

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA

CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA (MODALIDADE INTEGRADO)
5ª FASE

ANÁLISE E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DA LAVAGEM
DE ROUPAS DE TRABALHADORES DA INDÚSTRIA METALMECÂNICA

BRUNA RAFAELA KRUEGER
CLAUDIO ELIÉZER POMIANOWSKY
LUCIANA BORGES DO AMARAL
MARIA EDUARDA FISCHER
STEFANY DE LARA PEREIRA

JARAGUÁ DO SUL
2015/2016

BRUNA RAFAELA KRUEGER
CLAUDIO ELIÉZER POMIANOWSKY
LUCIANA BORGES DO AMARAL
MARIA EDUARDA FISCHER
STEFANY DE LARA PEREIRA

ANÁLISE E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DA
LAVANGEM DE ROUPAS DE TRABALHADORES DA INDÚSTRIA
METALMECÂNICA

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo
formativo diversificado “Conectando Saberes”
do Curso Técnico em Química (Modalidade
Integrado) do Instituto Federal Santa Catarina –
Campus Jaraguá do Sul.
Orientador: Clodoaldo Machado
Coordenadora: Ana Paula Duarte Souza

JARAGUÁ DO SUL
2015/2016

SUMÁRIO

1. TEMA.....	04
2. DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	04
3. QUESTÃO PROBLEMA.....	04
4. HIPÓTESES.....	04
5. OBJETIVOS.....	05
5.1 Objetivo Geral.....	05
5.2 Objetivos Específicos.....	05
6. JUSTIFICATIVA.....	05
7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	06
7.1 Usinagem.....	06
7.2 Resíduos.....	08
7.2.1 Resíduos metálicos.....	08
7.2.2 Fluídos de Corte.....	09
7.3 Problemas Ambientais.....	11
7.3.1 Do fluído de corte.....	11
7.3.2 Contaminação do solo, água e atmosfera.....	12
7.3.3 Problemas de Saúde.....	13
7.4 Regulamentação.....	14
7.5 Detecção de Contaminantes.....	16
7.5.1 Óleos e Graxas.....	16
7.5.2 Íons Metálicos.....	16
7.6 Tratamento do resíduo e descarte adequado.....	17
8. METODOLOGIA.....	19
9. CRONOGRAMA.....	21
REFERÊNCIAS.....	22
APÊNDICE 1.....	25

1. TEMA

Análise e tratamento dos resíduos provenientes da lavagem das roupas de trabalhadores da indústria metalmeccânica.

2. DELIMITAÇÃO DO TEMA

No presente trabalho serão analisados e tratados os resíduos provenientes da lavagem das roupas de trabalhadores do setor de usinagem, de uma indústria metalmeccânica instalada em Jaraguá do Sul.

3. QUESTÃO PROBLEMA

Em Jaraguá do Sul, um dos principais setores da indústria é o metal mecânico, o qual gera muitos postos de trabalho. Da mesma forma, no processo industrial do referido setor são gerados muitos resíduos que podem acumular na roupa dos trabalhadores.

No processo de lavagem de roupas, retira-se do material grande parte de resíduos acumulados, transferindo-os para a água, que por sua vez contamina rios e lagos. Diante disso questiona-se: quais são os resíduos resultantes da lavagem das roupas de trabalhadores da indústria metal mecânica, bem como os seus respectivos tratamentos?

4. HIPÓTESES

- A exposição de um trabalhador num ambiente de usinagem acarreta na contaminação da roupa;
- a concentração dos contaminantes não excede o limite permitido pela legislação vigente;
- o método de tratamento utilizado reduzirá ao menos em 50% a concentração dos contaminantes no efluente.

5.OBJETIVOS

5.1. Objetivo geral

Analisar os resíduos provenientes das lavagens das roupas de trabalhadores da indústria metalmeccânica, do setor de usinagem, bem como determinar, aplicar e avaliar os seus respectivos tratamentos.

5.2. Objetivos específicos

- Determinar os métodos que serão utilizados para a lavagem das amostras;
- pesquisar métodos analíticos que qualifiquem e quantifiquem os contaminantes presentes na água de lavagens das roupas;
- conhecer a legislação vigente que estabeleça os limites para a concentração dos contaminantes encontrados nas análises;
- lavar a roupa de acordo com a metodologia escolhida;
- aplicar os métodos analíticos que qualifiquem e quantifiquem os contaminantes presentes na água de lavagens das roupas;
- investigar métodos de tratamento que reduzam os resíduos provenientes das lavagens;
- executar métodos de tratamento que reduzam os resíduos provenientes das lavagens;
- comparar os dados das concentrações obtidas com aqueles estabelecidos na legislação.

6. JUSTIFICATIVA

A água pode ser considerada o recurso mineral mais valioso, pois sem ela todas as formas de vida conhecidas não seriam possíveis. De toda água disponível, apenas 2,5% é de água doce, desta fração, somente 0,3% está em lagos e rios disponíveis para o consumo. Diante do crescimento populacional, o seu consumo e qualidade exigida, técnicas de tratamento e reutilização dessa substância tornam-se fundamentais (Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2015).

O crescimento da indústria metalmeccânica acarretou no aumento de resíduos gerados. Conseqüentemente, a legislação tornou-se mais rigorosa, pois se descartados de forma inadequada podem prejudicar a saúde pública e o meio ambiente (BANNEMANN, 2012).

