

*
30/01/02

Tânia Daniela Lopes da Rocha Fontes



**LEITURA
INTERNA**

**GESTÃO INTEGRADA EM OPERAÇÕES DE
LIMPEZA INDUSTRIAL DE PEÇAS METÁLICAS**

Porto, 2001

UNIVERSITY
OF CALIFORNIA
LIBRARY

Tânia Daniela Lopes da Rocha Fontes



**GESTÃO INTEGRADA EM OPERAÇÕES DE
LIMPEZA INDUSTRIAL DE PEÇAS METÁLICAS**

Porto, 2001

Tânia Daniela Lopes da Rocha Fontes

**GESTÃO INTEGRADA EM OPERAÇÕES DE
LIMPEZA INDUSTRIAL DE PEÇAS METÁLICAS**

Monografia apresentada à Universidade
Fernando Pessoa como parte dos requisitos
para a obtenção do grau de licenciado em
Engenharia do Ambiente.

Tânia Daniela Lopes da Rocha Fontes

Aos meus pais

Ao meu irmão

À minha avó

Agradeço à Eng. Eduarda Silva pela motivação na escolha do tema e pela disponibilidade prestada.

Agradeço à Eng. Alzira Dinis pelo apoio na leitura crítica do trabalho.

Agradeço a colaboração das empresas visitadas e das publicações cedidas nomeadamente pelas instituições do CATIM, EPA e CETIM.

Agradeço a todos os amigos e colegas nomeadamente os da universidade e os da Unidade de Apoio Tecnológico de Ambiente e de Higiene e Segurança do CATIM que se mostraram interessados no meu trabalho e que desta forma contribuíram para a sua concretização.

Agradeço à Universidade Fernando Pessoa e aos docentes do curso de Engenharia do Ambiente pela formação e conhecimentos adquiridos nos últimos cinco anos de vida académica.

OBRIGADO a todos.

RESUMO

Inserida no sector dos tratamentos de superfície, a actividade de limpeza industrial de peças integra os processos de desengorduramento, lavagem e secagem. Neste trabalho abordaram-se as principais técnicas de limpeza de peças utilizadas em ambiente industrial e alguns aspectos a considerar na concepção de um sistema de limpeza. São apresentados os principais riscos industriais decorrentes do exercício desta actividade tendo em conta a saúde, higiene, segurança e ambiente, finalizando-se com uma avaliação económica do processo.

A selecção da técnica de limpeza deverá ter em conta o tipo de impureza a retirar, o processo e o nível de limpeza requerido à peça. A escolha dos agentes de limpeza utilizados, é uma questão essencial para a eficiência do processo, e deverá ter em conta o risco de utilização e eliminação, e eventuais investimentos para os minimizar. A diversidade e a complexidade dos processos e agentes de limpeza envolvidos, susceptíveis de provocarem graves riscos para o ambiente e para a saúde, higiene e segurança dos trabalhadores, deve ter em conta uma Gestão Integrada, com a adopção de medidas correctivas desde a fase de concepção do projecto e tendo em conta a convergência dos Sistemas de Gestão Industrial: qualidade, higiene, segurança e ambiente. O estudo de questões técnicas, regulamentares e económicas torna-se assim essencial, de modo a atingir a melhoria contínua com base no desenvolvimento sustentável.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE TABELAS.....	iv
GLOSSÁRIO.....	vi
I. - INTRODUÇÃO.....	1
II. - TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE.....	4
1. Enquadramento na Indústria Metalúrgica e Metalomecânica.....	4
III. - LIMPEZA INDUSTRIAL DE PEÇAS.....	7
1. Avaliação técnica.....	7
1.1. Classificação das técnicas de limpeza.....	7
1.2. Produtos.....	13
1.2.1. Principais famílias químicas de substâncias utilizadas na formulação de agentes de desengorduramento.....	15
1.2.2. Produtos aquosos.....	17
1.2.2.1. Produtos alcalinos.....	18
1.2.2.2. Produtos ácidos.....	19
1.2.3. Produtos semi-aquosos.....	19
1.2.4. Agentes de limpeza alternativos.....	21
1.2.4.1. Solventes de petróleo.....	21
1.2.4.2. Solventes clorados autorizados.....	21
1.2.4.3. Solventes à base hidroclorofluorcarbonetos (HFC's).....	21
1.2.4.4. Solventes à base de álcoois modificados (solventes oxigenados).....	22
1.2.4.5. Solventes à base de hidrofluorcarbonetos (HFC) ou hidrofluoréteres (HFE).....	22
1.3. Processos.....	23
1.3.1. Processos de desengorduramento a frio com solventes.....	25
1.3.2. Processos de desengorduramento a quente com solventes.....	26
1.3.3. Utilização a quente de solventes não clorados.....	28
1.3.4. Operações em fase aquosa.....	30
1.4. Aspectos a considerar na concepção de um sistema de limpeza.....	32
2. Riscos industriais.....	39
2.1. Saúde.....	42
2.2. Higiene e Segurança.....	45
2.2.1. Riscos mecânicos.....	45

2.2.2. Riscos ergonómicos	47
2.2.3. Ruído	48
2.2.4. Incêndio e explosão	50
2.2.5. Riscos eléctricos.....	52
2.2.6. Sistemas de ventilação	52
2.2.7. Ambientes térmicos.....	53
2.2.8. Iluminação.....	54
2.2.9. Riscos químicos	56
2.2.10. Equipamentos de protecção individual	59
2.2.11. Sinalização de segurança.....	60
2.3. Ambiente	62
2.3.1. Emissões gasosas	62
2.3.2. Águas de abastecimento	65
2.3.3. Efluentes líquidos.....	67
2.3.4. Resíduos	71
2.3.5. Energia	74
3. Avaliação económica	75
IV. - CONCLUSÃO.....	80
BIBLIOGRAFIA.....	82
ANEXOS	
ANEXOS A - Controlo das propriedades da superfícies	
ANEXOS B - Elementos de normalização	
ANEXOS C - Incompatibilidade na armazenagem de substâncias perigosas	
ANEXOS D - Frases de risco e de segurança	
ANEXOS E - Simbologia de perigo/classificação de perigosidade	
ANEXOS F - Ficha de dados de segurança para substâncias perigosas	
ANEXOS G - Projecto <i>Recycle</i>	
ANEXOS H - Sequências de limpeza	
ANEXOS I - Ficha de controlo interno de resíduos industriais	
ANEXOS J - Cálculo das taxas de utilização de captação e rejeição de águas	
ANEXOS L - Casos de estudo indústria dos tratamentos de superfície	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1. - Peças em linha para tratamento de superfície	4
Figura III.1. - Limpeza a vapor em ambiente fechado	8
Figura III.2. - Equipamento de limpeza com armazenamento de vapor.....	9
Figura III.3. - Mecanismo de detergência.....	9
Figura III.4. - Sistema de limpeza por ultra-sons	11
Figura III.5. - Sistema de limpeza com esferas de gelo.....	12
Figura III.6 - Sistemas de limpeza por jacto carbónico	13
Figura III.7. - Hidrocarboneto terpénico	20
Figura III.8. - Cetona heterocíclica.....	20
Figura III.9. - Sistema de limpeza de peças.....	33
Figura III.10. - Esquema de avaliação de riscos.....	39
Figura III.11. - Iluminação de um túnel de desengorduramento numa empresa	54
Figura III.12. - Armazenamento inadequado de produtos químicos	56
Figura III.13. - Rótulo tipo de um produto	57
Figura III.14. – Equipamentos de protecção individual - olhos, mãos e pés.....	59
Figura III.15. - Sinalização de segurança	61
Figura III.16. - Sistema de limpeza com solventes a vapor em ambiente fechado.....	64
Figura III.17. - Esquema de lavagem em contracorrente.....	65
Figura III.18. - Esquema de lavagem de um sistema de recuperação com retorno	66
Figura III.19. - Esquema de um sistema de lavagem de recuperação sem retorno.....	66
Figura III.20. - Águas de lavagem de um túnel de desengorduramento	67
Figura III.21. - Instalação de um desoleador num túnel de desengorduramento.....	68
Figura III.22. - Análise custo/benefício.....	76

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I.1. - Vantagens da implementação de técnicas de produção mais limpa.....	3
Tabela II.1. - Algumas actividades de tratamentos de superfície.....	5
Tabela III.1. - Produtos de desengorduramento aquoso	18
Tabela III.2. - Operações a frio com solventes orgânicos	25
Tabela III.3. - Operações a quente com solventes clorados	26
Tabela III.4. - Operações a quente com solventes não clorados.....	29
Tabela III.5. - Operações em fase aquosa.....	31
Tabela III.6. - Grelha de avaliação técnica das famílias químicas de desengorduramento	33
Tabela III.7. - Nível de qualidade exigido ao estado superficial das peças a desengordurar	34
Tabela III.8. - Adequação das famílias químicas, com as necessidades de limpeza	34
Tabela III.9. - Natureza das impurezas.....	35
Tabela III.10. - Eficácia das famílias químicas com as classes de impurezas.....	36
Tabela III.11. - Compatibilidade das famílias químicas, com os materiais de substrato metálico	37
Tabela III.12. - Auxiliar para a definição de um meio de colocação em cuba de solventes a frio	38
Tabela III.13. - Auxiliar na definição de um meio de colocação em cuba para operações com solventes em fase aquosa.....	38
Tabela III.14. - Identificação de riscos na actividade de limpeza de peças.....	41
Tabela III.15. - Aplicação de tecnologias de PML na actividade de limpeza em fase orgânica ..	42
Tabela III.16. - Substâncias extintoras mais adequadas às diferentes classes de fogo.....	50
Tabela III.17. - Tipo de lâmpadas	55
Tabela III.18. - Valores recomendáveis para a iluminação	55
Tabela III.19. – Equipamentos de protecção individual.....	59
Tabela III.20. - Cores de sinalização de segurança e saúde.....	61
Tabela III.21. - Principais aspectos ambientais na actividade de limpeza industrial de peças.....	62
Tabela III.22. - Características das águas residuais de linhas de limpeza industrial	68
Tabela III.23. - Valores limite de emissão na descarga de águas residuais.....	69
Tabela III.24. - Normas de descarga de águas residuais no sector dos tratamentos de superfície	
Tabela III.25. - Aplicação de tecnologias de produção mais limpa na actividade de lavagem	69

Tabela III.26. - Principais resíduos produzidos pela actividade de desengorduramento classificados com o código catálogo europeu de resíduos	72
Tabela III.27. - Grelha para apreciação económica	75

GLOSSÁRIO

ACV	Análise do Ciclo de Vida
AEP	Associação Empresarial de Portugal
AIMinho	Associação Industrial do Minho
AIMMAP	Associação dos Industriais Metalúrgicos e Metalomecânicos e Afins de Portugal
AIP	Associação Industrial Portuense
ALC	Álcoois
AR	Hidrocarbonetos aromáticos
AQU	Produtos Aquosos
CATIM	Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica
CE	Comunidade Europeia
CEE	Comunidade Económica Europeia
CER	Catálogo Europeu de Resíduos
CET	Cetonas
CETIM	<i>Centre Technique des Industries Mecaniques</i>
CFC 113	1,1,2 tricloro- 1,2,2 trifluoretano
CH	Hidrocarbonetos alifáticos
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CBO ₅	Carência Bioquímica de Oxigénio
CQO	Carência Química de Oxigénio
DRA	Direcção Regional do Ambiente
<u>EPI</u>	Equipamento de Protecção Individual
EST	Ésteres
ETH	Éteres
FEDER	Fundo Europeu de Desenvolvimento Económico Regional
FEMEVAL	<i>Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana</i>
HAL	Solventes halogenados
HCFC	Hidroclorofluorcarbonetos
HFC	Hidrofluorcarbonetos
HFE	Hidrofluoréteres
IDICT	Instituto de Desenvolvimento e Inspeção das Condições de Trabalho
INE	Instituto Nacional de Estatísticas

INETI	Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial
INRS	<i>Institut National de Recherche et de Sécurité</i>
IPPC	Prevenção e Controlo Integrado da Poluição
ISO	<i>Internacional Standard Organization</i>
IST	Instituto Superior Técnico
LIE	Limite Inferior de Explosividade
LSE	Limite Superior de Explosividade
NC	Norma de Construção
NMP	n-metil-pirrolidona
NP	Norma Portuguesa
OXY	Solventes oxigenados
PML	Produção Mais Limpa
RGCE	Regulamento de Gestão do Consumo de Energia
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SST	Sólidos Suspensos Totais
T111	1,1,1 tricloroetano
TER	Hidrocarbonetos terpénicos
<u>US-EPA</u>	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
VAB	Valor Acrescentado Bruto
VBP	Valor Bruto de Produção
VMA	Valor Máximo Admissível
VLE	Valor Limite de Exposição
VME	Valor Médio de Exposição

I. - INTRODUÇÃO

Por oposição à prevenção correctiva que visa a redução ou eliminação do risco detectado na fase de laboração, a prevenção integrada tem por objectivo considerar aspectos de segurança, higiene, ambiente e qualidade desde a fase inicial de concepção. A integração na fase de projecto de medidas de prevenção dos riscos profissionais e melhoria das condições de trabalho permite, segundo Fonseca *et al.* (1998), a optimização da sua eficácia, quer na redução dos custos, quer em função do aumento da produtividade e da qualidade, geradoras da melhoria da competitividade das empresas.

A crescente evolução tecnológica, a previsão de uma legislação cada vez mais restritiva e as crescentes preocupações dos cidadãos relativas ao estado de qualidade do ambiente e desempenho ambiental das empresas e produtos, não deixará de reflectir-se nos mecanismos de mercado pelo que, segundo Peneda *et al.*, (1995), não será possível atingir competitividade sustentável se as empresas ignorarem, nas suas estratégias comerciais, o perfil ecológico das suas unidades de negócio.

A interdependência das vertentes qualidade, ambiente e segurança, no contexto de uma mesma realidade industrial, tendo em vista garantir a sua produtividade e competitividade, exigem, segundo Lopes (1999), a adopção de políticas, objectivos, princípios, critérios, estruturas, organização e procedimentos, em síntese, sistemas de gestão ambiental e de segurança, numa abordagem integrada e de complementaridade, com fundamento nos princípios e filosofia da garantia da qualidade, condição essencial à abordagem da Gestão pela Qualidade Total, visando o desenvolvimento sustentável.

A implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) permitirá uma gestão efectiva e eficiente, integrada sistematicamente no trabalho quotidiano da empresa, permitindo transformar um sistema aleatório num sistema sistemático. As metodologias para implementação de programas de gestão ambiental devem estar baseadas na prevenção da poluição e num processo de melhoria contínuo, com o envolvimento de todos os níveis hierárquicos da empresa não só na consciencialização para a obrigatoriedade legal, mas também na adopção de medidas e atitudes pró-activas com o intuito de adaptação ambiental e melhoria contínua. Actualmente, as empresas têm ao seu dispor um conjunto variado de

instrumentos: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), Produção Mais Limpa (PML), Gestão Ambiental Preventiva, Eco-Marketing, Benchmarking, ISO 14000, Ecodesign, etc. estes são instrumentos que permitem solucionar sustentadamente os problemas ambientais das empresas actuando pela via mais económica sobre as causas e não apenas nos efeitos.

Dada a representatividade do sector dos tratamentos de superfície na economia nacional, assim como as elevadas quantidades de resíduos sólidos e efluentes líquidos gerados e sua potencial toxicidade, foi efectuada uma pesquisa bibliográfica exaustiva, foram consultadas entidades e foram visitadas empresas por forma a desenvolver uma abordagem integrada em torno da actividade de limpeza industrial de peças, consistindo nomeadamente na:

- i. Clarificação da base da problemática;
- ii. Apresentação de alternativas aos processos de limpeza tradicionais (com solventes) que permitam reduzir ou eliminar a poluição;
- iii. Avaliação dos processos e produtos químicos utilizados tendo em conta a qualidade final do produto;
- iv. Identificação e avaliação dos riscos profissionais tendo como base aspectos técnicos e regulamentares aplicáveis no domínio da saúde, higiene, segurança e ambiente;
- v. Identificação dos aspectos ambientais e realização de um levantamento de técnicas de PML;
- vi. Avaliação económica do processo.

Face ao aumento das restrições regulamentares que visam limitar a poluição industrial, as empresas são frequentemente prejudicadas devido à difusão de informações confusas ou incompletas fornecidas pelas autoridades responsáveis. Esta monografia pretende auxiliar o industrial que inclua nas suas linhas de produção a actividade de limpeza industrial de peças, por forma a não só contribuir para o aumento da qualidade final do produto, mas também para servir como manual de apoio para a resolução dos problemas de saúde, higiene, segurança e ambiente. A implementação das acções de melhoria apresentadas, as quais visam a introdução de medidas de PML, permitirão aos empresários aumentar a eficiência dos seus processos de fabrico. Este tipo de PML consiste num conjunto de soluções que variam no custo e esforço de implementação mas que acarretam inúmeras vantagens de natureza económica, social e estratégica (Tabela I.1.).

Tabela I.1. - Vantagens da implementação de técnicas de produção mais limpa (Peneda, 1997).

Vantagens económicas	<p>Poupança de matérias primas, água e energia; Redução dos custos de produção e do investimento em tecnologias de fim de linha; Economias geradas pelo eventual suprimento da aplicação de sistemas de tratamento ou aplicação de sistemas menos complexos; Melhoria da qualidade da produção por uma limitação de resíduos e peças defeituosas; Diminuição dos riscos de poluição accidental; Melhoria da manutenção; Diminuição das taxas de seguro; Maior facilidade de financiamentos; Desenvolvimento de tecnologias de ponta que podem ser exportadas.</p>
Vantagens Sociais	<p>Melhoria das condições de trabalho; Melhoria dos procedimentos e práticas internos da empresa; Melhoria da comunicação dentro da empresa e entre esta e o exterior.</p>
Vantagens Estratégicas	<p>Melhoria da imagem da empresa junto dos clientes e da população envolvente; Diminuição dos constrangimentos de localização industrial; Melhoria da competitividade em relação à concorrência; Preparação para o futuro estreitamento da regulamentação; Maior facilidade no cumprimento da legislação.</p>

As medidas de melhoria incluem desde boas práticas e redução do consumo de recursos a tecnologias mais limpas de produção, minimização dos impactes ambientais e reciclagem, necessitando de alguns princípios básicos para uma melhor implementação. Esses princípios passam por uma sensibilização e formação dos responsáveis para as questões ambientais, bem como de todo o pessoal; pela implementação de boas práticas de gestão; pela melhoria do processo de produção; e pela concepção de produtos ecológicos. As medidas de melhoria propostas devem ser aplicadas sobre os aspectos que tenham impactos ambientais mais significativos. Estas melhorias irão permitir uma maior facilidade no cumprimento da legislação.

II. - TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE

Em função do tipo de produto final desejado são aplicados tratamentos de superfície específicos, sendo necessário controlar um vasto conjunto de operações. O presente capítulo aborda sumariamente os principais aspectos práticos associados às actividades de tratamentos de superfície.

1. Enquadramento na Indústria Metalúrgica e Metalomecânica

O sector metalúrgico e metalomecânico abrange os sub-sectores da indústria metalúrgica de base, fabricação de máquinas e equipamentos, fabricação de material de transporte e fabricação de produtos metálicos, correspondendo o Valor Bruto da Produção (VBP) deste último, a 73% do sector e 45% do emprego ao serviço no sector (EUROPÁGINAS, 2001). Responsável por cerca de 5% do emprego e cerca de 5% do Valor Acrescentado Bruto (VAB) da economia portuguesa, o sector metalúrgico e metalomecânico concentra-se essencialmente nos distritos do Porto, Braga, Aveiro, Lisboa, Leiria e Setúbal. Cerca de 97% das empresas deste sector empregam menos de 100 trabalhadores, sendo este aspecto responsável pela existência de 19 183 empresas e 181 171 postos de trabalho em 1997. Com uma facturação global de 2 524 milhões de contos e 674 milhões de contos de VAB (dados de 1997), os principais parceiros comerciais são a Espanha, Alemanha, França, Reino Unido e Itália (EUROPÁGINAS, 2001).

As actividades de tratamentos de superfície (Figura II.1.), inserem-se no ciclo fabril de grandes e médias empresas do ramo metalúrgico e metalomecânico, mas constituem também uma operação fabril de um grande número de empresas de pequena dimensão.

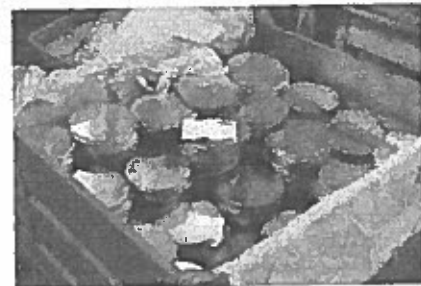


Figura II.1. - Peças em linha para tratamento de superfície.

Segundo uma classificação do Instituto Nacional de Estatística (INE), (Gonçalves *et al.*, 1989), o sector dos tratamentos de superfície engloba as empresas metalúrgicas e metalomecânicas dos seguintes ramos:

- indústrias básicas de ferro e aço;
- indústrias básicas de metais não ferrosos;

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

- cutelarias;
- fabricação de mobiliário metálico e seus acessórios;
- fabricação de louça metálica;
- fabrico de pregos, parafusos e artigos de arame;
- fabrico de latoaria e embalagens metálicas;
- fabrico de outros produtos metálicos;
- fabrico de aparelhos de rádio, televisão e material de telecomunicações.

Existe uma grande variedade de técnicas de acabamento de superfícies de produtos metálicos que se utilizam para aumentar a resistência à corrosão, afinação e melhoria do aspecto da peça. Para um acabamento com qualidade, é essencial a realização de uma boa preparação da superfície do metal, um grau adequado de limpeza e a existência de condições químicas próprias. Mesmo os revestimentos mais caros terão uma adesão insuficiente, ou não conseguirão impedir a corrosão se a superfície não estiver convenientemente limpa (Auder Lda *et al.*, 2000). Para a aplicação dos tratamentos referidos é necessário, em primeiro lugar, preparar a superfície procedendo a uma limpeza. Para isso, aplicam-se diversos métodos tais como lixagem, polimento, desgorduramento, decapagem, etc., seguidos de uma lavagem e secagem adequadas, realizando-se depois os processos de tratamento propriamente ditos.

Na tabela II.1., são apresentadas algumas das actividades mais comuns no sector dos tratamentos de superfície, podendo as peças metálicas ser submetidas a outros processos de preparação e acabamento.

Tabela II.1. - Algumas actividades de tratamentos de superfície.

Actividades de preparação de superfícies		Actividade de tratamentos de superfícies	
Rebarbagem		Anodização	
Lixamento Grenalhagem			
Polimentos	Mecânico Vibração Calcamento	Cobertura de conversão química	Fosfatação Coloração Passivação
	Electrodeposição Químico	Electrodeposição	Cromagem Zincagem Cobreagem Niquelagem
Decapagem	Mecânica Química		
Desengorduramento	Fase orgânica Químico Electrolítico Ultra-sons	Pintura	

A preparação de superfícies pode ser realizada por processos físicos, químicos ou físico-químicos (<http://www.salvadorcaetano.pt/pt/tratamento>):

- i. Os processos físicos tais como a rebarbagem, o lixamento, a granelhagem e o polimento utilizam: ferramentas manuais (ex.: escovas de arame, raspadeiras, facas, martelos, lixas, etc.), ferramentas mecânicas (ex.: escovas rotativas, discos abrasivos, martelos de agulhas, ferramentas de impacto, etc.) e ferramentas térmicas ou sistemas de limpeza a jacto (projectão de abrasivos: metálicos, silicosos, sintéticos, não metálicos e agrícolas);
- ii. Nos processos químicos são utilizados sistemas onde ocorrem reacções químicas (ex.: soluções ácidas ou alcalinas) ou de electrolíse;
- iii. Nos processos físico-químicos, sendo os mais utilizados o desengorduramento (eliminação dos óleos e gorduras existentes na superfície) e a decapagem (eliminação dos produtos de corrosão, calamina e eventuais contaminantes presentes) são utilizados: solventes (ex.: álcoois, cetonas ou hidrocarbonetos clorados) ou detergentes (ex.: sais alcalinos, tensioactivos ou combinação de ambos).

III. - LIMPEZA INDUSTRIAL DE PEÇAS

Os processos de tratamentos de superfície incorporam ciclos de limpeza altamente sofisticados concebidos para a remoção de qualquer tipo de contaminante da superfície da peça a tratar, sendo rigorosamente controlados de modo a que não resulte uma danificação da superfície. Neste capítulo pretende-se integrar as componentes técnica, regulamentar e económica aplicáveis a esta actividade tendo em conta uma abordagem integrada do processo nomeadamente: Qualidade, Saúde, Higiene, Segurança e Ambiente.

1. Avaliação técnica

1.1. Classificação das técnicas de limpeza

Os processos de limpeza são aplicados numa elevada variedade de indústrias, nomeadamente na indústria metalomecânica no sector dos tratamentos de superfície para remoção de sujidades como sólidos, óleos, gorduras, etc.. As exigências requeridas às peças desengorduradas são muito variadas, mas elas dependem essencialmente da natureza da impureza a remover, da superfície a tratar e do nível de limpeza requerido à peça (International Labour Office, 1983). De acordo com Ganier *et al.* (1995), o desengorduramento é uma operação de preparação de superfície destinada a garantir uma realização óptima de operações tais como o controlo, fabricação, protecção contra a corrosão, pintura, revestimento da superfície, etc., sobre as peças de materiais metálicos ou plásticos, de formas e dimensões muito variadas e fabricadas em série. No tratamento de metais esta operação adquire uma importância significativa e que segundo Rodrigues *et al.* (1999), é a limpeza incompleta a principal causa de acabamentos com defeito. A selecção da operação de limpeza (desengorduramento, lavagem e secagem) adquire nesta perspectiva uma importância extrema, o que tem provocado nos últimos anos o desenvolvimento de novos métodos tais como a electrolimpeza, os ultra-sons e o ataque químico. Segundo o International Labour Office (1983), as técnicas de limpeza podem-se dividir em:

- i. limpeza orgânica com solventes líquidos ou a vapor;
- ii. limpeza com solventes seguros (com soluções alternativas aos solventes tradicionais);
- iii. limpeza com emulsões (aquosa);
- iv. limpeza com soluções alcalinas;
- v. limpeza por ultra-sons.

