

FACCAMP – FACULDADE DE CAMPO LIMPO PAULISTA

Pedro Rogério Ananias

FLUIDOS DE CORTE: CARACTERÍSTICAS,
PROPRIEDADES, ASPECTOS AMBIENTAIS E NOVAS
TENDÊNCIAS.

Campo Limpo Paulista

2012

FACCAMP – FACULDADE DE CAMPO LIMPO PAULISTA

Pedro Rogério Ananias

FLUIDOS DE CORTE: CARACTERÍSTICAS,
PROPRIEDADES, ASPECTOS AMBIENTAIS E NOVAS
TENDÊNCIAS.

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao programa de Graduação em Bacharelado em Química da Faculdade Campo Limpo Paulista, para a obtenção do grau de Bacharel em Química, sob orientação da Profa. Dra. Maria do Carmo Guedes.

Campo Limpo Paulista

2012

“Se o infinito não quisesse que o homem fosse sábio, não teria lhe
dado a faculdade de saber.”

Manly P. Hall

DEDICATÓRIA

A Deus por ter me proporcionado a oportunidade de desfrutar de sua majestosa criação, a vida, por ter realizado este trabalho.

A minha esposa Rita e minha filha Priscila, que estão sempre do meu lado em todos os momentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

À professora Maria do Carmo Guedes primeiramente, pela sua confiança e apoio durante estes anos e pela orientação na elaboração do referido trabalho.

À minha professora e coordenadora Lisete Maria Luiz Fischer ,pelo apoio dado a minha inclusão a faculdade, no desenvolvimento não só deste trabalho, mas da minha formação acadêmica, pela sua amizade e conhecimentos compartilhados neste período de formação.

Ao meu amigo Daniel Staudt, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos de graduação, em especial aqueles que me ajudaram a atravessar as dificuldades encontradas durante o curso, e contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O fluido de corte é aquele líquido e gás aplicados na ferramenta e no material que está sendo usinado, a fim de facilitar a operação do corte. Os fluidos de corte são utilizados na indústria com a função de refrigerar, lubrificar, proteger contra a oxidação e limpar a região da usinagem. Embora eficientes, os fluidos de corte apresentam pontos negativos significantes, pois, são nocivos ao meio ambiente e conseqüentemente ao homem. Por isso, os fluidos de corte devem ser descartados corretamente e sobre cuidados específicos. Assim, deve-se racionalizar o uso dessas substâncias, buscando novas formas de satisfazer os requisitos ambientais impostos. Dentro deste contexto este trabalho tem como motivação apresentar um processo de descarte ecologicamente correto, assim como demonstrar novas alternativas, que possibilitem a diminuição do uso dos fluidos de corte nos processos de usinagem.

Palavras- chave: Fluidos de corte, Usinagem, Aspectos ambientais

ABSTRACT

A cutting fluid liquid and gas that is applied to the tool and the material being machined in order to facilitate the cutting operation. Cutting fluids are used in industry with the function of cooling, lubricating, protection against oxidation and clean the region of machining.

Although efficient, cutting fluids have significant drawbacks, because they are harmful to the environment and therefore the man. Therefore, cutting fluids should be disposed of properly and on specific care. Thus, one should rationalize the use of these substances, seeking new ways to meet the environmental requirements imposed.

Within this context this paper is to present a motivation environmentally friendly disposal process, as well as demonstrate new alternatives, enabling the reduction of the use of cutting fluids in machining processes.

Keywords: Fluid cutting, machining, environmental issues

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	1
LISTA DE MATERIAIS	2
INTRODUÇÃO.....	3
OBJETIVOS	5
JUSTIFICATIVA.....	6
METODOLOGIA.....	7
CAPITULO 1 : Aspectos teóricosda Industria Metalworking e os Fluidos de Corte.....	8
1.1 – Fluido de Corte e a Industria Mecânica.....	8
1.2. – Base dos fluidos de corte.....	9
1.2.1 –Caracterização físico-química dos óleos.....	10
1.2.2 –Viscosidade cinemática.....	11
1.2.3 –Ponto de fulgor.....	13
1.2.4 – Cor	13
1.3–Classificação dos óleos básicos.....	14
1.4–Tipos de óleos básicos para fluidos de corte	15
1.4.1– Óleos vegetais.....	18
1.4.2–Óleos sintéticos e semi-sintéticos	19
CAPITULO 2 – Fluidos de corte	21
2.1 –Visão geral	21

2.2 – A Importância da utilização de fluidos de corte nos processos de usinagem.....	22
2.3 – Classificação dos fluidos de corte.....	23
2.3.1 – Emulsões.....	24
2.3.2 – Soluções Químicas.....	25
2.3.3 – Integrais.....	26
2.4 – Propriedades (Lubrificação / Refrigeração).....	28
2.5 – Tipos de aditivos.....	29
2.5.1 – Anticorrosivos.....	30
2.5.2 – Antiespumantes.....	30
2.5.3 –Detergentes.....	30
2.5.4 – Emulgadores.....	31
2.5.5 – Biocidas.....	32
2.5.6 – Aditivos de extrema pressão (EP).....	32
2.5.7 – Umectantes.....	32
2.6 – Aspectos Ambientais dos fluidos de corte.....	34
2.6.1 – Impactos para o meio ambiente.....	36
2.6.2 – Descarte.....	37
CONSIDERAÇÕES FINAIS:.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Principais estruturas e exemplos de aplicações dos óleos minerais de base parafínico, naftênico e aromático.

Tabela 2 - Características típicas dos óleos parafínicos e naftênicos.

Tabela 3 -Principais composições e propriedades dos fluidos de corte.

Tabela 4 - Principais aditivos e suas funções.

Tabela 5 -Principais aspectos nocivos provocados pelo uso de fluido de corte.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Cinemática Geral dos Processos de Usinagem.

Figura 2 - Trabalho manual com liga de bronze.

Figura 3 - Modelo geral de transesterificação entre triglicerídeos e álcool.

Figura 4 -Relação temperatura e viscosidade.

Figura 5-Exemplos de estruturas presentes nos óleos básicos.

Figura 6 - Furação com utilização de fluido de usinagem.

Figura 7 -Estabilidade das emulsões.

Figura 8 -Classificação dos Fluidos de Corte.

Figura 9 - Distribuição de calor entre peça, ferramenta e cavaco.

Figura 10- Representação da estrutura química de um dos principais detergentes, o lauril sulfato de sódio.

Figura 11 - Representação esquemática de uma emulsão.

Figura 12 - Emissões de resíduos de fluido de corte.

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, o homem vem fabricando ferramentas e utensílios que, ampliando a sua capacidade de trabalho, lhe proporcionam conforto e evolução.

No início, os objetos fabricados eram rudimentares; com a evolução da técnica houve a diversificação e o aprimoramento; e, da fabricação artesanal, chegou-se à produção industrial controlada.

Os fluidos de corte são a engenharia de materiais, que otimizam o processo de usinagem. Muito utilizados pela indústria *metalworking*, é comumente visto em dois tipos básicos processos: deformação e remoção (ou corte) de metais.

O fluido deve fornecer uma camada lubrificante para agir como um amortecedor entre a peça e a ferramenta. Também devem funcionar como agente refrigerante, reduzindo o calor produzido durante a usinagem. Todos esses atributos têm a função de evitar o desgaste de ferramentas e reduzir a energia gasta na usinagem das peças.

A água pode ter sido o primeiro fluido de corte utilizado pela humanidade, seguido de gorduras animais, óleos vegetais, minerais, emulsões de óleo em água e, somente nas últimas décadas, óleos sintéticos comumente misturados a outros compostos, como aditivos. (Revista o mundo da usinagem, ed. 06/08, pg. 4,5 e 6).

Os requisitos mínimos para o desenvolvimento de fluidos de corte devem incluir a maximização da vida útil dos equipamentos com maior taxa de velocidade de operação, mantendo sempre a precisão e as exigências de acabamento da peça.

Dentre os processos de manufatura da indústria usinagem, as operações de usinagem ocupam uma parcela significativa nos meios produtivos, sendo que na usinagem convencional os fluidos de corte destacam-se como agentes de grande importância na melhoria do processo (benefícios na produtividade) e também como um dos principais responsáveis pelos aspectos nocivos ao meio ambiente.

De acordo com algumas estimativas, cerca de 500 milhões de litros de fluidos de corte estão em uso no mundo. A utilização desses fluidos, em conjunto com outros produtos de origem mineral, em especial do petróleo, é apontada por muitos ambientalistas como grandes agentes poluidores do meio ambiente. Dessa forma, além do desenvolvimento de tecnologias para a melhoria do processo de usinagem,

há também a preocupação com os rejeitos gerados por essas indústrias, que podem ser muito nocivos ao meio ambiente e aos trabalhadores quando não gerenciados corretamente. Tal quantidade gera para a empresa o desafio de encontrar caminhos para que seu descarte dos resíduos impacte o mínimo possível no meio ambiente e a reciclagem vem se mostrando a principal saída. (Revista o mundo da usinagem, ed. 06/08, pg. 4,5 e 6).

Os resíduos de óleo mineral em fase líquida são destinados a empresas especializadas para passar por novo refino e serem novamente comercializados. Essa “sucata de óleo” é vendida a um preço simbólico e, com isso, deixa de ser destinada como resíduo, voltando a sua cadeia de utilização mediante aproveitamento ecologicamente correto.

Vale lembrar que a destinação de resíduos, seja para descarte ou reciclagem, passa por licenciamento de órgão ambiental competente. Em São Paulo, por exemplo, é a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESP), ligada à Secretaria de Meio ambiente do governo do estado de São Paulo, que emite certificado de autorização para a destinação de resíduos industriais (CADRI).

Há uma tendência de desenvolvimento de fluidos de corte biodegradáveis empregando-se óleos biodegradáveis, ou ainda, a usinagem a seco. (Revista o mundo da usinagem, ed. 06/08, pg. 4,5 e 6).

OBJETIVOS

Geral

Estudar os aspectos químicos e ambientais dos fluidos de corte.

Específicos

✓ Apresentar um processo de descarte de fluido de corte ecologicamente correto.

✓ Discutir os efeitos nocivos dos fluidos de corte.

✓ Abortar novas tendências que possibilitem a diminuição do uso dos fluidos de corte nos processos de usinagem.

JUSTIFICATIVA

O interesse por trabalhar esse tema foi devido ao fato de atuar no ramo de lubrificantes industriais e automotivos, o qual atuando na área de assistência técnica e trabalhando com fluidos de corte, onde visualizo através deste trabalho um maior conhecimento técnico na utilização dos mesmos e sua relação com os impactos ambientais e o que está sendo desenvolvido para minimizar estes impactos, além de observar um mercado promissor na área de pesquisa de novos produtos voltada para o mercado de usinagem, para isso, utilizam-se fluidos, que são soluções lubrificantes a base de óleos, água e polímeros, podendo ser sintéticos ou não, diminuindo assim, o coeficiente de atrito reduzindo-se a quantidade de calor gerado no processo.