Os fluidos de corte contêm em suas composições óleos e agentes químicos que podem causar danos ao meio ambiente. Durante o processo da usinagem, os fluídos de corte mudam suas composições, o que ocasiona uma mudança nos riscos ao meio ambiente. Quando passam a ser resíduos, são incluídos na classe I, sendo considerados como perigosos (LISBOA, *et al.*, 2013).

No processo de usinagem, cerca de 10% dos metais utilizados, transformam-se em cavacos, sendo os de ruptura aqueles que com maior chance de contaminar a roupa do trabalhador, pois se trata de um material geralmente em forma de pó (DINIZ *et al.*, 1999; STOERTERAU, 2015).

Os resíduos podem se fixar nas roupas dos trabalhadores e afetar de forma secundária os recursos hídricos com o descarte de esgoto doméstico, já que tem-se a possibilidade destes serem retirados posteriormente com o processo de lavagem feito nas residências.

Esse resíduo aquoso não recebe um tratamento específico e pode vir a se tornar nocivo ao meio ambiente quando a concentração dos contaminantes é encontrada acima dos limites permitidos pela legislação ambiental. Portanto, este trabalho possibilita verificar, dentro dos métodos utilizados, se há algum resíduo na roupa do trabalhador, bem como analisar se esses contaminam a água da lavagem.

7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

7.1 Usinagem

Um dos processos mais utilizados na manufatura é a usinagem. Para um melhor entendimento sobre, faz-se necessário entender o processo desde o início, assim Costa e Santos (2006) afirmam que a fabricação é a transformação de matéria-prima em produtos finais, podendo ocorrer a partir de uma variedade de processos.

Os processos de transformação de metais e ligas em peças pré-definidas podem ocorrer de diversas maneiras, sendo elas: fundição, soldagem, metalurgia em pó ou usinagem (COSTA E SANTOS, 2006).

Souza (2011) afirma que na maioria das aplicações industriais, a usinagem é utilizada para converter blocos metálicos fundidos, pré-moldados ou forjados em produtos desejados, com suas especificações proporcionais a necessidade do projeto. Quase todos os produtos manufaturados, precisam de componentes usinados.

A figura 1 demonstra a classificação dos processos de fabricação, destacando as principais operações de usinagem, a descrição desses processos estão no apêndice 1.

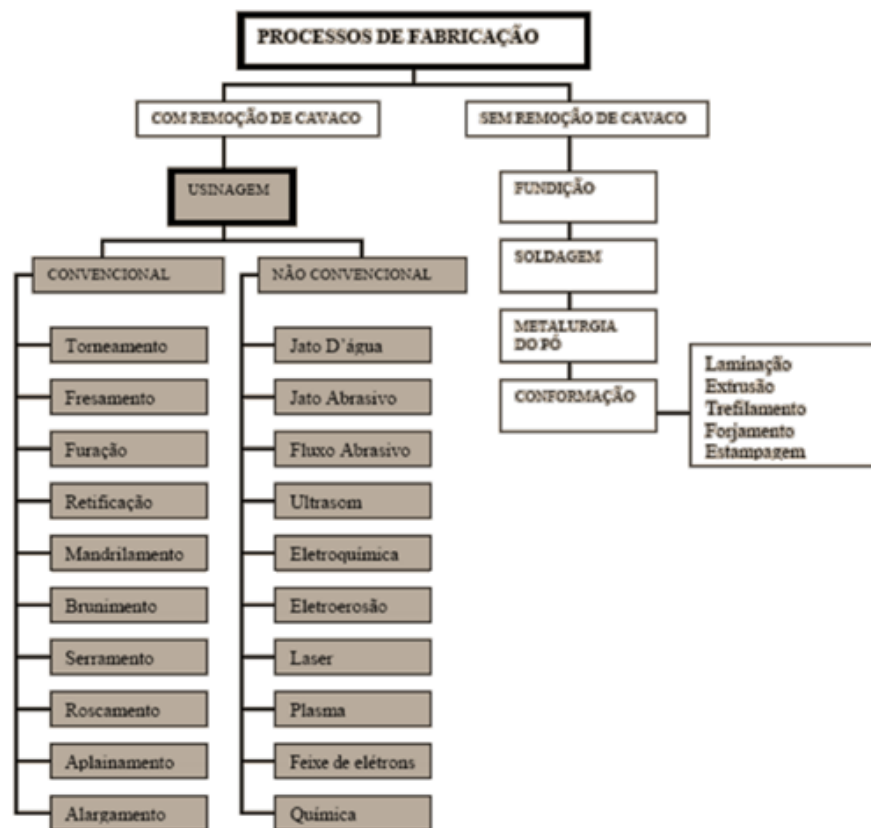


Figura 1 - Processos de fabricação;
Fonte: SOUZA, A. J., 2011.

7.2 Resíduos

Segundo Bannemann (2012), a indústria metalmeccânica é um dos setores que mais cresce na atualidade. Por consequência, há um grande

aumento do uso de recursos naturais e de resíduos, gerados nos processos industriais.

O crescimento das indústrias deste setor tem como consequência um aumento notável no consumo de recursos naturais e no volume de diferentes tipos de resíduos gerados. Estes, geralmente possuem grandes concentrações de metais e se não forem tratados ou dispostos adequadamente podem agregar-se a outros elementos na natureza, formando diversos tipos de substâncias, as quais podem afetar negativamente o meio biótico, além de afetar a saúde pública (BANNEMANN, 2012, p.12).