Os métodos de limpeza implicam geralmente a utilização de solventes que durante o processo estão na base de diversos problemas ambientais, nomeadamente no que diz respeito às emissões gasosas. A limpeza com solventes orgânicos minerais, halogenados ou não - desengorduramento em fase orgânica - realiza-se devido ao poder de solubilidade dos óleos (Ganier *et al.*, 1995). Existe um vasto conjunto de compostos disponíveis comercialmente que removem óleos, gorduras e ceras. Com o aumento da temperatura estes solventes sofrem decomposição e libertam vapores de ácido clorídrico pela acção da luz, sendo por isso dotados de estabilizadores. Estes solventes, apesar de não serem inflamáveis, possuem propriedades narcóticas e tóxicas (Rodrigues *et al.*, 1999). Na limpeza a vapor o solvente líquido é aquecido acima do ponto de ebulição passando à fase de vapor. A condensação do vapor na superfície a limpar forma gotas transmitindo as impurezas para o solvente (US-EPA, Federal Facilities Enforcement Office, 1996). A anexação de equipamentos à limpeza com solventes permite a redução significativa das emissões; no entanto, a limpeza em fase de vapor em ambiente fechado (Figura III.1.) permite a sua eliminação devido à utilização de

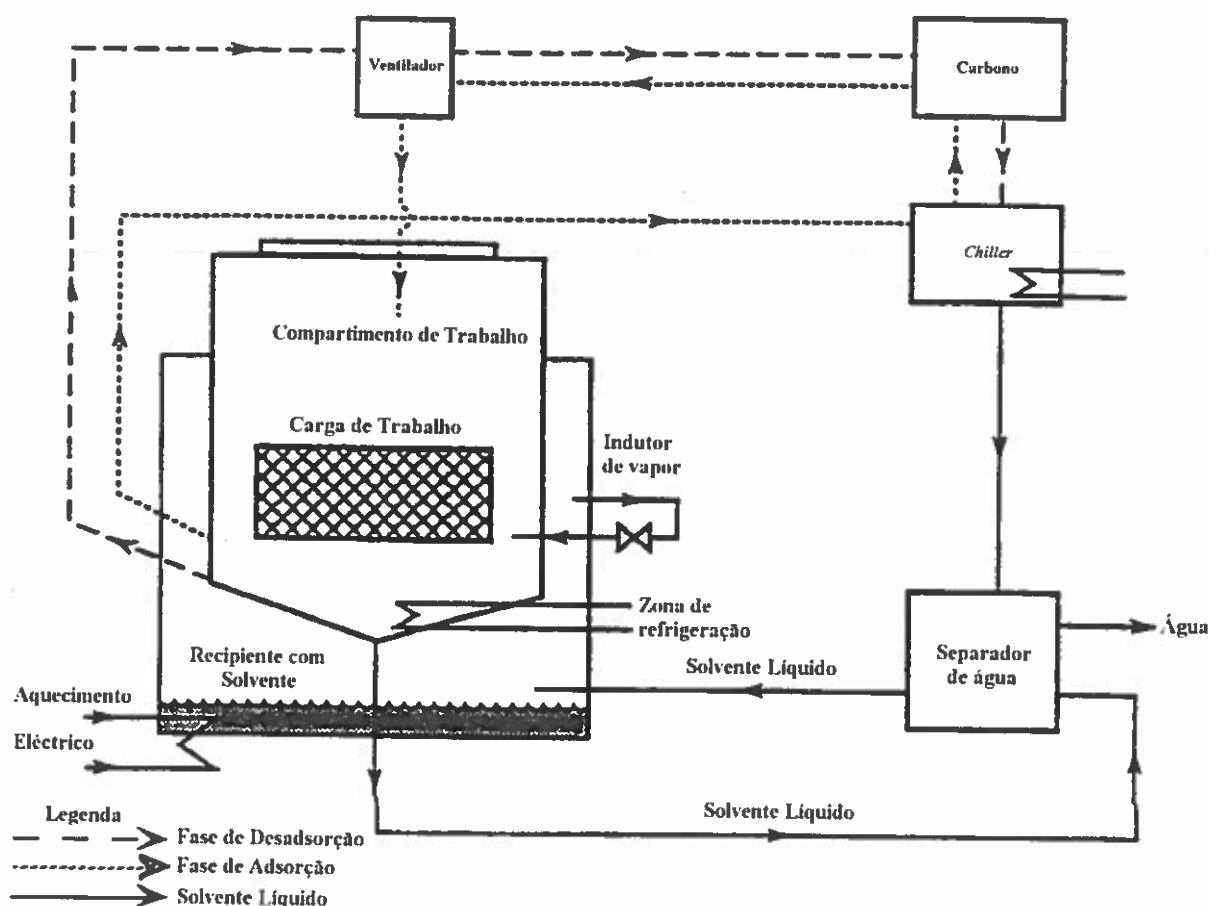


Figura III.1. - Limpeza a vapor em ambiente fechado (US-EPA, Office of Research and Development, 1994b)

equipamentos que possibilitam a sua reutilização. As peças são colocadas numa sala fechada e depois da limpeza completa o vapor de solvente é capturado com um *chilling* e com adsorção com carvão activado. Apesar de se tratar de um processo lento e dos custos de capital e das necessidades energéticas serem elevados, os custos operacionais são baixos.

A limpeza com armazenamento de vapor (Figura III.2.) é semelhante ao processo anterior utilizando no entanto, ar sob pressão e equipamento hermético para armazenar temporariamente vapor de solvente para um desengorduramento a vapor e retornar os vapores para reutilização (Hickman & Goltz, 1991 *cit. in* US-EPA, Office of Research and Development, 1994b). A utilização deste tipo de tecnologia permite reduzir a utilização de solventes que se perdem para o ambiente.

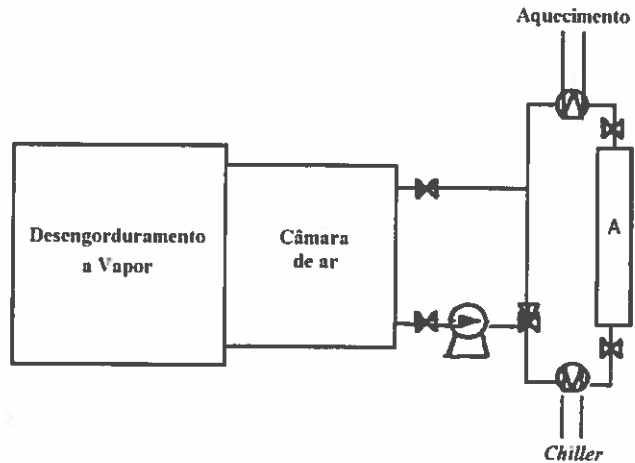


Figura III.2. – Equipamento de limpeza com armazenamento de vapor (US-EPA, Office of Research and Development, 1994b).

Outra técnica utilizada na limpeza de emulsões usa solventes orgânicos dispersos num meio aquoso com o auxílio de um agente emulsionante - desengorduramento aquoso. Esta técnica

baseia-se em processos físico-químicos complexos (Figura III.3.): molhagem da superfície metálica, descolagem da sujidade, fragmentação, dispersão e peptidização da sujidade, e saponificação dos lubrificantes (CETIM, 1999a). Segundo a

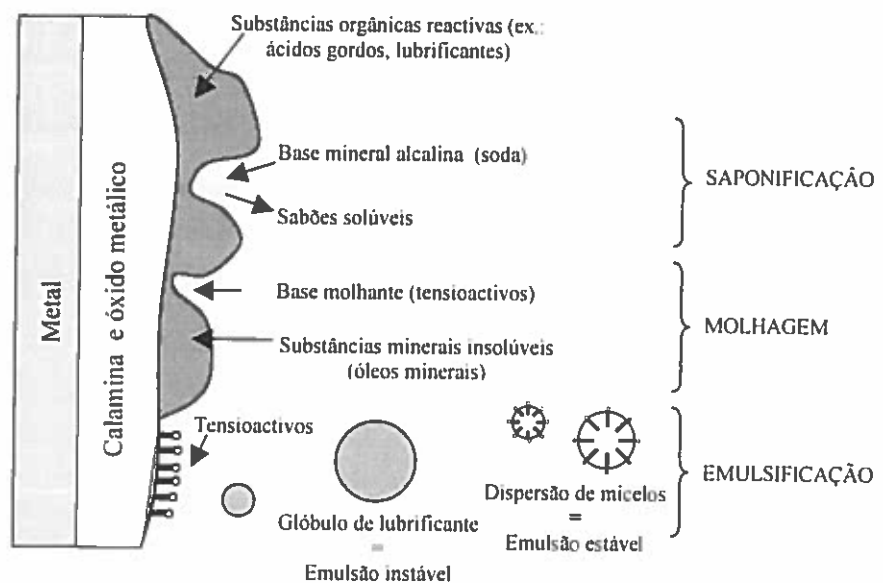


Figura III.3. – Mecanismo de detergentes (CETIM, 1999a).

US-EPA, Oficina de Conformidad (1995), o desengorduramento aquoso utiliza menos produtos químicos que o desengorduramento com solventes uma vez que a concentração é menor. Os riscos para a saúde são relativamente baixos podendo contudo existir substâncias orgânicas perigosas. Não existe risco de incêndio devido à não utilização de substâncias inflamáveis.

A limpeza alcalina pode ser utilizada para a eliminação de sujidades orgânicas e aplicada na remoção de contaminantes superficiais ou após limpeza com solventes. Este tipo de limpeza é efectuado imergindo as peças em tanques aquecidos por circulação de vapor, gás ou electricidade (Rodrigues *et al.*, 1999). São utilizados sais alcalinos como o carbonato de potássio, silicato de sódio e fosfato de sódio na preparação deste tipo de desengordurantes (<http://www.salvadorcaetano.pt/pt/tratamento>). São normalmente usadas misturas de diversos álcalis, sendo ainda adicionados outros materiais para facilitar a desfloculação e peptização de contaminantes coloidais e agentes surfactantes que provocam a diminuição da tensão superficial das soluções (Rodrigues *et al.*, 1999). A limpeza alcalina é acompanhada com frequência pela acção mecânica, ultra-sons ou por potencial eléctrico através, por exemplo, de limpeza electrolítica.

A limpeza com ácido pode ser utilizada para preparar a superfície dos produtos metálicos eliminando os óxidos e os contaminantes químicos. Frequentemente utilizam-se sais de ácido fluorídrico, denominados de activadores, em combinação com ácido fosfórico (<http://www.salvadorcaetano.pt/pt/tratamento>).

A limpeza electrolítica utiliza banhos alcalinos. Os banhos são semelhantes aos da limpeza alcalina mas utilizam uma concentração mais elevada de forma a aumentar a condutividade dos electrólitos aos quais é imposta uma corrente eléctrica (US-EPA, Office of Research and Development, 1994b).

Na limpeza por ultra-sons são utilizados um oscilador ultrasónico, um amplificador de potência, um transdutor para a conversão da energia eléctrica em energia acústica ou mecânica e um recipiente que contém o meio líquido de limpeza onde as peças são imersas (Figura III.4.). O tanque transdutor é construído em aço, com um elemento transdutor ligado ao fundo do tanque e que faz com que a energia ultrasónica suba directamente através do

tanque gerando frequências da ordem dos 25 a 40 kHz (<http://www.grecobrothers.com/ultrasonis.htm>). Geralmente são utilizados compostos clorados de hidrocarbonetos, como o tricloroetileno, o percloroetileno e o triclorofluoretano. Segundo Rodrigues *et al.* (1999) a adição de um agente tensioactivo permite aumentar a tensão superficial dos solventes e quando se adicionam pequenas porções de água forma-se uma mistura binária, que possui elevada capacidade para remover eficazmente as ceras, sabões e óleos dos compostos de polimento. Torna-se necessário controlar a frequência e o teor de matéria sólida suspensa no líquido de limpeza. Os custos são elevados, mas verificam-se maiores velocidades de tratamento e funcionalidade na limpeza.



Figura III.4. – Sistema de limpeza por ultra sons (<http://www.grecobrothers.com/ultrasonics.htm>).

A limpeza sob vácuo remove óleos de superfícies metálicas e permite a eliminação de solventes. Este processo utiliza calor e vácuo para vaporizar óleos. A temperatura de funcionamento deve ter em conta as zonas da peça onde o óleo deve ser removido variando entre os 99 e os 343°C, enquanto que o tempo do ciclo depende da carga de massa de sujidade e da pressão de vapor do óleo a remover sendo normalmente um processo lento (15 a 20 minutos) (US-EPA, Office of Research and Development, 1994b). Muitos dos equipamentos são fechados para a eliminação das emissões e para facilitar o enchimento da sala com o nitrogénio e/ou ar frio da remoção das partes superiores.

A limpeza a laser pode ser utilizada em superfícies metálicas e não-metálicas e permite a eliminação da utilização de solventes. Pequenos impulsos com elevado poder de radiação laser são utilizados aquecidos e vaporizados sobre o material a limpar. Forma-se uma nuvem densa de vapores quentes que condensam e recontaminam a superfície se não forem removidos rapidamente, sendo utilizado um gás inerte para prevenir a recontaminação pelo vapor (US-EPA, Office of Research and Development, 1994b). O processo de limpeza é rápido, energeticamente eficiente, e com esta tecnologia pode ser limpa uma pequena área sem afectar as restantes.

A limpeza com plasma é aplicável a superfícies metálicas e não-metálicas e permite eliminar a utilização de solventes. Esta técnica inclui deposição de vapor químico de plasma, gravação,

limpeza e modificação da superfície (US-EPA, Office of Research and Development, 1994b). Devido à natureza do processo é uma técnica de relativo baixo custo apropriada para a remoção de filmes contaminantes.

A limpeza com esferas de gelo (Figura III.5.), permite a substituição dos produtos solventes e aquosos suprimindo os resíduos gerados por estes produtos. Pequenas partículas de gelo esférico de 0,5 a 3,5 mm de diâmetro são projectadas a grande velocidade (superior a 200 m s^{-1}) sobre a superfície a limpar (Ganier *et al.*, 1995). O impacto das partículas fragmentadas, principal responsável pela eficácia do processo, provoca a descolagem dos lubrificantes aderentes à superfície. O emprego de partículas a temperaturas

compreendidas entre os -80 e os -120°C contribui para a congelação dos lubrificantes que são eliminados sobre o efeito mecânico. As esferas de gelo são guardadas em *stock* a -140°C , em contentores próprios, livres do contacto com os operadores. Segundo o autor referido, o processo é indicado para a limpeza de peças com geometria larga, peças grandes, peças resistentes ou fabricadas em grandes séries.

A limpeza por jacto carbónico surge na mesma perspectiva que o sistema anterior e aplica-se a uma elevada variedade de substratos. Este processo utiliza pequenas partículas de neve carbónica produzidas a elevada pressão que são projectadas para uma corrente de ar sob pressão sobre a superfície a limpar (Ganier *et al.*, 1995). A eficácia responsável pelos choques térmicos e mecânicos deve-se à diferença de temperatura entre a neve carbónica e a superfície a tratar que cria um choque térmico. Este provoca a congelação da sujidade e enfraquece a ligação com a superfície a tratar. A sujidade é eliminada pela acção da energia cinética que provoca a limpeza da superfície (Figura III.6.). Segundo Ganier *et al.* (1995), o processo

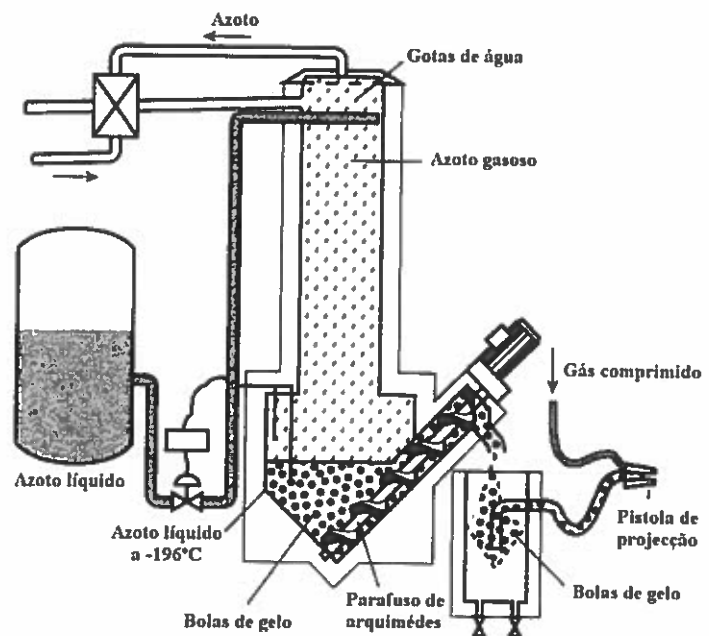
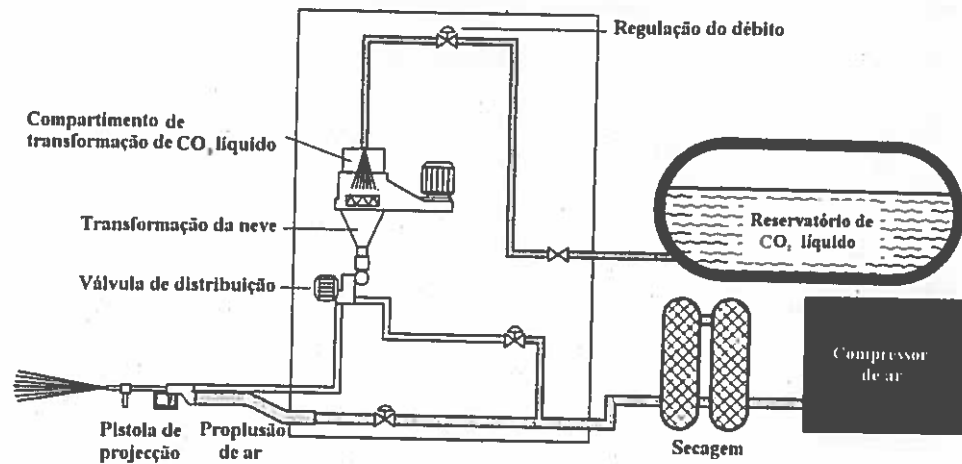


Figura III.5. – Sistema de limpeza com esferas de gelo (Ganier *et al.*, 1995).

necessita de uma unidade de stock de CO_2 líquido à pressão de 20 bar e a uma temperatura de -20°C .



A actividade de lavagem é considerada uma operação omnipresente nas instalações de tratamentos de superfície sendo o principal objectivo desta operação a de diluir o filme arrastado pela peça (Peneda *et al.*, 1995).

No ponto 2.3.2. esta actividade será abordada em maior pormenor.

1.2. Produtos

Devido ao aumento de regulamentação que visa limitar a poluição, assim como ao elevado número de produtos de limpeza disponíveis no mercado para selecção e face à transmissão de informações de difícil interpretação, as empresas sentem-se muitas vezes prejudicadas, tornando-se assim necessário a clarificação de informações relativas aos produtos existentes.

Podem-se distinguir duas famílias químicas principais de produtos desengordurantes: os solventes e os produtos aquosos.

Os solventes utilizados na indústria metalomecânica para desengorduramento industrial têm origens diversas com tipos diversos de características e propriedades. Segundo Rodrigues *et al.* (1999), um solvente deve possuir as seguintes características:

- ser estável, barato e facilmente disponível no mercado;
- ser não inflamável;
- ser efectivo na remoção de todos os tipos de óleos, gorduras e ceras;
- ser não tóxico;

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

- ser de baixa viscosidade e tensão superficial para facilitar a penetração efectiva das gorduras;
- ser de fácil separação da matéria extraída;
- ter elevada percentagem de recuperação;
- ser não corrosivo para com os metais mesmo a elevadas temperaturas;
- ser de fácil evaporação/regeneração.

Os solventes de desgorduramento industrial utilizados na metalomecânica são geralmente formulados a partir de uma ou de um conjunto de substâncias. Cada substância pertence a uma família química caracterizada por uma *função química* particular, como por exemplo os hidrocarbonetos, os álcoois, as cetonas, etc..

Certas operações de desgorduramento eram realizadas com solventes orgânicos tais como o 1,1,2 triclora-1,2,2 trifluoretano (CFC 113), e 1,1,1-tricloroetano (T111), que foram banidos em 1995 e 1996 respectivamente, ou são ainda outros solventes clorados ou clorofluorados (ex.: tricloroetileno, percloroetileno) não interditos mas que são sujeitos a condições de utilização de higiene e segurança particulares (CETIM, 1999a).

As opções de substituição de solventes clorados ou clorofluorados definem-se, de acordo com Muiras *et al.* 1995, em três categorias de produtos:

- **aquosos alcalinos:** o desgorduramento aquoso tem um modo de acção diferente do desgorduramento com solvente - substituição de uma solubilização por uma emulsão. As instalações são diferentes e as propriedades das peças tratadas não são todas idênticas (ex.: a limpeza com solvente conduz a uma superfície seca ao contrário da limpeza aquosa). O desgorduramento aquoso necessita de uma continuidade particularmente nos banhos e ocasionalmente nos resíduos a tratar.
- **produtos terpénicos:** compostos aromáticos de odor típico; podem causar algum constrangimento mas apresentam qualidades inegáveis.
- **solventes petrolíferos:** redução do desempenho embora satisfatórios para determinados casos. Apresentam a vantagem de não representar riscos para o ambiente.

É de salientar que a substituição do solventes deve ser efectuada tendo em conta os riscos operatórios. O tricloroetileno por exemplo, é menos perigoso para o ambiente que o tricloroetano, mas mais tóxico para o homem (Muiras *et al.*, 1995).

1.2.1. Principais famílias químicas de substancias utilizadas na formulação dos solventes de desgorduramento (AEROSPATIALE & CETIM, 1998)

Os **hidrocarbonetos alifáticos (CH)**, cuja fórmula geral é C_nH_{2n+2} , são a família química mais utilizada como agente de lavagem, só ou juntamente com baixas concentrações de outras substâncias com poder solvente ou polaridade mais elevada, tais como os álcoois, as cetonas e os ésteres. Esta família compreende sub-famílias de hidrocarbonetos isoparafinas e hidrocarbonetos cicloparafinas. A elevada diversidade destas substâncias permite a escolha da velocidade de evaporação e do ponto de *d'eclair*¹. Possuem um poder solvente médio, mas suficiente para numerosas aplicações, nomeadamente pouca sujidade ou sujidade pouco pegajosa, podendo ser utilizados na limpeza a frio ou a quente em máquina. Apresentam-se compatíveis com praticamente todos os materiais à excepção de alguns plásticos e elastómeros. Deverá ter-se em atenção a possibilidade de oxidação lenta dos CH formando ácidos carboxílicos incompatíveis, por exemplo, com o chumbo, magnésio, zinco, cádmio e as suas ligas.

Os **álcoois (ALC)**, cuja fórmula química geral é R-OH (em que R é um radical alifático) apresentam um carácter polar necessário para certas impurezas, sendo muito utilizados para aumentar a polaridade de um produto. Possuem um poder solvente médio sendo utilizados normalmente a frio. Apresentam-se compatíveis com a maioria dos materiais de suporte, à excepção do álcool metafilico com as ligas de titânio, e à necessidade de proceder a uma estabilização para os materiais de suporte de alumínio, magnésio e suas ligas.

¹ Temperatura mínima à qual o líquido liberta vapores em quantidades suficientes para formar à superfície uma mistura inflamável para o ar sob a acção de uma fonte de ignição, mas sem persistência de chama ou retirada de energia de activação. O ponto *d'eclair* é a característica mais importante para a determinação do potencial de inflamabilidade de um produto.

As **cetonas** (CET), cuja fórmula química geral é $R-C(=O)-R'$ (em que R e R' são radicais alifáticos), são utilizadas especificamente na limpeza a frio em casos onde é conseguido um alto poder solvente, geralmente através de mistura com outras substâncias. Apresentam-se compatíveis com os metais mas incompatíveis com a maioria dos termoplásticos e elastómeros bem como os oxidantes fortes.

Os **solventes oxigenados** (OXY), reagrupam certos tipos de substâncias de glicóis, geralmente éter e/ou ésteres de etileno glicol ou de propileno glicol, cuja fórmula química geral é: éster: $R-C(=O)-(CH_2)-O-R'$; e éter: $R-O(CH_2)_n-O-R''$ (em que $R=CH_3$, $R'=CH_3$ ou C_2H_5 e $R''=H$, CH_3 ou C_2H_5). Estas substâncias são utilizadas a frio ou a quente sob a forma de mistura com substâncias da mesma família e possuem um bom poder solvente. Apresentam-se incompatíveis com a maioria dos termoplásticos e elastómeros e para os ésteres desta família existe a possibilidade de hidrólise.

Os **hidrocarbonetos aromáticos** (AR) consistem em hidrocarbonetos com mais do que um anel benzénico cuja fórmula química geral é $C_6H_{6-n}R_n$ (em que R corresponde ao anel aromático com n substitutos alifáticos). Actualmente, a maioria destes compostos são pouco utilizados como agentes de limpeza excepto, quando é necessário um elevado poder solvente. Apresentam-se incompatíveis com a maioria dos materiais orgânicos, excepto para os termoendurecíveis.

Os **solvente halogenados** (HAL), são substâncias à base de hidrocarbonetos clorados ou fluorados ligeiros (excluindo os CFC's e os T111), ainda largamente utilizadas para limpeza em fase de vapor cuja fórmula química geral é $C_xH_yX_z$ (em que $x=1,2$ e $X=Halógeno$, geralmente Cl ou F). Possuem um bom poder solvente para o cloro mas pouco elevado para os fluores lineares. Apresentam-se incompatíveis com a maioria dos materiais orgânicos excepto no caso dos metais quando a estabilização da substância é eficaz e duradoura.