A usinabilidade pode ser entendida como um conjunto de características globais resultantes da interação entre a peça, a ferramenta, os parâmetros de corte e o processo de fabricação. Não é uma propriedade do material, mas o modo como ele se comporta perante uma dada condição fixa de usinagem.

Com base nos conhecimentos adquiridos no curso de química bacharelado, e diante deste contexto exposto acima, tentar contribuir para auxiliar através deste trabalho, algo que relacione os problemas ambientais resultantes da utilização dos fluidos de corte na indústria metal-mecânica e sua destinação final.

METODOLOGIA

A base de todos os estudos realizados para a elaboração e o desenvolvimento do presente trabalho teve apenas caráter bibliográfico, que por sua vez não foram realizadas pesquisas de campo.

Dentre estas pesquisas bibliográficas, e todos os conceitos adquiridos durante todo o período letivo, este trabalho apresenta desde a origem da água como fluido refrigerante, assim como o desenvolvimento de vários fluidos de corte, como eles agem, deste da sua base e do pacote de aditivos utilizados, verificando suas propriedades físico-químicas, sua toxicidade e seus impactos ambientais, e os métodos alternativos empregados para uma menor utilização dos fluidos de corte na indústria metal-mecânica, proporcionando-as menores custos e também com seu posterior descarte.

CAPITULO 1: ASPECTOS TEÓRICOS DA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA E OS FLUIDOS DE CORTE

1.1-Fluidos de Corte e a Indústria Metal-Mecânica:

A indústria metal-metálica compreende basicamente operações que envolvem diversas formas de transformação de metais, conhecidas como *usinagem*. Essas operações conferem às peças usinadas forma, dimensões, acabamento ou uma combinação desses três, através da remoção de material sob a forma de cavaco. Os cavacos são porções de material com formato irregular retirados da peça pela ferramenta no momento da usinagem, como mostra a figura 1 (STOETERAU, 2002).

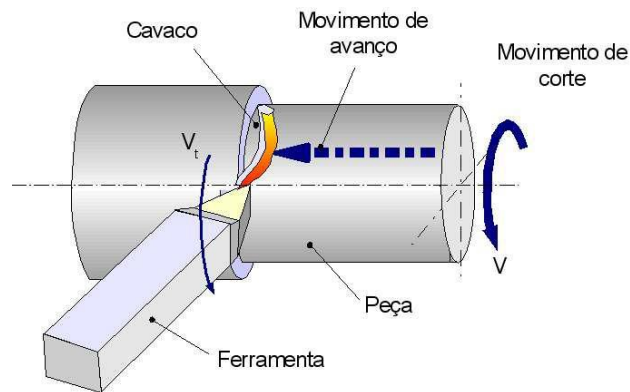


Figura 1- Cinemática Geral dos Processos de Usinagem.
Fonte: (STOETERAU 2002).

Processos rústicos de metalurgia e usinagem têm sido realizados desde os tempos mais antigos da humanidade, iniciando-se na Idade dos Metais (aproximadamente 5.000 a.C.), com destaque depois para as eras gregas e romanas (BYERS, 2006). A fabricação de ferramentas, espadas, objetos de caça e adornos exigia um grande esforço e habilidade do operador, pois eram realizadas sem o auxílio de qualquer maquinário. Metais, como Cobre, Estanho e Ferro, eram fundidos e colocados em fôrmas até o seu resfriamento, como mostra a figura 2. O acabamento final era obtido com o auxílio de pedras e outros metais.

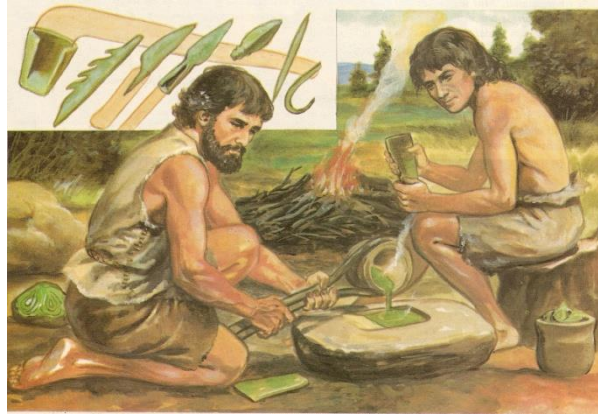


Figura 2- Trabalho manual com liga de bronze.

Fonte: (<http://www.ced.ufsc.br/emt/trabalhos/atividadefisicaetecnologia/home>, 2011).

Hoje na indústria *metalworking* existem vários processos de usinagem, entre eles estão torneamento, fresamento retífica, serramento, aplainamento, furação, brochamento, lixamento, polimento, entre outros

Entretanto, a grande dificuldade em manipular metais sem provocar o aumento excessivo da temperatura e o desgaste do conjunto máquina-ferramenta-peça motivou pesquisas direcionadas ao desenvolvimento de componentes capazes de promover lubrificação e refrigeração ao sistema.

Em 1868, W. H. Northcott publicou o primeiro trabalho a respeito do aumento de produtividade em usinagem devido ao uso de fluidos de corte. Inicialmente, era utilizada apenas água para refrigerar o sistema, pois se observou que isso aumentava a vida útil da peça, apesar de acelerar o processo de corrosão dos metais (BYERS, 2006). Mais tarde, óleos e outros compostos foram incorporados às formulações, trazendo muitas outras vantagens ao processo. Desde então, os fluidos de corte são amplamente utilizados e tornaram-se parte fundamental dos processos de usinagem.

1.2 – Base dos fluidos de corte

Os óleos minerais são obtidos a partir da destilação do petróleo, são a matéria-prima para a fabricação de lubrificantes. São os componentes mais importantes dos lubrificantes, representando até 99% em volume das formulações. Em fluidos de corte, esse valor pode diminuir até 70%, porém, permanecem como principal componente (MANG; DRESEL, 2007).

Para desenvolver e utilizar um fluido de corte, primeiro deve-se conhecer as características do óleo que servirá de base para a formulação, pois cada um apresenta vantagens e desvantagens que vão depender da aplicação desejada.

1.2.1 – Caracterização Físico-Química dos Óleos

Quimicamente, todos os óleos são substâncias orgânicas hidrofóbicas formadas predominantemente por ésteres de triacilgliceróis, resultantes da reação de esterificação entre glicerol (poliálcool) e ácidos graxos (ácidos carboxílicos de cadeia longa) (MORETTO, 1998). A reação simplificada de esterificação pode ser vista na Figura 3.

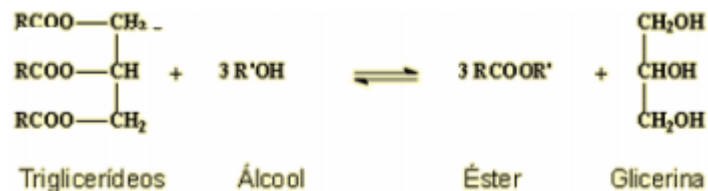


Figura 3 - Modelo geral de transesterificação entre triglicerídeos e álcool
 Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext

Os óleos podem ser de origem animal ou vegetal (óleos graxos), derivados do petróleo (óleos minerais), podem ser produzidos em laboratório (óleos sintéticos) ou ser uma mistura de dois ou mais tipos (óleos compostos). Para fins de lubrificação, são utilizados principalmente óleos minerais e sintéticos. Cada aplicação necessita de uma formulação específica e a escolha da base correta é de fundamental importância para garantir a sua plena eficiência.

Quando utilizados como lubrificantes, os óleos têm a capacidade de reduzir o coeficiente de atrito quando encontrados entre dois corpos em movimento, o que previne contato direto entre as superfícies, evitando assim o desgaste do sistema composto pelas peças, ferramentas e máquinas. Para o resfriamento, o óleo deve dissipar o calor gerado pelo equipamento para as paredes metálicas, prevenindo o superaquecimento dos equipamentos, evitando a deformação dos materiais metálicos. Além disso, os óleos podem ter a função secundária de retardar a

formação de depósitos e incrustações nas tubulações do próprio sistema de lubrificação e proteger contra corrosão, contaminantes e oxidação.

Para os fluidos de corte, além da escolha correta da base e do pacote de aditivos, outros fatores devem ser levados em consideração, como resultados analíticos típicos e características físicas do produto acabado. Os fluidos de corte têm sua qualidade comprovada após vários testes em operação nos equipamentos ou em laboratórios. Dentre as propriedades físico-químicas mais verificadas pelo controle de qualidade estão: viscosidade cinemática, ponto de fulgor e cor, que serão detalhadas a seguir (AMORIM, 2003).

1.2.2 - Viscosidade Cinemática:

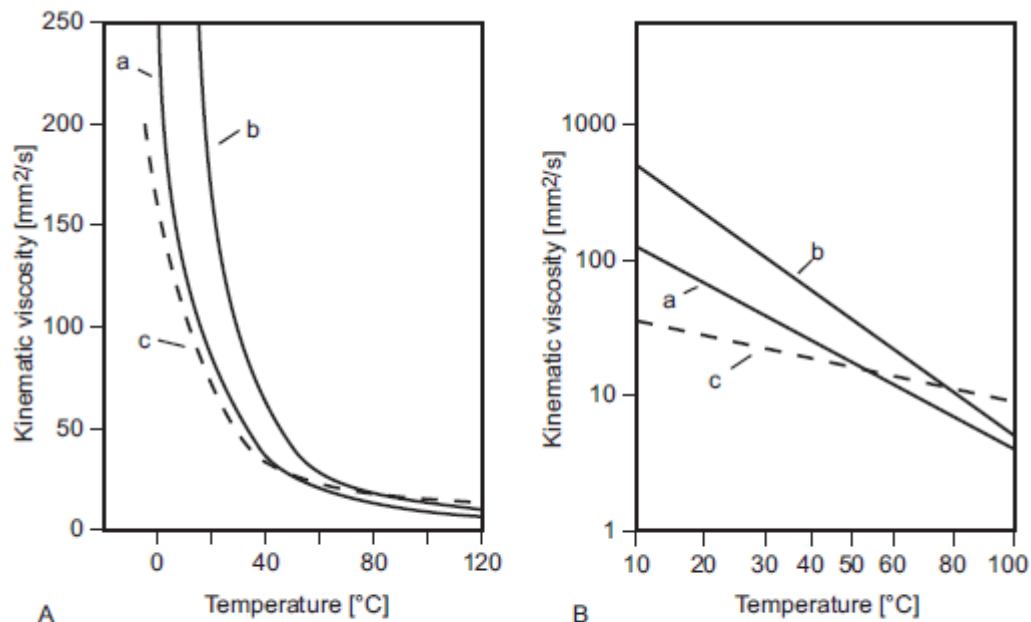
A viscosidade cinemática é a capacidade de escoamento de um fluido, ou seja, a resistência interna que um fluido oferece ao deslocamento. Tem grande importância para a lubrificação do conjunto máquina-ferramenta-peça, pois determina a resistência à quebra da camada aderida às superfícies deslizantes. Essa camada permitirá a formação de uma película contínua e resistente possibilitando sua função lubrificante (AMORIM, 2003).