Monteiro (2006) diz que os poluentes provenientes dos metais e óleos utilizados na usinagem, além de serem liberados, em sua forma comum, são emitidos como gases ou vapores e gotículas.

7.2.1 Resíduos Metálicos

A usinagem é a operação que molda a peça através de cortes com remoção de aparas, que são chamadas de cavacos. Neste procedimento, cerca de 10% dos metais manipulados tornam-se cavacos (SOUZA, 2011).

Há 3 tipos principais de cavacos, o contínuo, o de cisalhamento e o de ruptura. De acordo com a classificação de Ferraresi (1997, *apud* Diniz *et al.*, 1999, p. 51-52):

a) cavaco contínuo – apresenta-se constituído de lamelas justapostas numa disposição contínua. A distinção das lamelas não é nítida. Forma-se na usinagem de materiais dúteis (o aço, por exemplo), onde o ângulo de saída deve assumir valores elevados. b) cavaco de cisalhamento – apresenta-se constituído de lamelas justapostas bem distintas. c) cavaco de ruptura – apresenta-se constituído de fragmentos arrancados da peça usinada. A superfície de contato entre cavaco e superfície de saída da ferramenta é reduzida, assim como a ação do atrito, o ângulo de saída deve assumir valores baixos, nulos ou negativos[...]

Além da classificação por tipos de cavacos, há uma classificação quanto a sua forma, visto que, a distinção entre um cavaco contínuo e um de cisalhamento não é evidente. Os cavacos de ruptura não precisam de classificação, pois são muito pequenos e geralmente em forma de pó. As formas de cavaco podem ser observadas na figura 2 (DINIZ *et al.*, 1999).



Figura 2 – Formas de cavaco: a) em fita; b) helicoidal; c) espiral; d) em lascas.
Fonte: DINIZ *et al.*, 1999

7.2.2 Fluidos de Corte

Além dos resíduos metálicos, de acordo com Kammemeier *et al.* (2000, *apud* MONTEIRO, 2006), outro resíduo gerado é o fluido de corte, entre 20 e 100 litros de óleo por minuto, principalmente no setor de usinagem.

O fluido de corte é amplamente utilizado na indústria metalmeccânica, pois tem função de melhorar o processo de usinagem, garantindo uma melhora tanto funcional, quanto econômica (FERRARESI, 1977).

Em 1894, Taylor utilizou água no processo de usinagem na região peça-ferramenta-cavaco. Com isto, observou que a velocidade de corte aumentou de forma significativa, sem apresentar danos a ferramenta. Assim, na busca de melhorias ao processo, começou-se a utilizar óleos graxos e, posteriormente, óleos minerais em todas as operações de usinagem (FERRARESI, 1977).

As pesquisas levaram à utilização das mais variadas combinações de óleos minerais, graxos e aditivos (enxôfre, cloro, fósforo, etc.). Cada combinação, com seu emprêgo específico. Nessa ocasião surgem os óleos emulsionáveis, que aproveitam a alta propriedade refrigerante da água. (FERRARESI, 1977, p.513).

Além dos óleos emulsionáveis, surgiram os fluidos químicos de corte, que são uma combinação entre água e agentes químicos, estes são muito utilizados pois sua fabricação é de acordo com o fim desejado (FERRARESI, 1977).

Machado *et al.* (2009) afirma que há uma ampla classificação quanto ao fluido de corte, entretanto não há uma padronização. O fluido de corte mais comum é do tipo líquido, há também o gasoso e o sólido, estes, porém, são utilizados em menor escala.

Os óleos podem ser tanto de origem animal, vegetal, quanto mineral. Os dois primeiros, atualmente, são mais empregados como aditivos nos fluidos minerais (provenientes do refinamento do petróleo). Os fluidos resultantes são chamados de fluidos integrais, estes possuem um custo elevado (MACHADO *et al.*, 2009).

Uma das saídas pra reduzir o custo com fluidos são as emulsões (fluidos emulsionáveis), que são uma mistura de óleos minerais, água, aditivos e agentes biocidas. E os fluidos semissintéticos, compostos de 5% a 50% de óleo mineral juntamente com compostos químicos e aditivos (MACHADO *et al.*, 2009).

As soluções que não contém óleos minerais são compostas por sais inorgânicos e orgânicos, além de aditivos, biocidas e anticorrosivos (MACHADO *et al.*, 2009).

Devido às características inerentes ao processo de usinagem, as propriedades dos fluidos vão diminuindo (fenômeno conhecido como **stress mecânico**), ao mesmo tempo em que aparece uma série de contaminantes que reduzem ainda mais suas propriedades e rendimento (BIERMANN, 2013, p. 21).

Os contaminantes mais comuns encontrados nos fluidos de usinagem esgotados são: óleos externos procedentes de fugas dos circuitos hidráulicos e de engraxe, lubrificantes, partículas sólidas metálicas, microrganismos, restos de panos de limpeza, poeiras etc. (BIERMANN, 2013).

