trabalhos com metal. Em 1997, Novaski & Dörr (1999) verificaram que a Alemanha já consumia 800.000 toneladas de lubrificantes destinados ao mesmo fim. Pode-se deduzir que esses lubrificantes, de alguma forma, acabam sendo lançados na natureza.

A presença de microrganismos nos fluidos de corte assume importância também por colocar em risco a saúde dos trabalhadores ocasionando, principalmente, infecções dermatológicas e respiratórias (MONICI, 1999; TANT & BENNETT, 1956; BENNETT, 1983, THORNE & SPRINCE, 2004).

Atualmente uma das únicas formas de controle da contaminação microbiana dos fluidos de corte envolve o uso de biocidas. Embora eficiente sobre microrganismos, a ação do biocida requer uso prolongado e/ou aplicação em altas concentrações o que, não raro, provoca reações alérgicas nos operadores das máquinas, pois se trata de compostos químicos altamente sensibilizantes. Além disso, considerando que o princípio ativo dos principais biocidas é o formoldeído, e que este composto reage com proteínas, material genético e outros componentes celulares, existe forte suspeita de que o formoldeído possua ação cancerígena (TAKAHASHI, 2005).

Diante dessas constatações verifica-se que a contaminação dos fluidos de corte com microrganismos apresenta múltiplos prejuízos às empresas: por deteriorar o próprio fluido tornando-o ineficiente, pela necessidade de custosos tratamentos para rejeição, por transformá-lo em vetor de infecções microbianas potencialmente graves, e pela necessidade de drogas antimicrobianas por vezes incompatíveis com os fluidos de corte e sensibilizantes para os operadores. Inúmeros desdobramentos conseqüentes dessas situações podem ocorrer e são, com certeza, de difícil previsão.

portanto considerando os aspectos envolvidos nos sistemas de corte e usinagem industrial, sobretudo os problemas decorrentes do uso de emulsões discutidos acima, o presente estudo analisou a influência da redução da temperatura do fluido de corte, explorando assim um fator naturalmente inibidor do crescimento populacional microbiano sem que, praticamente, seja provocada qualquer alteração nas características do fluido de corte, e com total segurança para os operadores.

Material e método

Este estudo foi desenvolvido inicialmente no Laboratório de Usinagem por Abrasão da Faculdade de Engenharia, Unesp, Campus de Bauru, onde foi realizada a experimentação relacionada com o uso do fluido de corte nos processos de retificação. Para isso foi utilizada uma máquina retificadora cilíndrica externa e interna, modelo RUAP 515 H-CNC, fabricada por Sul Mecânica Ltda. Nessa máquina o fluido de corte é armazenado em um reservatório a partir do qual é canalizado até o local de corte para, em seguida, ser coletado e retornar ao reservatório, reiniciando a circulação.

O fluido de corte empregado neste estudo foi o óleo solúvel de base vegetal, à base de ésteres sintéticos, fabricado pela Shell do Brasil. Para ser utilizado foi diluído em água até a concentração de 5%. Segundo Dilge et al (2005), esta é a melhor concentração especificada para o processo.

Indústrias de grande porte mantêm o sistema em funcionamento ininterrupto, já em outras o equipamento permanece operando em períodos variados, conforme as necessidades. Em nosso experimento o sistema foi mantido em funcionamento durante 8 horas diárias por 5 dias. Após esse período permaneceu desligado durante 2 dias, quando então era reiniciado o experimento.

O reservatório do fluido de corte consiste de recipiente metálico de forma retangular medindo 0,45 m. de largura por 0,55 m. de comprimento e 0,35 m. de altura. Esse reservatório apresenta três compartimentos interligados que servem para sedimentação de fragmentos e ainda para proporcionar movimentação do líquido circulante e, assim, possibilitar a manutenção adequada das condições de homogeneização da emulsão. Para auxiliar na manutenção da temperatura do fluido o reservatório foi revestido com placas de isopor, conforme mostra a figura 1.



Figura 1: Vista externa do reservatório recoberto com isopor, à esquerda; e da caixa de resfriamento.