Além disso, quanto maior a viscosidade de um fluido, menor será sua capacidade de escoamento, o que pode reduzir o tempo que leva para sair do seu reservatório e ser aplicado na superfície a ser lubrificada, gerando maior atrito entre as superfícies, além de desgaste e aumento da temperatura no conjunto usinado (AMORIM, 2003).

Dessa forma, para fluidos de corte com funções lubrificantes, a viscosidade cinemática deve ser baixa o suficiente para que o fluido chegue até a área onde será aplicado e alta o bastante para permitir boa aderência. Os fluidos de corte com características refrigerantes devem ter viscosidades mais baixas para permitir a dissipação do calor de forma mais eficiente (AMORIM, 2003).

No caso dos fluidos de corte, a viscosidade tem grande importância para os óleos integrais, o qual é importante conservar a viscosidade do óleo acabado e não da água, garantindo maior lubrificação sobre determinada aplicação e menor capacidade de refrigeração.

Um dos fatores que alteram a viscosidade de um fluido é a temperatura, sendo esta inversamente proporcional a viscosidade, ou seja, quanto maior a temperatura menor será a espessura da película do fluido. Conforme figura 4.



V-T behavior of various oils. A. linear; B, double-logarithmic; a, paraffinic-base oil; b, naphthenic base oil; c, rapessed.

Figura 4: Relação temperatura e viscosidade
Fonte: MANG, T.; DRESEL, 2007

Além disso, é possível observar que a viscosidade diminui devido à contaminação por solvente ou óleos de menor viscosidade. O contrário ocorre quando o fluido sofre oxidação ou quando há presença de insolúveis, água ou contaminação por óleos de maior viscosidade.

A unidade de viscosidade cinemática mais utilizada nas empresas é *stoke*, o mais praticado pelas indústrias para definir unidade de medida da viscosidade cinemática é o *centistoke* (cSt). Um *stoke* equivale a 100 *centistokes* que no Sistema Internacional (SI) é equivalente a 0,0001 metros quadrados por segundo (m²/s)(AMORIM, 2003).

1.2.3 -Ponto de Fulgor

Ponto de fulgor é definido como a temperatura na qual a primeira molécula de vapor desprendida pelo óleo, em presença do ar, inflama-se momentaneamente ao se aplicar uma chama. Essa reação dá origem a um lampejo, conhecido como *flash*.

O ponto de fulgor depende da volatilidade dos compostos mais leves do óleo. Não é um índice de volatilidade do óleo e não indica que óleo tenha grande capacidade de trabalho em altas temperaturas sem sofrer oxidação, mas é um grande indicador da qualidade do lubrificante usado, por acusar a possível presença de compostos contaminantes quando ocorre a diminuição do ponto de fulgor do lubrificante. O ponto de fulgor depende também da viscosidade, onde, se dois óleos básicos de mesma base, aditivação e grupos fossem comparados, o de maior viscosidade tem maior ponto de fulgor.

O ponto de fulgor é usualmente confundido com o ponto de combustão. Geralmente o ponto de combustão é de 22 a 28°C acima do ponto de fulgor e os dois também não devem ser confundidos com o ponto de auto-inflamação do óleo, que está em uma temperatura muito acima e ocorre quando o óleo se inflama espontaneamente sem a presença de uma chama (AMORIM, 2003).

1.2.4 – Cor

A cor não é um indicador preciso de qualidade e pode variar entre os lubrificantes. Porém, é importante observar que os fluídos de uma mesma variante de mesma marca devem possuir cor muito semelhante, caso contrário isso pode indicar alguma alteração no processo que poderá impactar diretamente na qualidade.

A cor pode ser observada pela transparência, sendo aplicada a amostra contra a luz ou por luz refletida. Não necessariamente um óleo com a cor mais escura é mais viscoso que um óleo de cor mais clara. Existem óleos com viscosidades elevadas e cor clara e óleos mais escuros com baixas viscosidades.

A cor dos óleos pode servir para identificar óleos básicos. Óleos de origem parafínica quando submetidos a um ensaio por luz refletida apresentam uma fluorescência verde. Óleos de origem naftênica apresentam reflexos azulados. No entanto isto pode ser alterado pela adição de corantes, indicando que a cor não é um bom indicador para diferenciar óleos básicos.

1.3 –Classificação dos óleos básicos

Para atender as necessidades de qualidade das indústrias, órgãos como o Instituto Americano do Petróleo (API) e a Associação Técnica Européia de Indústrias de Lubrificantes (ATIEL), criaram um sistema de classificação para padronizar as características e especificações dos óleos básicos produzidos por todas as refinarias do mundo. Todos os lubrificantes foram separados em seis grupos e como parâmetros globais foram especificados aos lubrificantes faixas de máximo e mínimo quanto ao teor de saturados, teor de enxofre presente no óleo básico e índice de viscosidade (ZAMBONI, 2008).

O grupo I deve conter um teor de enxofre maior que 0,03% em sua composição, o teor de saturados menor que 90% e o índice de viscosidade entre uma faixa de 80 a 120. Os óleos contidos no grupo I são usualmente chamados de óleos básicos minerais.

O grupo II recebe um tratamento com hidrogênio e utiliza o níquel como catalisador para uma reação sob forte pressão, isso faz com que este óleo básico tenha um teor de enxofre menor do que o do grupo I, o teor de enxofre fica abaixo de 0,03%, o teor de saturados para ser maior que 90% e não há alteração no índice de viscosidade. Assim como o grupo I, o grupo II é classificado como mineral.

O grupo III recebe um tratamento mais severo com hidrogênio e passa por um processo de isomeração o qual eleva o índice de viscosidade acima de 120, isto permite ao lubrificante ter melhor desempenho em variações de temperaturas, quanto ao teor de enxofre e de saturados não há mudanças.

No grupo IV foram classificadas as Polialfalolefinas (PAO), um óleo básico sintético originado de sintetização de olefinas.

No grupo V estão outras bases sintéticas como os Polialquilglicóis (PAG), os diésteres, os ésteres, poliglicóis entre outros.

O grupo VI foi criado para as Poliinternalolefinas (PIO's), este é um tipo de oligômero de olefinas(ZAMBONI, 2008).

1.4– Tipos de óleos básicos para fluidos de corte

Os óleos básicos são os principais constituintes dos fluidos de corte. Além dos hidrocarbonetos da sua estrutura básica, como alcanos, alcenos, alicíclicos e aromáticos, é muito comum haver a presença de compostos sulfurados, nitrogenados, oxigenados e metais, principalmente quando provenientes do refino do petróleo (MORTIER; FOX; ORSZULIK, 2010). A Figura 5 apresenta alguns exemplos das estruturas que podem ser encontradas nos óleos básicos.

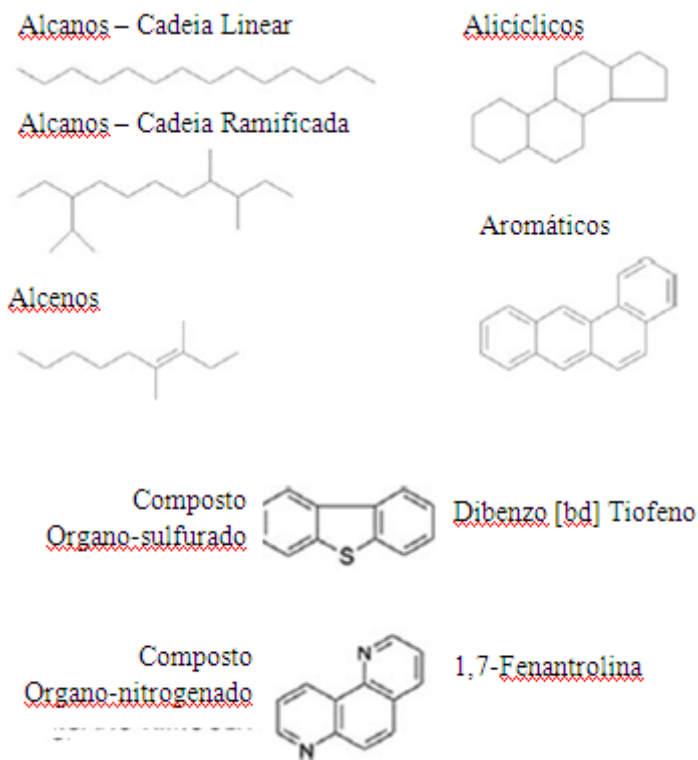


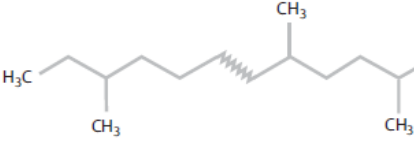
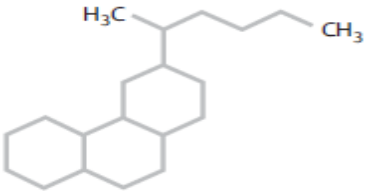
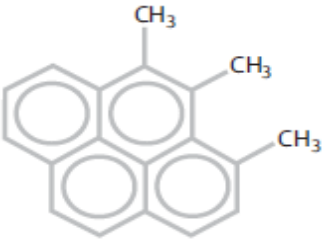
Figura 5 Exemplos de estruturas presentes nos óleos básicos.
Fonte: MORTIER (2010).

Os óleos minerais são os mais comuns para fins de lubrificação. Obtidos através do petróleo cru, passam por um processo de refino pela rota solvente (Grupo I) ou hidrorrefino (Grupo II).

Os óleos minerais são constituídos por hidrocarbonetos parafínicos (cadeias de carbono retas ou ramificadas) naftênicos (cadeias de carbono saturadas cíclicas), e aromáticos (cadeias de carbono saturadas cíclicas em forma de anel). Óleos que apresentam proporções balanceadas destes compostos são classificados como de

base mista. A Tabela 1 apresenta as principais estruturas dos três tipos de óleos minerais e exemplos de aplicações (MORTIER, 2010).

Tabela 1- Principais estruturas e exemplos de aplicações dos óleos minerais de base parafínico, naftênico e aromático.

Tipo	Ligação	Algumas Aplicações
<p>Óleos Básicos Parafínicos</p>	 <p>3,8,11 – trimetil -6 - trideceno</p>	<p>Óleos de motor, óleos hidráulicos e óleos de engrenagens.</p>
<p>Óleos Básicos Naftênicos</p>	 <p>3-sec-exil-triciclo [2,4,4] tetradecano</p>	<p>Óleos para transformadores, compressores de refrigeração e compressores de ar.</p>
<p>Óleos Básicos Aromáticos</p>		<p>Extensores e emolientes na indústria de borracha.</p>

Fonte: Adaptado de Chevron Brasil Ltda. (2005)

Os compostos aromáticos, que possuem em sua cadeia um ou mais anéis aromáticos, não são utilizados para fins de lubrificação por serem considerados carcinogênicos. Assim, os óleos minerais podem ser classificados de acordo com sua estrutura em parafínicos e naftênicos.