Nos fluidos de corte integrais, devido à presença de aditivos ao se esgotarem, sofrem reações de oxidação e polimerização. Os contaminantes mais comuns encontrados nestes resíduos são: água, restos de aditivos como fenóis, compostos de zinco, cloro e fósforo, ácidos orgânicos ou inorgânicos; bem como qualquer outro composto que por qualquer motivo fique misturado com estes óleos (BIERMANN, 2013).

Já as emulsões e soluções esgotadas, tem sua perda de qualidade intensificada devido a presença de microrganismos, que modificam sua estrutura química. Os contaminantes presentes nos resíduos deste tipo de fluido são: bactérias, algas e fungos (BIERMANN, 2013).

7.3 Problemas ambientais

De acordo com o CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Conforme Gonçalves (2008), até o início dos anos noventa, os impactos ambientais das práticas industriais não eram considerados um fator significativo para a tomada de decisões técnicas em processos de fabricação, entretanto este modo de agir mudou devido à opinião pública e a severa regulamentação governamental.

Fluidos de corte e outros agentes auxiliares (óleos lubrificantes, óleos hidráulicos, graxas, etc.), utilizados nos processos de usinagem, possuem potencial altamente perigoso de poluição ao solo, ar, água, além de sério risco à saúde do operador. Os diferentes procedimentos no âmbito desse processo de produção resultam numa variedade de resíduos, emissões e materiais de refugo (DIAS *et al.*, 2001).

7.3.1 Do fluido de corte

Os benefícios tecnológicos que as utilizações dos fluidos de corte proporcionam aos processos de usinagem são inegáveis. Contudo, vistos sob os aspectos ambientais, são agentes nocivos e uma das principais problemáticas relacionadas a manufatura (DIAS *et al.*, 2001).

Segundo Teixeira (2007, apud Gonçalves, 2008) devido aos aspectos toxicológicos, às condições de manuseio e uso, os fluidos de corte possuem

elevado potencial de impacto ambiental e ameaça à saúde do trabalhador. Como pode ser observado no quadro 1.

QUADRO 1: Principais riscos ambientais decorrentes do uso, manuseio e descarte de fluidos de corte em processos de usinagem.

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 e contato com a pele do operador, vazamentos para rede de coleta de esgoto, formação de névoa e vapores, formação de lamas de retificação	Irritações na pele (dermatitis 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 de resíduos de fluido de corte	Vazamentos de resíduos para o meio ambiente	Contaminação de rios e solos

Fonte: DIAS A. M. P., 2000

7.3.2 Contaminação do solo, água e atmosfera

De acordo com Bianchi *et al.* (2010, *apud* GONÇALVES; *et al.*, 2010) existem diversos modos de ocorrer a contaminação do meio ambiente a partir dos fluidos de corte, alguns possíveis modos de contaminação do solo e das águas podem decorrer de vazamentos e perdas, emissões, água de lavagens e da própria disposição dos fluidos de corte.

Após a usinagem, os cavacos ficam contaminados com resíduos de fluidos de corte, pois os aditivos utilizados muitas vezes não permitem a refusão dos cavacos e em muitas empresas a armazenagem dessas partículas são feitas em depósitos a céu aberto, permitindo que a água das chuvas arraste para o solo, para o sistemas de água fluvial e subterrâneo diversos contaminantes e compostos constituintes dos fluidos de corte que são solúveis ou emulsionáveis em água (DIAS *et al.*, 2001).

Custos elevados de disposição final e tratamento de fluidos de corte, aliados à ineficiência dos órgãos de fiscalização e controle de resíduos

industriais, servem de estímulo para que usuários procedam de maneira inadequada no momento do descarte, lançando resíduos de fluidos de corte em rios, lagos e terrenos baldios, comprometendo a qualidade da água e do solo (DIAS, 2000).

Parte dos vapores e névoa gerados no ambiente de trabalho frequentemente extrapolam os limites da fábrica contaminando a atmosfera de regiões vizinhas, e em muitos casos são carregados pela água das chuvas até o solo (MARANO *et al.*, 1997 apud DIAS; *et al.*, 2001).

Segundo Gonçalves (2008), a quantidade de fluido que escapa da zona de corte para o ambiente fabril depende fortemente das propriedades do fluido e dos parâmetros operacionais de usinagem, sendo essencial entender o mecanismo de fuga das emissões, assim como, a determinação da quantidade emitida.

7.3.3 Problemas de saúde

De acordo com Catai *et al.* (2004), para que a segurança do trabalhador seja preservada, determinados cuidados, como a mínima higiene exigida quando em contato com esses produtos, precisam receber atenção no setor industrial.

Segundo Tessaro (2008), a alcalinidade desses fluidos, o que acomete na eliminação de óleos e gorduras da pele responsáveis pelo efeito protetor, simplificando a entrada de microrganismos e partículas em regiões mais profundas. A presença desses compostos indesejáveis dentro da pele pode causar pequenas fissuras que acabam piorando a situação.

Catai *et al.* (2007, tradução nossa) comenta que a exposição da pele e partículas de suor aos fluidos de corte, bem como sua inalação, pode acarretar no desenvolvimento de problemas digestivos e respiratórios.

Conforme Tessaro (2008), alguns óleos possuem substâncias carcinogênicas como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. A presença de aminas, nitratos e nitritos nesses fluidos são responsáveis pela formação de

nitrosaminas que estão relacionadas também ao câncer, principalmente de rins, bexiga e fígado.