Os **éteres** (ETH), cuja fórmula química geral é linear: $R-O-R'$ (em que R e R' são radicais alifáticos), são substâncias utilizadas muito particularmente para impurezas do tipo silicone. Possuem um bom poder solvente, apresentando-se no entanto incompatíveis com a maioria dos termoplásticos e elastómeros.

Os **hidroclorofluorcarbonetos** (HCFC), têm uma fórmula química geral de $C_nH_xF_yCl_z$ (saturado), sendo o composto mais utilizado o HCFC 141b: CCl_2F-CH_3 (1,1 dicloro-1 fluoretano). Estas substâncias resultam da transição da substituição dos CFC's, sendo a sua produção e comercialização actualmente limitada e interdita. Possuem um bom poder solvente, ao contrário do CFC 113 que foi substituído, comparável com os solventes halogenados já referidos. Apresentam-se geralmente não inflamáveis, mas são incompatíveis com os termoplásticos e elastómeros.

1.2.2. Produtos aquosos

Devido aos riscos para a saúde e para o ambiente, a tendência actual têm sido a substituição dos produtos solventes por produtos de limpeza aquosos. Estes produtos não provocam a destruição da camada de ozono e não contém compostos orgânicos voláteis (COV's).

A limpeza aquosa resulta de uma mistura de água, detergentes e outros aditivos que promovem a remoção dos contaminantes. Cada componente de uma formulação aquosa tem uma função específica e efeitos na forma como o contaminante é removido pelo substrato. Os produtos aquosos podem incorporar constituintes tais como (CETIM, 1999a):

- agentes molhantes (ex.: tensioactivos), compostos que se vão adsorver no filme de óleo, substâncias orgânicas inertes, insolúveis em água e não saponificáveis, promovendo a diminuição da tensão superficial óleo/água;
- agentes emulsionantes (ex.: fosfato, carbono, borax, silicato), utilizados para quando o poder emulsionante não for suficiente;
- agentes saponificantes (ex.: bases fortes como a soda cáustica), correspondem a elementos alcalinos que devido à interacção do álcali presente na solução de limpeza com o óleo ou gordura que se pretende remover vão formar sabões solúveis em água;
- agentes complexantes (ex.: cianeto, gluconato, citrato) que permitam a diminuição das reacções de precipitação dos iões cálcio e magnésio presentes na água de diluição de dureza elevada, e a regeneração de ácidos gordos;
- aceleradores (ex.: molibdato), compostos que ajudam o processo de desengorduramento e melhoram as propriedades anti-corrosão;
- outros aditivos como anti-espuma ou inibidores de corrosão.

Os produtos aquosos podem dividir-se, em função do pH e da concentração, em alcalinos e ácidos. Os produtos alcalinos compreendem os alcalinos minerais fortes, utilizados na decapagem antes da fosfatação, os alcalinos minerais fracos utilizados na limpeza inter-operações e os alcalinos orgânicos, com ou sem tensioactivos, constituem a nova geração de produtos. Os produtos ácidos dividem-se em ácidos fracos utilizados na limpeza antes do tratamento térmico ou para a fosfatação antes da pintura, e os ácidos fortes, utilizados na decapagem de superfícies (Tabela III.1.).

Tabela III.1. - Produtos de desgorduramento aquoso (Ganier *et al.*, 1995).

Desgordurante aquoso	pH	Descrição
Fortemente alcalino	11 - 14	Constituídos à base de soda, carbonatos e silicatos e compreendem geralmente agentes complexantes e tensioactivos.
Fracamente alcalinos	8 - 11	Constituídos à base de borato, silicatos e compreendem geralmente tensioactivos e eventualmente inibidores de corrosão.
Neutros	7 - 9	Constituídos praticamente por tensioactivos.
Fracamente ácidos	3 - 6	Constituídos à base de ácidos orgânicos, tensioactivos e inibidores de corrosão.
Fortemente ácidos	1 - 3	Constituídos por ácidos minerais, eventualmente aditivos de tensioactivos e inibidores de corrosão. Não são utilizados para a limpeza de superfícies mas sim em operações de decapagem e ataque de superfícies.

1.2.2.1. Produtos alcalinos

O emprego de produtos **minerais alcalinos fortes** requer temperaturas de trabalho geralmente superiores a 50°C, o que implica para além de um elevado consumo energético riscos de segurança para os operadores e para o ambiente sendo conveniente reservar a aplicação destes produtos para aplicação em superfícies metálicas ferrosas fortemente contaminadas. Apresentam um custo moderado, nível fraco de carência química de oxigénio (CQO) e aptidão para a regeneração por centrifugação ou ultra-filtração (CETIM, 1999b).

Os produtos **minerais alcalinos fracos** são indicados para a limpeza de metais não ferrosos (ex.: alumínio, cobre, zinco), e para todas as superfícies metálicas pouco contaminadas. A utilização destes produtos aumenta a duração da vida dos banhos, exigindo temperaturas normalmente entre os 40 e os 50°C, e apresentando, no entanto, um custo mais elevado que os produtos anteriores (CETIM, 1999b). De acordo com a literatura consultada, estes produtos provocam um impacto menor na segurança e no ambiente do que os anteriores. Apresentam uma CQO muito elevada devido à concentração de tensioactivos e óleos residuais.

Os produtos **alcalinos orgânicos** representam uma nova geração de produtos sem fosfatos. São constituídos por ácidos gordos, boratos, aminas, agentes complexantes e por certos tipos de tensoactivos, bactericidas e fungicidas. Certos produtos não contêm tensoactivos, e a regeneração por ultra-filtração permite aumentar a duração do tempo de vida do banho. Contrariamente aos minerais alcalinos, eles não deixam depósitos de minerais sobre a peça e a lavagem com água não é sempre necessária. Conferem à superfície metálica propriedades hidrofóbicas que ajudam a secagem. A temperatura do banho varia entre os 25 e os 30°C, aproximadamente igual à temperatura ambiente, o que permite poupanças energéticas resultantes do não aquecimento do banho. Estes produtos apresentam contudo um custo muito elevado e uma toxicidade muito elevada devido à presença de aminas (CETIM, 1999b).

1.2.2.2. Produtos ácidos

São compostos por ácidos orgânicos, ácidos minerais, fosfatos, tensoactivos e aceleradores. Estes produtos conferem à peça protecção para a conversão superficial com a formação de um complexo fosfato de ferro - óxido de ferro (CETIM, 1999b). Os ácidos fracos são utilizados geralmente com temperaturas superiores a 50°C sobre superfícies fracas e os ácidos fortes são utilizados em cubas à temperatura ambiente. Conferem à peça uma limpeza visível e permanente das partículas minerais incrustadas. No entanto, os fosfatos geram uma formação importante de depósitos (ex.: fosfato de ferro, fosfato de cálcio) e as peças podem apresentar depósitos de sais. A não saponificação dos óleos e o efeito detergente deve-se aos tensoactivos. A duração da vida dos banhos é fraca comparada com a dos produtos alcalinos, e apresentam um fraco teor em CQO e os custos são moderados.

1.2.3. Produtos semi-aquosos

Estes produtos não causam a destruição da camada de ozono. No entanto, contêm COV's e utilizam substâncias que causam toxicidade aquática e riscos para a saúde humana embora alguns produtos possam possuir características biodegradáveis (US-EPA, Office of Research and Development, 1994a). Os sistemas aquosos compreendem um grupo de soluções de limpeza, e são constituídos por solventes orgânicos naturais ou sintéticos, surfactantes, inibidores de corrosão e outros aditivos.

Os ésteres (EST), cuja fórmula química geral é $R-C(=O)-O-R'$ (em que R e R' são radicais alifáticos), apresentam um bom poder solvente mas a cadeia molecular longa está limitada pela solubilidade em água, ao contrário da cadeia curta. Apresentam incompatibilidade idêntica à das cetonas (US-EPA, Office of Research and Development, 1994a).

Os hidrocarbonetos terpênicos (TER), são uma família de origem vegetal (pinheiros, citrinos, etc.) sendo constituídos por anéis alifáticos saturados (ou não), com substitutos alifáticos ou

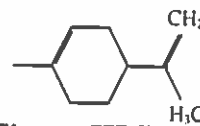


Figura III.7. -

Hidrocarboneto terpênico.

funcionais (Figura III.7.) e apresentam geralmente um odor persistente e uma boa biodegradabilidade (Ganier *et al.*, 1995). Podem ser utilizados a frio em processos aquosos ou semi-aquosos ou como aditivos de certos solventes à base de petróleo para melhorar o seu desempenho ou o poder solvente. Podem ser utilizados diluídos, ou não, em água - a diluição reduz a eficácia da limpeza mas por outro lado diminui os custos e as emissões gasosas (US-EPA, Office of Research and Development, 1994a). Possuem um bom poder solvente cuja ordem de grandeza está compreendida entre a dos hidrocarbonetos e a dos ésteres, (ponto d'*eclair* da ordem dos 50°C), mas a velocidade de evaporação é lenta (tempo de secagem longo). Não são miscíveis em água, formando emulsões que são estabilizadas com surfactantes e outros aditivos. São incompatíveis com alguns termoplásticos e elastômeros e apresentam um custo geral superior ao dos solventes derivados de petróleo (Ganier *et al.*, 1995).

A n-metil pirrolidona (NMP) é uma cetona heterocíclica (Figura III.8.), particularmente adaptada aos sistemas de lavagem semi-aquosos relativamente às suas propriedades físico-químicas. É normalmente utilizada não diluída, mas pode ser utilizada

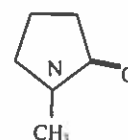


Figura III.8. - Cetona

heterocíclica.

misturada em água, apresentando características miscíveis com a água e compostos orgânicos tais como os ésteres, éteres, álcoois, cetonas, etc., a frio ou a quente (US-EPA, Office of Research and Development, 1994a). Possui um bom poder solvente, semelhante aos terpenos, mas a velocidade de evaporação é lenta. Apresentam incompatibilidade com certos termoplásticos e elastômeros e têm um odor desagradável (Ganier *et al.*, 1995).

1.2.4. Agentes de limpeza alternativos

1.2.4.1. Solventes derivados do petróleo

Originados pela quebra de hidrocarbonetos de origem petrolífera, os solventes de petróleo apresentam características variáveis tendo em conta a sua origem (sejam de tendência nafténica ou sejam parafinas). São utilizados a frio (lavagem com sifão, com pincel ou por imersão, etc.) ou a quente. A utilização de máquinas a quente necessita, por razões de segurança, da operação normalmente a 15°C abaixo do ponto d'*eclair*, respeitando os valores de limite inferior de explosividade (LIE) e limite superior de explosividade (LSE). Consistem em produtos inflamáveis que são caracterizados por períodos curtos de secagem. Apresentam-se compatíveis com os materiais metálicos, mas deve ser verificada a compatibilidade com os materiais sintéticos, apresentando custos de eliminação baixos (CETIM, 1999b).

1.2.4.2. Solventes clorados autorizados

Consistem essencialmente em: tricloroetileno, percloroetileno e cloreto de metilo. Apresentam um forte poder solvente, especialmente para as impurezas oleosas, e são caracterizados por baixos tempos de secagem (produtos muito voláteis). Não são inflamáveis, apresentando no entanto características de toxicidade e ecotoxicidade tais que as suas condições de utilização são severamente reguladas:

- nunca devem ser usados a frio e em tinas de desengorduramento (devem-se respeitar os valores médios de exposição e os valores limite de exposição para os operadores expostos);
- a utilização deve ser efectuada a quente em máquinas concebidas para limitar as emissões do posto de trabalho e para o ambiente (devem-se respeitar as regulamentações das instalações classificadas para a protecção do ambiente e da Directiva 1999/13/CE relativa à limitação da emissão de COV).

1.2.4.3. Solventes à base hidroclorofluorcarbonetos

Utilizados como substitutos dos CFC, e especialmente do CFC 113, actualmente proibido. Possuem um forte poder solvente face às impurezas oleosas, um tempo de secagem curto (por serem muito voláteis), mas a sua contribuição para a destruição da camada de ozono, faz com

que sejam objecto de atenção do Regulamento Europeu n.º 3093/94, pelo que se encontra interdita a utilização em meio não confinado (necessita da utilização em máquinas equipadas com sistemas de condensação de vapores). Prevê-se que a utilização destes solventes seja proibida a partir de 2002 (CETIM, 1999a).

1.2.4.4. Solventes à base de álcoois modificados (solventes oxigenados)

Trata-se de solventes de classe A3². Durante a sua aplicação a frio é necessário ter em conta as regras de segurança. Certas formulações à base de álcoois modificados podem apresentar um valor médio de explosão fraco (ex.: 100 ppm) e por isso são necessários meios de protecção respiratórios e cutâneos. As instalações de limpeza que utilizam esta categoria de produtos estão sujeitas às mesmas exigências que aquelas que utilizam solventes à base de petróleo. A sua utilização a quente faz-se geralmente a uma temperatura de 15°C abaixo do ponto d'*eclair* (aspecto de segurança) (CETIM, 1999b). Possuem um bom poder solvente, um poder de secagem aceitável e não representam riscos para a camada de ozono. Deverá ser verificada a compatibilidades desta categoria de produtos com os materiais sintéticos, assim como a influência sobre as ligas leves (CETIM, 1999b).

1.2.4.5. Solventes à base de hidrofluorcarbonetos (HFC) ou hidrofluoréteres (HFE)

Podem, em certas aplicações, ser considerados como produtos de substituição dos CFC 113 e dos HCFC 141b, pois não apresentam riscos para a camada de ozono. Consistem em produtos relativamente recentes e actualmente falta ainda informação relativamente a aspectos de higiene e segurança. São utilizados normalmente em máquinas a quente, seguidos de processos com co-solventes, isto é, são associados com outras substâncias tais como os hidrocarbonetos. Para além disso, estes produtos são caros e o seu poder solvente é fraco (CETIM, 1999b).

² O ponto d'*eclair* está compreendido entre 55 e 100°C. São utilizados para a substituição dos solventes clorados pois: são menos voláteis, o que permite reduzir as emissões gasosas, reduzem o consumo de solvente e a toxicidade dos processos de limpeza.

1.3. Processos

Os produtos possíveis de ser utilizados no desengorduramento são os solventes e os produtos aquosos, podendo ser usados em operações manuais a frio através de solventes, ou em máquinas, a quente, em fase aquosa ou com solventes, ou utilizando, por exemplo, detergentes.

A eficácia do desengorduramento (CETIM, 1999a) é função da acção química, temperatura, acção mecânica, duração da operação, em que a optimização do processo resulta de um compromisso entre os quatro parâmetros.

A acção química é função da família e da gama de concentração do produto utilizado que depende da operação, do material e do tempo do tratamento. Concentrações demasiado baixas põem em risco a eficácia da limpeza, e concentrações demasiado elevadas não a melhoram, aumentando os custos e dificultando as lavagens.

A elevação da temperatura de um banho apresenta um certo número de vantagens, tais como: facilidade de remoção de óleos muito viscosos, gorduras e ceras; intensificação dos efeitos emulsionantes e saponificantes; redução do tempo de tratamento; dissolução dos produtos saponificantes; e facilidade de secagem da peça. Por outro lado apresenta também uma série de inconvenientes, tais como: risco de ataque químico, risco de desestabilização de certos compostos, evaporação dos banhos, com conseqüente aumento da concentração e dos consumos energéticos. Uma elevação de 10°C na temperatura dos banhos duplica a velocidade de desengorduramento, mas a gama de temperatura de 30 a 40°C favorece o crescimento de bactérias.

A acção mecânica diminui o tempo de tratamento, permite operar a temperaturas mais baixas arrastando as impurezas. No entanto, há o risco de formação de espuma, devido à presença de tensoactivos, além dos custos de investimento e do custo energético serem elevados.

A imersão é utilizada para peças pequenas ou muito grandes, com formas complexas. Frequentemente são necessários auxiliares mecânicos para agitação do banho (agitadores), deslocação das peças (suporte rotativo) e ultra-sons. Como inconvenientes verifica-se um aumento da temperatura, do tempo de contacto e da concentração, que podem ser prejudiciais.

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

Na aspersão o fluido é pulverizado sob pressão sobre a superfície das peças (a acção mecânica é preponderante), sendo este processo utilizado para peças grandes, peças de forma simples, verificação de grandes cadências produtivas (túneis) ou cadências pouco elevadas (máquinas de lavar). Os auxiliares mecânicos são usados a baixa pressão (1 a 4 bar) e alto débito. A aspersão implica manutenção considerável (incrustações devido à utilização de águas de dureza elevada ou moderada) e formação de espuma.

A duração do processo de desengorduramento é imposta pela cadência de produção existente, mais curta para a aspersão do que para a imersão. De forma geral a duração é função da quantidade e natureza das impurezas, da acção química, temperatura e acção mecânica, sendo imposta pela cadência de produção.

A lavagem permite a eliminação de fluidos aderentes às peças, a refrigeração das peças (ex.: antes do controlo dimensional) ou para reaquecimento de forma a facilitar a secagem (CETIM, 1999a). A limitação da contaminação de banhos a jusante com os produtos constituintes do banho de desengorduramento poderá ser efectuada por meio de lavagens estáticas ou em cascatas que serão discutidas no ponto 2.3.2..

Existem diferentes técnicas de secagem: ao ar ambiente, com ar quente, por injeção de ar comprimido, sob vácuo, etc.. Para otimizar a secagem, a disposição das peças é importante nomeadamente no caso particular dos painéis (CETIM, 1999a).


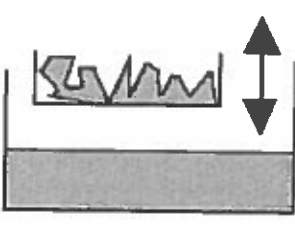
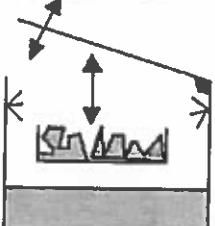
A manutenção dos banhos de desengorduramento permite o reajuste da concentração (produto, água) e a eliminação de impurezas por processos de decantação, desoleadores, ultra/micro-filtração, centrifugação, etc.. A monitorização pode ser efectuada por via visual, medição de pH, concentração do banho de acordo com as instruções do fornecedor e o teor em óleos.

A topologia apresentada nas secções seguintes permite definir os principais meios de trabalho nos processos de limpeza em função do tipo de processo utilizado (solventes ou aquosos) e da temperatura da operação (frio ou quente).

1.3.1. Processos de desengorduramento a frio com solventes

O desengorduramento a frio é classificado de acordo com a Tabela III.2. podendo consistir em três tipos de métodos: manuais, sistemas abertos e sistemas fechados (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Tabela III.2. - Operações a frio com solventes orgânicos (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

		Métodos		
		Manual	Sistemas abertos	Sistemas fechados
Características	Esquema			
	Forma de trabalho	por imersão, com pincel ou trincha, com tecido, por escorrência	imersão ou aspersão	
	Modo de agitação	manual	rotação, tipo pistão, ultra-sons	
	Secagem	local arejado, insuflagem de ar a baixa pressão		
	Observações	necessidade de exaustão dos vapores e névoas, e utilização de solventes de baixa toxicidade		necessidade de exaustão dos vapores e névoas

Os **meios manuais** utilizam solventes com toxicidade e riscos reduzidos, pois as operações são efectuadas em contacto directo. Permitem trabalhar à temperatura ambiente, com pincel, trincha, por aspersão ou por imersão em sistema aberto com tampa. Este método é muitas vezes contestado e mesmo desaconselhado para sistemas de limpeza cíclica ou de séries importantes de peças devido aos riscos inerentes ao processo. Deverão estar dotados de sistemas de aspiração de vapores a fim de reduzir os riscos para a segurança e para a saúde, por inalação ou por contacto.

Os **sistemas abertos** utilizam normalmente sistemas de imersão ou aspersão. Este tipo de operação têm necessidade de exaustão dos vapores e névoas e a utilização de solventes de baixa toxicidade.

Os **sistemas fechados** utilizam dispositivos ou máquinas simples que permitem trabalhar à temperatura ambiente, em imersão, em aspersão ou por circulação. Quando as operações de

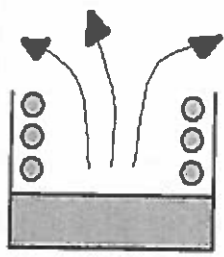
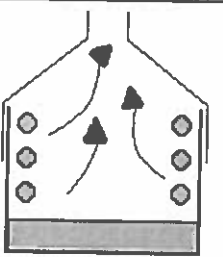
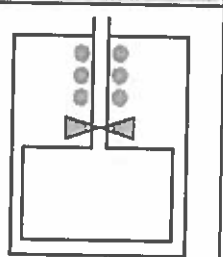
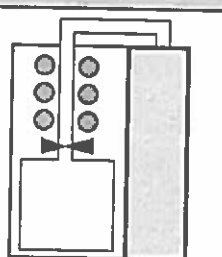
desengorduramento são efectuadas em estágios, a cuba de limpeza está pouco firme por uma tampa que contribui para limitar as emissões de solventes.

Em todos os casos, deverão ser verificadas as condições de funcionamento e os meios de prevenção e protecção para assegurar que a zona de utilização apresenta todas as garantias contra os riscos de explosão e inflamabilidade.

1.3.2. Processos de desengorduramento a quente com solventes

Os solventes são utilizados para valores a partir dos da temperatura ambiente, em máquinas cuja concepção varia tendo em conta o grau de inflamabilidade, pelo qual é um imperativo prevenir todos os riscos industriais de incêndio e explosão (ex.: os solventes clorados, que são pouco utilizados próximos da temperatura de ebulição). As máquinas de solventes clorados (Tabela III.3.), apresentam diferenças na sua concepção em função da sua capacidade. Podem apelar a tecnologias mais ou menos eficientes para limitar as emissões na atmosfera de acordo com as disposições regulamentares (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Tabela III.3. - Operações a quente com solventes clorados (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

		Métodos			
		Máquinas abertas	Máquinas encapsuladas	Máquinas de cuba fechada	Máquinas estanques
Características	Esquema				
	Forma de trabalho	imersão ou em fase de vapor			
	Modo de agitação	rotação, tipo pistão, ultra-sons			
	Secagem	permanência na zona fria (junto ao condensador)		por circulação de ar ou sob vácuo	
	Observações	risco de emissões de vapores de solventes, devido à agitação (rotação e tipo pistão) e entrada e saída de peças.	"necessidade" de monitorizar a estabilidade do solvente	condução das emissões para o exterior através de chaminé	emissões gasosas pouco significativas e destilação e reciclagem do solvente

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

As máquinas **semi-abertas** são equipamentos de pequena capacidade, constituídas por uma ou mais cubas abertas, e permitem operar a quente, particularmente na fase de vapor, pois são equipadas com um condensador constituído por uma serpentina de refrigeração em torno da cuba. As operações de secagem são efectuadas pela permanência das peças dentro da zona fria, ao nível dos condensadores, sendo função da temperatura das peças e da sua inércia térmica. Estas máquinas permitem trabalhar em:

- imersão: as peças são mergulhadas no solvente a uma temperatura inferior à temperatura de ebulição;
- em fase de vapor: as peças são introduzidas unicamente dentro do vapor do solvente, por cima de uma cuba contendo solvente em ebulição. O desengordurante em fase de vapor permite a maioria das operações de lavagem *in situ* pois os vapores de solvente que se condensam sobre as peças constituem uma parte do produto que está isenta de qualquer sujidade.

Estas máquinas são equipadas com um dispositivo de aspiração periférico de vapores ao nível da cuba. Estas aspirações não são suficientes para evitar a emanação de vapores de solventes, nomeadamente nos movimentos de introdução de peças. É aconselhável, quando as máquinas se encontram paradas, colocar uma tampa sobre a cuba de forma a limitar as emissões de solventes clorados e manter assim um valor de exposição para os operadores o mais baixo possível.

As **máquinas encapsuladas** são análogas às anteriores, mas de capacidade superior. Apresentam um volume de cuba e de superfície de abertura muito importante. Devem dispor de um sistema de captação de vapores de solventes de forma a captar e canalizar os vapores evitando qualquer emissão libertada durante a entrada ou saída de peças. Como nas máquinas abertas, elas permitem trabalhar em imersão ou na fase de vapor. A secagem é efectuada por manutenção de peças na zona fria.

Nas **máquinas de cuba fechada** as peças são introduzidas numa cuba fechada onde ficam sujeitas ao processo de limpeza. O solvente circula, sob a forma líquida ou sob a forma de vapor, entre a câmara de trabalho e as cubas de *stock*, ou através de um destilador incluído na máquina. As máquinas permitem limpezas muito eficientes na mesma cuba: aspersão, imersão

e lavagem em fase de vapor. A secagem de peças é assegurada pela renovação de ar na cuba ou no espaço livre dentro do posto de trabalho.

As **máquinas estanques** são análogas às máquinas de cuba fechada descritas anteriormente, mas comportam mais um módulo de recuperação de vapores residuais dos solventes captados e canalizados depois da condensação. Este módulo consiste muitas vezes na adsorção por carvão activado.

1.3.3. Utilização a quente de solventes não clorados

Dependendo do tipo de utilização a quente, os solventes necessitam de um certo número de precauções. Devido aos riscos de incêndio, de explosão e de odores que poderão incomodar os operadores nos seus postos de trabalho, devem responder a determinadas exigências de forma a prevenir os riscos decorrentes desta actividade.

As máquinas de desgorduramento a quente utilizam solventes inflamáveis e devem prevenir os riscos e os seus inconvenientes (AEROSPATIALE & CETIM, 1998) que são função:

- da concepção da máquina;
- das características do solvente a utilizar nomeadamente: ponto d'*éclair*, LIE e LSE, volatilidade e odor dentro das condições de utilização;
- do modo de utilização: temperatura de utilização, composição da atmosfera de trabalho, pressão, agitação, etc..