Óleos minerais de base parafínico possuem uma estrutura molecular saturada e são caracterizados pelo alto ponto de fluidez, alto índice de viscosidade e boa

resistência à oxidação quando comparados aos compostos naftênicos. Apresentando ligações relativamente estáveis, as parafinas tendem a não sofrer oxidação em temperaturas ambientes ou levemente elevadas ((MORTIER; FOX; ORSZULIK, 2010)

Devido à sua estrutura cíclica, os óleos minerais de base naftênico são indicados para trabalhar em baixas temperaturas, porém apresentam a desvantagem de serem incompatíveis com materiais sintéticos ou elastômeros.

No passado, predominava o uso de óleos naftênicos. Estes possuem a vantagem de ser facilmente emulgados e, quando usado em óleos de corte integrais, permitem dissolver maior quantidade de enxofre, resultando em maior poder de extrema pressão (EP). Atualmente, o uso deste tipo de básico é cada vez mais restrito, por um lado pela escassez e conseqüentemente elevado custo, e, por outro lado, pelo potencial algo maior de causar problemas a saúde humana.

Portanto, óleos de corte de boa qualidade são produzidos atualmente com óleos minerais parafínicos,

Estes dois tipos de óleos minerais são de grande utilização para a fabricação de fluidos de corte, e a escolha de um ou de outro irá depender da aplicação desejada. A Tabela 2 mostra as principais características dos parafínicos e naftênicos.

Tabela 2 Características típicas dos óleos parafínicos e naftênicos

Características	Parafínico	Naftênico
Ponto de Fluidez	Alto	Baixo
Índice de Viscosidade	Alto	Baixo
Resistência à Corrosão	Grande	Pequena
Oleosidade	Pequena	Grande
Resíduo de Carbono	Grande	Pequeno
Emulsibilidade	Pequena	Grande

Fonte: CARVALHO (2008).

Para se obter um óleo básico mineral, o petróleo é submetido a uma destilação inicial (redução do cru ou *toping*), que a determinadas temperaturas irá separar as frações mais leves (gases e combustíveis) das mais pesadas, ficando

como resíduo o material que será utilizado para obtenção dos óleos básicos. Logo após, o petróleo reduzido passa por uma destilação a vácuo, obtendo-se as frações chamadas *spindle*, neutro leve, neutro médio e neutro pesado.

A seguir, estas frações são submetidas a processos de tratamento ou acabamento. Estes tratamentos têm o objetivo de melhorar a qualidade dos óleos básicos, removendo impurezas e alterando algumas propriedades físico-químicas do produto acabado. Através da extração de aromáticos com solvente é possível elevar o índice de viscosidade do óleo e melhorar a estabilidade à oxidação, proporcionando ao óleo acabado a propriedade de manter quase inalterada sua capacidade de escoamento e espessura tanto em altas quanto em baixas temperaturas. A desparafinação com solvente melhora as características de escoamento do óleo acabado em baixas temperaturas, pois reduz o ponto de fluidez do óleo básico. Outro tratamento é o hidroacabamento, onde compostos como enxofre, oxigênio e nitrogênio são parcialmente ou totalmente removidos melhorando a resistência à oxidação e conferindo um melhor aspecto ao óleo básico (CARVALHO, 2008).

1.4.1 – Óleos Vegetais

Óleos vegetais, assim como os óleos de origem animal, são compostos orgânicos formados predominantemente de produtos de condensação entre glicerol e ácidos graxos chamados de triglicerídeos. Foram os primeiros lubrificantes a serem utilizados pelo homem, porém, com o desenvolvimento industrial e o aperfeiçoamento do maquinário, houve a necessidade de substituição dos óleos graxos pelos óleos minerais.

São utilizados principalmente em misturas com óleos minerais para obtenção dos óleos compostos. Geralmente corresponde até 30% da mistura e tem a função conferir maior oleosidade ou facilidade de emulsão em presença de vapor d'água aos lubrificantes.

Os óleos vegetais possuem também compostos não glicerídeos, como fosfatídeos e esteróides, além de ácidos graxos livres que são responsáveis por 90% da massa total do óleo e determinam a reatividade da molécula, são insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos. As principais fontes de extração de

óleo vegetal são a soja, mamona, dendê, girassol, milho, coco, linhaça, babaçu, amendoim(MATOS, 2011).

A extração do óleo é feita por meio mecânico (prensagem) e por solvente, geralmente com hexano. Ao final, o óleo separado das duas formas são misturados e então refinados. O refino do óleo bruto tem a função de remover substâncias indesejáveis, como pesticidas, proteínas, polímeros, umidade, sais, metais, entre outros.

Apesar da grande capacidade de aderência às superfícies metálicas e baixo custo de tratamento, não são resistentes à oxidação nem às temperaturas elevadas, por esse motivo são pouco explorados pela indústria de usinagem.

1.4.2 – Óleos Sintéticos e Semi-Sintéticos

Os óleos sintéticos foram desenvolvidos para atender às necessidades de operações que trabalham em condições extremas de temperatura e pressão. Ao contrário dos óleos minerais, os sintéticos são obtidos por síntese química, originando fluidos de alto desempenho com propriedades especialmente planejadas e previsíveis de viscosidade e volatilidade. Possuem alta resistência à oxidação e à temperatura, menor reatividade e volatilidade reduzida (o que diminui o desperdício causado por evaporação). No entanto, os óleos sintéticos também apresentam algumas desvantagens tais como problemas de compatibilidade com certos compostos aditivos e custo elevado quando comparado aos óleos minerais.

A maioria dos óleos sintéticos é formada a partir de bases como polialfaolefina, glicol, ésteres e silicone, cada uma das quais oferecem vantagens para aplicações específicas.

A Polialfaolefina (PAO) é um exemplo de hidrocarboneto sintético derivada de decenos ou olefinas contendo de seis a vinte átomos de carbono (MANG; DRESEL, 2007). São as bases sintéticas mais utilizadas para fabricação de fluidos de corte no Brasil, sendo obtidas a partir da hidrogenação de polímeros de cadeia curta ou da combinação de dois ou mais oligômeros. Esse processo resultará em uma mistura complexa de hidrocarbonetos alifáticos ou cadeias parafínicas saturadas compostas por monômeros, dímeros e trímeros. Essas estruturas são ideais para lubrificação já que as cadeias parafínicas são lineares, saturadas e não muito longas proporcionando baixa fluidez, alto índice de viscosidade e estabilidade à

temperatura. Por outro lado, essa estrutura é pouco solúvel em aditivos polares, muito utilizados nas formulações. Dessa forma, é necessária a adição de óleo mineral ou outros óleos sintéticos em pequenas quantidade que possam ser compatíveis com os aditivos.

Existem outras bases sintéticas, tais como, diésteres, poliésteres, aromáticosalquilados, clorotrifluoroetileno, polímerosclorofluorcarbono, alifáticos cíclicos, polialquilenoglicóis entre várias outras. Para as aplicações na indústria de *metalworking* é necessário verificar as propriedades de cada óleo sintético para obter melhor desempenho do conjunto máquina-peça-ferramenta em relação a proteção contra o atrito, desgaste, corrosão e calor.

Óleos lubrificantes de bases minerais, vegetais ou sintéticas são de grande importância na lubrificação, porém se estes óleos forem adicionados puros a determinadas aplicações, por si não conseguiriam satisfazer a necessidade dos equipamentos. A estes óleos são adicionadas água e pequenas quantidades de diversos outros compostos de origem sintética, capazes de suprir as necessidades de determinados equipamentos e aplicações específicas (MANG; DRESEL, 2007).

CAPITULO 2 : FLUIDOS DE CORTE

Nesta etapa serão abordadas as principais funções, características, desempenho e formas de manutenção e descarte dos fluidos de corte empregados nos processos de usinagem.

2.1 - Visão Geral:

Ao longo do século XX, a química dos fluidos de corte evoluiu muito a partir de óleos simples até tecnologias sofisticadas à base de água.

Entre 1910 e 1920, óleos solúveis foram inicialmente desenvolvidos para melhorar as propriedades de resfriamento e resistência ao fogo dos óleos básicos. Pela emulsificação do óleo em água, reduzindo muito a produção de fumaça e fogo nas fábricas, melhorando assim as condições de trabalho. Com a presença de água no fluido, a vida da ferramenta pôde ser estendida, reduzindo assim o seu desgaste uma vez que o fluído mantinha o sistema resfriado. No entanto, diluídos em água, os fluidos causavam ferrugem sobre a peça, criando assim a necessidade inibir a corrosão.

Fluidos sintéticos foram comercializados pela primeira vez na década de 1950 por causa da sua melhor refrigeração e proteção contra ferrugem em comparação aos óleos solúveis. No início de 1970, a escassez de petróleo incentivou fabricantes de fluidos de corte a formularem produtos sintéticos sem óleo (*oil-free*) que poderiam substituir os fluidos à base de petróleo em todas as operações de usinagem. Fluidos sintéticos oferecem benefício em relação à tecnologia de óleos solúvel. Esses benefícios incluem uma melhor refrigeração e maior vida útil do tanque, devido à boa estabilidade em água e resistência à degradação microbiológica desses produtos (BYERS, 2006).

No entanto, apesar dos óleos solúveis serem mais suscetíveis ao crescimento de bactérias, eles proporcionam melhor lubrificação e tratamento mais simples de resíduos quando comparados aos fluidos sintéticos. Estes problemas incentivaram o desenvolvimento dos fluidos semi-sintéticos. Estes fluidos são uma tentativa de aproveitar os benefícios da tecnologia de óleos solúvel mantendo um bom controle microbiano e vida longa do tanque dos fluidos sintéticos.

Dessa forma, na década de 1980, fluídos sintéticos e semi-sintéticos cresceram no mercado, substituindo tecnologias com alto teor de óleo. Porém, dez

anos depois, os preços do óleo mineral caíram, seguindo a queda do valor do petróleo. Esse fato somado ao aumento com os custos relacionados ao tratamento de resíduos, fez com que os óleos solúveis ganhassem o mercado dos sintéticos novamente (BYERS, 2006).

Até os dias atuais, a vanguarda dos tipos de fluído de corte irá depender não só das suas características físico-químicas, mas também de fatores externos relacionados principalmente ao preço do petróleo no mercado mundial e às exigências de Órgãos Regulatórios e Ambientais.

2.2–A importância da utilização de fluidos de corte nos processos de Usinagem.