Outro problema notável à saúde humana oriundo da utilização dos fluidos de corte é a manutenção da limpeza dentro do setor fabril. A região ao redor das máquinas-ferramentas é, normalmente, muito poluída com respingos de tais compostos, deixando o chão escorregadio e colaborando para acidentes laborais (PEGADO, 2004).

Algumas medidas preventivas como uso de cremes protetores e a adoção de EPIs (equipamentos de proteção individual) adequados podem minimizar o risco de contaminação do operador (LISBOA *et al.*, 2013).

7.4 Regulamentação

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou a Comissão de Estudo Especial Temporário de Resíduos Sólidos (CEET-00.01.3), com o intuito de revisar e aperfeiçoar a ABNT NBR 10004:1987, que dispõe sobre a classificação e gerenciamento de resíduos sólidos (ABNT NBR 10004:2004).

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT NBR 10004:2004).

Os resíduos são classificados em duas categorias, sendo uma delas subdividida em outras duas. São elas: a) classe I: perigosos; b) classe II: não perigosos (classe II A: não inertes; classe II B: inertes).

Para classificação dos resíduos, são considerados o processo que os deu origem, seus constituintes e características, e a relação desses componentes com a lista de resíduos e substâncias que possuem seus riscos conhecidos (ABNT NBR 10004:2004).

Segundo a ABNT NBR 10004:2004, os fluidos de corte se encaixam nos resíduos de classe I: perigosos, conforme quadro 2:

Quadro 2: Resíduos classe I

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F100	Óleos de isolamento térmico ou de refrigeração usados. Fluidos dielétricos, equipamentos, materiais e resíduos contaminados com bifenilas policloradas (PCB)	Bifenilas policloradas (PCB)	Tóxico
F130	Óleo lubrificante usado ou contaminado	Não aplicável	Tóxico
F230	Fluido e óleo hidráulico usado	Não aplicável	Tóxico
F330	Óleo de corte e usinagem usado	Não aplicável	Tóxico
F430	Óleos usados em isolamento elétrico, térmico ou de refrigeração	Não aplicável	Tóxico
NOTA Não aplicável - Termo empregado quando o resíduo enquadra-se como perigoso pela presença de um grande número de constituintes perigosos ou pelo efeito do conjunto destes.			

.Fonte: ABNT NBR 10004:2004

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre as condições padrão de lançamento de efluentes. Na seção III, que define as condições e padrões para efluentes de sistema de tratamento de esgoto sanitário, no art. 21 inciso I parágrafo 1º, diz que:

As condições e padrões de lançamento relacionados na Seção II, art. 16, incisos I e II desta Resolução, poderão ser aplicáveis aos sistemas de tratamento de esgotos sanitários, a critério do órgão ambiental competente, em função das características locais, não sendo exigível o padrão de nitrogênio amoniacal total (CONAMA, 2011).

O art. 16 discorre sobre as condições e padrões de efluentes de qualquer fonte poluidora, para lançamento nos recursos hídrico. O inciso I , estabelece algumas condições para esse lançamento, tais como:

I - condições de lançamento de efluentes: a) pH entre 5 a 9; b) temperatura: inferior a 40° C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3° C no limite da zona de mistura; c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes; d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente; e) óleos e graxas: 1. óleos minerais: até 20 mg/L; 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L; f) ausência de materiais flutuantes; e g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20° C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do

corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor; (CONAMA, 2011).

O inciso II, estabelece também alguns padrões de lançamento de efluentes, conforme, verifica-se na tabela 1.

Tabela 1 – Padrões de lançamento de efluentes.

TABELA I	
Parâmetros inorgânicos	Valores máximos
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total (Não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr+6
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr+3
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe

Fonte: CONAMA, 2011.

7.5 Detecção de contaminantes

7.5.1 Óleos e graxas

O procedimento de Soxhlet pode ser utilizado quando pretende-se determinar a presença de hidrocarbonetos pesados e parcialmente polares ou quando a concentração de graxas não voláteis passam do limite de solubilidade do meio (WEALKENS, 2010).

Constantino *et al.* (2011) comentam que o extrator de Soxhlet é muito efetivo para a extração de componentes não voláteis em misturas sólidas, contudo também pode ser usado em misturas líquidas, na qual se deve usar um solvente que não seja miscível com o líquido da mistura, formando duas fases de líquidos.

7.5.2 Íons metálicos

Como método para detecção de íons metálicos, Paye *et al.* (2010) utilizaram a espectrometria de emissão ótica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), apresentando bons resultados em sua pesquisa.

Conforme Hou e Jones (2000, tradução nossa), as principais vantagens do ICP sobre outros métodos analíticos estão em sua eficiente capacidade de vaporização, atomização, excitação e ionização de uma vasta gama de elementos, além de permitir a análise de várias amostras simultaneamente. Isso é devido à alta temperatura que sua chama de plasma opera (6000-7000 K), que também permite que as análises sejam aplicadas em elementos refratários (ponto de ebulição acima de 2700 °C).

Outro método utilizado para detecção desse tipo de contaminante é apresentado por Queissada *et al.* (2011), no qual citam um procedimento baseado em precipitação química para retirada de íons metálicos do efluente de uma indústria metalmeccânica.