As máquinas de desgorduramento que utilizam solventes não inflamáveis a frio disponível no mercado utilizam de preferência solventes com ponto d'*éclair* superior a 55°C, uma vez que não é necessário dotar os equipamentos de anti-deflagrantes (AEROSPATIALE & CETIM, 1998). Estas máquinas são conhecidas por duas razões:

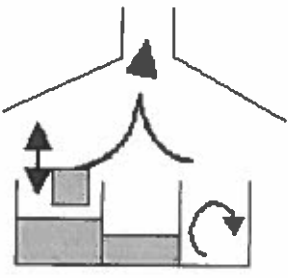
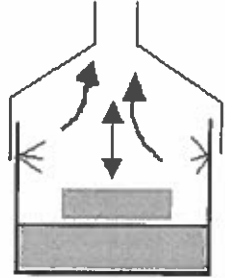
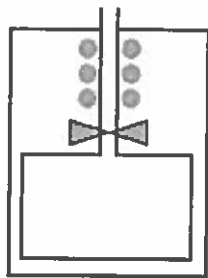
- seja por trabalharem à pressão atmosférica e em meio não inerte; em alguns casos é imperativo que a temperatura seja pelo menos 15°C inferior ao ponto d'*éclair* do solvente utilizado;
- seja por trabalharem em meio inerte (ex.: azoto) de modo a suprimir os riscos de exposição ou de incêndio.

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

No caso de máquinas com solventes inflamáveis, são associados dispositivos de aspiração de vapores que se formam na proximidade do posto de trabalho e que servem para limitar os odores de solventes quentes acima do LIE.

A utilização a quente de solventes não clorados (Tabela III.4.) pode ser classificada em 3 categorias: máquinas de sistema aberto, máquinas de sistema fechado e máquinas de cuba fechada (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Tabela III.4. - Operações a quente com solventes não clorados (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

		Métodos		
		Sistemas abertos	Sistemas encapsulados	Máquina de cuba fechada
Características	Esquema			
	Forma de trabalho	imersão	imersão ou aspersão	imersão, aspersão ou em fase de vapor
	Modo de agitação	rotação, tipo pistão, ultra-sons		
	Secagem	circulação de ar quente ou sob vácuo	ao ar ambiente ou em cuba específica, com ar ambiente ou ar quente	
	Observações	emissões gasosas pouco significativas e destilação e reciclagem de solventes	condução das emissões para o exterior através de chaminé	
		dispositivo de cobertura nos períodos de paragem, sistemas de ventilação/aspiração no posto de trabalho		

As **máquinas de sistema aberto** são máquinas de pequena capacidade, constituídas por uma ou mais cubas abertas que permitem operar utilizando solventes inflamáveis aquecidos a uma temperatura inferior, de 15°C em relação à temperatura do ponto d'*éclair*. A lavagem é melhorada com a utilização de dispositivos de agitação ou sistemas de ultra-sons. A secagem de peças é em geral efectuada num módulo suplementar da máquina, ou fora, para uma boa ventilação forçada à temperatura ambiente ou a quente.

As **máquinas de sistema fechado** são constituídas por uma ou várias cubas normalmente fechadas. O trabalho a uma temperatura superior à temperatura ambiente, em cubas fechados por tampa, permite melhorar a eficácia de lavagem nomeadamente pelo emprego de aspersão com maior conforto para o utilizador. O solvente deve ser utilizado a uma temperatura

inferior, pelo menos, de 15°C em relação à temperatura do ponto d'*éclair*. A secagem é efectuada em módulos específicos por intermédio de uma ventilação forçada de ar quente. As características de cada cuba devem ser imperativamente conhecidas de modo a eliminar todos os riscos de incêndio ou de explosão: há necessidade de manter a atmosfera no interior de cada cuba, fora da zona inflamável e de explosão, e de respeitar os riscos eventuais inerentes aos fenómenos electrostáticos. Certos equipamentos permitem limitar as emissões exteriores por meio de uma captação de vapores e pela instalação de dispositivos de condensação.

As **máquinas de cuba fechada**, apresentam geralmente um só módulo para as peças que são introduzidas para a realização de todas as operações de limpeza. O carregamento de peças pode ser manual ou automatizado. A câmara de lavagem é cheia com solventes e coloca-se em rotação expondo eventualmente as peças a ultra-sons para melhorar a eficiência do procedimento. O solvente é levado por circulação sobre as peças, contrariamente a um sistema de limpeza convencional, podendo ser mergulhadas no líquido ou limpas em fase vapor. A secagem é realizada geralmente por combinação em circuito fechado de secagem com ar quente e uma secagem livre, e os vapores de solvente gerados da secagem são condensados. Estas máquinas comportam geralmente uma unidade de reciclagem de solvente por destilação em contínuo. Integram dispositivos que permitem trabalhar com toda a segurança, possibilitando a utilização de solventes inflamáveis com o ponto d'*éclair* superior a 55°C, tais como:

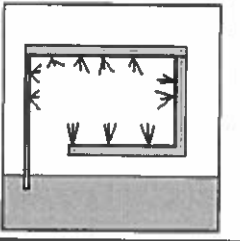
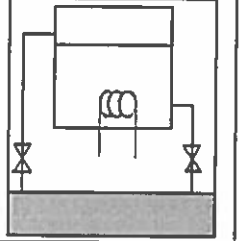

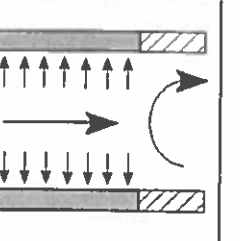
- aquecimento indirecto do solvente;
- cuba de retenção com ventilação;
- enchimento e esvaziamento da máquina por meio de uma bomba integrada ao sistema;
- manutenção de uma atmosfera no posto de trabalho e a proximidade da máquina fora da zona de explosividade;
- trabalho eventual em atmosfera inerte (ex.: azoto).

1.3.4. Operações em fase aquosa

As máquinas de limpeza por processos aquosos diferem na sua concepção segundo o número de operações necessárias para desengorduramento, lavagem e secagem das peças e segundo as exigências de produção (AREROSPATIALE & CETIM, 1998).

O desengorduramento em fase aquosa é classificado de acordo com a Tabela III.5. podendo consistir em quatro tipos de sistemas: máquinas mono-cuba, máquinas mono-cuba fechada, máquinas multi-cuba e túneis (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Tabela III.5. - Operações em fase aquosa (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

		Métodos			
		Máquinas mono-cuba	Máquinas mono-cuba fechada	Máquinas multi-cubas	Túneis
Características	Esquema				
	Forma de trabalho	imersão ou aspersão		por imersão ou combinação de imersão com aspersão	aspersão
	Modo de agitação	rotação	rotação ou injeção por ar comprimido	rotação ou por ultra-sons	rotação
	Secagem	ao ar ambiente ou em cuba específica, com ar frio (ambiente) ou ar quente	circulação de ar quente ou sob vácuo	ao ar ambiente ou em cuba específica, com ar quente	
	Observações	-	-	funcionamento em contínuo	

Nas **máquinas mono-cuba** as peças para limpeza são dispostas em painéis ou sobre montagens adaptadas numa só cuba de limpeza alimentada pela circulação de um produto aquoso e/ou água de lavagem provenientes das cubas de *stock* integradas nas máquinas mais próxima desta. Estas máquinas permitem trabalhar nas seguintes condições:

- por circulação de líquidos nas cubas;
- por imersão em cubas com substituição dos produtos aquosos e/ou das peças por períodos determinados;
- por aspersão;
- por aspersão do líquido detergente ou de lavagem em meio situado ao redor da zona de lavagem;
- com agitação, pela rotação dos painéis de peças que favorecem a eficácia de limpeza;
- com secagem, por ventilação forçada de ar quente.

As máquinas de lavar em **mono-cuba fechadas** permitem trabalhar de forma parcial favorecendo a limpeza pela ebulição do líquido a baixa temperatura (ex.: 40 a 60°C). Estas máquinas comportam sistemas de injeção de ar para realização de bolhagem aumentando a

eliminação de sujidades. A secagem é efectuada na cuba por circulação de ar quente e/ou sob vácuo.

As **máquinas multi-cubas** são compostas de diversas cubas, separadas ou juntas, e em cada uma delas está afectada uma operação do ciclo de limpeza: desengorduramento ou lavagem. As cubas de lavagem com água limpa na maior parte dos casos estão dispostas em cascata com água corrente sendo utilizada na última cuba água desmineralizada. Permitem trabalhar em imersão com a possibilidade de rampas de aspersão nas cubas para facilitar a libertação de sujidades na superfície das peças. A eficácia da limpeza pode ser melhorada pela rotação dos painéis das peças, por sistemas de subida e descida ou de ultra-sons. Certos processos, depois da lavagem em meio aquoso, utilizam na última cuba de lavagem um agente hidrófobo *dewatering* para eliminação da água da superfície das peças antes da secagem. A utilização de agentes hidrófobos deve ser objecto de estudo de compatibilidade no caso do último tratamento de superfície. A secagem é efectuada em módulo separado numa cuba vazia ligada na extremidade por uma ventilação de ar quente.

Os **túneis** são utilizados logo que as operações de limpeza se integrem num processo de fabrico contínuo. O modo de trabalho é essencialmente distribuído por meio de rampas equipadas de meios de aspersão dispersos ao longo do túnel de forma a que as peças circulem em contínuo. A temperatura dos produtos aquosos e a pressão da aspersão são reguladas em função da morfologia das peças e do grau de dificuldade do envolvimento das sujidades. Em certos casos as peças podem ser auxiliadas por um movimento de rotação ao mesmo tempo que elas progridem no túnel. A secagem é realizada no fim do processo de limpeza pela passagem de peças em zonas de ventilação de ar quente.

1.4. Aspectos a considerar na concepção de um sistema de limpeza

A limpeza é uma etapa intermédia no processo de fabrico da indústria metalomecânica que permite garantir a qualidade das operações posteriores e, conseqüentemente, do produto final. O objectivo do processo é retirar a sujidade geradas nos processos precedentes, tais como os óleos de corte, sem danificar a superfície e de forma a prepará-la para um tratamento posterior. O processo de limpeza pode ser avaliado tendo em conta uma análise das

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

necessidades e das soluções possíveis (AEROSPATIALE & CETIM, 1998). Nesta secção serão apenas abordadas algumas das famílias químicas referidas na secção 1.2..

Deverá ter-se em conta os seguintes aspectos:

- i. características da peça a limpar: dimensões, material, geometria, quantidade/cadência, etc. (Figura III.9.);
- ii. nível de qualidade exigido ao estado superficial;
- iii. natureza das impurezas;
- iv. operações a montante e a jusante;
- v. orientações preferenciais dos processos a implementar;
- vi. tempos de secagem exigidos;
- vii. condicionantes ambientais e de higiene e segurança;
- viii. nível de automatismo;
- ix. descrição dos meios de limpeza existentes;
- x. condicionantes económicas.

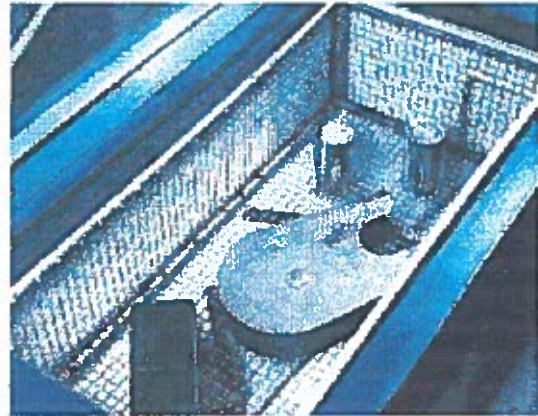


Figura III.9. – Sistema de limpeza de peças (<http://www.parts-washing-cleanig-degrasing.com>).

A caracterização destes parâmetros permitirá efectuar uma avaliação da adequação da superfície a limpar com o produto solucionado (Tabela III.6.).

Tabela III.6. - Grelha de avaliação técnica das famílias químicas de desengorduramento (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Características da aplicação		Processos a frio									Processos a quente							
		CH	ALC	CET	EST	OXY	AR	HAL	ETH	TER	Outros	HAL	CH	OXY	HCFC	NMP	AQU	Outros
Nível de base	Nível de limpeza																	
	Sujidades																	
	Materiais																	
Processos																		

Famílias químicas: CH: Hidrocarbonetos alifáticos; ALC: Álcoois; CET: Cetonas; EST: Ésteres; OXY: Solventes oxigenados; AR: Hidrocarbonetos aromáticos; HAL: Solventes halogenados; ETH: Éteres; TER: Hidrocarbonetos terpénicos; HCFC: Hidroclorofluorcarbonetos; NMP: n-metil-pirrolidona; AQU: Produtos Aquosos.

O nível de limpeza atingido (Tabela III.7.) pode ser classificado da seguinte forma:

- Limpeza de Manutenção: consiste numa limpeza grosseira em que o seu objectivo é remover ao máximo as impurezas presentes na superfície das peças ou matérias para permitir efectuar as operações seguintes em boas condições;
- Limpeza entre Operações: os níveis de limpeza obtidos através deste tipo de lavagem correspondem às superfícies pouco gordurosas ou não gordurosas indispensáveis (ex.: controlo dimensional das peças);
- Limpeza de Preparação da Superfície;
- Limpeza para uso Específico: tem como objectivo obter sobre as peças níveis de limpeza que correspondem a um caderno de encargos predefinidos.

Consoante o nível de limpeza exigido à peça deve ser seleccionado um método de controlo mais ou menos exigente (ANEXO A), que permita atingir o nível desejado.

Tabela III.7. - Nível de qualidade exigido ao estado superficial das peças a desengordurar (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Nível de limpeza		Operações posteriores típicas	Métodos de controlo
Nível I	LIMPEZA DE MANUTENÇÃO Limpeza grosseira	<ul style="list-style-type: none"> • controlos rápidos (ex.: verificação de cotas) • montagem e desmontagens (ex.: desmontagem de ferramentas de uma prensa) • outras 	<ul style="list-style-type: none"> • visual • toque "gorduroso" ou "não gorduroso" • "pano branco"
Nível II	LIMPEZA INTER-OPERÇÕES Superfícies com toque "pouco ou não gorduroso"	<ul style="list-style-type: none"> • maquinaria complementar • controlo dimensional • tratamento térmico • granelhagem • outras 	<ul style="list-style-type: none"> • visual • toque "gorduroso" ou "não gorduroso" • "pano branco" • teste da fluorescência
Nível III	PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE Elevada qualidade do estado da superfície	<ul style="list-style-type: none"> • nitração, cementação • protecção contra a corrosão • soldadura • tratamentos de superfície • pintura • outros 	<ul style="list-style-type: none"> • avaliação da molhabilidade • avaliação da reactividade da superfície com o meio • avaliação residual da poluição por micro-pesagem • análise por infravermelho • avaliação da qualidade da preparação da superfície (teste de adesão de pintura)
Nível IV	CADERNO DE ENCARGOS ESPECÍFICO Propriedades específicas	<ul style="list-style-type: none"> • circulação de fluidos e gás (O₂) • estanquicidade dos reservatórios ou de zonas confinadas • expedição, controlo • <i>stock</i> pouco prolongado • outras 	<ul style="list-style-type: none"> • métodos de análise de superfície • análise por infravermelho • avaliação residual da poluição por micro-pesagem • métodos ópticos • avaliação da qualidade da preparação da superfície (teste de adesão de pintura)

A análise do nível de limpeza deverá ter também em conta a compatibilidade das famílias químicas com o tipo de nível de limpeza exigido ao estado superficial da peça (Tabela III.8.).

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

Tabela III.8. - Adequação das famílias químicas com as necessidades de limpeza (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Nível de Qualidade	Necessidades de limpeza	Operações a frio									Operações a quente					
		CH	ALC	CET	EST	ONY	AR	HAL	ETH	TER	HAL	CH	ONY	HCFC	NMP	AQU
Nível I	Manutenção	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1
Nível II	Inter-operações	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Nível III	Preparação de superfícies	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Nível IV	Caderno de encargos específico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3

Legenda: 3 Adaptado 2 Médio 1 Pouco adaptado 0 Inadaptado

Famílias químicas: CH: Hidrocarbonetos alifáticos; ALC: Álcoois; CET: Cetonas; EST: Ésteres; ONY: Solventes oxigenados; AR: Hidrocarbonetos aromáticos; HAL: Solventes halogenados; ETH: Éteres; TER: Hidrocarbonetos terpênicos; HCFC: Hidroclorofluorcarbonetos; NMP: n-metil-pirrolidona; AQU: Produtos Aquosos.

O conhecimento da natureza dos poluentes que recobrem as peças é fundamental para a escolha das famílias de desengordurantes que os vão eliminar. Estas substâncias apresentam-se sob a forma de misturas ou sobreposição de diferentes sujidades que podem reagir quimicamente entre elas e/ou com o material de suporte. As impurezas constituem um depósito que reveste as peças e estão classificadas segundo um código ISO e de acordo com a Tabela III.9., em sete grandes categorias, em que cada categoria pode reagrupar uma ou mais famílias de poluentes.

Tabela III.9. - Natureza das impurezas (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Família	Impureza	Código ISO ³
Impurezas de classe 1		
Soluções aquosas	Fluidos aquosos para o trabalho de metais	MAG e MAH
	Soluções aquosas de polímeros usados na têmpera de metais	
Emulsões e microemulsões	Fluidos aquosos para o trabalho de metais	MAA, MAB, MAC, MAD, MAE, MAF
	Filmes residuais de produtos de protecção anti-corrosão	RB ou RBB
Massas, pastas e sabões solúveis em água	Massas e pastas para o trabalho de metais	MAI
Fluidos hidráulicos aquosos	Fluidos aquosos dificilmente inflamáveis	HFAE, HFAS, HFC, HF'B
Impurezas de classe 2		
Óleos e fluidos pouco aderentes	Petróleo	
	Queroseno	
	<i>White Spirit</i>	
	Óleos para electroerosão	MHA
	Óleos minerais para o trabalho de metais	MHA
Óleos moderadamente viscosos e/ou aderentes	Óleos para o trabalho de metais com propriedades anti-desgaste	MHB, MHE, MHF ³
	Filmes residuais de produtos de protecção anti-corrosão	RC e RCC
	Óleos de lubrificação viscosos	
	Óleos de têmpera	
Fluidos hidráulicos não aquosos	Fluidos de base mineral e sintética	HH, HL, HM, HV, HR, HG, HS, HFDR, HF'DU
	Fluidos de freios	

³ ANEXO B

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

Tabela III.9. - Natureza das impurezas (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Familia	Impureza	Código ISO ⁴
Óleos viscosos e/ou moderadamente aderentes	Óleos minerais viscosos, gorduras e ceras	
	Óleos viscosos para o trabalho de metais	MHB, MHE, MHF
	Filmes residuais de produtos de protecção anti-corrosão	RD, RDD, RE, REE, RF, RFF, RG
Filmes residuais de agentes não hidrolisados a pressão extrema	Filmes residuais de óleos inteiros	MHC e MHD
	Vestígios de óleos não clorados a extrema pressão	MHE e MHF
Impurezas de classe 3		
Filmes residuais de agentes fortemente hidrolisados a pressão extrema	Vestígios de óleos clorados pressão extrema	MHC, MHD, MHE, MHF
Massas e pastas aderentes	Lubrificantes de embutidura	MHH
Lubrificantes sólidos	Óleos para o trabalho de metais com aditivos à base de grafite e disulfureto de molibdénio	MHHI
Impurezas de classe 4		
Oxidos metálicos e outras partículas	Resíduos de corrosão	
Impurezas de classe 5		
Resíduos carbonatados	Compostos de carbono resultantes da degradação de lubrificantes	
Impurezas de classe 6		
Produtos à base de silicone	Resíduos de lubrificantes com aditivos	
	Agentes anti-espuma	
Impurezas de classe 7		
Produtos residuais muito aderentes	Resinas e colas	
	Vestígios de marcação e impressão	

⁴ ANEXO B

As grelhas de avaliação técnica permitem a identificação da aplicação de operações de limpeza e das famílias químicas indicando as substâncias mais adequadas tendo em conta o tipo de operação e as classes de impurezas (Tabela III.10.).

Tabela III.10. - Eficácia das famílias químicas, com as das classe de impurezas (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Classe de impurezas	Operações a frio									Operações a quente					
	CH	ALC	CET	EST	OXY	AR	HAL	ETH	TER	HAL	CH	OXY	HCFC	NMP	AQU
Classe 1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	3	1	3	3
Classe 2 ⁵	2	1	2	3	1	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3
Classe 3	1	1	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3
Classe 4 ⁶	Impurezas insolúveis: necessita de ajuda de meios mecânicos														
Classe 5 ⁶	Impurezas insolúveis: necessita de ajuda de meios mecânicos														
Classe 6	0	0	2	1	1	1	2	1	2	3	1	3	1	1	2
Classe 7	0	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1				1

Legenda: 3 Adaptado 2 Médio 1 Pouco adaptado 0 Inadaptado

Famílias químicas: CH: Hidrocarbonetos alifáticos; ALC: Alcoóis; CET: Cetonas; EST: Ésteres; OXY: Solventes oxigenados; AR: Hidrocarbonetos aromáticos; HAL: Solventes halogenados; ETH: Éteres; TER: Hidrocarbonetos terpénicos; HCFC: Hidroclorofluorcarbonetos; NMP: n-metil-pirrolidona; AQU: Produtos Aquosos.

⁵ Atenção aos fluidos hidráulicos. Necessidade de efectuar testes específicos.

⁶ Estas impurezas não podem ser eliminadas sem o auxílio de meios mecânicos devido à sua insolubilidade.

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

A ligação do material constituinte da peça é necessária para determinar a compatibilidade ou incompatibilidade química e/ou física do agente desengordurante utilizado (Tabela III.11.).

Nos materiais metálicos a utilização de desengordurantes pode causar agressão química, fotoquímica ou térmica, devido a eventuais instabilidades de determinados solventes utilizados ou pela presença de humidades susceptíveis de conduzir à formação de espécies químicas mais ou menos corrosivas tais como ácidos minerais (ex.: ácido clorídrico) ou ácidos orgânicos (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Tabela III.11. - Compatibilidade das famílias químicas, com os materiais de substrato metálico (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Classe de materiais	Tipo	CH	ALC	CET	EST	ONY	AR	HAL	ETH	TER	HCFC	NMP	AQU		
Metais ferrosos															
Aços ^{7,8}		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2		
Fontes		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2		
Metais não ferrosos															
Alumínio e suas ligas ⁸															
Cobre e suas ligas ⁹	Cobre não ligado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2		
	Latões	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2		
	Bronzes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2		
	Outras ligas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2		
Níquel e suas ligas															
Outros metais não ferrosos e suas ligas	Titânio ⁸	3	3	3	3	3	3	1	2	3	3	1	2	3	2
	Berílio														
	Zinco ¹⁰	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	2		
	Molibdénio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	Tungsténio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	Crómio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	Ouro	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	Platina	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	Prata	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	Cádmio ¹⁰	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2		
	Chumbo ¹¹	3	3	3	2	3	3		3	3	3	3	2		
	Estanho	3	3	3	3	3	3		2	3	3	3	2		
	Magnésio ¹¹	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3		

Legenda: 3 Adaptado 2 Médio 1 Pouco adaptado 0 Inadaptado

Famílias químicas: CH: Hidrocarbonetos alifáticos; ALC: Álcoois; CET: Cetonas; EST: Ésteres; ONY: Solventes oxigenados; AR: Hidrocarbonetos aromáticos; HAL: Solventes halogenados; ETH: Éteres; TER: Hidrocarbonetos terpénicos; HCFC: Hidroclorofluorcarbonetos; NMP: n-metil-pirrolidona; AQU: Produtos Aquosos.

⁷ Possibilidade de corrosão ou ataque químico (presença de água).

⁸ Possibilidade de corrosão sobre coação ou fragilidade.

⁹ Sensibilidade a produtos amoniacais.

¹⁰ Corrosão por ácidos orgânicos (oxidação do CH, ALC, CET, TER ou hidrólise EST).

¹¹ Evitar os produtos e os meios ácidos.

A selecção do processo (ver capítulo III. no ponto 1.3.), deverá ter em conta as características da produção (dimensão e complexidade das peças, quantidades anuais, cadência da produção,

variedade, etc.) e o tipo de desengordurantes utilizados de forma a que o sistema seja eficiente e funcione nas devidas condições de segurança (Tabela III.12. e III.13.).

Tabela III.12. - Auxiliar para a definição do meio de colocação em cuba de solventes a frio (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Características da produção		Métodos manuais	Sistemas mecanizados
Dimensões das peças	Pequena	2	2
	Média	3	2
	Elevada	3	1
Complexidade da peça	Fraca	3	3
	Média	3	3
	Elevada	2	2
Quantidade anual	Baixa	3	1
	Média	2	2
	Elevada	1	3
Cadência de produção	Baixa	3	1
	Média	2	2
	Elevada	1	3
Variedade de peças	Baixa	3	3
	Média	3	2
	Elevada	3	2

Legenda: **3** Adaptado **2** Médio **1** Pouco adaptado **0** Inadaptado

Tabela III.13. - Auxiliar na definição de um meio de colocação em cuba para operações com solventes e operações em fase aquosa (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Características da produção		Operações com solventes					Operações em fase aquosa			
		Máquinas		Sistemas			Máquinas			
		Abertas	Fechadas	Abertos	Encapsuladas	Cuba fechada	Mono-cuba	Multi-cubas	Túneis	Mono-cuba fechada
Dimensões das peças	Pequena	3	3	2	2	3	3	3	1	1
	Média	2	2	3	2	2	2	2	2	2
	Elevada	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Complexidade da peça	Fraca	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Média	3	3	2	2	3	2	2	2	2
	Elevada	2	3	1	1	2	1	1	1	2
Quantidade anual	Baixa	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Média	2	2	3	3	2	2	2	2	2
	Elevada	3	3	2	2	3	3	3	3	3
Cadência da produção	Baixa	1	1	2	2	1	2	2	1	2
	Média	3	3	2	2	2	2	2	2	2
	Elevada	2	2	1	1	2	1	1	3	1
Variedade das peças	Baixa	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Média	3	3	2	3	3	2	2	2	2
	Elevada	3	3	2	2	3	1	1	1	1

Legenda: **3** Adaptado **2** Médio **1** Pouco adaptado **0** Inadaptado

A avaliação técnica global de cada família é realizada efectuando-se a síntese das avaliações parciais correspondentes, traduzindo-se a nota global afectada a cada família química sendo necessário verificar a compatibilidade destas com os processos seleccionados.