A aplicação de fluidos de corte nos processos de metalworking, quando feita de modo adequado, é responsável por aumentar a produtividade e reduzir custos, tornando possível a utilização de velocidades de corte mais altas com maiores taxas de remoção e profundidades de corte. Além disso, a correta aplicação de fluidos de corte evita a ocorrência de grandes desgastes da ferramenta, reduz os valores de rugosidade e os níveis de energia consumida (EL BARADIE, 1996; RAMOS, 2003).

Eles trabalham basicamente na redução do atrito entre as superfícies, refrigerando todo o conjunto, permitindo um melhor acabamento da superfície usinada. Os principais componentes de um fluído de corte são a água, óleos vegetais, minerais, sintéticos e semi-sintéticos combinados com aditivos à base de cloro, enxofre, fósforo, entre outros.

Machado & Diniz (2000) relatam que em 1883, F. W. Taylor foi um dos pioneiros a verificar o bom desempenho do processo de corte de metais quando auxiliado por fluidos de corte. Este pesquisador demonstrou que a aplicação de um jato de água direcionado à zona de corte permitia aumentar a velocidade de corte em até 40%. A partir de então vários pesquisadores passaram a estudar o assunto, desenvolvendo, principalmente nas últimas décadas, uma infinidade de tipos de fluidos de corte. A utilização deste tipo de produto ganhou força, sendo amplamente empregada na atualidade.

2.3 – Classificações dos Fluidos de corte

Os fluidos de corte são classificados entre aqueles que se misturam a um meio fluido a água como exemplo e aqueles já formulados prontos. Suas diferentes características, permitem que os fluidos de corte tenham diferentes desempenhos em determinadas aplicações.

Um fluido de corte é um material composto, na maioria das vezes, líquido, que deve ser capaz de: refrigerar, proteger contra a oxidação e limpar a região da usinagem. A figura 6 mostra à aplicação do fluido de corte em uma peça metálicas sendo usinada. Como refrigerante atua sobre a ferramenta e evita que ela atinja temperaturas muito altas e perca suas características de corte. Age, também sobre a peça, evitando deformações causadas pelo calor. Atua, finalmente, sobre o cavaco, reduzindo a força necessária para que seja [cortado](#).



Figura 6 - Furação com utilização de fluido de usinagem
Fonte: SUPERTEC Usinagem Técnica Industrial

Como lubrificante, o fluido de corte facilita o deslizamento dos cavacos sobre a ferramenta e diminui o atrito entre peça e a ferramenta. Evita ainda o aparecimento de aresta postiça, reduz o coeficiente de atrito na região de contato ferramenta-cavaco melhorando o rendimento da máquina.

Como protetor contra oxidação, ele protege a peça, a ferramenta e o cavaco, contribuindo para o bom acabamento e aspecto final do trabalho.

A ação de limpeza ocorre como consequência da aplicação do fluido de corte em forma de jato, cuja pressão afasta as aparas deixando limpa a zona de corte e facilitando o controle visual da qualidade do trabalho.

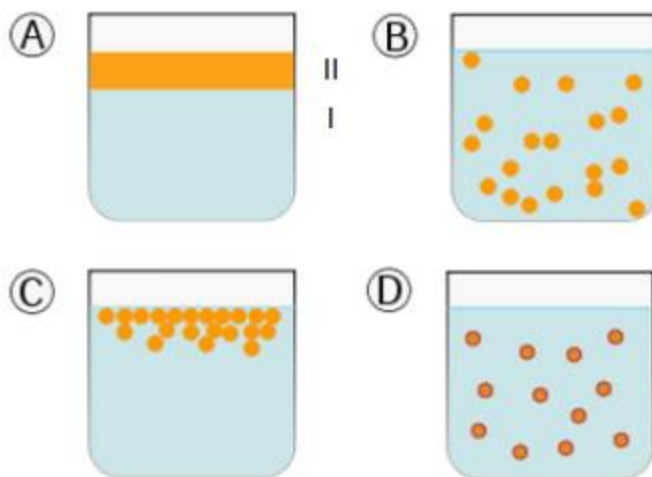
O uso de agentes de corte gasosos visa principalmente à refrigeração, embora o fato de estar sob pressão, auxilie também a remoção de cavacos. Para essas finalidades, usa-se o ar comprimido em temperaturas de 0°C, o CO₂ (dióxido de carbono ou gelo seco) para altas velocidades de corte de ligas de difícil usinagem e o nitrogênio para operações de torneamento.

Tem como função resistir a altas pressões e temperaturas, promover lubrificação, possuir viscosidade adequada para aplicação, melhorar o acabamento da peça, refrigerar a peça-máquina-ferramenta, remover os cavacos e proteger contra a corrosão.

As emulsões e soluções, são utilizadas para operações que requerem maior refrigeração e menor lubrificidade, já que são uma mistura de água e componentes orgânicos e inorgânicos. Os óleos integrais são de origem naftênica, parafínica ou aromática e uma mistura de aditivos, o que confere aos óleos integrais maior capacidade de lubrificação e menor poder de refrigeração.

2.3.1–Emulsões

Qualquer que seja a origem do óleo, este sempre terá uma natureza apolar, enquanto a água tem natureza fortemente polar, fazendo com que a mistura de estes componentes não ocorra sem a adição de agentes emulsificantes, os quais permitem que pequenas gotas de óleo fiquem uniformemente dispersas em água, formando então, uma emulsão estável (figura 7). Os emulgadores agem, “quebrando” o óleo mineral em minúsculas partículas conferindo-as cargas repulsivas, impossibilitando uma nova união das mesmas (coalescência). A quantidade de óleo e emulsificadores na solução varia entre 1 e 20%. Emulsões mais diluídas têm a função de reduzir os efeitos negativos da água, como, por exemplo, o elevado poder de corrosão. As emulsões são uma mistura entre a água e o óleo onde um se denomina fase dispersa e a outra fase contínua (NOVASKI & RIOS, 2004).



- A. Dois líquidos imiscíveis separados em duas fases (I e II).
- B. Emulsão da fase II dispersa na fase I.
- C. A emulsão instável progressivamente retorna ao seu estado inicial de fases separadas.
- D. Fase final (mistura das duas fases), estabilizando a emulsão.

Figura 7 - Estabilidade das emulsões

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Emuls%C3%A3o>

Há duas maneiras de se conseguir uma emulsão, uma pela agitação mecânica onde os dois líquidos ficam misturados por um curto período, quando encerrada a agitação mecânica os dois líquidos voltam a se separar. Outro método é pela adição de um aditivo emulsificante sob constante agitação, onde não há a separação dos líquidos e verifica-se a formação de uma mistura de aspecto leitoso. A estabilidade da emulsão vai depender de fatores como temperatura, pH, contaminantes e bactérias.

Há dois tipos de emulsões, uma em que a viscosidade da água é conservada e outra em que se conserva a viscosidade do óleo. A emulsão correta para utilização no momento de corte é quando se adiciona o óleo sobre a água sob constante agitação. Se for adicionado o inverso disso, a emulsão não terá o aspecto leitoso, terá uma textura fibrosa. (NOVASKI & RIOS, 2004).

2.3.2– Soluções Químicas

A água tem grande poder de refrigeração, além de ser a matéria prima mais acessível para este tipo de processo. Porém somente o uso de água pode trazer desvantagens como a formação de ferrugem, corrosão de partes não ferrosas e devido sua eleva tensão superficial, tem baixo poder umectante, uma característica

dos fluídos de corte para o auxílio da retirada dos cavacos, sobras de partes metálicas removidas das superfícies das peças.

As soluções químicas foram desenvolvidas para retardar estes processos e conferir novas propriedades à água, tornando-a um excelente fluído de corte. As soluções químicas são uma mistura de água com inibidores de corrosão, antioxidantes, passivadores de metais, agentes umectantes, detergente e dispersantes utilizadas em operações que requerem maior poder de refrigeração do que lubrificação.

Sua diluição varia de acordo com a aplicação, variando de 3% a 7% em água, para aplicações em tornos e fresnas geralmente utiliza-se de 3% a 5% e para operações em retificas de 4% a 7%.

As soluções químicas são sintéticas e não há óleos minerais em sua composição (NOVASKI & RIOS, 2004).

2.3.3 –Integrais

Os óleos integrais são compostos por óleos minerais e vegetais de cadeias parafínicas, naftênicas ou aromáticas e uma mistura de aditivos antidesgaste, extrema pressão, detergentes, dispersantes, inibidores de corrosão, antiferrugem, utilizados para operações que requerem maior lubrificação do que refrigeração.

Uma das grandes vantagens de se utilizar um óleo de corte integral é a capacidade de resistir a altas cargas e prover a redução do atrito na interface da ferramenta e do cavaco o que reduz a possibilidade de solda entre as superfícies aumentando a vida útil da ferramenta e conferindo melhor acabamento a peça. Isso acontece pela adição de aditivos de extrema pressão como compostos de enxofre, cloro ou fósforo, os que quando submetidos a fortes pressões altas temperaturas, formam películas escorregadias que separam as superfícies em contato, prevenindo o gripamento das partes metálicas.

Verificou-se que existe um conflito em torno da classificação dos fluidos de corte, sendo a mais citada por Motta e Baradie, pois apresentam a classificação dos fluidos de corte dividida basicamente em duas classes: integrais e solúveis (BARADIE,1996; MOTTA; MACHADO, 1995).

Esta classificação é também apresentada por Diniz (2001), conforme demonstra na figura 8.

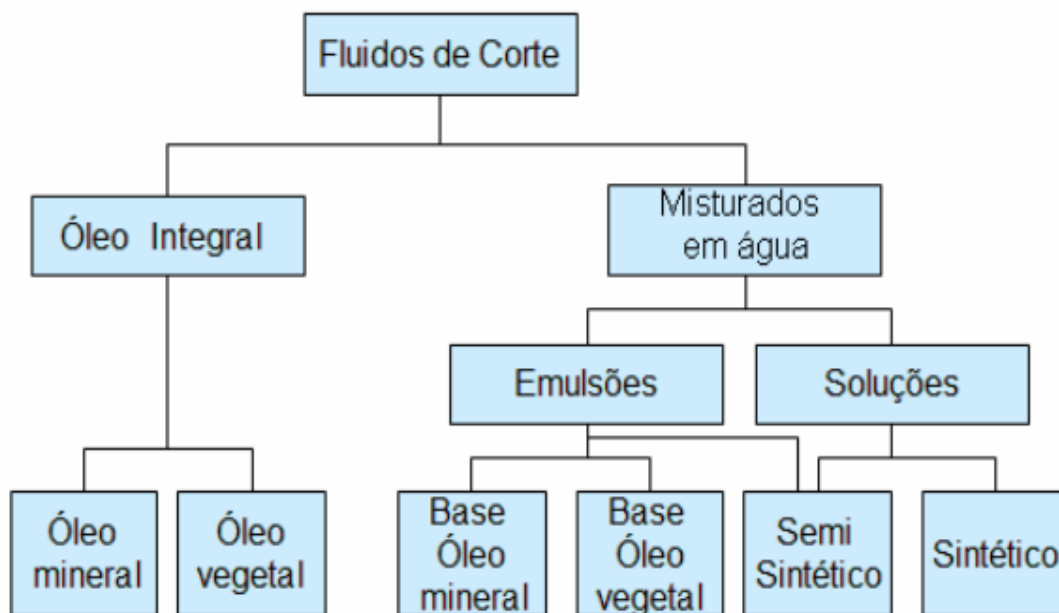


Figura 8 - Classificação dos Fluidos de Corte

Fonte: DINIZ (2001)

Os fluidos de corte devem possuir certas propriedades atreladas às suas composições, conforme a tabela 3 a seguir. (RUNGE, 1990).