7.6 Tratamento do resíduo e descarte adequado

Segundo König (1980, *apud* GONÇALVES; *et al.*, 2010), em decorrência das fortes pressões exercidas pelas leis ecológicas, o despejo correto dos resíduos ganha uma importância crescente no meio industrial.

De acordo com Fogo (2008) e Gonçalves *et al.* (2010), os processos de descarte de emulsões podem ser divididos em físicos, físico-químicos e biológicos. Porém, devido à presença de biocidas nos materiais de análise, o último não se torna viável. A seleção do procedimento depende do estado da emulsão, de sua composição e do custo envolvido.

Todos os processos têm em comum os seguintes estágios: quebra da emulsão, separação do óleo e tratamento da água separada. A fase aquosa resultante, após sua neutralização, deve estar de acordo com a legislação para o posterior descarte. A fase oleosa separada é removida e tratada como um fluido integral (GONÇALVES; *et al.*, 2010).

O primeiro tipo de tratamento a ser realizado é o físico, pois é nele que os materiais insolúveis em suspensão e/ou sedimentados são removidos a partir de peneiras, grades e tanques próprios para a remoção de óleos e gorduras. Além desses métodos, existem a ultrafiltração e a quebra térmica. Na ultrafiltração a emulsão circula através de permeadores, os quais possuem membranas tubulares, cujos poros controlados impedem a passagem das

moléculas de óleo, efetuando a quebra da emulsão. Já no processo de quebra térmica, a separação da fase oleosa e aquosa dá-se por intermédio do aquecimento da emulsão e, conseqüentemente, da evaporação da fase aquosa (FOGO, 2008; GONÇALVES *et al.*, 2010).

Após a etapa anterior, vem o tratamento físico-químico, que consiste na formação de compostos insolúveis através da utilização de coagulantes (usualmente, sulfato de alumínio ou cloreto férrico), e/ou variação no pH da parte líquida. Esse procedimento se aplica em partículas coloidais, suspensões, metais pesados, corantes, óleos e alguns compostos tóxicos (FOGO, 2008).

As emulsões água-óleo têm suas estabilidades conferidas devido à ação de surfactantes, que possuem tanto regiões polares quanto apolares e que se ligam, respectivamente, com a água e a gotícula de óleo. Esse arranjo também gera uma barreira eletrostática, que evita a aproximação das partículas oleosas pela presença da parte hidrofílica (GUIMARÃES, 2013).

A turbidez presenciada pelas águas é uma característica oriunda da repulsão eletrostática conferida a duas partículas coloidais de mesma carga, gerando um campo energético denominado potencial zeta. Quando os coagulantes químicos reagem com a basicidade do líquido, hidróxidos, que reduzem o potencial zeta entre as partículas a quase zero são formados (FOGO, 2008).

Na eletrofloculação, um método de tratamento físico-químico conhecido desde o século XIX, a coagulação ocorre através de um reator eletroquímico. A razão para sua eficiência está na formação de partículas gasosas de hidrogênio no catodo e de oxigênio no anodo, carregando para a superfície partículas menos densas que a água, solubilizadas no meio (FORNARI, 2007).

De acordo com Fornari (2007), as melhores reações são aquelas presenciadas por eletrodos de alumínio (mais eficaz) ou ferro, já que quando íons de alumínio interagem com moléculas de água, ocorre a produção de hidróxido de alumínio (Al(OH)_3) e essa substância permite a formação de complexos, os quais são responsáveis pela retirada de contaminantes do meio,

gerando coágulos maiores e mais pesados. Contudo, a eficiência do processo com alumínio é influenciada pelo pH do meio, que, segundo Hold *et al.* (2002 *apud* MORAES, 2013) essa faixa ideal para a formação do $\text{Al}(\text{OH})_3$ é entre 6,5 e 7,0.

Foco e Terán (2007) adicionaram cloreto de sódio em seus experimentos por eletrofloculação para aumentar a condutividade elétrica do meio devido a formação dos íons Cl^- e Na^+ na dissociação do sal. Com 5 g/L, pode-se diminuir consideravelmente a voltagem aplicada no sistema, todavia a quantia de sólidos suspensos foi reduzida enquanto a de sólidos dissolvidos aumentada, fator que prejudica a eficiência do método.

8. METODOLOGIA

Para a execução da presente pesquisa, faz-se necessário não somente as análises laboratoriais, mas também a colaboração dos operários, os quais utilizarão a peça a ser lavada durante todo o expediente de um determinado dia de trabalho. Ao fim deste dia deverão colocar a peça em um saco plástico, o qual será recolhido para ser realizada a lavagem e as devidas análises da água.

As lavagens serão realizadas com a peça inteira de roupa, utilizando-se sabão em pó sem lipase e água deionizada em um sistema de agitação manual por 10 minutos, seguido de um descanso da peça durante outros 10 minutos. Na sequência, haverá uma nova etapa de agitação por 10 minutos adicionais, além do processo de enxague. O processo de agitação consiste na realização de movimentos circulares com o auxílio de um bastão, afim de assemelhar a lavagem laboratorial com a realizada nas casas por uma máquina de lavar.

Logo após a lavagem, será feita a evaporação de parte da água, a fim de facilitar as análises. Esta evaporação ocorrerá por meio de um sistema de banho maria, com o objetivo de concentrar os possíveis íons metálicos e resíduos oleosos na amostra.