2. Riscos industriais

É essencialmente na fase de projecto que os problemas de conforto e da prevenção dos riscos profissionais devem ser equacionados. O projecto engloba não só a construção do edifício em si, mas da empresa a instalar: disposição de máquinas e equipamentos, redes de energia, transportes, acessos, limpeza, manutenção, etc., prevendo-se nesta fase os eventuais riscos a ocorrer (Fonseca *et al.*, 1998).

O empregador tem a obrigação geral de assegurar a segurança e saúde dos trabalhadores em todos os locais de trabalho. Os objectivos da avaliação de riscos (CE, 1996) são as seguintes:

- prevenir os riscos profissionais;
- informar os trabalhadores;
- facultar formação aos trabalhadores;
- organizar a criação dos meios para aplicar as medidas necessárias.

Na impossibilidade da eliminação dos riscos, eles deverão ser reduzidos de forma a prevenir os riscos de doença profissional. A avaliação de riscos deve ser realizada para todos os locais, mediante a participação de todos os intervenientes nesse posto de

trabalho: empregadores, trabalhadores e outros. A avaliação de riscos deverá ser efectuada de acordo com a Figura III.10..

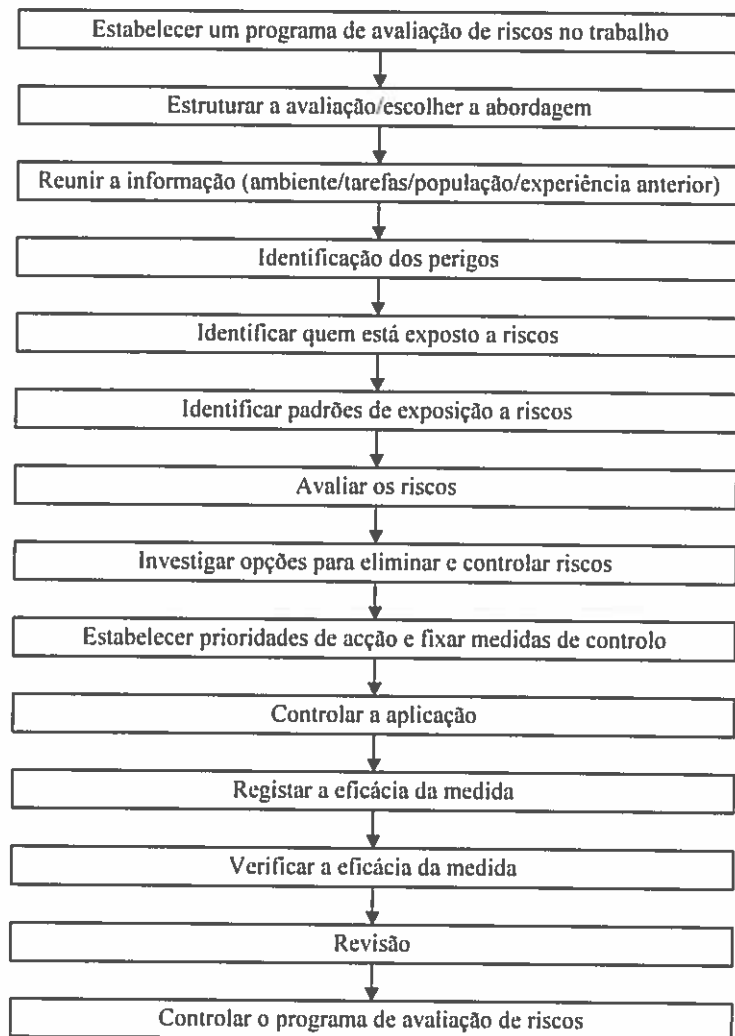


Figura III.10. - Esquema de avaliação de riscos (CE, 1996).

Para a avaliação dos riscos deve-se estruturar a operação de forma a abordar todos os perigos e riscos relevantes, incluindo operações de manutenção e limpeza, assim como questionar se o risco pode ser eliminado.

A avaliação de riscos deverá ter em conta os seguintes aspectos (CE, 1996):

- observar o meio circundante dos locais de trabalho (vias de acesso, estado dos pavimentos, segurança de máquinas, poeiras e fumos, temperatura, iluminação, ruído, etc.);
- identificar as actividades realizadas no local de trabalho e de todos os trabalhadores;
- verificar se os procedimentos correspondem aos estabelecidos;
- avaliar os riscos em cada uma das operações efectuadas;
- identificar factores psicológicos, sociais, físicos que causem alterações no desempenho normal do trabalhador;
- considerações sobre a organização do trabalho.

As observações efectuadas devem ser confrontadas com disposições legais assim como orientações técnicas, tendo em conta os Princípios Gerais de Prevenção de Riscos:

- evitar os riscos;
- substituir os elementos perigosos;
- combater o risco na fonte;
- implementar medidas de protecção colectiva preferencialmente às medidas de protecção individual;
- adaptação ao progresso técnico;
- melhorar o nível de protecção.

Apesar de tudo deverá ter-se em atenção que as soluções de segurança não deverão perturbar a produção diária nem dificultar as operações de manutenção e limpeza dos equipamentos.

A elevada diversidade de actividades industriais e processos produtivos associados à actividade de limpeza industrial tornam complexa uma caracterização por sector apresentando-se na Tabela III.14. a identificação de riscos desta actividade.

Tabela III.15. - Aplicação de tecnologias de PML na actividade de limpeza em fase orgânica (CATIM, 1999).

	Entrada	Desengorduramento em fase orgânica	Saída
Redução nos consumos de recursos	1. Restituição de aceitadores ácidos nos solventes sobreestabilizados, para evitar qualquer formação de ácido clorídrico, principal decomposição do solvente.	1. Uso de solvente de limpeza em contracorrente; 2. Minimização do calor usado de modo a diminuir a evaporação; 3. Aumentar a altura das paredes das tinas.	1. Recuperação de solventes por destilação; 2. Remoção frequente das lamas dos tanques de desengorduramento, aumentando deste modo o seu tempo de vida.
Minimização de impactes ambientais	1. Substituição de solventes clorados por solventes biodegradáveis; 2. Substituição de solventes de limpeza derivados do petróleo por solventes bioquímicos; 3. Substituição de banhos de limpeza com solventes voláteis clorados, tais como o tricloroetileno, por limpeza em fase aquosa (emulsões).	1. Coberturas automáticas nas tinas de limpeza com solventes orgânicos, o que reduz as perdas por emissões de 15 a 60%, poupando assim nas matérias-primas; 2. Diminuir a velocidade de remoção de peças desde a zona de vapor de modo a permitir a condensação do solvente.	
Tecnologias PML	1. Aplicação dos solventes clorados em instalações fechadas que permitem respeitar os limites estabelecidos para emissão de COV's.	1. Substituir banhos com solventes por banhos em fase aquosa, com eliminação da emissão de COV's.	1. Utilização do processo de ultrafiltração para remoção de óleos das águas de lavagem posteriores ao desengorduramento; 2. Tratamento gasoso por carvão activado de modo a eliminar as emissões de COV's.

A melhoria contínua da gestão ambiental deve passar pela tomada de opções de minimização dos impactes decorrentes dos processos com consequências ambientais mais relevantes. As secções seguintes identificam riscos industriais no âmbito da Saúde, Higiene, Segurança e Ambiente para a actividade de limpeza de peças sugerindo técnicas de prevenção tendo em conta requisitos técnicos e regulamentares aplicáveis.

2.1. Saúde

A publicação do Decreto-Lei n.º 441/91, de 14 de Novembro, estabelece o regime jurídico de enquadramento da segurança, higiene e saúde no trabalho transpondo a Directiva-Quadro sobre a aplicação de medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e saúde dos trabalhadores nos locais de trabalho. Este Decreto-Lei veio reconhecer dois direitos fundamentais: o direito à saúde no local de trabalho e o direito à participação dos trabalhadores e seus representantes na prevenção dos riscos profissionais, na protecção da saúde e na promoção do seu bem estar físico, mental e social.

Em actividades industriais a utilização de químicos necessita de identificação e quantificação dos riscos associados a fim de definir um nível admissível de exposição e adequadas medidas de prevenção. A avaliação dos riscos é efectuada com base nos resultados de estudos experimentais e estudos clínicos e epidemiológicos dos indivíduos expostos. A toxicidade de uma substância é definida pela resposta do contacto com um organismo vivo e varia com a espécie, sexo, idade e actividade física. Ela pode-se manifestar depois da administração do produto tóxico com uma dose forte (toxicidade aguda) ou exposições repetidas, ao fim de longos períodos de tempo de pequenas doses (toxicidade crónica). Para que ocorra risco é necessário além da exposição ao produto tóxico a absorção de uma quantidade suficiente para desenvolver um efeito nocivo. Distinguem-se dois grupos de parâmetros a ter em consideração: os níveis de resposta biológica e os níveis de exposição (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Os níveis de resposta biológica são caracterizados pelas propriedades toxicológicas intrínsecas e a natureza dos organismos alvo. É indispensável estudar as diferentes formas de toxicidade tais como:

- efeitos cancerígenos e genotóxicos;
- efeitos na reprodução;
- organotoxicidade (efeitos sobre os organismos alvo);
- efeitos locais (irritação);
- toxicidade aguda;
- destino da toxicidade dentro do organismo (toxicocinética).

O estado físico-químico, a velocidade de penetração, a quantidade introduzida no organismo, as exposições anteriores e a interacção com outros químicos, são aspectos considerados no estudo dos níveis de exposição. A precisão do estudo deverá ter em conta o:

- modo de absorção para o organismo;
- nível de exposição no ar (valor médio de exposição - VME - e valor limite de exposição - VLE) sempre que a medição é possível;
- a exposição real dos indivíduos verificada pelas medidas no sangue e urina ou do seu metabolismo (biometrologia).

Torna-se importante distinguir a toxicidade intrínseca de uma substância, da noção de risco que exprime a probabilidade de reencontrar um factor tóxico num indivíduo. É necessário conhecer, para além da toxicidade intrínseca (apreciação da gravidade potencial dos efeitos), as condições de emprego e de exposição (ex.: volatilidade, via de exposição), antecedentes médicos e idade fisiológica das pessoas expostas.

A Lei n.º 100/97, de 13 de Setembro, aprova o regime jurídico dos acidentes de trabalho e das doenças profissionais, e encontra-se regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 143/99 de 30 de Abril. Segundo a referida Lei:

“É acidente de trabalho aquele que se verifique no local e no tempo de trabalho e produza directa ou indirectamente lesão corporal, perturbação funcional ou doença de que resulte redução na capacidade de trabalho ou de ganho ou de morte, considerando ainda outras situações.”

As doenças profissionais são consequência de deficiências graves do processo produtivo, cujas causas são necessárias apurar de forma a implementar medidas preventivas. Apesar de tudo, a consciência do risco pelo trabalhador quando não são tomadas as medidas de prevenção conduzem frequentemente ao acidente. Segundo o Laboratório de Análise de Riscos (1983), e com vista à prevenção das doenças profissionais, há algumas questões que numa fase de projecto devem ser respondidas:

- Quais são as substâncias que podem ser emitidas e quais as suas propriedades físicas e químicas? Em que quantidades podem ser emitidas?
- Quais são os agentes físicos (ruídos, vibrações, calor, radiações ionizantes, etc.) que podem ser originados? Com que intensidade são de prever esses agentes?
- Quais são os níveis máximos permitidos nos locais de trabalho e que medidas poderão ser adoptadas para que esses níveis não sejam ultrapassados?

Os exames médicos destinam-se a verificar a aptidão física/psíquica do trabalhador para o exercício da sua actividade e a repercussão das condições de trabalho na sua saúde. Enquadrada nas actividades de promoção e vigilância da saúde, a realização de exames médicos é obrigatória (Decreto-Lei n.º 26/94 de 1 de Fevereiro, republicado pelo Decreto-Lei n.º 109/2000, de 30 de Junho) nas seguintes situações:

- exames de admissão: antes do início da prestação ou nos 20 dias seguintes;

- exames periódicos anuais, para menores de 18 anos e para maiores de 50, e de 2 em 2 anos, para os restantes casos;
- exames ocasionais: sempre que se verifiquem alterações substanciais no meio e na organização do trabalho, ou no regresso ao trabalho, após ausência superior a 30 dias, por acidente ou por doença.

De forma a minimizar os riscos para a saúde humana deverão estar previstas nas empresas as seguintes acções (Gonçalves *et al.*, 1989):

- abstenção de fumar e comer na zona de trabalho, de forma a evitar a entrada de poluentes por via digestiva;
- fornecimento de informação clara aos trabalhadores sobre as operações a executar no seu posto de trabalho, produtos manuseados, riscos inerentes e medidas de prevenção a adoptar, assim como dos riscos gerais da empresa;
- formar os trabalhadores para os riscos existentes nos seus postos de trabalho e das medidas preventivas que devem tomar;
- realização de vigilância médica periódicas aos trabalhadores, com particular incidência no aparelho respiratório e controlo biológico.

Os primeiros socorros apresentam uma especificidade considerável, exigindo que se disponha na empresa de material adequado (ex.: caixa de primeiros socorros), de pessoal tecnicamente habilitado na prestação desses cuidados e de um conhecimento suficiente da rede de organismos junto de quem poderá, ou deverá, pedir apoio em tais situações. Tal como Silveira *et al.* (2000) afirma, a prestação de socorro à vítima de sinistro é uma obrigação laboral, cujo incumprimento é passível de aplicação de sanções mas, mais que isso, é um dever cívico e moral que não pode deixar de estar presente em qualquer empresa.

2.2. Higiene e Segurança

2.2.1. Riscos mecânicos

Segundo Fonseca *et al.* (1998), o risco mecânico é condicionado essencialmente pelos seguintes factores:

- forma: elementos cortantes, arestas vivas, peças de forma aguçada;

- posição relativa: pode provocar, quando em movimento, zonas de escorregamento, de corte por cisalhamento, de arrastamento, de enrolamento, etc.;
- massa e estabilidade (energia potencial susceptível de deslocar elementos pela acção da gravidade);
- massa e velocidade (energia cinética);
- aceleração;
- resistência mecânica insuficiente, que pode provocar roturas ou rebentamentos perigosos;
- energia potencial (elementos elásticos ou sob pressão).

A Directiva 98/37/CE, vulgarmente denominada de Directiva “Máquinas”, estabelece as exigências essenciais de segurança e saúde aplicáveis às máquinas de forma a que essas considerações sejam ponderadas na fase de concepção dos equipamentos. Segundo esta Directiva na aquisição de “máquinas novas”, o empregador deve ter em atenção a existência do seguinte:

- i. “Marcação de segurança CE”
- ii. Declaração de conformidade CE
- iii. Manual de instruções redigido em português, onde se prevejam os riscos que possam ser causados pela instalação da máquina ou pela sua utilização, assim como a informação necessária para a formação dos respectivos operadores.

De forma a estabelecer as medidas de segurança adequadas a tomar, o projectista deverá ter conhecimento prévio dos condicionalismos previstos pelo fabricante. Relativamente às “máquinas antigas”, ou “máquinas em 2.ª mão”, o empregador deve ter em atenção as prescrições mínimas de segurança e de saúde definidas nas directivas comunitárias sobre “Equipamentos de Trabalho”. Para a certificação da sua máquina o fabricante deverá de acordo com a Directiva 98/37/CE fazer o seguinte:

- i. verificar se esta cumpre os requisitos essenciais de segurança e saúde aplicáveis;
- ii. constituir um Dossier Técnico de Fabrico (de acordo com o previsto no Anexo II da Directiva);
- iii. emitir a Declaração CE de Conformidade e fazer a aposição de marcação CE na máquina.

Para processos de auto-certificação deverão constar na Declaração de Conformidade o nome e endereço do fabricante, identificação da máquina (tipo, modelo, n.º de série), legislação à qual

a máquina obedece (directivas comunitárias, normalização, especificações técnicas) e documento datado e assinado. Se o equipamento possuir características específicas, a Directivas Máquinas pode coexistir paralelamente com outras Directivas Comunitárias tais como: Directiva 73/23/CEE ou de “baixa tensão”, Directiva 89/336/CEE ou de “compatibilidade electromagnética”, Directiva 90/396/CEE ou de “aparelhos a gás”, etc..

Segundo Fonseca *et al.* (1998), para a instalação da máquina deve-se ter em conta:

- dimensionamento do posto de trabalho, tendo em conta as posturas e alcances do operador, características do posto de trabalho, os protectores e dispositivos de protecção, iluminação, modo de alimentação do máquina e maquinagem das peças;
- dimensionamento de espaços mínimos que permitam a execução de tarefas de manutenção com facilidade, rapidez e segurança;
- dimensionamento da área de trabalho de forma a garantir espaços mínimos para circulação de pessoas, materiais, veículos e outros meios de transporte;
- localização de equipamento ruidosos.

2.2.2. Riscos ergonómicos

A interacção de procedimentos, máquinas e homens constitui o sistema ergonómico sendo o método utilizado a análise do posto de trabalho (Miguel, 2000). A interacção do Homem com o espaço de trabalho que o rodeia pressupõe o estudo dos elementos tais como a posição, a postura e o alcance da faixa esperada de utilização e, conseqüentemente, o seu conforto e eficiência. A não adaptação das máquinas ao operador pode manifestar-se causando efeitos fisiológicos devido a posturas incorrectas e esforços excessivos e repetitivos, ou psicofisiológicos devidos a sobrecargas psíquicas, stresse, etc., devido a operações de vigilância ou manutenção das máquinas e equipamentos. Deverão ser verificados os desenhos dos equipamentos e espaços de trabalho, de forma a evitar lesões, por movimentos repetitivos, fadiga excessiva, etc..

A concepção dos postos de trabalho seguros e eficientes tendo em conta a adaptação do trabalho ao homem deve ter em conta, segundo Fonseca *et al.* (1998), os seguintes aspectos:

- tarefas a desempenhar;

- posturas do trabalhador;
- disposição e dimensionamento do posto de trabalho;
- localização dos comandos;
- localização dos meios de sinalização e visualização;
- existência de obstáculos dificultando o alcance ou a visão.

A interação do Homem com o Ambiente deverá ter em conta os agentes químicos e físicos referidos no ponto 2.2. e 2.3.. Segundo Miguel (2000), não há mensagens sensoriais eficazes sem um ambiente luminoso e acústico adequados. A medição de um elemento do ambiente deverá ser pertinente relativamente à operação em questão tendo em conta aspectos particulares da máquina a vigiar e das tarefas específicas, não nos devendo limitar a medições periódicas de despistagem e controlo.

2.2.3. Ruído

O ruído pode causar: uma deterioração permanente da acuidade auditiva, zombidos nos ouvidos, fadiga, stresse, outros efeitos tais como perturbações do equilíbrio, diminuição da capacidade de atenção, interferências na comunicação oral, etc. (Silveira *et al.*, 2000). As vibrações podem transmitir-se a todo o corpo podendo causar perturbações vasculares, neurológicas, osteoarticulares, etc..

Na concepção de novos locais de trabalho deverá elaborar-se um programa de medidas técnicas de forma a reduzir a emissão e propagação de ruído ou a exposição dos trabalhadores. A produção de ruído na fonte pode ser reduzida pela implementação das seguintes acções (Macedo, 1988):

- utilização de máquinas e equipamentos pouco ruidosos;
- dimensionamento e acabamentos à máquina, escolha dos materiais;
- aplicação de silenciadores e atenuadores sonoros;
- manutenção regular dos equipamentos;
- utilização de ventiladores mais silenciosos ou colocar silenciadores nas condutas dos sistemas de ventilação;
- redução dos choques entre os componentes das máquinas, assim como as vibrações.

A radiação sonora pode ser reduzida pelo aumento da absorção da envolvente acústica, instalação de barreiras acústicas e encapsulamento das máquinas.

No caso de limpeza por jacto carbónico a projecção de partículas gera uma intensidade sonora importante pelo que a limpeza deve ser efectuada em cabine insonorizada protegendo o meio exterior (Ganier *et al.*, 1995).

No sentido de se prevenirem os riscos causados pelo ruído o Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro aprova o Regulamento Geral do Ruído. O artigo 4.º, ponto 3, altera a classificação dos locais de implantação de edifícios, com a introdução do conceito “zonas sensíveis”, consideradas como áreas para a habitação, escola, hospitais, espaços de recreio e lazer e similar, e “zonas mistas”, consideradas áreas que, além da utilização referida nas zonas sensíveis, pode coexistir com outra utilização como comércio e serviços. Segundo este diploma, as empresas instaladas em zonas industriais, deverão efectuar uma avaliação do ruído com a empresa parada e em funcionamento, e a diferença da avaliação não poderá exceder os 5 dB(A) no período diurno e 3 dB(A) no período nocturno. Os projectos que estão sujeitos a avaliação de impacte ambiental são apreciados, quanto ao cumprimento do regime previsto no presente diploma no âmbito dessa avaliação.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 72/92, de 28 de Abril, se o valor do nível sonoro contínuo equivalente (Leq) exceder os 90 dB(A) e não for possível, através do recurso a medidas visando os equipamentos, as instalações e organização do trabalho, atenuar a severidade do ruído, as entidades fiscalizadoras imporão, para uso dos trabalhadores, a adopção de protecção individual. O empregador deve fornecer protectores auriculares aos trabalhadores que se encontram expostos a valores de Leq superior a 85 dB(A) e inferior a 90 dB(A), cuja utilização será facultativa.

Deverão ser realizados testes audiométricos na admissão do trabalho e a intervalos regulares de forma a detectar trabalhadores com problemas auditivos e evitando a surdez profissional. A periodicidade dos exames audiométricos deverá ser anual para os trabalhadores expostos a níveis de ruído superior a 90 dB(A) e de três em três anos para trabalhadores expostos a níveis de 85 dB(A).

2.2.4. Incêndio e explosão

A NP EN2 (1993) classifica os fogos segundo o tipo de combustível de acordo com Tabela III.16..

Tabela III.16. - Substâncias extintoras mais adequadas às diferentes classes de fogo (DSFE, 1989).

Classes de fogo	Métodos de extinção	Agentes extintores							
		Pó químico seco			Dióxido de carbono Neve carbónica CO ₂	Água			Hidrocarbonetos halogenados Halons (líquidos voláteis)
		ABC	BC	Especial (Metal Power)		espumas	jacto	pulverizada	
CLASSE A Fogos que resultam da combustão de materiais sólidos, geralmente de natureza orgânica, como por exemplo: madeira, carvão, papel, matéria têxtil, etc., a qual se dá normalmente com formação de brasas	Arrefecimento ou inibição de chamas	Sim excelente	Não	Não	Não	Não	Não	Sim excelente	Não
		Rápido abatimento de chamas de rescaldo	Controla apenas pequenas superfícies	XXX	Controla apenas pequenas superfícies	Tem acção de abafamento e arrefecimento	Boa penetração, rápido arrefecimento de combustíveis e rescaldo		Rápido abatimento de chamas
CLASSE B Fogos que resultam da combustão de líquidos ou de sólidos liquidificáveis, como por exemplo: éteres, álcoois, acetonas, vernizes, gasolinas, óleos, etc..	Inibição de chamas ou abafamento e arrefecimento	Sim excelente	Sim excelente	Não	Sim	Sim excelente	Não	Sim	Sim
		Nuvem de pó protege o operador	Nuvem de pó protege o operador	XXX	Não deixa resíduos, não contamina alimentos	Cobertura de espuma evita reações e arrefece os líquidos combustíveis	O jacto espalha o fogo	Provoca nuvem de vapor que arrefece e inibe	Rápido abatimento de chamas
CLASSE C Fogos que resultam da combustão de gases, como por exemplo: acetileno, metano, propano, etano, butano, etc..	Inibição de chamas	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim
CLASSE D Fogos que resultam da combustão de metais, como por exemplo: sódio, potássio, magnésio, urânio, zircónio e alguns tipos de plásticos.	Carência de oxigénio e arrefecimento	Não	Não	Sim excelente	Não	Não	Não	Não	Não
		PERIGO DE EXPLOSAO			Forma uma crosta sobre os metais e elimina o oxigénio	PERIGO DE EXPLOSAO			
FOGOS ENVOLVENDO RISCOS ELÉCTRICOS	Inibição de chamas	Sim	Sim	Não	Sim excelente	Não	Não	Admissível	Sim excelente
		Não condutor até 6 000 V		XXX	Não condutor, não deixa resíduos	É um condutor	A água é um condutor	Até à tensão de 500 V	Não condutor, não deixa resíduos
TOXICIDADE		FRACA	NÃO	XXX	GAS ASFIXIANTE	NÃO	NÃO	NÃO	FORTE

Para a actividade de limpeza industrial os fogos de classe B são os de maior probabilidade de ocorrência sendo o pó normal o agente extintor mais indicado.

O constituinte básico do pó normal é o bicarbonato de sódio (ou de potássio) e o pó polivalente o fosfato monoamónico, permitindo uma reacção em cadeia extinguindo o fogo por inibição. São muito eficientes, não são tóxicos, corrosivos ou abrasivos, causando no entanto deterioração de circuitos eléctricos e electrónicos e diminuindo a visibilidade quando utilizados (Miguel, 2000).

O pó pode ser utilizado em instalações fixas e extintores. O extintor de pó químico seco, geralmente armazenado numa garrafa de aço, funciona sob a pressão de um gás auxiliar - dióxido de carbono ou azoto. A concepção do extintor deverá evitar a hidratação do produto que transforma o pó num bloco compacto podendo causar acidentes graves (Miguel, 2000). As garrafas de gás devem ser pesadas de seis em seis meses e recarregadas, se for registada uma diminuição de peso superior a 10%. Deveram ser colocados nos pilares, paredes ou locais amplos devidamente sinalizados.