Nesse sistema o óleo é bombeado para o local de corte onde ocorre seu lançamento de encontro à peça e à ferramenta. Em seguida, por gravidade o óleo desliza por um sistema coletor que o encaminha de volta ao reservatório. Nesse trajeto, entre o local de corte e o depósito, foi adaptado um sistema de resfriamento composto de uma serpentina mergulhada em banho de gelo. Ao passar por esse sistema, a uma vazão de 25 ml/s o fluido, que geralmente se encontrava a uma temperatura em torno de 23°C, atingia cerca de 9°C. A figura 2 mostra a estrutura da serpentina com tubulação de cobre disposta em espiral dentro da caixa de resfriamento construída de isopor.



Figura 2: Estrutura e disposição da serpentina no interior da caixa de resfriamento.

Para a construção da serpentina foi usado tubo de cobre de 1 cm de diâmetro e para o restante da tubulação foi usado tubo de material plástico flexível. Após passar por este sistema de resfriamento, a tubulação plástica se abre no reservatório revestido com placas de isopor. A disposição desse sistema está esquematizada na figura 3.

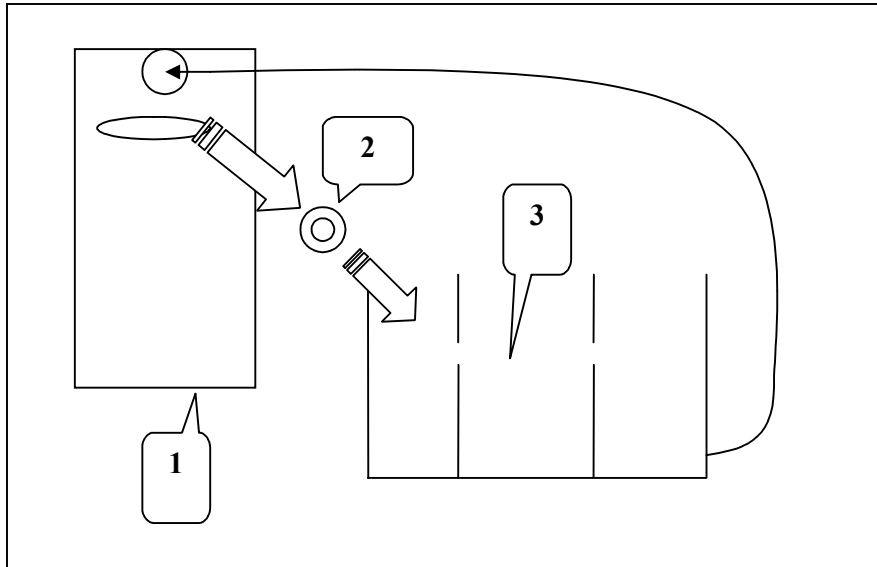


Figura 3. Representação esquemática do dispositivo para controle da população microbiana. As setas indicam o sentido do fluxo. Setas largas representam o retorno do fluido deixando a máquina retificadora (1), passando pelo local de resfriamento contendo serpentina (2) mergulhada em banho de gelo, e atingindo o depósito (3), com seus três compartimentos de sedimentação, revestido com material isolante térmico (isopor). Setas delgadas indicam o retorno do fluido do local de corte para o depósito.

Para a análise microbiológica foram coletadas amostras da região central do reservatório de onde foram retiradas alíquotas a uma profundidade de aproximadamente 10 cm. Na coleta foram usadas pipetas esterilizadas e o material coletado foi transferido para tubos estéreis e transportado ao Laboratório de Imunopatologia Experimental, do Departamento de Ciências Biológicas da Unesp, Campus de Bauru, onde foi semeado em meios de cultura, incubado e observado diariamente. Para o isolamento, quantificação e identificação foram empregadas técnicas usuais de bacteriologia. Para o isolamento primário foram usados o meio de agar nutriente (NA), que é um meio de cultura universal para microrganismos pouco exigentes, o meio de McConkey (MC) que possui sais biliares e cristal violeta que inibem consideravelmente o desenvolvimento de bactérias Gram positivas, e o meio de manitol no qual são favorecidos os microrganismos Gram positivos (TRABULSI & ALTERTHUM, 2004). Colônias isoladas foram submetidas a testes de identificação bioquímica.