Como método analítico para quantificação de íons metálicos será utilizado a espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado

(ICP-OES). Caso este método seja inviável será utilizado a técnica de precipitação química, que consiste em utilizar um béquer de 1 L com 400 mL de efluente e adicionar uma solução concentrada de hidróxido de sódio (NaOH) como agente precipitante em constante agitação (1.800 a 2.200 rpm) até o pH do meio atingir 7,5 (valor em que a pesquisa apresentou melhores resultados) (QUEISSADA *et al.*, 2011).

Já para a análise quantitativa de óleos e graxas será utilizada a extração de Soxhlet, a qual será utilizada para separar o óleo dos demais componentes, permitindo, assim, quantificá-lo. Um solvente apolar volátil menos denso que a água será utilizado, pois o mesmo será pingado sobre a solução e deverá passar por toda ela, da parte superior para a inferior, para que faça contato com todas as moléculas de ácido graxo, formando suas ligações e as carregando para fora da solução. Logo após, fara-se uso de um rotoevaporador ou um sistema de destilação convencional para a retirada de tal solvente da amostra final.

A concentração de óleo após o procedimento pode ser estimada através da seguinte equação, na qual: P1 = peso do balão de fundo chato contendo toda a amostra e P2 = peso do balão de fundo chato após a extração do óleo (GUIMARÃES, 2013):

$$\text{Óleo (mg/L ou ppm)} = [(P_1 - P_2) \times 10000] / \text{Volume da amostra}$$

Com a intenção de diminuir as fontes de erro, serão feitas lavagens com as roupa de dois ou três trabalhadores, as quais foram utilizadas em um mesmo dia de trabalho e os métodos analíticos serão realizados em triplicata.

A separação dos resíduos será feita por eletrofloculação, a qual utiliza eletrodos de alumínio ligados a uma bateria entre 4 e 9 volts, os quais estarão submersos no efluente, que acarretarão na floculação de partículas leves e sedimentação de partículas pesadas. Os tratamentos desses resíduos serão determinados durante a realização da pesquisa.

9. CRONOGRAMA

Período (mês) / Atividade	Março	Abril	Maió	Junho	Julho
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X
Coleta das amostras		X			
Lavagem da roupa de acordo com a metodologia adotada		X			
Aplicação dos métodos analíticos		X	X		
Comparar os dados das concentrações obtidas com aquelas regidas pela lei			X	X	
Executar os métodos de tratamento			X	X	
Comparar a concentração dos contaminantes antes e depois do tratamento				X	
Elaboração do artigo científico		X	X	X	X
Organização dos slides				X	X

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

BANNEMANN, R. B. **Proposta de Gestão Ambiental para Indústria Metal Mecânica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - Rio Grande do Sul, 2012.

BIERMANN, M. J. E. **Gestão de Fluidos de Usinagem**. Disponível em: <https://lcsime.files.wordpress.com/2013/01/fluido_de_usinagem.pdf>. Acesso em: 4 de Novembro de 2015.

BORGES, J. B. **Módulo III: Usinagem Básica**. Material instrucional. CEFET, Santa Catarina: Unidade Araranguá, 2009.

CATAI, R. E. *et al.*, **Dermatoses, um sério problema para a saúde dos trabalhadores dentro das indústrias**. SIMPEP, XI, Bauru – São Paulo, 2004.

CATAI, R. E. *et al.*, **Studies on the Cooling Minimum Quantity and Conventional Cooling at Hardened Steels in Grinding Process**. Tradução de Claudio Eliézer Pomianowsky. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, v. 29, n. 2, p. 136-141, 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 30 de Janeiro de 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Nº 001/1986, de 23 de janeiro de 1986**. Critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>> Acesso em: 27 de janeiro de 2016.

CONSTANTINO, M. G.; SILVA, G. V. J.; DONATE, P. M. **FUNDAMENTOS DE QUÍMICA EXPERIMENTAL**. 2ª edição. Edusp, p. 278, São Paulo – SP, 2011.

COSTA, É. S.; SANTOS, D. J. **Disciplina: Processos de Usinagem**. Centro Federal de Educação Tecnológica, Curso Técnico em Eletromecânica, Divinópolis – Minas Gerais, 2006.

DIAS, A. M. P. **Avaliação ambiental de fluidos de corte utilizados em processos convencionais de usinagem**. Dissertação (mestrado em engenharia ambiental) – Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental, 118p. UFSC, Florianópolis – Santa Catarina, 2000.

DIAS, A. M.P. SOARES, S. R. SHOROETER, R. B. WEINGAERTNER, W. L. TEIXEIRA, C. R. **Aspecto nocivos de fluidos de corte utilizados em processos convencionais de usinagem.** In: 1º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Curitiba - Paraná. Anais, 2001

DINIZ, A. E. *et al.* **Tecnologia da Usinagem de Materiais.** São Paulo: MM Editora, 1999.

FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais.** São Carlos: Editora Blucher, 1977.

FOCO, M. L. R.; TERÁN, F. J. C. **Avaliação do efeito da condutividade na eletro-coagulação-flotação aplicada ao tratamento físico-químico de águas residuárias.** Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 28, n.2, p. 99-106, Londrina – Paraná, 2007.

FOGO, F. C. **Avaliação e critério de eficiência nos processos de tratamento de fluido de corte por eletrofloculação.** Dissertação (mestre em química analítica) - USP, São Carlos, São Paulo, 2008.