Os trabalhadores deverão estar informados quanto ao tipo de extintor a utilizar e o modo de funcionamento, devendo para isso participar em sessões de treino de forma a que cada membro da equipa conheça bem a sua função e reaja com calma em caso de alerta (Miguel, 2000).

A adopção de medidas de prevenção contra os riscos de incêndio e explosão pretende reduzir os riscos de eclosão de incêndio, limitar os riscos da propagação do fogo e dos fumos, devendo os edifícios que apresentem riscos elevados ser dotados de sistemas de alarme automáticos e/ou de extinção, as vias de circulação devem garantir uma evacuação rápida e segura facilitando a intervenção eficaz dos bombeiros. As saídas de emergência devem estar assinaladas de forma visível, desobstruídas e ser facilmente abertas (abrir no sentido da saída com fácil manobra pelo interior, equipadas por exemplo com barras anti-pânico), devendo conduzir para áreas ao ar livre ou a uma zona de segurança. A distribuição e a dimensão das saídas devem ter em conta o equipamento, dimensão do local de trabalho e número máximo de trabalhadores (Fonseca *et al.*, 1998). Em caso de risco de formação de misturas explosivas as substâncias inflamáveis devem ser substituídas, devendo estar previsto o controlo de fugas e a instalação de um sistema de ventilação adequado, a eliminação das fontes de ignição e a existência de zonas de protecção. Devem evitar-se a existência de depósitos de produtos

inflamáveis provisórios no interior da unidade fabril, armazenando as quantidades estritamente necessárias ao processo (Silveira *et al.*, 2000).

2.2.5. Riscos eléctricos

Os choques eléctricos podem causar lesões ou morte devido ao contacto com: partes activas (contacto directo), ou tornadas activas acidentalmente devido a defeitos de isolamento (contacto indirecto), aproximação à vizinhança de partes activas, isolamentos inadequados às condições de utilização previstas, fenómenos electrostáticos, radiação térmica ou fenómenos como a projecção de partículas em fusão, e efeitos químicos de curtos circuitos, sobrecargas, etc. (Silveira *et al.*, 2000).

A concepção das instalações eléctricas deve obedecer ao Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica. A instalação eléctrica e os dispositivos de protecção devem ter em conta a tensão, os condicionalismos de origem externa (chuva, sol), o local e a competência das pessoas de forma a evitar contactos directos através do isolamento de partes activas, choques eléctricos, contactos indirectos empregando aparelhos com isolamento especial, ou utilizando, por exemplo, tensão reduzida.

Deverá ter-se em conta a instalação e manutenção cuidada do circuito eléctrico, uma vez que o ambiente de trabalho é húmido e oxidante (Gonçalves *et al.*, 1989).

2.2.6. Sistemas de ventilação

Os sistemas de ventilação têm por objectivo a protecção dos trabalhadores expostos contra os riscos associados à inalação de contaminantes químicos emitidos nos postos de trabalho e devem satisfazer determinadas exigências de quantidade e qualidade (Fonseca *et al.*, 1998).

O caudal mínimo de ar varia, tendo em conta o grau de pureza que se pretende, bem como em função da libertação de contaminantes ou de calor, ou na ausência de fontes de poluição, do número de ocupantes e da cubagem do local. A quantidade de ar fornecido a um local por meio de um sistema de ventilação, deverá ter em atenção diversos requisitos: ventilação bem distribuída e contínua, evitando correntes de ar incómodas ou perigosas.

Tendo em conta a actividade e o local, deverá ser concebido um sistema de ventilação mais adequado, natural e/ou artificial, de modo a assegurar boas condições de trabalho. Os poluentes deverão ser captados por meio da instalação de sistemas de captação localizados na fonte, efectuando-se também uma avaliação de riscos de explosividade, toxicidade e avaliação da qualidade do ar.

A concepção de um sistema de ventilação localizada requer um conhecimento adequado da operação, sendo necessário efectuar inicialmente um estudo da concentração do poluente no ar de forma a identificar as doenças profissionais que podem originar e o poder de corrosão sobre o material a utilizar na instalação. Segundo Miguel (2000), quanto mais completo for o envolvimento junto à captação, mais económica e eficiente será a instalação, acrescentando que o número de aberturas deve ser mínimo e a sua localização deve ser preferencialmente afastada da trajectória natural do ar contaminado.

2.2.7. Ambientes térmicos

Os riscos térmicos podem causar queimaduras, provocadas pelo contacto com materiais a temperaturas extremas, e efeitos nocivos para a saúde provocados por um ambiente de trabalho quente ou frio. O ambiente térmico deverá ser adequado ao organismo e ter em conta as tarefas a desempenhar, sendo adequado às suas especificidades (Miguel, 2000).

Os sistemas de iluminação deverão ser reguláveis possibilitando o controlo da radiação solar, devem ser instaladas câmaras de transição para os trabalhadores sujeitos a mudanças bruscas de temperatura e instalação de resguardos para protecção contra as radiações intensas de calor. Os equipamentos expostos a elevadas temperaturas devem estar protegidos termicamente, evitando qualquer contacto acidental.

As situações de stresse térmico deverão ser controladas tendo em conta a temperatura dos banhos. Nesta perspectiva, Fonseca *et al.* (1998), recomenda que a temperaturas nos locais de trabalho deve situar-se entre os 18 a 20°C para actividade física ligeira, 15 a 17°C para actividade física intensa e 20 a 23° C para áreas sociais. A humidade relativa deveria ser de 50 a 70% e a velocidade do ar no Inverno inferior a 0,15 m s⁻¹ e no resto do ano inferior a 0,25 m s⁻¹.

2.2.8. Iluminação

Uma iluminação adequada (Figura III.11.), significa para a empresa: maior redução dos custos de produção e maior lucro e produtividade visto que a visão é um factor determinante na qualidade do trabalho e na segurança e saúde dos trabalhadores. Uma boa iluminação permite (Laboratório de Avaliação de Riscos, 1983):



Figura III.11. – Iluminação de um túnel de desgorduramento numa empresa.

- melhorar a capacidade de percepção;
- um aumento da precisão - qualidade do produto;
- uma melhor distribuição dos espaços, aproveitando a totalidade da área de trabalho;
- melhorar a higiene e limpeza do posto de trabalho;
- evitar a fadiga visual;
- aumentar a segurança e redução dos acidentes de trabalho;
- melhorar o ambiente de trabalho pela influência psicológica que exerce no pessoal.

A área das superfícies destinadas a iluminação natural não deve ser inferior a 20% da área do pavimento (Fonseca *et al.*, 1998). A luz natural deve ser suficiente e repartida uniformemente pelos postos de trabalho, devendo os vãos e janelas estar equipados com dispositivos destinados a evitar encandeamento. As aberturas e janelas deverão estar dotados de acessos fáceis de forma a mantê-las em condições adequadas de limpeza e as vias de passagem devem estar iluminadas com luz natural.

A iluminação artificial deverá ser concebida de forma a complementar a iluminação natural assegurando níveis de iluminação adequados às tarefas a realizar. O nível de iluminação deverá ser estruturado de forma a garantir uma intensidade e distribuição uniforme da luz evitando sombras, encandeamentos, reflexos e contrastes acentuados, pelo que deverá ser instalada iluminação suplementar quando as tarefas assim o exigirem (Fonseca *et al.*, 1998). Segundo o Centro para a Conservação da Energia (1997), deve-se ter em conta dois factores:

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

- o sistema, tipo de lâmpadas (Tabela III.17.) e o nível de iluminação a instalar, deverá ser o mais adequado ao tipo de local, características dos utilizadores e das tarefas a realizar (Tabela III.18.);
- em cada sistema, devem ser sempre instalados os equipamentos mais eficientes, reduzindo deste modo os consumos energéticos para o mesmo nível de iluminação pretendido.

A qualidade de luz é definida pela capacidade de restituição da cor natural dos objectos iluminados, definida pelo índice Ra (Tabela III.17.).

Tabela III.17. - Tipo de lâmpadas (Centro para a Conservação da Energia, 1997).

Tipo de lâmpadas	Critérios		
	Poupança de energia (lm/W)	Restituição de cor (Ra)	Tempo de vida (horas)
Incandescentes	10 a 25	95	2000
Fluorescentes	50 a 100	50 a 90	7000
Mercúrio a alta pressão	40 a 60	40 a 60	8000
Iodetos metálicos	80 a 90	65 a 70	5000
Sódio de alta pressão	70 a 125	fraca	6000
Sódio de baixa pressão	100 a 200	amarela	6000

Tabela III.18. - Valores recomendáveis para a iluminação (ISO 8995, 1989).

Iluminância (lux)	Áreas, actividades	Tarefas
30	Zonas de circulação e de trabalho não permanente no exterior	
100	Áreas de circulação, simples orientação ou estadias temporárias	
150	Locais de trabalho não permanente	
300	Tarefas com exigências visuais simples	Trabalhos em armazém, estaleiros, minas, salas de espera, trabalho de pintura e polimento
500	Tarefas com exigências visuais médias	Trabalho em escritório, processamento de dados, leitura
750	Tarefas visuais exigentes	Tingimentos, rebarbagem com pequenos detalhes
1000	Tarefas com grande exigência visual	Desenho técnico, comparação de cores
1500	Especiais exigências visuais	Montagem de pequenos elementos em electrónica
2000	Casos especiais	Trabalhos de relojoaria e gravação

Deverão adoptar-se as seguintes boas práticas (Fonseca *et al.*, 1998):

- verificar periodicamente os níveis de iluminação;
- utilizar o tipo de luz mais apropriado para o trabalho a efectuar;
- evitar a utilização no mesmo local de mais de um tipo de luz;
- efectuar mudanças das lâmpadas em grupo (maior eficiência e duração das armaduras, percentagem fixa nos orçamentos de manutenção, redução nos custos de substituição, redução dos *stocks*, melhor aspecto das instalações, maior eficácia dos serviços de manutenção, redução ao mínimo de pequenas encomendas, redução das perturbações do ritmo de trabalho);

- estabelecer um plano de manutenção para as limpezas e substituições simultâneas;
- limpar e pintar periodicamente os locais de trabalho e as máquinas;
- utilizar dispositivos que facilitem a manutenção;
- manter uma tensão correcta nos terminais das lâmpadas;
- utilização das lâmpadas de alto rendimento.

2.2.9. Riscos químicos

Os materiais e as substâncias utilizadas no processo de fabrico assim como os resíduos gerados podem provocar riscos causados pelo contacto ou inalação de fluidos, fumos e poeiras, gases e névoas, causando um efeito nocivo, tóxico, corrosivo e/ou irritante, riscos de incêndio e de explosão e riscos biológicos (Figura III.12.) devendo a sua utilização ter em conta a incompatibilidade com outras substâncias.



Figura III.12. – Armazenamento inadequado de produtos químicos.

Existem duas formas para identificação dos agentes contaminantes: a rotulagem dos produtos e as fichas de dados de segurança.

O rótulo (Figura III.13.), sendo obrigatório, é para o utilizador a primeira fonte de informação relativa ao produto, sendo de destacar os símbolos e as frases de risco. É a partir do rótulo que é obtida a primeira informação sobre os riscos para a saúde humana e para o ambiente. O rótulo deverá ser redigido na língua oficial do país utilizador e deverá conter a identificação e classificação do produto através de símbolos, indicações dos perigo e frases de risco, tipo R, indicação sobre os riscos particulares que derivam os perigos que apresentam o uso dessa substância, e frases de segurança, tipo S, indicação sobre as medidas a tomar de forma a evitar o risco (ANEXO D). É fundamental que o rótulo esteja não só na embalagem de origem, mas também, em todas as embalagens após transvasamento e reacondicionamento (Franco, 1999).

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

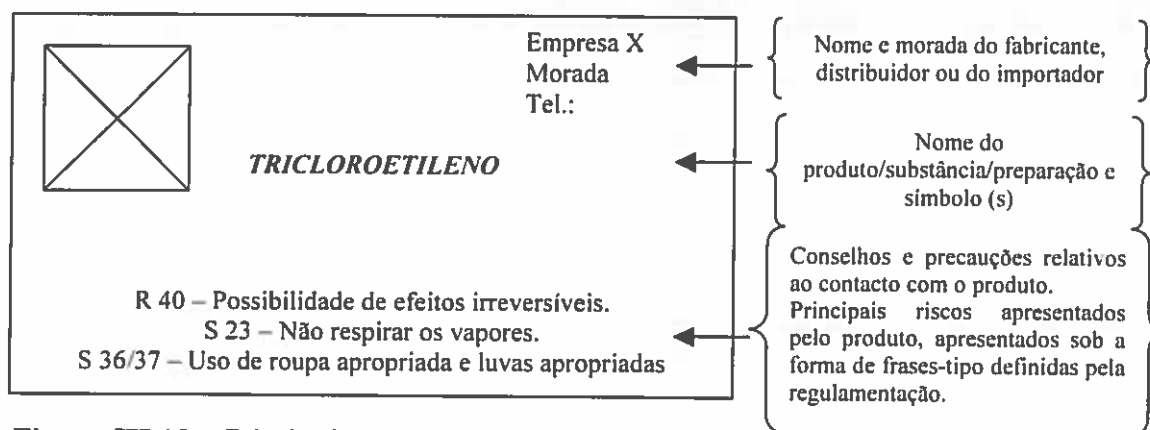


Figura III.13. - Rótulo tipo de um produto (INRS, 1992).

De acordo com a Portaria n.º 732-A/96, de 11 de Dezembro, e com as alterações do Decreto-Lei n.º 330-A/98, de 2 de Novembro, as substâncias químicas classificam-se em função da sua perigosidade dividindo-se em categorias consoante o ANEXO E.

O rótulo deverá conter o “número CE”, quando atribuído, e a indicação “rotulagem CE” (art. 18º do Decreto-Lei n.º 330-A/98, de 2 de Novembro), obrigatória para as substâncias incluídas no Anexo I da Portaria n.º 732-A/96, 11 de Dezembro.

A ficha de dados de segurança (ANEXO F), deverá conter a informação relativa: à identificação da preparação e da sociedade/empresa; à composição/informação sobre cada um dos constituintes; à identificação dos perigos; aos primeiros socorros; às medidas de combate a incêndio; às medidas a tomar em caso de fugas acidentais; ao manuseamento e armazenamento; ao controlo da exposição/protecção individual; às propriedades físico-químicas; à estabilidade e reactividade; às informações ecológicas; às questões relativas à eliminação; e às informações relativas ao transporte.

Qualquer fabricante, importador ou distribuidor, aquando da primeira entrega de uma substância perigosa, deve enviar ao destinatário uma ficha de dados de segurança contendo as informações necessárias à protecção do homem e do ambiente, podendo ser transmitida em papel ou via electrónica. Esta ficha deve ser actualizada em função de novas informações a que o fabricante, importador ou distribuidor tenha acesso, devendo também transmiti-las ao destinatário inicial.

Tanto a rotulagem como as fichas de dados de segurança não resolvem totalmente os problemas da perigosidade das substâncias químicas. É necessário informar e formar os trabalhadores sobre os métodos seguros de trabalho assim como estabelecer procedimentos de trabalho para que os trabalhadores, além de conhecerem os perigos, actuem de forma segura.

A diminuição do teor de COV's deverá ter em conta a Directiva 1999/13/CE do Conselho, de 11 de Março, transposta pelo Decreto-Lei n.º 242/2001, de 31 de Agosto. Esta Directiva estabelece valores limite diferentes, consoante o processo fabril em questão. Para além disso, refere a necessidade de estabelecer um Plano de Gestão de Solventes, dependente do consumo anual destes produtos, nomeadamente quanto a:

- i. limpeza de superfícies com utilização de substâncias ou preparações às quais são atribuídas as frases de risco R45, R46, R49, R60 e R61, cujo limiar de consumo anual de solvente seja superior a 1 tonelada;
- ii. limpeza de superfícies com utilização de substâncias ou preparações com COV's halogenados às quais seja atribuída a frase de risco R40, cujo limiar de consumo anual de solvente seja superior a 1 tonelada;
- iii. outros processos de limpeza de superfícies cujo limiar de consumo anual de solvente seja superior a 2 toneladas.

O Plano de Gestão de Solventes tem como objectivo estimar o fluxo de solventes, minimizar os riscos para a saúde pública e os efeitos das emissões dos solventes para o ambiente e posicionar a instalação industrial no sentido do cumprimento dos requisitos legais. Pretende-se estimar a natureza dos fluxos de poluição à entrada, as perdas em produtos químicos e água, estimar o nível de limpeza necessário (periodicidade) e posicionar a eficácia de uma instalação para otimizar a frequência de limpeza (CETIM, 1999c). Além disso, o Regulamento n.º 2037/2000, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Junho, relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono, proíbe a utilização de substâncias como os CFC, halons, tetracloreto de carbono, 1,1,1 tricloroetileno, hidrobromofluorocarbonos, HCFC, em utilizações não confinadas de solventes. A supressão de certos solventes clorados como os CFC 113 e os T111 bem como as novas exigências regulamentares a nível ambiental e de higiene e segurança levantam novas preocupações industriais que procuram soluções alternativas e novas estratégias empresariais.

Segundo Franco (1999), deverão ser observadas as seguintes acções:

- verificar periodicamente o *stock* de produtos, mantendo quantidades de materiais a níveis mínimos, evitando degradações e material fora de uso;
- o pavimento deve ser lavável e resistente a ácidos (ex: cimento), com estrados, onde se desloquem os trabalhadores, com fácil escoamento de líquidos;
- instalar bacias de retenção para recuperação dos produtos químicos e evitar acidentes;
- avaliar os produtos químicos utilizados e tentar substituir os perigosos;
- utilizar equipamentos de protecção individual (EPI).

2.2.10. Equipamentos de protecção individual

Sempre que não seja possível a eliminação do risco ou a adopção de medidas de protecção colectiva é necessário recorrer a medidas de protecção individual. A protecção individual (Tabela III.19. e Figura III.14.) deverá surgir apenas nas situações em que tecnicamente não é possível concretizar protecção colectiva, ou quando esta por si só, não é suficiente.

Tabela III.19. - EPI's (Rodrigues *et al.*, 1999).

Aplicação	Tipos de equipamentos
Corpo/pele	Fatos de trabalho, aventais, cremes de protecção, pomadas
Olhos/face	Óculos, viseiras, anteparos de protecção
Vias respiratórias	Máscaras filtrantes, aparelhos respiratórios, escafandros
Pés	Botas de borracha
Mãos	Luvas de borracha
Ouvidos	Protectores auriculares

A escolha do EPI deve ter em conta a natureza do risco, a pessoa, o trabalho a desempenhar, de forma a ter em conta as exigências ergonómicas e de saúde do trabalhador, para que o equipamento não implique um aumento do risco (Ribeiro, 2000).



Figura III.14. – Equipamentos de protecção individual - olhos, mãos e pés (www.profor.pt/prot_ind.html).

Os EPI's devem, de acordo com as normas comunitárias, respeitar determinadas exigências técnicas tais como ser sólidos e leves, apresentar boas características de regulação e serem

fabricados com materiais que não provoquem alergias, ou seja, ter a marcação CE. Deverão ser acompanhados do manual de instruções em português.

Os aparelhos de protecção deverão ser inspeccionados periodicamente (ex.: tiras de fixação partidas, rasgos ou gretas e rotura ou falta de válvulas) e limpos com material apropriado. Deverão ser substituídos tendo em conta os valores da concentração dos contaminantes, tempo de exposição, frequência respiratória e cuidados com a utilização e manutenção (Ribeiro, 2000).

Em operações de limpeza dever-se-á:

- usar fatos, luvas e sapatos resistentes aos ácidos e bases;
- utilizar cremes protectores da pele (aconselháveis), devendo as mãos ser lavadas frequentemente;
- verificar se os EPI's distribuídos aos trabalhadores são adequados, assim como prestar formação adequada sobre a sua utilização e manutenção.

2.2.11. Sinalização de segurança

A sinalização de segurança tem como objectivo chamar a atenção de forma rápida e clara para as situações de risco. A sua eficácia depende da renovação completa e permanente, não dispensando a aplicação de medidas de protecção impostas por diplomas legais (AIMinho, 1998).

Os sinais de segurança e de saúde compreendem, segundo Dias & Fonseca (1996), nomeadamente, sinais de aviso (advertindo perigo), de proibição, de obrigação (impondo comportamento), de indicação, de salvamento ou de socorro (indicando saídas de emergência ou meios de socorro e emergência).

As cores a utilizar nos sinais possuem o significado e fornecem indicações como as que apresentam na Tabela III.20..

Tabela III.20. - Cores de sinalização de segurança e saúde (Dias & Fonseca 1996).

Cor	Significado	Indicações
Vermelho	Proibição	Atitudes perigosas
	Perigo, alarme	Stop, pausa, dispositivos de corte de emergência, evacuação
	Material e equipamento de combate a incêndio	Identificação e localização
Amarelo ou amarelo-alaranjado	Sinal de aviso	Atenção, precaução, verificação
Azul	Sinal de proibição	Comportamento ou acção específicos - obrigação de utilizar EPI's
Verde	Sinal de salvamento ou de socorro	Portas, saídas, vias, material, postos, locais específicos
	Situação de segurança	Retorno à normalidade

Existem basicamente quatro tipos de sinais, tal como indica a Figura III.16., podendo ser utilizadas pinturas para determinadas situações, nomeadamente:

- zona com riscos de queda ou choque: faixa pintada de amarelo (pelo menos 50%) e preto;
- limitação de áreas de armazenamento, circulação de máquinas: igual ao anterior ou apenas amarelo;
- identificação de produtos químicos (ex.: tubagens, reservatórios, etc.) de acordo com normalização adequada.

Relativamente à localização dos sinais na empresa dever-se-á ter em atenção as exigências próprias da empresa e os aspectos regulamentares aplicáveis, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 141/95, de 14 de Junho, que estabelece as prescrições para a sinalização de segurança e saúde.



Figura III.15. – Sinalização de segurança (AIMinho, 1998).

2.3. Ambiente

As actividades de limpeza geram diversos tipos de produtos para o ambiente: emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos contaminados e consumos energéticos (Tabela III.21.).

Tabela III.21. - Principais aspectos ambientais na actividade de limpeza industrial de peças.

		Condições		
		normais	manutenção	emergência
Aspectos ambientais	Aditivos	Peças para limpeza Desperdícios	Peças de substituição Desperdícios Desengordurantes Água	Probabilidade de ocorrência de: - derrames; - ruptura das tinas - incêndio - etc.
	Emissões gasosas	Emissões gasosas de COV (halogenados ou não)	Emissões gasosas de COV (halogenados ou não)	
	Efluentes líquidos	Efluente líquido fortemente alcalino geralmente contendo cianetos ou outros agentes complexantes e metais pesados	Água de lavagem das tinas Efluente líquido normalmente alcalino com óleos, gorduras e metais pesados, para além dos componentes do banho	
	Resíduos	Desperdícios contaminados Óleos/emulsões/gorduras	Peças substituídas Desperdícios contaminados Resíduos de embalagem	
	Contaminação do solo	Derrames de água de lavagem	Derrames de água de lavagem	

As empresas de tratamento de superfície de metais e matérias plásticas que utilizem processos electrolíticos ou químicos cujo volume total das cubas de tratamento seja superior ou igual a 30 m³ estão sujeitas, de acordo com o Decreto-Lei n.º 69/2000 de 3 de Maio, a avaliação de impacte ambiental. Além disso, a transposição da Directiva 96/61/CE sobre prevenção e controlo integrado da poluição (IPPC), pelo Decreto-Lei n.º 194/2000 de 21 de Agosto, obriga as mesmas à obtenção de uma licença ambiental.

No ANEXO G são apresentados alguns resultados de um projecto de Transferência de Tecnologias Mais Limpas de Produção a Nível Internacional com aplicação em actividades de desengorduramento industrial.

2.3.1. Emissões gasosas

As principais emissões gasosas devem-se à evaporação de produtos químicos dos processos de limpeza com solventes e emulsões (Auder Lda *et al.*, 2000). Segundo a US-EPA, Oficina de Conformidad (1995), as emissões poderão ser provocadas pela volatilização dos solventes

durante o armazenamento, perdas e fugas durante a utilização, mas também devido à ventilação directa de vapores.

No âmbito da política de gestão da qualidade do ar, a legislação portuguesa define instrumentos básicos de controlo da poluição atmosférica, sendo o principal diploma legal o Decreto-Lei n.º 352/90, de 9 de Novembro, regulamentado pela Portaria n.º 286/93, de 12 de Março, alterado pela Portaria n.º 1058/94, de 2 de Dezembro, revogada pela Portaria n.º 125/97, de 21 de Fevereiro, e posteriormente pela Portaria n.º 399/97, de 18 de Junho. Relativamente à poluição atmosférica provocada por estabelecimentos industriais o quadro normativo estabelece:

- normas de emissão de poluentes em fontes fixas;
- obrigatoriedade de autocontrolo de emissões em fontes fixas e condições de realização;
- altura e aspectos construtivos das chaminés.

A altura das chaminés de estabelecimentos industriais, de acordo com o Decreto-Lei n.º 352/90, é estabelecida pela expressão:

$$Ac = a + 1,5 l$$

em que “Ac” é a altura da chaminé, “a” representa a altura das estruturas próximas e “l” a menor dimensão (altura ou largura) das estruturas próximas - sendo a definição de “próxima” até 5 vezes “l”, mas nunca superior a 500 metros. A lei permite a utilização de alturas inferiores às obtidas pela expressão anterior, se devidamente justificadas. No entanto, em nenhuma situação esta altura deve ser inferior a 10 metros. Ainda no âmbito do referido diploma legal, é proibida a instalação de dispositivos exteriores de protecção que dificultem a dispersão dos poluentes. A estrutura das chaminés deverá ser efectuada de acordo com a norma NP 2167 (1999).

A legislação refere que a descarga de poluentes atmosféricos dos estabelecimentos industriais deverá ser efectuada através de chaminés com vista à salvaguarda do ambiente e da saúde humana, pelo que é recomendável proceder a uma monitorização da concentração de contaminantes no ar interior, o que permitirá concluir acerca da eficiência dos sistemas de ventilação/exaustão instalados.