Tabela 3 Principais composições e propriedades dos fluidos de corte.

Principais Fluidos de Corte	Integrais	Emulsões		Soluções
		Solúvel	Semi-sintética	(Químicas) Sintéticas
Principais composições	Oleo mineral, óleos graxos, cloro, enxofre e fósforo.	Água, óleo mineral, emulsificadores, cloro, enxofre, glicol, aminas e emulgadores.	Água, óleo mineral, elementos orgânicos e inorgânicos, cloro, enxofre, aminas, nitrato de sódio e biocidas.	Água, aminas, sais orgânicos e inorgânicos, cloro, enxofre, nitrato de sódio, biocidas e agentes umectantes.
Principais propriedades	Lubrificação, extrema-pressão e anticorrosão.	Refrigeração, extrema-pressão, anti-oxidação, anticorrosão, lubrificação e lavagem.	Refrigeração, extrema-pressão, anticorrosão, lubrificação e anticorrosão.	Refrigeração, extrema-pressão, anticorrosão e anti-oxidação.

Fonte (RUNGE, 1990; STEMMER 1995)

Os fluidos de corte integrais são formados por óleos minerais, e até mesmo por óleos animais e vegetais, com a presença de aditivos de extrema-pressão em sua composição, como encontramos na tabela acima. Os solúveis são subdivididos em emulsões e soluções e são formados pela adição de óleos minerais, com propriedade de serem solúveis em água, numa solução que apresenta a adição de

aditivos com propriedades antisolda, anticorrosão, antioxidação e extrema-pressão, entre outros.

2.4 –Propriedades (Lubrificação / Refrigeração)

A lubrificação pode ser definida como a aplicação de uma substância em estado líquido, semi-sólido ou pastoso e sólido entre duas superfícies em movimentos relativos. A lubrificação tem a função de separar através de uma película duas superfícies de modo a evitar ou prevenir o contato entre elas, o que reduz consideravelmente o atrito e conseqüentemente o desgaste.

A formação da camada lubrificante é encontrada de duas formas, lubrificação hidrodinâmica e limítrofe (limite).

Na lubrificação hidrodinâmica as superfícies estão totalmente separadas por um filme lubrificante, neste tipo de lubrificação, teoricamente não existe o desgaste apesar de que o coeficiente de atrito fique entre 0,001 e 0,03, levando em consideração fatores como viscosidade, velocidade de escoamento, tamanho da área da superfície a ser lubrificada, tamanho da espessura do filme lubrificante e material da superfície em contato

Além de reduzir o desgaste, o fluido de corte auxilia na refrigeração no momento do corte, para prolongar a vida útil da ferramenta e garantir a precisão dimensional das peças através da redução de dilatações térmicas. Durante o processo de corte, as temperaturas envolvidas na área de corte variam entre 400 a 1500°C. O calor gerado é distribuído, a grosso modo, em 70 % no cavaco, 15 % na ferramenta e 15 % na peça (CARRETEIRO, BELMIRO, 2006).

Aproximadamente 75 % do calor são gerados pela deformação do metal e o restante pelo atrito entre a ferramenta e a peça. O calor precisa ser retirado para que não ocorram dilatações térmicas nas peças usinadas e rápida destêmpera das ferramentas de corte, que resultam em um prematuro desgaste das ferramentas.

A durabilidade da ferramenta depende da sua temperatura de trabalho. Mesmo uma pequena diminuição na temperatura podem provocar aumentos sensíveis na sua durabilidade.

Quando o fluido de corte entra em contato com a superfície da peça, o mesmo auxilia na redução de deformações, devidas às tensões provocadas nas áreas de corte onde ocorre um grande aumento de temperatura, na eliminação do

amarelamento na superfície usinada, na manutenção das medidas da peça em trabalho em operações com tolerâncias estreitas conferindo maior facilidade de trabalho e melhor acabamento da peça usinada (CARRETEIRO, BELMIRO, 2006); conforme figura 9.

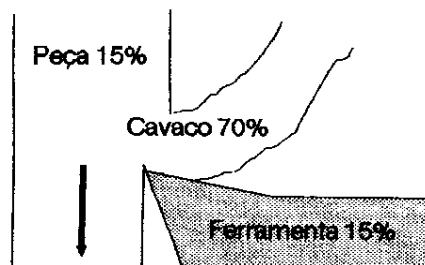


Figura 9 - Distribuição de calor entre peça, ferramenta e cavaco
Fonte: Lubrificantes e Lubrificação Industrial (2006).

2-5- Tipos de Aditivos

Os aditivos são substâncias químicas capazes de melhorar as propriedades existentes nos óleos básicos, inibir propriedades negativas em determinadas aplicações ou acrescentar propriedades inexistentes nos óleos básicos.

Aditivos são classificados em duas categorias, os que alteram as propriedades físicas e químicas dos óleos básicos e os que protegem a superfície metálica. Os aditivos não conseguem alterar propriedades como a condutividade térmica, a volatilidade do óleo básico ou a estabilidade térmica, mas protegem as superfícies metálicas da corrosão, aumentam o tempo de vida útil do óleo no equipamento e suporta elevadas cargas e pressões nas superfícies, principalmente nas áreas onde ocorrem o atrito.

São de grande importância se utilizados em proporções balanceadas e específicas para se obter o máximo de desempenho de um equipamento ou da operação na máquina.

A maioria dos lubrificantes contém em sua composição no máximo até 10% de um pacote de aditivos. Cada aditivo tem uma função diferenciada e quando adicionados ao óleo acabado tende a melhorar o desempenho do lubrificante em determinada aplicação. Os principais tipos são descritos a seguir (VIEIRA, 1997).

2.5.4– Emulgadores ou Tensoativos

São responsáveis pela formação de emulsões de óleo na água e vice-versa. Reduzem a tensão superficial e formam uma película monomolecular semi-estável na interface óleo-água. Os tipos principais são os sabões de ácidos graxos, as gorduras sulfatadas, sulfonatos de petróleo e emulgadores não iônicos.

Na figura 11 é apresentado um exemplo da representação esquemática da formação dos emulgadores para a formação da emulsão (VIEIRA, 1997).

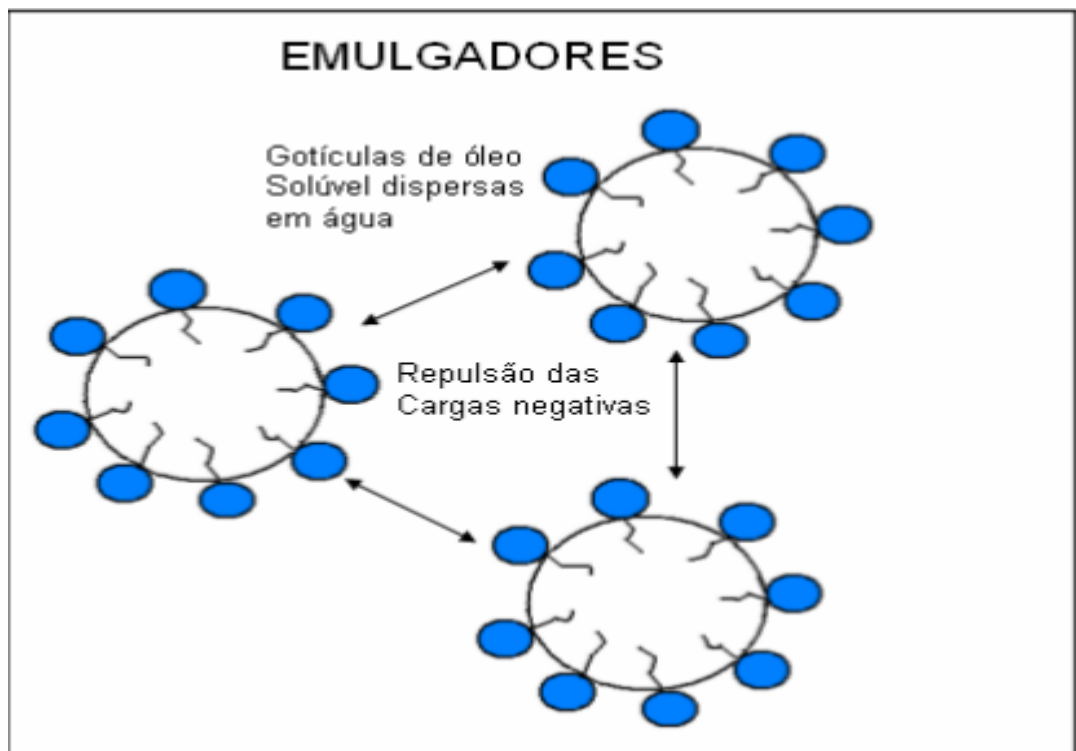


Figura 11 - Representação esquemática de uma emulsão
Fonte: SILVA e BIANCHI (2000)

2.5.5–Biocidas:

Substâncias ou misturas químicas que inibem o desenvolvimento de microorganismos. Têm a função de assegurar que o óleo, quando utilizado, não irá sofrer degradação por ação de bactérias e leveduras e nem o aparecimento de fungos no sistema de circulação do fluido. Aditivos biocida: triazina, ácidos orgânicos específicos para fungos, por exemplo, ácido fórmico (VIEIRA, 1997).

2.5.6–Aditivo de Extrema Pressão (EP):

Em operações mais severas em que a lubricidade adicional é necessária, pode se adicionar aditivos de extrema pressão. Eles conferem ao corte uma lubricidade melhorada para suportarem as elevadas temperaturas e pressões de corte, reduzindo o contato metal-metal. São compostos que variam na estrutura e composição. São suficientemente reativos com a superfície usinada, formando compostos relativamente fracos na interface, geralmente sais (fosfeto de ferro, cloreto de ferro, sulfeto de ferro, etc.) que se fundem em altas temperaturas e são facilmente cisalháveis. Podem ser relacionados em ordem crescente de eficiência como: matérias graxas e derivados, fósforo e zinco, clorados, sulfurizados inativos, sulfurizados ativos, sulfurados e os sulfuclorados. Os mais empregados são aditivos sulfurizados, sulfurados e fosforosos.