A concentração do fluido foi mantida a aproximadamente 5% mediante a reposição de água quando necessário e de acordo com o índice de refração. O pH manteve-se entre 6 e 8, a temperatura média ambiente foi mantida em cerca de 22°C e o volume total do reservatório

foi de 82 litros. Aspectos físicos da amostra, como viscosidade, coloração e odor eram obtidos através de observação direta e registrados para possíveis análises comparativas.

Resultados e discussão

Dentre os fatores físicos que contribuem para o crescimento de microrganismos a temperatura desempenha papel fundamental (TORTORA et al, 2005). Isso ocorre porque os microrganismos estão adaptados para se desenvolver dentro de certos limites de temperatura. Esses limites são variáveis de acordo com a espécie ou grupo microbiano. Para aqueles adaptados à sobrevivência junto aos animais, seja em convivência simbiótica, comensal ou parasítica, os valores coincidem com a temperatura dos organismos hospedeiros. A ação da temperatura sobre os microrganismos pode variar de acordo com a espécie e com a intensidade de aplicação, entretanto quando submetidos à baixa temperatura a maior parte dos microrganismos relacionados às espécies animais, incluindo a humana, apresenta suas taxas metabólicas tão reduzidas que, muitas vezes, torna-se incapaz de se reproduzir ou sintetizar determinadas proteínas.

Neste estudo procuramos controlar a proliferação microbiana explorando a hipotermia como agente inibidor do crescimento de contaminantes do fluido de corte. Reconhecidamente os agentes microbianos que contaminam os fluidos de corte encontram condições nutricionais favoráveis para multiplicação na emulsão água/óleo e na temperatura ambiental. Segundo Thorne et al (1996), Tant & Bennett (1956) e Veillette et al (2001) as principais bactérias contaminantes são Gram negativas do gênero *Pseudomonas*. Em nosso trabalho foram esses os microrganismos encontrados.

Os fluidos de corte são contaminados após serem diluídos pois enquanto puros apresentam pressão osmótica muito elevada (BENNET, 1972; MORTON, 2001). No presente estudo foi observado crescimento de bactérias já na primeira coleta, realizada 10 minutos após a máquina ser posta em funcionamento. Considerando que o sistema de tubulação da máquina não impede que pequenos resíduos de fluido possam permanecer, bactérias presentes podem se manter viáveis até o novo fluido ser adicionado. Esse fato é corroborado por Bennet (1972) que afirmou que os fluidos de corte são rapidamente contaminados por microrganismos quando o sistema interno pelo qual circulam está contaminado. Os dados são também concordantes com Lee & Chandler (1941) que, ao estudar a contaminação em um sistema de tubulação verificaram que fluidos livres de microrganismos passavam a exibir 27 milhões de microrganismos por mililitro após uma única passagem pelo sistema. Do mesmo modo, Hill (1969) notou que a concentração

microbiana de um fluido que acabou de ser depositado no reservatório aumentou de 470.000 para 3.9 milhões por mililitro depois de um ciclo através do sistema. Assim, o fato de termos encontrado microrganismos logo no início do experimento provavelmente se deve à preexistência destes em algum desses locais. Entretanto não pode ser descartada a possibilidade de microrganismos terem adentrado o sistema através da manipulação dos operadores da máquina de retificação, ou até mesmo pela própria água utilizada na diluição do óleo. A adição de água ao reservatório para repor volume e concentração iniciais causava queda momentânea na concentração microbiana, provavelmente devido à diluição sofrida pelo fluido e, conseqüentemente, à redução da concentração de nutrientes utilizados pelos microrganismos. As necessidades de reposições de água foram distintas na fase experimental e na fase controle possivelmente devido às diferentes temperaturas em que os fluidos foram mantidos (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados da análise das coletas diárias mostrando as unidades formadoras de colônias (UFC) obtidas em temperatura ambiente e em temperatura reduzida, pH e índice de refração. *Valores de pH e índice de refração (usado para determinar o fator de correção do volume) não se aplicam ao controle.