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

A empresa deve assegurar que o autocontrolo de emissões seja efectuado através de amostragem e análise de poluentes de acordo com os métodos fixados nas normas portuguesas, efectuando, no mínimo, duas amostragens por ano. Os resultados devem ser comunicados à entidade competente (respectiva Direcção Regional do Ambiente - DRA) até 30 dias após a realização das medições, conforme estipula o Decreto-Lei n.º 352/90.

A diminuição do teor de COV's deverá ter em conta a Directiva 1999/13/CE do Conselho, de 11 de Março, transposta pelo Decreto-Lei n.º 242/2001, de 31 de Agosto (ver ponto 2.2.9.). De forma a limitar as emissões e recuperar os solventes emitidos, diversas técnicas podem ser utilizadas. A sua eficiência depende fortemente do tipo de solvente e da configuração dos postos de limpeza considerados. Antes de colocar em prática técnicas onerosas para limitar as emissões de COV's nas instalações de limpeza, é importante aplicar regras de boas práticas (Lloret *et al.*, 1996):

- instalação de coberturas automáticas em tinas de desengorduramento com solventes orgânicos - pode traduzir-se em reduções das emissões entre 15 a 60%, consoante o tipo de solvente;
- o dispositivo de condensação de vapores de solventes deve ser correctamente dimensionado (atenção aos casos de substituição de um solvente por outro mais volátil);
- a aspiração prevista, particularmente nas máquinas de solventes clorados abertas ou semi-abertas deve ser moderada, de forma a captar apenas os vapores que saem naturalmente das cubas;
- as superfícies abertas devem ser limitadas ao mínimo (Figura III.16.);
- as cubas que contêm solvente devem ser cobertas quando não estão em serviço;
- deve-se evitar a libertação de vapores de solventes durante as operações de carga e descarga;
- deve-se mover lentamente as peças na cuba. A saída de peças deve ser efectuada unicamente após a evaporação completa.



Figura III.16. – Sistema de limpeza com solventes a vapor em ambiente fechado (<http://www.parts-washing-cleaning->

2.3.2. Águas de abastecimento

A água é utilizada nos banhos de desengorduramento em fase aquosa, para a lavagem de peças, e em circuitos de refrigeração (Ganier *et al.*, 1995). Pode ser utilizada directamente da rede, sem sofrer qualquer tipo de pré-tratamento, ou usada desmineralizada. A qualidade da água é essencial para os processos aquosos.

A quantidade de água consumida é normalmente determinada a partir de um estudo de manutenção de banhos com consequente optimização das águas de lavagem. A utilização de medidores de caudal instalados nas linhas de abastecimento de água limpa aos tanques de lavagem, permite quantificar as taxas de utilização identificando os consumos excessivos. Os consumos de água podem ser optimizados através da instalação de reguladores. Os reguladores de caudal, por exemplo, são aparelhos baratos disponíveis numa ampla gama de tamanhos que são colocados nas tubagens de água limpa. Os consumos podem ainda ser regulados através do controlo da condutividade, um sistema constituído normalmente por uma sonda localizada no tanque de lavagem que mede a condutividade, e que envia um sinal para uma válvula solenóide que abre e fecha em resposta aos sinais; ou temporizadores constituídos por uma válvula solenóide que abre e fecha a entrada de água durante períodos pré-definidos (Auder Lda *et al.*, 2000).

Existem diferentes alternativas para a lavagem. A configuração óptima de lavagem depende, de acordo com Auder Lda *et al.* (2000), de diversos factores: taxa de evaporação no tanque de revestimento, caudal de arrasto, qualidade da água na lavagem final, custos dos produtos químicos, custos de recuperação recorrendo a tecnologias alternativas, custo da água e tratamento das águas residuais e rejeição de lamas.

Na lavagem em contracorrente (Figura III.17.), a água é introduzida no último tanque de lavagem que transborda até alcançar o primeiro, enquanto que as peças se movem no sentido

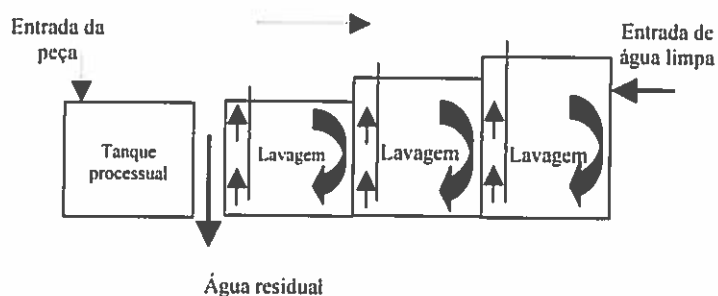


Figura III.17. – Esquema de funcionamento de lavagem em contracorrente (Peneda *et al.*, 1997).

contrário permitindo desta forma a redução dos consumos de água.

A lavagem em cascata reutiliza a água de lavagem através da utilização de diversas tinas que exigem um menor grau da qualidade da água. Na lavagem com chuveiro ou pulverização são utilizados chuveiros por cima dos banhos processuais que permitem recuperar o arrasto. Segundo Auder Lda *et al.*, (2000), a lavagem com chuveiro gasta em geral de oito a dez vezes menos água do que na lavagem por imersão. Este tipo de lavagens é usualmente utilizada para substituir lavagens do tipo transbordo sendo mais eficazes na lavagem de peças com superfícies planas.

Além do consumo de água existe a possibilidade de efectuar poupanças de matérias primas e auxiliares. Existem, segundo Peneda *et al.* (1997), duas técnicas de reaproveitamento:

técnicas com retorno que concentram águas de lavagem e retornam uma solução concentrada ao processo de lavagem (Figura III.18.); e técnicas sem retorno que recuperam metais e outros produtos utilizados fora do processo (Figura III.19.).

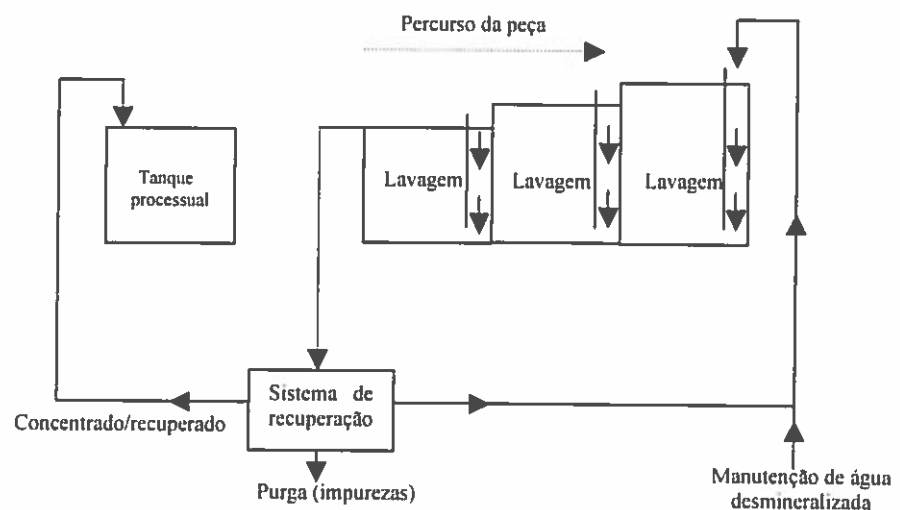


Figura III.18. - Esquema de um sistema de recuperação com retorno (Peneda *et al.*, 1997).

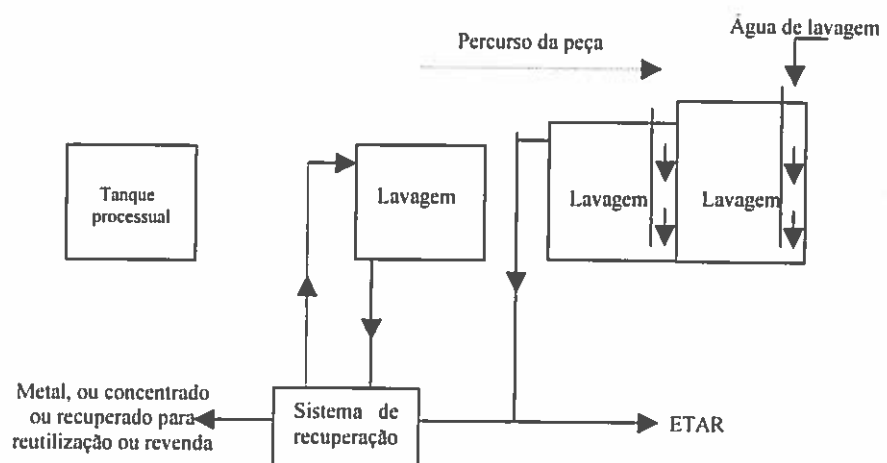


Figura III.19. - Esquema de um sistema de recuperação sem retorno (Peneda *et al.*, 1997).

A utilização da técnica com retorno deverá ter em conta que o retorno do arrasto ao banho agrava a tendência para a acumulação de impurezas prejudiciais e que a concentração de metal em solução tende a aumentar nos banhos que utilizam ânodos solúveis, uma vez que a eficiência anódica é normalmente superior à da deposição catódica (Peneda *et al.*, 1997). Segundo a fonte bibliográfica referida, estes aspectos implicam consequentemente a utilização de purgas para o controlo de impurezas ou utilização de um banho de electrodeposição seguido de // lavagens de recuperação - lavagens estáticas.

Segundo o Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro, define-se por captação de águas:

“(...) a utilização de volumes de água superficiais ou subterrâneas, por qualquer forma subtraídas ao meio hídrico, independentemente, da finalidade a que se destina, consumo humano, rega, actividade industrial, produção de energia etc..”

A captação de águas está sujeita a um regime de licenciamento das utilizações do domínio hídrico de acordo com o referido diploma, quando os meios excedam a potência de 5 cv ou quando o furo ou poço tenha uma profundidade superior a 20 metros. Em caso de valores inferiores ao atrás referidos, a captação está apenas sujeita a notificação à DRA, mediante o preenchimento de impresso por esta fornecido.

2.3.3. Efluentes líquidos

As águas residuais geradas são principalmente águas de lavagem (Figura III.20.) que se combinam com outras águas provenientes de outros processos de acabamentos metálicos.



Tendo em conta a frequência das descargas, apresentam-se os resultados de uma série de amostragens a banhos de desgorduramento e águas de lavagem efectuadas numa empresa cujos resultados estão indicados na Tabela III.22., verificando-se níveis muito elevados em CQO e em óleos e gorduras.

Figura III.20.- Águas de lavagem de um túnel de desgorduramento.

Tabela III.22. - Características das águas residuais de linhas de limpeza industrial.

Tipo de efluente	Amostras ¹²	pH	SST (mg L ⁻¹)	CQO (mg L ⁻¹)	Óleos e Gorduras (mg L ⁻¹)
Linha automática					
Desengorduramentos	(i) (ii) (iv) (v)	12,8	42	2020	<10
Lavagens do desengorduramento	(iii) (vi) e (vii)	9,4	2	<50	<10
Linha a tambor					
Desengorduramentos	(ix) e (x)	12,8	120	9780	<10
Lavagens do desengorduramento	(xi) e (xii)	9,8	17	<50	<10
Linha de douragem e niquelagem					
Desengorduramento químico	(i)	13	27	830	<10

¹² ANEXO II.

Os VLE de descarga de águas residuais variam consoante o meio receptor seja uma linha de água, solo ou um colector. Em caso de descarga em linha de água, a empresa terá de ter uma licença do domínio público hídrico atribuída pela respectiva DRA (Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Março) e terá de cumprir as disposições no Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, enquanto que se a descarga for efectuada para um colector esta fica sujeita ao cumprimento de um regulamento de descarga específico para cada sistema.

A Portaria n.º 1030/93, de 14 de Outubro, define as condições de descarga de águas residuais no meio receptor natural (água ou solo), de unidades industriais do sector dos tratamentos de superfície, nomeadamente para a actividade de desengorduramento industrial.

As descargas de efluentes industriais deverão respeitar as normas de qualidade constantes na Tabela III.23. e III.24. devendo adoptar-se medidas internas tais como:

- escolha de processos de fabrico pouco poluentes;
- implementação de técnicas de reciclagem, de recuperação e de regeneração dos banhos saturados e das águas de lavagem (Figura III.21.);
- optimização da gestão integrada dos diversos tipos de água de lavagem do processo fabril.



Figura III.21.- Instalação de um desoleador num túnel de desengorduramento.

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

As normas sectoriais prevalecem sobre as normas gerais de descarga de águas residuais para os parâmetros de qualidade contemplados na referida Portaria, sendo para os outros parâmetros considerado o disposto no Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto (Tabela III.24.).

Tabela III.23. - Normas de descarga de águas residuais no sector dos tratamentos de superfície (Decreto-Lei n.º 1030/93, de 14 de Outubro).

Parâmetro	Expressão dos resultados	VMA
Metais totais	mg L ⁻¹	15
Crómio (VI)	mg L ⁻¹ Cr(VI)	0,1
Crómio (III)	mg L ⁻¹ Cr(III)	3
Cádmio	mg L ⁻¹ Cd	0,2
Níquel	mg L ⁻¹ Ni	5
Cobre	mg L ⁻¹ Cu	2
Zinco	mg L ⁻¹ Zn	5
Ferro	mg L ⁻¹ Fe	5
Alumínio	mg L ⁻¹ Al	5
Chumbo	mg L ⁻¹ Pb	1
Estanho	mg L ⁻¹ Sn	2
Hidrocarbonetos totais	mg L ⁻¹	5
Cianetos	mg L ⁻¹ CN	0,1
Fluoretos	mg L ⁻¹ F	15
Nirito	mg L ⁻¹ NO ₂	1
Fosfato	mg L ⁻¹ P	10

Tabela III.24. - Valores limite de emissão na descarga de águas residuais (Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto).

Parâmetros	Expressão dos resultados	VLE ¹³
pH	Escala de Sorensen	6,0 - 9,0 ¹⁴
Temperatura	°C	Aumento de 3°C ¹⁵
CBO ₅ , 20°C	mg L ⁻¹ O ₂	40
CQO	mg L ⁻¹ O ₂	150
SST	mg L ⁻¹	60
Alumínio	mg L ⁻¹ Al	10
Ferro total	mg L ⁻¹ Fe	2,0
Manganés total	mg L ⁻¹ Mn	2,0
Cheiro	-	Não detectável na diluição de 1:20
Cor	-	Não visível na diluição de 1:20
Cloro residual livre:		
Livre	mg L ⁻¹ Cl ₂	0,5
Total	mg L ⁻¹ Cl ₂	1,0
Fenóis	mg L ⁻¹ C ₆ H ₅ OH	0,5
Óleos e gorduras	mg L ⁻¹	15
Sulfuretos	mg L ⁻¹ S	1,0
Sulfitos	mg L ⁻¹ SO ₃	1,0
Sulfatos	mg L ⁻¹ SO ₄	2000

¹³ VLE entendido como média mensal, definida como a média aritmética das médias diárias referentes aos dias de laboração de um mês que não deve ser excedido. O valor diário, determinado com base numa amostra representativa da água residual descarregada durante um período de vinte e quatro horas, não poderá exceder o dobro do valor médio mensal (a amostra num período de vinte e quatro horas deverá ser composta tendo em atenção o regime de descarga das águas residuais produzidas).

¹⁴ O valor médio diário poderá, no máximo, estar compreendido no intervalo 5,0-10,0.

¹⁵ Temperatura do meio receptor após a descarga da água residual medida a 30 m a jusante do ponto de descarga, podendo o valor médio exceder o valor médio mensal do 2º.

Tabela III.24. - Valores limite de emissão na descarga de águas residuais (Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto).

Parâmetros	Expressão dos resultados	VLE
Fósforo total	mg L ⁻¹ P	10 3 (em águas que alimentam lagoas ou albufeiras) 0,5 (em lagoas ou albufeiras)
Azoto amoniacal	mg L ⁻¹ NH ₄	10
Azoto total	mg L ⁻¹ N	15
Nitratos	mg L ⁻¹ NO ₃	50
Aldeídos	mg L ⁻¹	1,0
Arsénio total	mg L ⁻¹ As	1,0
Chumbo total	mg L ⁻¹ Pb	1,0
Cádmio total	mg L ⁻¹ Cd	0,2
Crómio total	mg L ⁻¹ Cr	1,0
Crómio hexavalente	mg L ⁻¹ Cr (VI)	0,1
Cobre total	mg L ⁻¹ Cu	1,0
Níquel total	mg L ⁻¹ Ni	2,0
Mercurio total	mg L ⁻¹ Hg	0,05
Cianetos totais	mg L ⁻¹ CN	0,5
Sulfuretos	mg L ⁻¹ S	1,0
Óleos minerais	mg L ⁻¹	15
Detergentes (sulfato de lauril e sódio)	mg L ⁻¹	2,0 ^{16, 17}

¹⁶ O valor médio diário não poderá exceder o dobro do valor médio mensal.

¹⁷ Valor relativo à descarga da unidade industrial para a produção de HCl e extracção de lindano ou, simplesmente, produção de HCH e extracção de lindano.

De acordo com o n.º 6 do artigo 3º do Decreto-Lei n.º 236/98, o caudal de água residual resultante em cada função de tratamento deve ser, em média, inferior a 8 L m⁻² da superfície tratada.

De acordo com Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro, a rejeição de águas residuais está sujeita a um regime de licenciamento da utilização do domínio hídrico, sendo necessária a instalação de um sistema de autocontrolo adequado à rejeição efectuada e a manutenção de um registo actualizado dos respectivos valores.

Segundo Auder Lda *et al.* (2000), a maioria dos métodos para a redução do arrasto são baratos e o retorno do investimento é rápido, devido às poupanças nos consumos de produtos químicos, e sobretudo a diminuição dos custos de operação dos sistemas de controlo da poluição. A formação do arrasto pode ser minimizada através do controlo das características das soluções processuais, optimização da colocação das peças nos suportes e remoção das peças com recurso a equipamentos mecânicos. O arrasto poderá ser recuperado com recurso à instalação de tanques de gotejamento (usados para recolher as gotas das peças revestidas colocadas nos suportes antes da lavagem) ou tanques de arrasto (tanques de lavagem

inicialmente cheios com água limpa e que permanecem estagnados no decorrer do processo, o que acarreta um aumento da concentração dos banhos).

Na Tabela III.25. são enunciadas a título de exemplo algumas técnicas de PML à actividade de lavagem.

Tabela III.25. - Aplicação de tecnologias de PML na actividade de lavagem (CATIM, 1999).

	Entrada	Lavagem	Saída
Boas Práticas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desionização da água, de forma a que a dureza seja mínima; 2. Medidas preventivas para redução do consumo da água e possíveis contaminações; 3. Utilização de caudalímetros - controlar os consumos de água e otimizar a relação caudal de água utilizada/produção (identificar consumos desnecessários); 4. Desenho do tanque de lavagem adequado de forma a permitir a diminuição do consumo de água; 5. Reparação de fugas e derrames nas tinas de lavagem e tubagens, recorrendo a inspeções periódicas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilização de água desionizada em lavagens estáticas; 2. Aumento do tempo de contacto entre a peça e a água de lavagem e promoção da agitação; 3. Eliminação de lavagens entre banhos compatíveis (banhos que suportam um nível de limpeza da peça menor, em relação aos contaminantes do banho que os antecede); 4. Diminuição do consumo de água de lavagem por recurso a lavagens em contracorrente; 5. Utilização de águas de lavagem estáticas, para recuperação de arrastos e poupança de água; 6. Redução das perdas por arrasto: utilizando banhos de tratamento com as concentrações mais baixas possíveis, otimizando o tempo de suspensão, utilizando "anteparas" e realizando uma boa organização do lay-out; disposições adequadas das peças nas suspensões; verificação das condições de escoamento; 	
Reutilização Reciclagem	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pulverização com água antes da lavagem. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilização da água em circuito fechado entre a(s) tina(s) de lavagem e um sistema de tratamento; 2. Lavagem com aspersores mistos (água + ar comprimido). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementação de tecnologias de permuta iónica e de osmose inversa, que possibilitem reduções no consumo de água por reutilização dos banhos de lavagem.
Tecnologias PML			<ol style="list-style-type: none"> 1. Reutilização de águas de lavagem para uma segunda função compatível com a primeira.

2.3.4. Resíduos

Os resíduos sólidos resultantes do tratamento de águas residuais, resíduos não destiláveis e fluidos de maquinaria podem também gerar-se em operações de limpeza, por exemplo, quando as soluções de limpeza se tornam ineficientes e são substituídas (Tabela III.26.). os resíduos misturados com solventes recebem normalmente um tratamento prévio para cumprir

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

com os requisitos legais, e os resíduos aquosos provenientes da limpeza alcalina e ácida que não contém solventes tratam-se frequentemente no local (US-EPA, Oficina de Conformidade, 1995).

Tabela III.26. - Principais resíduos produzidos pela actividade de desengorduramento classificados com o código CER (Decisão da Comissão 2001/119/CEE, de 22 de Janeiro)

Designação do resíduo	Código CER
Resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimentos de metais e outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos	11
Resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimentos de metais e outros materiais (por exemplo, galvanização, zincagem, decapagem, contrastação, fosfatação, desengorduramento alcalino, anodização)	11 01
Lamas e bolos de filtração, contendo substâncias perigosas	11 01 09 ¹⁸
Lamas e bolos de filtração, não abrangidos em 11 01 09	11 01 10
Líquidos de lavagem aquosos, contendo substâncias perigosas	11 01 11
Líquidos de lavagem aquosos, não abrangidos em 11 01 11	11 01 12
Resíduos de desengorduramento, contendo substâncias perigosas	11 01 13 ¹⁸
Resíduos de desengorduramento, não abrangidos em 11 01 13	11 01 14
Eluatos e lamas de sistemas de membranas ou de permuta iónica, contendo substâncias perigosas	11 01 15 ¹⁸
Resinas de permuta iónica, saturadas ou usadas	11 01 16 ¹⁸
Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos	12
Resíduos de processos de desengorduramento a água e a vapor	12 03
Líquidos de lavagem aquosos	12 03 01 ¹⁸
Resíduos de desengorduramento a vapor	12 03 02 ¹⁸
Resíduos de solventes, fluidos de refrigeração e gases propulsores orgânicos (excepto 07 e 08)	14
Resíduos de solventes, fluidos de refrigeração e gases propulsores de espumas/aerossóis, orgânicos	14 06
Clorofluorcarbonetos, HCFC, HFC	14 06 01 ¹⁸
Outros solventes e misturas de solventes halogenados	14 06 02 ¹⁸
Outros solventes e misturas de solventes	14 06 03 ¹⁸
Lamas ou resíduos sólidos, contendo solventes halogenados	14 06 04 ¹⁸
Lamas ou resíduos sólidos, contendo outros solventes	14 06 05 ¹⁸

¹⁸ Resíduos considerados perigosos.

Uma gestão adequada de resíduos implica a manutenção de um registo actualizado do conhecimento real de quantitativos de resíduos gerados na empresa, caracterização, destino final, frequência de recolha e meio de transporte utilizado (ANEXO I).

A Portaria n.º 792/98, de 22 de Setembro, que aprova o modelo de mapa de registo de produção de resíduos industriais, determina que cada produtor de resíduos industriais deve obrigatoriamente preencher o mapa de registo, identificando os resíduos de acordo com o Catálogo Europeu de Resíduos (CER) (Decisão da Comissão 2001/119/CEE, de 22 de Janeiro), e remetê-lo anualmente à DRA da área da unidade de referência, até ao dia 15 do mês de Fevereiro do ano imediato aquele que se reportam os dados.

O registo de movimentos de óleos usados referido no Decreto-Lei n.º 88/91, de 23 de Fevereiro, deve obedecer aos modelos publicados no Anexo I da Portaria n.º 240/92, de 25 de

Março, devendo ser preenchidos trimestralmente pelos detentores, recolhedores e utilizadores. Os registos deverão ser enviados à Direcção Geral de Energia, dentro dos cinco primeiros dias do mês seguinte ao trimestre a que dizem respeito.

As operações de armazenamento, tratamento, valorização e eliminação de resíduos são estabelecidas pelo Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro, regulamentado pela Portaria n.º 961/98, de 10 de Novembro, e devem estar autorizadas pelo Ministério do Ambiente.

No que diz respeito ao transporte, a Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio, fixa as regras a que está sujeito o transporte de resíduos a nível nacional determinando que se efectue acompanhado por guias específicas (modelo n.º 1428 da Imprensa Nacional da Casa da Moeda). Estas guias devem ser preenchidas e assinadas por todos os intervenientes no processo: produtor, transportador e destinatário. No caso do transporte de resíduos perigosos, deverá ser cumprido o disposto no Regulamento Nacional de Transportes de Mercadorias por Estrada (Portaria n.º 1196-C/97, de 24 de Novembro). Ainda de acordo com a Portaria n.º 335/97, o transporte de resíduos industriais apenas pode ser realizado pelo produtor, pelo eliminador ou valorizador de resíduos, licenciado nos termos da legislação aplicável, ou por empresas licenciadas para o transporte rodoviário de mercadorias por conta de outrem, nos termos do Decreto-Lei n.º 366/90, de 24 de Novembro.

As regras para o movimento transfronteiriço de resíduos encontram-se definidas no Decreto-Lei n.º 296/95, de 17 de Novembro, que transpõe o Regulamento (CEE) n.º 259/93, do Conselho, de 1 de Fevereiro.

O transporte deve ser efectuado em condições ambientalmente adequadas observando-se os seguintes requisitos:

- os resíduos líquidos e pastosos devem ser acondicionados em embalagens estanques, cuja taxa de enchimento não exceda os 98%;
- os resíduos sólidos podem ser acondicionados em embalagens ou transportados a granel, em veículo de caixa fechada ou veículo de caixa aberta devidamente coberta.