2.5.7- Aditivos umectantes:

Utilizados para que haja a cobertura de toda a área da peça pela película oleosa no instante em que o fluido é aplicado. Exemplo: glicóis (butil glicol, propileno glicol, dibutil glicol).

Os aditivos melhoram as propriedades inerentes aos fluidos ou lhes atribuem novas características (Tabela 4). Em geral, se enquadram em duas classes:

- aqueles que afetam uma propriedade física (por exemplo, viscosidade);
- aqueles cujo efeito é puramente químico (anticorrosivos, antioxidantes etc.).

Tabela 4 -Principais aditivos e suas funções.

ADITIVOS	FUNÇÃO	COMPOSTO QUÍMICO
Antioxidantes	Proteger os fluidos de usinagem frente à ação agressiva da atmosfera	Nitrito de sódio Alcanolaminas
Emulsionantes	Estabilizar a emulsão	Catiônicos:
		Aniônicos (sulfonados, oleados, resinados)
		Não iônicos, (dietanolamina, poliglicoléster, alifenol, alquilglicóis).
Inibidores da corrosão	Proteger a peça e a ferramenta	Aminas, boratos, nitritos, gordura e mercaptobenotiazol.
Biocidas	Impedir o desenvolvimento de microorganismos	Formaldeído, fenóis, triazinas, isotiazolinas, cresóis, boratos.
Aditivos de extrema pressão	Formar uma capa intermediária entre duas superfícies metálicas, melhorando a lubrificação e evitando o desgaste.	Parafinas cloradas, compostos clorados, sulfurados e fosforados, óleos e graxas minerais, álcoois.
Umectantes ou estabilizantes	Estabilizar o concentrado	Álcoois, fosfatos, poliglicóis
Antiespumantes	Evitar a formação de espuma	Silicones, ésteres graxos, hidrocarbonetos de alto peso molecular.
Complexantes	Eliminar e prevenir a formação de incrustações	Compostos orgânicos diversos (EDTA)
Outros (detergentes, dispersantes, etc)		Compostos diversos

Fonte: Prevención de laContaminación em el Subsector del mecanizado del metal - Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) - Ministerio de Medio Ambiente España

2.6 –Aspectos Ambientais dos fluidos de corte

Estudos recentes mostram que as atividades humanas estão destruindo a natureza mais rapidamente que sua capacidade de se recuperar, o que um dia poderá tornar insustentável a manutenção da vida no planeta. Nesse contexto, a criação de formas alternativas de produção visando a qualidade do meio ambiente passa a ser de fundamental importância, uma vez que ajudará a conter os níveis atuais de poluição mundial.

Até a atualidade, a indústria tem direcionado suas preocupações principalmente para os aspectos econômicos e tecnológicos do sistema produtivo, por serem de vital importância à sua sobrevivência, enquanto a grande maioria mostra total descaso pelo aspecto ambiental. (TEIXEIRA; SCHROETER; WEINGAERTNER, 1997). Uma vez que os processos são desenvolvidos com o principal objetivo de gerar lucro, os investimentos em alternativas mais limpas não despertam grande interesse pelo fato de não trazerem benefícios diretos para os empresários.

A utilização de fluido de corte nos processos de usinagem tem sido altamente questionada, principalmente devido às pressões de uma legislação cada vez mais severa com os descartes industriais e a uma crescente conscientização quanto aos problemas ambientais.

Os problemas ocasionados em decorrência da utilização de fluidos de corte muitas vezes são complexos e de difícil solução. A tabela 5 a seguir traz um resumo dos principais aspectos nocivos provocados pelo uso de tais produtos, (DIAS, 2000).

Tabela 5. Principais aspectos nocivos provocados pelo uso de fluido de corte.

ATIVIDADE	ASPECTOS AMBIENTAIS	IMPACTO NO AMBIENTE
Armazenagem	Vazamento de resíduos líquidos	Poluição do solo e corpos d'água
Preparação do fluido de corte (emulsão)	Contato com pele do operador e inalação de vapores.	Doenças respiratórias e de pele.
Etapas do sistema produtivo	Respingos em contato com a pele do operador. Vazamentos para a rede de coleta e esgoto . Formação de névoa e vapores.	Diversas doenças e irritações de pele (dermatites e eczemas) do operador e doenças respiratórias. Contaminação de rios e solos.
Armazenagem, transporte e descarte de cavaco como sucata para fundição.	Vazamentos de fluidos de corte em terrenos e estradas. Emissões de gases tóxicos na atmosfera.	Contaminação de rios, solos e ar atmosférico.
Armazenagem e descarte de resíduos de fluido de corte.	Vazamentos de resíduos para o meio ambiente. Eliminação de resíduos em local não autorizado.	Contaminação de rios e solos.

Fonte: DIAS (2000).

2.6.1–Impactos para o Meio Ambiente

A utilização de fluidos de corte no processo de usinagem faz da indústria metal-metálica, um potencial agressor do meio ambiente. São vários os problemas decorrentes desta utilização, que vão desde a geração de efeitos nocivos ao ambiente de trabalho até a agressão do meio ambiente.

Ao avaliar os impactos gerados pela utilização dos fluidos de corte, devemos considerar dois principais efeitos: efeitos nocivos à atmosfera (interna e externa) e degradação do solo e recursos hídricos (ALVES, 2010).

Quando manipulado de forma incorreta, os fluidos de corte representam um grande risco para o meio ambiente e também para as pessoas. Estudos relacionam o contato permanente de fluidos de corte e seus subprodutos à doenças de pele, pulmonares e até ao câncer. No meio ambiente, estes produtos podem causar a contaminação do solo e dos recursos hídricos através dos rejeitos sólidos e líquidos, além da poluição atmosférica, causada por vapores e gases emitidos pelo processo, como esquematizado na Figura 12.

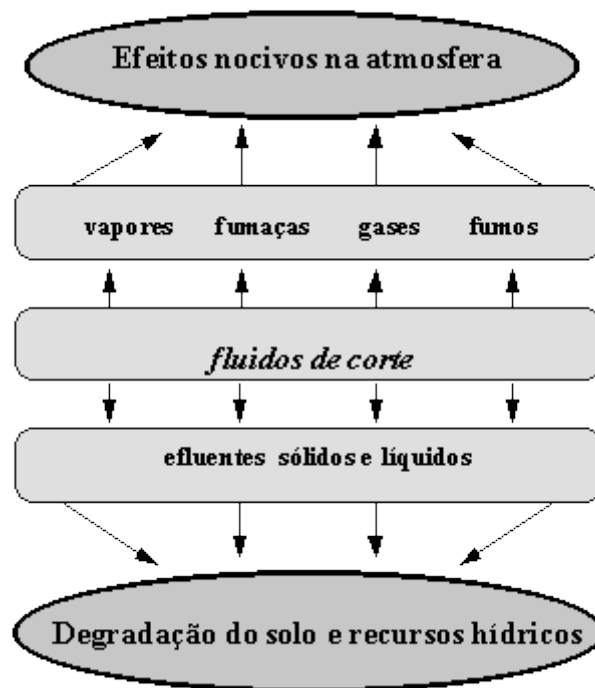


Figura12 - Emissões de resíduos de fluido de corte.

Fonte: Byrne (1993).

A presença de aditivos à base de cloro, enxofre, fósforo, boratos, glicóis e aminas aumentam a periculosidade dos fluidos de corte, pois os efeitos nocivos também atingem atmosfera e solo (IGNÁCIO, 1998).

2.6.2–Descarte

Devido sua alta eficiência, grandes volumes de fluidos de corte são utilizados pela indústria metal-metálica. Porém, o aumento da preocupação ambiental e a necessidade do cumprimento das exigências impostas pela legislação estão fazendo com que muitos aspectos dessa utilização sejam revistos.

Verificam-se várias tendências de adequação da indústria metal-metálica às legislações ambientais, dentre elas pode-se citar a remoção dos compostos mais tóxicos da fórmula dos fluidos de corte, a utilização de outras formas de usinagem (como a usinagem a seco ou com mínimas quantidades de fluido), redução da utilização destes produtos a níveis mínimos ou até mesmo a substituição do processo. Para todas essas alternativas, deverá haver um grande investimento por parte das empresas para que se consiga alcançar os mesmos resultados que o processo original.

Mesmo que as tendências apontem para um possível fim da utilização de fluidos de corte em algum momento do futuro, a realidade atual obriga medidas imediatas para destinação dos resíduos gerados pelas indústrias.

A Legislação Ambiental Brasileira possui algumas determinações específicas a respeito do lançamento de resíduos tóxicos e oleosos. O decreto 50.877/61, por exemplo, trata do lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou litorâneas do País. A Resolução nº 357, de 1995 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), considera que “o uso prolongado de um óleo lubrificante resulta na sua deterioração parcial, que se reflete na formação de compostos tais como ácidos orgânicos, compostos aromáticos polinucleares, ‘potencialmente carcinogênicos’” e determina que todo o óleo lubrificante usado deverá ser destinado à reciclagem, ficando proibida a industrialização e comercialização de novos óleos lubrificantes não recicláveis, nacionais ou importados. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) classifica o óleo de corte e usinagem usado como tóxico em sua NBR-10004.

2.6.3 – Novas Tendências

Tem-se observado nos últimos anos uma crescente conscientização quanto à toxicidade dos fluidos de corte empregados na lubrificação e refrigeração da peça. Paralelamente, criou-se nos últimos anos uma rígida legislação, visando evitar uma depredação desenfreada do meio ambiente. Diante de tal conjuntura, as indústrias iniciaram uma busca a métodos alternativos de lubri-refrigeração que empregassem menores quantidades. Alguns estudos estão sendo desenvolvidos como a usinagem com a mínima quantidade de lubrificante (MQL), usinagem a seco e fluido de óleo de mamona (Biodegradável), que apresenta a vantagem de ser produzido a partir de uma fonte renovável (ALVES, 2005).

Dentre todas as técnicas existentes à de Mínima Quantidade de Lubrificação (MQL) vem ganhando cada vez mais destaque. Tal técnica pode ser entendida como um elo de ligação entre os métodos de lubri-refrigeração convencional e a usinagem a seco.

A técnica de Mínima Quantidade de Lubrificação (MQL) destaca-se atualmente como uma tendência dentre os métodos de lubri-refrigeração empregados nos processos de usinagem em geral. Tal técnica é responsável por trazer benefícios para as indústrias aumentando sua competitividade no mercado, além de satisfazê-las em aspectos ecológicos e econômicos, dispensando toda a salubridade e onerosidade envolvida com o descarte de fluidos convencionais (TAWAKOLI, 2003).