| Amostra | Temp. ambiente | *UFC/ml controle | Temp. reduzida | UFC/ml em baixa temp. | pH | Índice de refração |
|---------|----------------|------------------|----------------|-----------------------|------|--------------------|
| 01 | 25,8 | 9 | 22,4 | 0 | 8,06 | 2.0 |
| 02 | 24,9 | 320 | 23,9 | 157 | 8,00 | 2.5 |
| 03 | 24,4 | 190 | 22,5 | 116 | 7,90 | 2.7 |
| 04 | 23,9 | 233 | 15,4 | 45 | 7,85 | 3.0 |
| 05 | 22,8 | 2800 | 16,0 | 68 | 7,74 | 3.0 |
| 06 | 25,1 | 1960 | 16,0 | 104 | 7,85 | 2.5 |
| 07 | 25,4 | 1840 | 17,9 | 55 | 7,80 | 2.5 |
| 08 | 22,6 | 1620 | 16,5 | 109 | 7,86 | 2.7 |
| 09 | 22,9 | 1160 | 17,1 | 58 | 7,79 | 3.0 |
| 10 | 23,6 | 3000 | 17,4 | 63 | 7,84 | 3.5 |
| 11 | 22,9 | 3000 | 17,8 | 60 | 7,83 | 3.5 |
| 12 | 22,8 | 3000 | 17,6 | 67 | 7,79 | 3.8 |
| 13 | 22,8 | 3000 | 16,1 | 66 | 7,76 | 4.0 |
| 14 | 23,1 | 3270 | 19,8 | 23 | 7,84 | 3.2 |
| 15 | 23,4 | 2810 | 16,9 | 37 | 7,80 | 3.3 |
| 16 | 23,3 | 5550 | 12,9 | 41 | 7,20 | 3.6 |
| 17 | 22,4 | 80 | 11,8 | 47 | 8,20 | 4.0 |
| 18 | 24,9 | 1550 | 12,0 | 45 | 8,20 | 3.2 |
| 19 | 22,9 | 1040 | 12,1 | 64 | 7,90 | 3.0 |
| 20 | 23,3 | 1360 | 13,1 | 87 | 7,94 | 3.0 |
| 21 | 23,9 | 3000 | 13,9 | 86 | 7,90 | 3.2 |
| 22 | 24,4 | 1790 | 12,8 | 84 | 7,92 | 3.2 |
| 23 | 24,9 | 2550 | 12,9 | 153 | 7,85 | 3.2 |
| 24 | 25,4 | 910 | 12,4 | 174 | 7,91 | 2.7 |
| 25 | 27,9 | 670 | 12,0 | 191 | 7,83 | 3.0 |
| 26 | 26,1 | 970 | 10,6 | 201 | 7,90 | 3.3 |
| 27 | 27,1 | 960 | 10,4 | 149 | 7,89 | 2.7 |
| 28 | 26 | 1050 | 10,6 | 133 | 7,89 | 3.7 |
| 29 | 26,0 | 360 | 10,9 | 130 | 7,89 | 3.5 |
| 30 | 27,5 | 1010 | 10,9 | 108 | 7,80 | 3.3 |

Com respeito à ação inibitória do crescimento microbiano que ocorre sob baixa temperatura vale citar que seu emprego é amplamente difundido como um meio eficiente no controle da proliferação de microrganismos. Em geral quando os microrganismos são expostos a temperaturas ao redor de 7°C apresentam taxas metabólicas tão reduzidas que se tornam incapazes de reproduzir ou sintetizar determinadas proteínas. A baixa temperatura tem, portanto, efeito bacteriostático impedindo o crescimento e reprodução dos microrganismos os quais entram num estado de dormência, porém permanecendo viáveis (TORTORA et al, 2005).

A observação atenta do funcionamento da máquina retificadora e da ação do operador permite inferir que a contaminação se intensifica a partir do momento em que o fluido é lançado sobre a ferramenta de corte e a peça. Nesse momento um jato da emulsão se espalha sobre a superfície de corte em ambiente aberto lançando partículas no ambiente. Essas partículas de emulsão, desde pequenos aerossóis até gotículas, permanecem por algum tempo em suspensão, como névoa, e são depositadas na superfície da máquina, nas paredes dos aparadores, nas mãos do operador e em qualquer outro local próximo para, em seguida, deslizar por essas superfícies e juntarem-se num sistema coletor que as canaliza em direção ao reservatório. Nesse processo parte se perde no ambiente mas o restante que é coletado retorna ao reservatório. São portanto incontáveis as oportunidades de contaminação dos fluidos de corte, razão pela qual podemos afirmar que somente um agente controlador que esteja constantemente presente e atuante pode exercer papel significativo nesse processo, principalmente quando consideramos que outros microrganismos, além das bactérias, podem contribuir para aumentar a contaminação já que competem por nutrientes em um mesmo ambiente. Embora entre os agentes contaminantes geralmente ocorra certo predomínio bacteriano, Takahashi (2005) afirma que a adição de biocidas leva a uma diminuição no crescimento de bactérias acarretando, porém, um aumento do crescimento fúngico. Em nosso estudo houve grande redução no crescimento bacteriano durante todo o período de duração da fase experimental e não foi observado crescimento fúngico (Gráfico 1).