FORNARI, M. M. T. **APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ELETRO-FLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE CURTUME.** Dissertação (mestre em engenharia química) - UNIOESTE, Toledo - Paraná, 2007.

GUIMARÃES, P. S. **TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS ORIUNDAS DA PURIFICAÇÃO DO BIODIESEL POR COAGULAÇÃO EMPREGANDO SULFATO DE ALUMÍNIO E QUITOSANA: AVALIAÇÃO PRELIMINAR.** Dissertação (mestrado em engenharia ambiental e recursos hídricos) - UnB, Brasília - Distrito Federal, 2013.

GONÇALVES, P. S. C. **Boas práticas ambientais na utilização de fluidos de corte nos processos de usinagem.** Dissertação (mestrado em engenharia mecânica), 150p. UNESP – Campus Bauru, Bauru – São Paulo, 2008.

GONÇALVES, B. B.; YAGINUMA, G. F.; YAMAMOTO, M. K. **Óleos de usinagem: tipos, classificação e desempenho.** Dissertação (mestrado em engenharia mecânica)- 13p. Universidade de engenharia da UNESP- Campus Bauru, Bauru – São Paulo, 2010.

HOU, X.; JONES, B. T. **Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry.** Tradução de Claudio Eliézer Pomianowsky. In: Encyclopedia of Analytical Chemistry. Wake Forest University, Winston-Salem, USA. 9468–9485 p., 2000.

LISBOA, F. C.; MORAES, J. J. B.; HIRASHITA, M. A. **FLUIDOS DE CORTE: UMA NOVA ABORDAGEM GERAL E NOVAS TENDÊNCIAS.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção XXXI, Salvador, Bahia. p. 1-16, 2013.

MACHADO, A. R. *et al.* **Teoria da Usinagem dos Materiais**. 1ª edição. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Água: Um recurso cada vez mais ameaçado**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf>. Acesso em: 01 de Dezembro de 2015.

MONTEIRO, M. I. **Tratamento de Efluentes Oleosos Provenientes da Indústria Metal-mecânica e seu Reúso**. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial) – Escola de Engenharia Química de Lorena, USP. Lorena, São Paulo, 2006.

MORAES, R. **ELETROFLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA SUBMETIDA A PRÉ-DIGESTÃO ANAERÓBIA**. Dissertação, Programa de pós-graduação em engenharia de alimentos - URI, Erechim – Rio Grande do Sul, 2013.

PAYE, H. S. *et al.*, **VALORES DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE PARA METAIS PESADOS EM SOLOS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34 n.6, p. 2041-2051, Nov./Dec. 2010.

PEGADO, R. M. **Novas Formulações de Lubrificantes á Partir de óleos Básicos Regionais**. 83 p. Monografia (Engenharia de Processos e Processo de Separação) – UFRN, Natal - Rio Grande do Norte, 2004.

QUEISSADA, D. D.; SILVA, F. T.; PAIVA, T. C. B. **Tratamentos integrados em efluente metal-mecânico: precipitação química e biotratamento em reator do tipo air-lift**. V. 16, n. 11, p. 181-188 – Departamento de Biotecnologia, Escola de Engenharia de Lorena, Lorena - São Paulo, abr./jun. 2011.

SOUZA, A. J. **Processos de Fabricação por Usinagem, Parte 1**. Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

TESSARO, E. P. **Avaliação de processos oxidativos para o tratamento ambientalmente adequado de fluidos de corte**. 96 p. Dissertação (mestrado em química) - USP, São Carlos - São Paulo, 2008.

WEALKENS, B. E. **Tratamento de efluentes industriais mediante a aplicação de argila organofílica e carvão ativo granular**. 117 p. Dissertação (mestrado em engenharia hidráulica e sanitária) - USP, São Carlos - São Paulo, 2010.

APÊNDICE 1

O torneamento é destinado à obtenção de superfícies de revolução, sendo esta obtida através de uma ou mais ferramentas monocortantes. Já o fresamento é destinado à obtenção de superfície quaisquer, sendo esta obtida através de ferramentas geralmente multicortantes (Borges, 2009).

Borges (2009) afirma que a furação é destinada a obtenção de um furo na peça, o qual normalmente é cilíndrico e obtido com auxílio de uma ferramenta multicortante. A retificação é o processo de usinagem que a partir de uma ferramenta abrasiva de revolução se obtêm superfícies e o mandrilamento processo que, a partir de uma ou várias ferramentas de barra se obtêm superfícies de revolução.

Segundo Borges (2009) brunimento é o processo empregado no acabamento dos furos cilíndricos de revolução, o qual é feito por abrasão. Serramento é o processo no qual a partir de ferramentas multicortantes com espessura fina se obtêm seccionamento ou recorte. Roscamento é o processo mecânico que, por meio de aberturas de um ou vários sucros helicoidais de passo uniforme, em superfície cilíndrica ou cônicas de revolução se obtêm filete.

Aplainamento é o processo de usinagem no qual se deseja obter superfícies regradadas, a qual é obtida através de movimentos retilíneos alternativos da peça ou ferramenta, podendo este ser aplainamento tanto vertical quanto horizontal. Alargamento é o processo destinado ao desbaste, acabamento de furo e/ou ao cônicos obtido geralmente através de uma ferramenta multicortante (Borges, 2009).