A técnica de MQL é um elo de ligação entre os métodos de lubri-refrigeração convencionais e a usinagem a seco. Estudos envolvendo a usinagem a seco mostram que a ausência de lubrificante torna-se inviável quando se verifica a vida da ferramenta, os esforços da máquina e a qualidade superficial da peça retificada. A MQL caracteriza-se como uma alternativa interessante que combina a utilização de ar comprimido, responsável pela refrigeração, misturado a uma pequena quantidade de óleo que lubrifica a interface de contato peça-ferramenta. Enquanto processos convencionais de lubrificação chegam a utilizar 45-50 litros de fluido por minutos, na MQL a vazão máxima de óleo não passa dos 100 mililitros por hora, ou seja, é reduzida em algo em torno de 27.000 vezes.

É de extrema importância no processo de retificação, a existência de um fluxo de fluido direcionado a região de contato entre peça e ferramenta, o qual contribui

com a dissipação de calor e a remoção dos cavacos gerados desta região, facilitando a execução do corte(KLOCKEet al. 2000).

A prática do uso da Produção mais Limpa leva ao desenvolvimento e implantação de Tecnologias Limpas nos processos produtivos. Para introduzir técnicas de Produção mais Limpa em um processo produtivo, podem ser utilizadas várias estratégias, tendo em vista metas ambientais, econômicas e tecnológicas (CNTL, 2012)

Óleo Biodegradável – O fluido desenvolvido pelos pesquisadores do IFM (Instituto fabrica do Milênio) registrou 14 patentes de tecnologias com aplicação industrial. Entre elas destaca-se a do “Novo Fluido de Retificação Ambientalmente Adequado”, desenvolvida pelos pesquisadores Salete Alves Martins e João Fernando Gomes de Oliveira, da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da USP. Ele foi desenvolvido a partir de uma mistura de compostos químicos com características distintas, com base em óleo de mamona sulfonado, e mais três aditivos; um bactericida, um anticorrosivo e um agente emulgador. O produto já tem sido empregado em testes de campo, em indústrias de manufatura, com resultados promissores quanto ao seu desempenho mecânico (eficácia na retificação de peças) e à sua adequação ambiental (capacidade de degradação natural). Testes de retificação em laboratório já mostraram que o fluido tem seu melhor desempenho ao ser diluído em 45 %. Nessa formula foram obtidos resultados similares aos do óleo integral no que diz respeito ao desgaste do rebolo (ferramenta de corte) e à qualidade superficial da peça de trabalho, observada através da medida de rugosidade (CNTL, 2012).

Considerações Finais

Fluidos de corte foram empregados na usinagem para potencializar a produtividade e ganharam muita importância, que se tornaram, em muitos processos, essenciais para a obtenção de qualidade nas peças produzidas.

A escolha para desenvolver uma linha de lubrificantes industriais voltada para o mercado de usinagem foi despertada, quando em pesquisa foi observado um grande mercado promissor, e que está crescendo cada vez mais no Brasil. Por não ser tão evidente dentro desse mercado uma ampla linha que atenda a todos as necessidades dos equipamentos e ferramentas, desde a lubrificação, refrigeração, limpeza, saúde do operador e impactos ambientais, é de grande importância a pesquisa e o desenvolvimento de novas matérias primas assim como novas fórmulas de fluidos de corte.

É de suma importância conhecer as propriedades físico-químicas de todos os componentes contidos nos fluidos de corte acabados, assim como suas vantagens e desvantagens no processo de corte. Um fluido de corte que não atenda a necessidade do conjunto peça usinada-equipamento-ferramenta pode causar vários fatores que influenciam nos custos e despesas em uma empresa, dentre elas com consertos de equipamentos, peças para reposições, saúde do operador e devolução de peças prontas danificadas podem ser evitadas antes do término do processo de corte.

A presença de produtos tóxicos no fluido, a falta de higiene do operador, doenças relacionadas à dermatite ou sensibilidade de pele e contaminação levam a um aumento no consumo do fluido de corte, ao afastamento do operador de suas funções, e aos custos com descarte e reciclagem que se não forem feitos de maneira correta, podem causar grandes impactos ambientais, o que faz do fluido de corte peça fundamental para uma indústria de *metalworking*.

Os fluidos de corte são muitas vezes descartados no meio ambiente, fato que não condiz com a situação atual levando-se em consideração o rigor das leis ambientais e devido à evolução ambiental do homem. Ainda existe o alto custo relativo aos fluidos de corte que vêm se tornando mais acentuados devido ao elevado consumo e o tratamento desse fluido de corte no momento do descarte de forma a atender as exigências ambientais

Tendência aponta para a usinagem a seco (sem fluido de corte), que objetiva reduzir de forma significativa custos com a compra de fluidos de corte e sua destinação final, como também problemas ocupacionais, sejam doenças como doenças de pele (dermatites), sintomas respiratórios, e relacionados ao meio ambiente.

A técnica de Mínima Quantidade de Lubrificação (MQL) destaca-se atualmente como uma tendência dentre os métodos de lubri-refrigeração empregados nos processos de usinagem em geral. Tal técnica é responsável por trazer benefícios para as indústrias aumentando sua competitividade no mercado, além de satisfazê-las em aspectos ecológicos e econômicos.

Aliando-se a importância da preservação do meio ambiente à minimização dos fluidos de corte podem ser obtidos ganhos em todos os âmbitos, seja com o comprometimento das empresas com um melhor entendimento dos métodos de utilização de fluidos lubri-refrigerantes, abrirá caminhos para uma produção mais comprometida ambientalmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência notícias USP – Disponível em

<http://www.usp.br/agen/bols/2006/rede1945.htm>, Acesso em 22 outubro 2012.

ALVES, S. M. Adequação Ambiental do processo de retificação através de um novo conceito de fluido de corte Tese (doutorado), 199 f., Departamento de Engenharia Mecânica, EESC/USP, São Carlos. 2005.

AMORIM, H. Fresamento - 1ª parte. 2003. 15 f. Apostila (Graduação) - Departamento de mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Acesso em 16 de setembro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. Resíduos Sólidos: Classificação. São Paulo: ABNT, 2004.

BYRNE, G.; SCHOLTA, E. *Environmentally Clean Machining Process: A Strategic Approach*. New York: Ann. CIRP, 1993. vol. 42. p. 471-474.

BYRNE, G.; DORNFELD, D.; DENKINA, B. (2003). Advancing cutting technology. Paris: CIRP. Keynote.

CABANAS, M. S. Identificación, clasificación y minimización de residuos en el sector metal-mecánico. MetalUnivers, Molins de Rei, n. 20, nov. 2003. Disponível em: <http://www.metalunivers.com/Tecnica/Hemeroteca/ArticuloCompleto.asp?ID=8511>. Acesso em 24 set. 2012

CARRETEIRO, R.P.; BELMIRO, P. N. A. Lubrificantes e Lubrificação, 1ª ed. Interciência: IBP, Rio de Janeiro, 2006.

CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas. Disponível em www.rs.senai.br/cntl. Acesso em: 22 outubro 2012.

DIAS, A. M. de P. Avaliação Ambiental de Fluidos de Corte utilizados em processos convencionais de usinagem. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

DINIZ, A. E, MARCONDES, F. C., COPPINI, N. L. "Tecnologia da usinagem dos materiais". Artiber Editora Ltda, Campinas, SP, Brasil, 4ª Edição, 2003, p.230-248.

EL BARARADIE, M.A. Cutting Fluids. Journal of Material Processing Thecnology, Dublin, 1997.

FOGO, C. F. Avaliação e critérios de eficiência nos processos de tratamento de fluido de corte por Eletroflotação. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

IGNÁCIO, E. A. Caracterização da Legislação Ambiental Brasileira voltadapara a Utilização de Fluidos de Corte na Indústria Metal-Mecânica. 1998.104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

KLOCKE, F.; BECK, T.; EISENBLÄTTER, G.; LUNG, D. Minimal Quantity Lubrication (MQL) – Motivation, Fundamentals, Vistas. In: 12th International Colloquium Industrial and Automotive Lubrication, Technische Akademie Esslingen, 11-13 jan., 14p, 2000.

MACHADO, A. R. E DINIZ, A. E. Vantagens e Desvantagens do Uso (Ou Não) de Fluidos de Cortes. Máquinas e Metais, p. 134-151, 2000.

Ministério do Meio Ambiente Espanha

MOMPER, F. J. Usinagem a seco e de materiais endurecidos. Revista Máquinas e Metais, vol.410, março, pags. 30-37, 2000.

MORTIER, Roy M; FOX, Malcolm F; ORSZULIK, Stefan T. Chemistry and Technology of Lubricants. 3ed. Berlin: Springer Netherland, 2009. 560p.

MOTTA, M. F., MACHADO, A. R. Fluidos de corte: tipos, funções, seleção métodos de aplicação e manutenção. Revista Máquinas e Metais, Aranda, 356 p. 44-56, setembro de 1995.

OLKAWA, M. H., DESTRO, R. S., SOUSA, R. M., FUGITA, SIMÕES, R. P., BIANCHI, E. C., AQUIAR, P. R., ALVES, M. C. S. R. Aplicação datécnica de Mínima Quantidade deLubrificante - MQL no processo de retificação cilíndrica externa de mergulho em cerâmicas com rebolos diamantados. Revista Máquinas e Metais, vol.536 pags. 44 – 67, 2010.

RUNGE, P. R. F., DUARTE, G. N. “Lubrificantes nas Indústrias – Produção,Manutenção e Controle”. Cotia, SP, Brasil, Triboconcept Edições Técnicas, 1990,p.71-171.

SALES, W. F.; DINIZ, A. E. ; Machado, A. R. Application of Cutting Fluids in Machining Processes. Journal of the Brazilian Society of MechanicalSciences, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, 2001. Disponível em73862001000200009&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em 20 out. 2006.

SILVA, E. J. Análise da influência dos tipos de fluido de corte e rebolo naretificação do aço SAE HVN-3. Dissertação de Mestrado – UNESP, Bauru, SP, Brasil, 2000.

SILVA, E. J., Bianchi, E.C., “Procedimentos –PadrãoPara o Uso Correto de Fluidos de Corte. Máquinas e Metais, n. 410, pags 88-103. Março/2000.

SILVA, L. R., BIANCHI, E. C., FUSSE, R. Y., FRANÇA, T. V., NETO, L. D.,CATAI, R. E., AGUIAR, P. R. Aplicação datécnica de Mínima Quantidade deLubrificante - MQL no processo de retificação. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica - CONEM 2004, Belém, Pará, Brasil, 2004.

STOETERAU, L. R. Desgaste de Ferramentas, 2007. Disponível em: <<http://www.lmp.ufsc.br/disciplinas/Stoterau/Aula-05-U-2007-1-desgaste.pdf>>. Acesso em 9 setembro, 2010.

TAWAKOLI, T. Minimum coolant lubrication in grinding.Industrial Diamond Review, nº 1, p. 60-65, 2003.

TESSARO, E. P. Avaliação de processos oxidativos para o tratamento ambientalmente adequado de fluido de corte. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação do Instituto de Química de São Carlos, São Carlos, 2008.