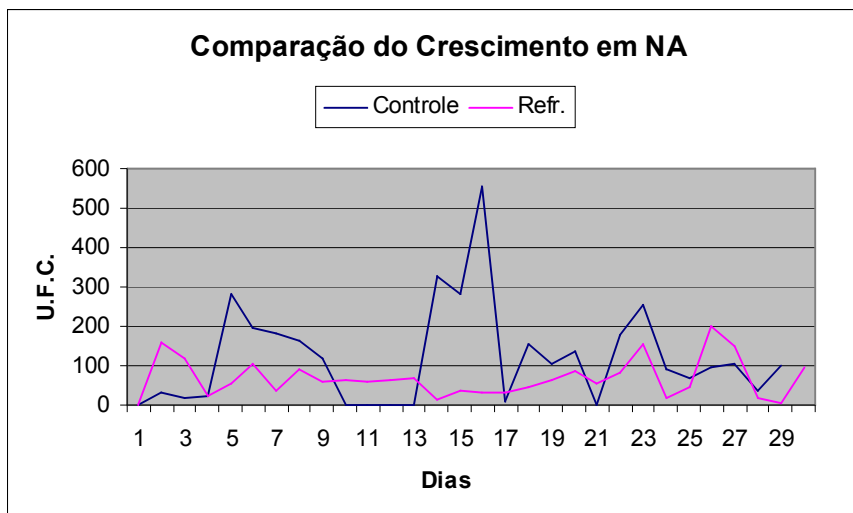


Gráfico 1: Comparação do crescimento bacteriano em unidades formadoras de colônias (10^5) entre os dois grupos de experimento no meio de cultura agar nutrientes (NA).

Isso é explicável pela competente ação inibidora da baixa temperatura que atua igualmente sobre ambos, bactérias e fungos, ao mesmo tempo. Importa lembrar que essa redução ocorre sem acarretar qualquer risco para o operador, além de não alterar características da emulsão.

Considerando que o presente estudo procurou reduzir a contaminação microbiana sem, contudo, alterar as características de ação dos fluidos de corte, cabe comentar os efeitos das baixas temperaturas não somente sobre a redução da carga microbiana mas também os possíveis efeitos do uso desse recurso sobre os processos de usinagem. Segundo Mikitenko (1979), que testou o efeito das baixas temperaturas em dez diferentes marcas de fluidos de corte, a temperatura reduzida não afeta de forma significativa as características dos fluidos de corte. Existem evidências de que a diminuição da temperatura pode melhorar o acabamento nas operações de usinagem, pois um estudo realizado por Besse (2006) mostrou que a redução da temperatura do fluido melhorou o revestimento da superfície da peça. Dessa forma o resfriamento do fluido de corte além de conter o crescimento microbiano, ainda facilita e melhora o processo de usinagem. É certo esperar que isso realmente ocorra, pois o resfriamento da peça e ferramenta é uma das ações inerentes à utilização de fluidos de corte.

Outro aspecto, que consideramos importante, diz respeito ao pH. De acordo com Bennet (1972) o pH é também um fator físico que tem influência no crescimento bacteriano pois quando está entre 7 e 9 a tendência de proliferação microbiana é alta e quando se encontra na faixa entre 9 e 9,5 o crescimento é muito pequeno. Em pH acima de 9,5

praticamente não ocorre crescimento microbiano. Para Trabulsi & Alterthum (2004), os valores de pH em torno da neutralidade são os mais adequados para a absorção de nutrientes pela maior parte das espécies bacterianas, isso devido ao fato da maioria das enzimas serem ativadas em pH 7. Deve ser considerado que nas células vivas, assim como nos seres unicelulares o metabolismo ocorre através de reações químicas que consomem ou liberam energia. Dessa forma se mantém o balanceamento de energia. Essas atividades metabólicas são diretamente controladas pela ação enzimática sendo que a maioria das enzimas tem um pH ótimo no qual seu desempenho é considerado máximo. Fora deste valor ótimo, a velocidade das reações diminui. Alterações extremas no pH podem modificar a estrutura tridimensional da proteína enzimática causando a desnaturação da proteína. Sendo assim, a maior parte das espécies bacterianas cresce melhor dentro de pequenas variações de pH, porém as próprias bactérias com frequência produzem ácidos que ao serem lançados no meio podem interferir no seu próprio crescimento (TORTORA et al, 2005). Nesse estudo, como pode ser observado na tabela 1, o pH sofreu poucas variações apresentando apenas leves decréscimos que logo eram corrigidos quando era adicionada água para repor o volume alterado em função de evaporações. Resultados semelhantes foram obtidos por Passman & Rossmoore (2002) que, em trabalho com emulsão, observaram um decréscimo no pH do fluido de corte quando na presença de microrganismos. Podemos inferir que a ação impediante do crescimento microbiano provocada pela hipotermia possivelmente desempenha algum papel no comportamento do pH e que cargas menores de microrganismos provoquem também menores alterações no pH e mantenham o fluido em melhores condições. Entretanto essas são suposições que necessitam de estudos mais aprofundados.

Os resultados deste estudo foram submetidos à análise estatística comparando o crescimento de bactérias das amostras de fluido de corte sob baixa temperatura com o controle, em temperatura ambiente. Os valores de crescimento foram obtidos através da contagem das unidades formadoras de colônias (UFC) presentes nas placas após 48 horas de incubação em estufa a 37°C. A significância foi calculada através de testes não paramétricos de Wilcoxon. A escolha desse modo de cálculo baseou-se no método de obtenção dos dados, ou seja, contagem, e pelas variâncias relativamente altas. O software utilizado para os cálculos foi o SPSS – Base 11.0. De acordo com a significância do período de utilização do fluido diante do comportamento e desenvolvimento microbiano, consideramos os grupos controle e resfriamento como grupos pareados, ou grupos relacionados.

O valor 'P' final encontrado foi de 0,035 e representa o nível de significância dos resultados. O valor usual de significância é de $P= 0,05$. Qualquer valor abaixo de 'P' usual

representa que o resultado é significativo. Numa comparação simplificada entre as taxas de crescimento dos dois grupos, o gráfico 1 mostra a curva de crescimento, em UFC, das amostras cultivadas.

Conclusões

A avaliação dos dados obtidos em ambos os grupos confirma que a emulsão mineral utilizada como fluido de corte nos processos de retificação comporta-se como um autêntico meio de cultivo bacteriano oferecendo condições para a proliferação de microrganismos.

As possibilidades de contaminação dos fluidos de corte durante os processos de usinagem e retificação são incontáveis.

Os resultados encontrados mostram a redução do crescimento microbiano e permitem constatar a eficiência do uso do resfriamento na contenção do crescimento de bactérias e fungos.

Diante dos resultados obtidos propomos o uso desse sistema, eficiente e de baixo custo, que reduz significativamente a contaminação microbiana aumentando a vida útil dos fluidos de corte.

Esse sistema certamente requer aperfeiçoamentos. Alguns deles encontram-se em andamento em nossos laboratórios e serão objetos de publicações futuras.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Manoel Henrique Salgado, do Depto. de Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, UNESP, Bauru, pelo auxílio e orientação na realização da análise estatística.

Ao CNPq pela bolsa a aluna de graduação do curso de Ciências Biológicas.

Referências bibliográficas

BENNET, E. O. The biology of metalworking fluid. **Journal of American Society of Lubrication Engineers**, v. 28, n. 6, p. 237-247, 1972.

BENNET, E. O. Water based cutting fluids and human health. **Tribology International**, v.16, p. 133, 1983.

BESSE, J. **Getting The Most From Creep-Feed Grinding**. Modern Machine Shop Online, 2005. Disponível em: <<http://www.mmsonline.com/articles/120503>> Acesso em: 24 Mar. 2006.

- DILGER, S.; FLURI, A.; SONNTAG, H. Bacterial contamination of preserved and non preserved metal working fluids. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 208, p.467-476, 2005.
- MIKITENKO, V. S. Effect of low temperatures on the properties of oil based coolants. **Mach. & Tool**, v.50, p.33-34, 1979.
- HEISEL, U.; LUTZ, M.; SPATH, D.; WASSMER, R.; WALTER, U. A técnica da quantidade mínima de fluidos e sua aplicação nos processos de corte. **Revista Máquinas & Metais**, Ano XXXIV, n. 385, p.22-38, 1998.
- HILL, E. C. Microbiological examination of petroleum products. **Tribology**, p.5-10, 1969.
- HITCHINER, M. O emprego da alta velocidade com rebolos de CBN. **Revista Máquinas e Metais**, Ano XXXVII, n. 428, p. 116-133, Setembro. 2001.
- LEE, M.; CHANDLER, A. C. A study of the nature, growth and control of bacteria in cutting compounds. **Journal of Bacteriology**, v.41, p.373-386, 1941.
- MACHADO, A. R.; DINIZ, A. E. **Vantagens e desvantagens do uso (ou não) de fluidos de corte**, In: Congresso Usinagem 2000, São Paulo, 2000.
- MALKIN, S. Grinding Mechanisms e Grinding Temperatures and Thermal Damage. In: MALKIN, S. Grinding Technology: theory and applications of machining with abrasives. 1.ed. Chichester, **Ellis Horwood Limited**, 1989.
- MONICI, R. D., 1999, Relatório de Estágio Supervisionado, CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Bauru-SP, p-33.
- MORTON, L.H.G. A potential method for the recognition of metalworking fluid spoilage organisms. **Elsevier**, v.48, p.162-166, 2001.
- MOTTA, M. F.; MACHADO A. R. Fluidos de corte: tipos, funções, seleção, métodos de aplicação e manutenção. **Revista Máquinas e Metais**, p. 44-56, setembro. 1995.
- NOVASKI, O.; DÖRR, J. Usinagem sem refrigeração. **Revista Máquinas e Metais**, Ano XXXV, n. 398, p. 18-27, 1999.
- OLIVEIRA, J. F. G. de; BIANCHI, E. C.; SOUZA, G. F. O desempenho de rebolos pode ser controlado pela dressagem. **Revista Máquinas e Metais**, Ano XXVII, n. 317, junho, p. 12-28, 1992.
- PASSMAN, F. J.; ROSSMOORE, H. W. Reassessing the health risks associated with employee exposure to MWF microbes. **Lubrication. Engineers**, v. 58, p. 30-38, 2002.
- RIOS, M. R. S. **Estudo do comportamento do fluido sintético na furação de aço inoxidável**. Campinas: UNICAMP, 2002. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

RUNGE, P.R.F.; DUARTE, G.N. Lubrificantes nas indústrias: Produção, manutenção e controle. **Triboconcept Edições Técnicas**, Cotia, p. 71-171, 1990.

SILVA, L.P.N. **Estudo sobre fluidos de corte**. Bauru: UNESP, 1997, 49f, Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 1997.

TAKAHASHI, D. F. Biocidas garantem a vida útil do fluido de corte. **Revista Maquinas e Metais**, v. 34, p 164-173, 2005.

TANT, C. O.; BENNETT, E. O. The isolation of pathogenic bacteria from used emulsion oil. **Applied Microbiology**, v. 4, p. 332-338, 1956.

THORNE, P. S.; DEKOSTER, J. A.; SUBRARMANIAN, P. Environmental assessment of aerosols, bioaerosols, and airborne endotoxin in machining plant. **American Industry Hygiene Associety Journal**, v. 57, p. 1163-1167, 1996.

THORNE, P. S.; SPRINCE. N. **Metal working fluids**. Textbook of clinical occupational and environmental medicine, 2nd ed. Orlando, FL, 2004.

TORTORA, G. R.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. **Editora Artmed**, 8ªed., cap. 6-7, 2005.

TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. Microbiologia. **Editora Atheneu**, 3ºed., cap. 2-4, 1999.

VEILLETTE, M.; THORNE, P. S.; GORDON, T.; DUCHAINE, C. Six month tracking of microbial growth in a metalworking fluid after system cleaning and recharging. **British Occupation hygiene Society**, v. 48, p. 541-546, 2001.