O aumento do custo dos produtos químicos, energia, tratamento/rejeição de resíduos e as exigências ambientais cada vez mais restritivas, exigem que a manutenção das soluções processuais se tenham tornado numa das prioridades a nível empresarial, já que permitem melhorar a eficácia do processo e a qualidade dos produtos acabados (Auder Lda *et al.*, 2000). Podem ser utilizados diversos tipos de tecnologias tais como a evaporação sob vácuo, permuta iónica, osmose inversa, adsorção em carvão activado, etc., para separar produtos químicos das águas de lavagem ou concentrá-los, sendo possível a sua reutilização ou reciclagem.

Deverão exigir-se aos fornecedores a retoma das embalagens vazias para reutilização, de forma a que estas não passem a constituir um resíduo para a empresa.

2.3.5. Energia

Segundo o disposto no Decreto-Lei n.º 58/82, de 26 de Fevereiro, e pelas Portarias n.º 359/82, de 7 de Abril e n.º 228/90, de 27 de Março, qualquer instalação considerada consumidora intensiva de energia segundo os critérios definidos, deverá cumprir o disposto no Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE) que tem por objectivo promover a melhoria da eficiência energética, de forma a reduzir os consumos energéticos e respectiva factura.

O RGCE abrange toda e qualquer empresa que seja consumidora intensiva de energia, isto é, que se verifique uma das seguintes situações:

- i. consumo energético anual superior a 1000 tep (tonelada equivalente de petróleo);
- ii. a soma dos consumos energéticos nominais dos equipamentos instalados excede $0,5 \text{ tep h}^{-1}$;
- iii. o consumo energético nominal de pelo menos um equipamento instalado excede os $0,3 \text{ tep h}^{-1}$.

Segundo o Centro para a Conservação de Energia (1997), para cada equipamento consumidor intensivo de energia é necessário efectuar um balanço de massa e energia de forma a estimar as perdas, rendimentos, consumos específicos, etc., de modo que, comparando com os valores nominais do processo, se possam determinar as possíveis melhorias a efectuar com a finalidade de diminuir as perdas e aumentar a eficiência energética.

Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas

No caso da limpeza são normalmente utilizadas caldeiras para aquecimento dos banhos e secagem das peças. Para se atingir um elevado rendimento térmico, a quantidade de ar para combustão deve ser apenas a necessária para assegurar a combustão completa. Os custos operacionais aumentam, quer quando a quantidade de ar é muito elevada, devido ao aumento das perdas de gases de exaustão, quer quando a quantidade de ar é muito baixa, uma vez que parte do combustível deixará de queimar. Qualquer caldeira em que se verifique a presença de quantidades significativas de gases de combustíveis nos gases de exaustão deve, segundo Carvalhido (2000), ser reajustada imediatamente e os tubos de fumo das caldeiras devem ser limpos com regularidade para minimizar a elevação da temperatura dos gases de exaustão.

3. Avaliação económica

Devido aos elevados custos de equipamentos novos e do tempo necessário para os colocar em operação, as alterações nos métodos de produção e nos produtos ocorrem gradualmente. Apesar de tudo, é necessário não só considerar o custo de aquisição, mas também os custos ligados à utilização dos equipamentos e produtos bem como os custos de tratamento e eliminação - manutenção. A Tabela III.27. permite efectuar uma avaliação dos parâmetros económicos susceptíveis de induzir custos em operações de limpeza para as famílias químicas consideradas nesta monografia.

Tabela III.27. - Grelha para apreciação económica (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Parâmetros económicos	Processos a frio										Processos a quente						
	CH	ALC	CET	EST	OXY	AR	HAL	ETH	TER	Outros	HAL	CH	OXY	HCFC	NMP	AQU	Outros
Processos																	
Investimento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	2
Adaptação técnica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Flexibilidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2
Integração/fabricação	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	2	2	2	2
Custos do produto	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2	2	2	2	1	2
Manutenção	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	3	3	3	2
Riscos industriais																	
Saúde	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2
Segurança	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	1	2	1	2
Ambiente	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2
Outros parâmetros																	
Perenidade industrial e comercial							2			2	2			3			2
Etc.																	

Legenda: Adaptado Médio Pouco adaptado Inadaptado

Famílias químicas: CH: Hidrocarbonetos alifáticos; ALC: Alcoois; CET: Cetonas; EST: Ésteres; OXY: Solventes oxigenados; AR: Hidrocarbonetos aromáticos; HAL: Solventes halogenados; ETH: Éteres; TER: Hidrocarbonetos terpénicos; HCFC: Hidroclorofluorcarbonetos; NMP: n-metil-pirrolidona; AQU: Produtos Aquosos.

O investimento em novos equipamentos é um parâmetro importante, no caso, por exemplo, da limpeza a frio, uma vez que se torna difícil de transformar o equipamento existente, dentro de condições económicas aceitáveis de forma a responder às exigências legais. Os custos de manutenção em processos a frio são mais elevados que nos processos a quente, que, em contrapartida, implicam a utilização de produtos mais caros.

De acordo com Fonseca *et al.* (1998), a inclusão de medidas de segurança na fase de concepção e instalação das máquinas permite a obtenção de custos mais reduzidos. As máquinas devem ser de fácil controlo e de simples utilização para o operador quer no controlo quer na recepção e percepção da informação reduzindo a probabilidade do operador cometer erros.

Qualquer medida preventiva é traduzida num custo, cuja rentabilidade deverá ser avaliada por uma análise custo/benefício (Figura III.22.). De acordo com Miguel (2000), a soma dos custos dos acidentes juntamente com os custos das actividades preventivas representa os custos

totais. O valor mínimo (A) dado pelos custos totais corresponde, segundo o mesmo autor, ao grau de segurança óptimo do ponto de vista económico.

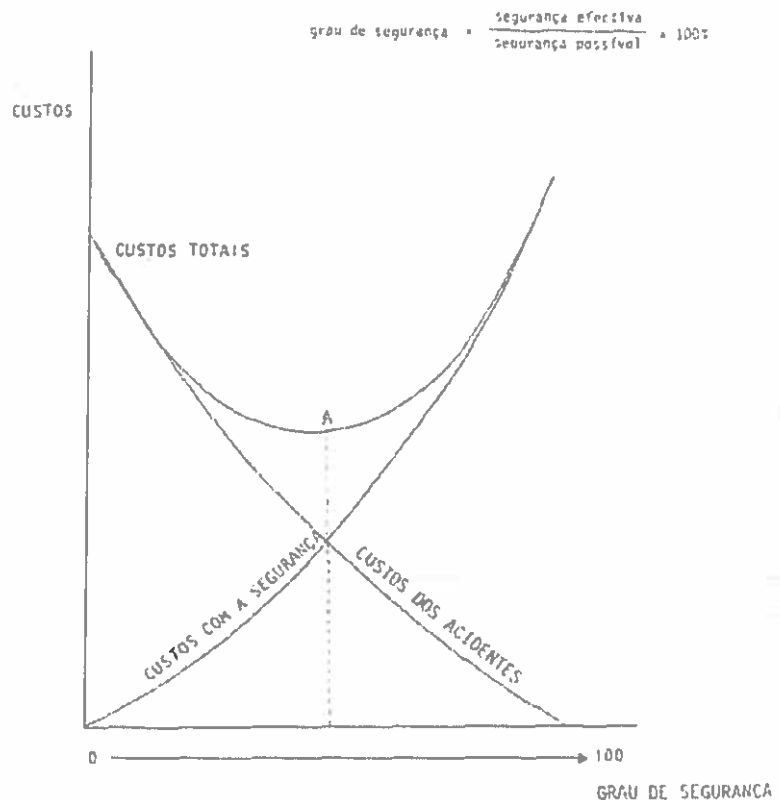


Figura III.22. – Análise custo benefício (Miguel, 2000).

As consequências económicas directas e/ou indirectas ao nível da saúde, são as seguintes (AEROSPATILE & CETIM, 1998):

- Limitação das emissões e da exposição:
 - protecções colectivas (ex.: ventilação, captação na fonte, etc.),

- protecções individuais (ex.: máscaras, luvas, etc..).
- Acidentes de trabalho:
 - protecção nas máquinas (ex.: dispositivos de encravamento).
- Vigilância médica e do nível de exposição:
 - vigilância médica especial,
 - metrologia (cumprimento dos valores limites de exposição),
 - biometrologia.
- Riscos de aparecimento de patologias:
 - arrumação ou alteração do posto de trabalho,
 - doenças profissionais.

De acordo com a legislação, as entidades patronais são obrigadas a transferir a responsabilidade pela reparação de acidentes de trabalho para a empresa seguradora, salvo se lhes for reconhecida capacidade económica para, por conta própria, cobrir os respectivos gastos. Os custos segurados referem-se aos custos directos, salários, assistência médica, medicamentos, indemnizações, prémios de seguro, etc.. Os custos não segurados são custos indirectos que estão a cargo da empresa tais como: tempo perdido para socorrer o acidentado, investigar as causas do acidente, retomar o ritmo normal do trabalho, reparar equipamentos avariados, baixas de produtividade, perdas de produtos, reintegração do acidentado, reparação de equipamentos, substituição do acidentado, imagem da empresa, etc., e que, segundo a AIMinho (1998), têm um custo de cerca de três a quatro vezes superior ao dos custos directos.

O emprego de técnicas de ventilação, de forma a prevenir os incêndios e/ou explosões, representam os principais custos relativos à higiene e segurança. É particularmente importante quando o emprego de solventes inflamáveis se situa fora da região definida pelos limites de explosividade (CETIM & AEROSPACIALE, 1998). Os custos suplementares respeitam às instalações de armazenagem de produtos (ex.: local adaptado, bacia de retenção, temperatura, etc.), manutenção mecânica e eléctrica dos equipamentos, limpeza, EPI, etc..

O tratamento de emissões gasosas implica investimentos muito elevados e custos muito onerosos das amostragem pelo que se deverão optar por sistemas de limpeza fechados e estudar a possibilidade de substituir os produtos utilizados por outros menos poluentes.

O consumo de água é outro aspecto igualmente considerado nos processos que utilizam solventes para os quais é necessário recorrer a sistemas de refrigeração com água (ex.: condensadores). Consagrando o princípio do utilizador-pagador e do poluidor-pagador o Decreto-Lei n.º 47/94, de 22 de Fevereiro, define o cálculo da taxa de utilização de captação de água e de rejeição de águas residuais (ANEXO J). O cumprimento das normas de descarga de águas residuais implica um investimento em equipamentos/tecnologia de tratamento com os consequentes custos de manutenção (energia, produtos químicos, substituição de equipamentos, limpeza, técnicos especializados, etc.) ou o pagamento de uma taxa de tratamento a uma entidade externa, o que pode por vezes implicar um pré-tratamento do efluente. Os custos de cada uma das soluções adoptadas é função das quantidades a tratar e da possibilidade que cada empresa possui em matéria de tratamentos internos. Em qualquer dos casos deverão ser efectuadas análises periódicas ao efluente de forma a averiguar a conformidade legal.

De acordo com Peneda (1996), o tratamento vem adicionar custos ao processo, em regra sem o melhorar, assim como não adiciona qualidade aos produtos. Além disso, normalmente, a utilização de tratamentos produz emissões e/ou resíduos implicando novos tratamentos *à posteriori* pelo que devem ser utilizadas outras estratégias.

As substâncias utilizadas geram resíduos de naturezas diversas, que devem ser tomados em conta na gestão para qualquer abordagem económica. Segundo Peneda (1996), os resíduos constituem perdas significativas em termos financeiros para as empresas, degradam o ambiente e têm elevados custos em termos sociais. Os custos de eliminação dependem do tipo de resíduo, composição, quantidades, transporte, tratamento, etc., sendo importante estudar a possibilidade do resíduo não ser originado, ou tornar-se menos tóxico, bem como conhecer as alternativas de tratamento. Os resíduos dos processos que utilizam solventes devem ser eliminados em centros de tratamento especializados. A regeneração de solventes ao estado novo é muito difícil quando se trata de misturas complexas. No entanto existem empresas especializadas que efectuam a regeneração de solventes e que os revendem a outras empresas.

Os custos energéticos dependem do tempo de funcionamento do equipamento, afinamento do queimador, iluminação, etc.. A elaboração de uma auditoria energética apesar de ser

aparentemente dispendiosa apresenta normalmente resultados muito vantajosos para a empresa pelo que é de todo aconselhada.

Segundo Stephan Schmidheiny *cit. in* Saraiva (1998) a ecoeficiência é atingida disponibilizando bens e serviços a preços competitivos, que satisfaçam as necessidades humanas e proporcionem qualidade de vida, reduzindo progressivamente os impactes ecológicos e a intensidade de utilização dos recursos em todo o ciclo de vida, a um nível pelo menos em linha de conta com a capacidade de sustentação da Terra. Este tipo de abordagem implica uma atitude dinâmica que visa a aplicação de processos económicos e ecologicamente mais eficientes, tendo em conta o ciclo de vida do produto.

Os custos da empresa em boas práticas e tecnologias de PML, têm de ser encarados pelos industriais como investimentos, já que o objectivo de tais acções é a redução dos riscos industriais ao nível da saúde, segurança e ambiente, tendo em conta aspectos técnicos e o cumprimento dos normativos legais de forma a alcançar a ecoeficiência do processo - Qualidade Total. No ANEXO L são apresentados alguns casos de estudos de aplicação de tecnologias mais limpas tendo em conta o investimento, poupanças anuais e período de retorno.

Existem outros aspectos integrados noutros de difícil quantificação económica, mas que contribuem para o aumento dos índices de competitividade industrial, tais como a evolução dos custos de eliminação de resíduos, melhorias na qualidade da produção, melhoria da imagem da empresa com a integração de preocupações de ordem ambiental, cumprimento dos requisitos legais, etc., que deverão ser levados em conta a quando de uma avaliação económica global.

IV. - CONCLUSÃO

A metodologia utilizada permitiu delinear um quadro para o desenvolvimento de um Sistema Integrado para a actividade de limpeza industrial no sector da indústria dos tratamentos de superfície. Estabelecendo uma abordagem sistemática e estruturada dos aspectos significativos e respectivos impactes, é possível identificar a estratégia adequada a seguir e determinar o que será necessário para a alcançar, constituindo desta forma uma boa ferramenta de trabalho.

O presente trabalho não pretendeu apresentar um conjunto de “receitas” mas antes provocar reflexões que visem motivar e incentivar a criação de novos instrumentos e a adopção da melhoria contínua, por forma a potenciar as possibilidades económicas e ambientais.

A limpeza aquosa mostra-se em geral mais vantajosa relativamente à limpeza com solventes devido à diminuição dos riscos para a saúde, segurança e ambiente. Em relação ao desenvolvimento de novas técnicas e produtos de limpeza, apesar de apresentarem novas vantagens, os industriais mostram-se ainda renitentes a implementá-las no tecido industrial.

A selecção das técnicas de limpeza deverá ter em conta o tipo de impureza a retirar, o processo e o nível de limpeza requerido à peça. A escolha dos produtos utilizados é uma questão essencial na eficiência do processo (eficácia, velocidade de secagem, compatibilidade com os materiais, estabilidade, etc.) e deverá ter em conta o risco de utilização e eliminação assim como eventuais riscos/investimentos a concretizar.

Uma das questões fundamentais na actividade de limpeza industrial reside na escolha dos produtos químicos utilizados, questão essencial para a eficiência do processo, mas também uma das principais causas de risco ou dano. A perigosidade do produto químico para o utilizador obriga a uma série de cuidados, o que, ao nível dos sistemas de higiene e segurança industrial, se traduz na instalação de bacias de retenção, sistemas de ventilação, EPI, etc., e, em termos ambientais, na instalação de sistemas de tratamento de gases e efluentes líquidos e maiores dificuldades na gestão de resíduos. O emprego de produtos aquosos é uma das soluções de substituição a privilegiar devido a questões económicas uma vez que permite o trabalho em série e inter-operações, questão de compatibilidade e melhor desempenho

ambiental relativamente às soluções de limpeza tradicionais. Os aspectos económicos, sociais e estratégicos caminham, tendo em conta uma legislação cada vez mais restritiva, no sentido da melhoria contínua com a adopção de medidas de PML e alcance da qualidade total.

Devem ser implementadas medidas preventivas para melhoria das condições de trabalho de forma a evitar os riscos profissionais. A viabilidade e a adequação das medidas aplicáveis para redução da contaminação deve ser analisada individualmente, uma vez que as opções podem não ser exequíveis tecnicamente (ex: perda de qualidade do produto). A produção mais organizada e mais limpa fortalecerá os índices de competitividade e criará nos trabalhadores uma consciência ambiental vantajosa a diversos níveis.

O aparecimento de normas e regulamentações ambientais estimulou um processo de consciencialização que normalmente passa primeiro por uma fase de percepção, compromisso e apenas em alguns casos de acção. O importante é que as empresas e os seus responsáveis sejam suficientemente sensibilizados por forma a que por meio do estímulo das opções de inovação percebam que não se trata de mais um custo, de mais uma obrigação legal, mas um investimento que, se bem orientado, terá fortes implicações a nível da eficácia da sua organização, ou seja, no aumento da produtividade.

O desenvolvimento sustentável ao nível industrial só será possível com a integração das componentes qualidade, saúde, higiene, segurança e ambiente tendo em conta aspectos técnicos, regulamentares e económicos. A implementação de um Sistema de Gestão Integrado com base em normas de qualidade (série ISO 9000), normas ambientais (série ISO 14 000 e Regulamento Eco-Management and Audit Scheme - EMAS) e normas de higiene e segurança (série OHSAS 18 000) permite a adopção de elevados padrões de qualidade ambiental, que permite às empresas assegurarem novas vantagens, hoje reconhecidas por clientes e consumidores cada vez mais exigentes.

BIBLIOGRAFIA

AEROSPATIALE & CETIM (1998). *Guide de choix et d'utilisation des solvants et dégraissants industriels*. França, CETIM.

AIMinho (1998). *Manual de Higiene, Segurança e Saúde*. Braga, AIMinho.

Auder Lda, Eurisko, GIBB & IDICT (2000). *Manual de Boas Práticas Ambientais e Energéticas - Indústria Metalúrgica e Metalomecânica*. Porto, AEP.

Carvalhido, A. (2000). *Utilização Racional de Energia (URE) - Manual de Procedimentos para PME's*. Braga, AIMinho.

CATIM (1999). *Projecto Metalamb, Plano de Melhoria Ambiental - Fase 2 - Subsector 14*, Setembro.

CE (1996). *Guia para a avaliação de Riscos no Local de Trabalho*, Luxemburgo, CE.

Centro para a Conservação da Energia (1997). *Manual do Gestor de Energia*, Centro para a Conservação da Energia.

CETIM (1999a). *Dégraissier les pieces mécaniques en toute sécurité et dans le respect de l'environnement*. França, CETIM.

CETIM (1999b). *Les dégraissier industrielles - Guide de formation à l'usage des formateurs espagnoles et portugais*. França, CETIM.

CETIM (1999c). *Comment réaliser un plan de gestion des solvants utilisés pour le dégraissage des pièces mécaniques?*. França, CETIM.

Decisão da Comissão 2001/119/CE, de 22 de Janeiro. *Altera a Decisão 2000/532/CE que substitui a Decisão 94/3/CE, que estabelece uma lista de resíduos em conformidade com a*

alínea a) do art. 1.º da Directiva 75/442/CEE do Conselho relativa aos resíduos, e a Decisão 94/904/CE do Conselho que estabelece uma lista de resíduos perigosos em aplicação no n.º 4 do art. 1.º da Directiva 91/689/CEE relativa aos resíduos perigosos.

Decreto-Lei n.º 58/82, de 26 de Fevereiro. *Estabelece normas de gestão da energia.*

Decreto-Lei n.º 352/90, de 9 de Novembro. *Estabelece o regime de protecção e controlo da qualidade do ar.*

Decreto-Lei n.º 366/90, de 24 de Novembro. *Relativo ao transporte rodoviário de mercadorias.*

Decreto-Lei n.º 88/91, de 23 de Fevereiro. *Regula a actividade de armazenamento, recolha e queima de óleos usados.*

Decreto-Lei n.º 441/91, de 14 de Novembro. *Aprova o regime jurídico do enquadramento da segurança, higiene e saúde no trabalho.*

Decreto-Lei n.º 72/92, de 28 de Abril. *Transpõe para o direito interno a Directiva 86/188/CEE, do Conselho, de 12 de Maio, relativa à protecção dos trabalhadores contra os riscos devidos à exposição ao ruído durante o trabalho.*

Decreto-Lei n.º 1030/93, de 14 de Outubro. *Estabelece normas relativas à descarga de águas residuais no meio receptor natural (água ou solo) de unidades industriais do sector dos tratamentos de superfície.*

Decreto-Lei n.º 26/94, de 1 de Fevereiro. *Estabelece o regime de organização e funcionamento das actividades de segurança, higiene e saúde no trabalho previstas no art. 13.º do Decreto-Lei n.º 441/91, de 14 de Novembro.*

Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro. *Estabelece o regime de licenciamento da utilização do domínio hídrico, sob jurisdição do Instituto da Água.*

Decreto-Lei n.º 194/2000, 21 de Agosto. *Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 96/61/CE do Conselho, de 24 de Setembro, relativa à prevenção e controlo integrados da poluição.*

Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro. *Aprova o Regulamento Geral do Ruído.*

Decreto-Lei n.º 242/2001, de 31 de Agosto. *Transpõe para o direito interno a Directiva 1999/13/CE do Conselho, de 11 de Março, relativa à limitação das emissões de compostos orgânicos em certas actividades e instalações.*

Dias, L. & Fonseca, M. (1996). *Plano de Segurança e de Saúde na Construção*. Lisboa, IDICT/IST.

Directiva 73/23/CE do Conselho. *Relativa a equipamentos de baixa tenção.*

Directiva 89/336/CE do Conselho. *Relativa à compatibilidade electromagnética dos equipamentos.*

Directiva 90/396/CE do Conselho. *Relativa a aparelhos de gás.*

Directiva 96/61/CE do Conselho, de 26 de Setembro. *Relativa à prevenção e controlo integrado da poluição.*

Directiva 1999/13/CE do Conselho, de 11 de Março. *Relativa à limitação das emissões de compostos orgânicos voláteis resultantes da utilização de solventes orgânicos em certas actividades e instalações.*

Directiva 98/37/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de Junho. *Relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitante às máquinas.*

DSFE, (1989). *Noções elementares sobre o Fogo*. Serviço Nacional de Protecção Civil.

EUROPÁGINAS, (2001). *Anuário - Metalurgia & Metalomecânica*. Porto, EUROPÁGINAS.

Fonseca, A., Rodrigues, M. F., Pina, J. S. e Baptista, M. A. (1998). *Concepção de locais de trabalho - Guia de apoio*. Lisboa, IDICT.

Franco, M. (1999). *Utilização de produtos químicos perigosos*. IDICT.

Ganier, M., Malosse, R. & Thomas, R. (1995). *Guide des technologies "propres" et des filières de traitement des déchets - Industries mécaniques*. França, CETIM.

Gonçalves, O. M., Capela, M. F. e Teles, A. M. (1989). *Condições de trabalho na indústria de tratamentos de superfície metálica no concelho do Porto e Maia (Avaliação e prevenção)*. Porto, Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge.

INRS (1992). *Fiche toxicológico n.º 22 - Trichloroéthylène*. França, INRS.

International Labour Office (1983). *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. Génova, Volume I, pp. 598-600.

ISO 8995 (1989). *Principes d'ergonomie visuelle l'éclairage des systèmes de travail intérieurs*.

Laboratório de Avaliação de Riscos (1983). *Riscos de doenças profissionais nas fundições portuguesas de ferro e aço (avaliação e prevenção)*. Lisboa, Caixa Nacional de Seguros de Doenças Profissionais.

Lei n.º 100/97, de 13 de Setembro. *Aprova o regime jurídico dos acidentes de trabalho e doenças profissionais*.

Lloret, G., Rocatí, V., Ariño, J., Bonet, S., Cerveró, M., Colomer, S., Hurtado, A., Luján, P., Lletí, S., Martínez, E., Parra, E., Pérez, A., Pérez, M., Piquerras, R., Ribera, J., Sánchez, M., Solano, M., Solano, L. e Taberner, E. (1996). *Diagnóstico Medioambiental del Sector Metal-Mecánico - Tomo II Plan Sectorial de Residuos*. Valencia, FEMEVAL.

Lopes, H. (1999). *Dissertação de Mestrado - Desenvolvimento de metodologias de implementação de sistemas de gestão ambiental em conformidade com a norma ISO 14001*. Porto. Faculdade de Engenharia do Porto.

Macedo, R. (1988). *Manual de Higiene do Trabalho na Indústria*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

Miguel, A. (2000). *Manual de Higiene e Segurança no Trabalho*. Porto, Porto Editora.

Muiras, J., Sutter, B., Guillaud, J. (1995). *Traitments de surface: Techniques de réduction de déchets*. França, CETIM.

NF ISO 3498 (1989). *Lubrifiants, huiles industrielles et produit connexes (classe L)*.

NF ISO 6743/0 (1980). *Lubrifiants, huiles industrielles et produit connexes (classe L)*.

NF ISO 6743/4 (1982). *Lubrifiants, huiles industrielles et produit connexes (classe L)*.
Classificação parte 4: família H (sistemas hidráulicos).

NF ISO 6743/7 (1986). *Lubrifiants, huiles industrielles et produit connexes (classe L)*.
Classificação parte 7: família M (trabalho de metais).

NF ISO 6743/8 (1987). *Lubrifiants, huiles industrielles et produit connexes (classe L)*.
Classificação parte 8: família R (protecção temporária contra a corrosão).

NP 2167 (1999). *Secção de amostragem e plataformas para chaminés ou condutas circulares de eixo vertical*.

NP EN2 (1993). *Classifica as classes de fogos*.

Página da Greco Brothers. [Em linha]. Disponível em
<<http://www.grecobrotheres.com/ultrasonics.htm>>. [Consultado em 26/07/2001].

Página da Parts Washing, Cleaning & Degreasing. [Em linha]. Disponível em <<http://www.parts-washing-cleaning-degreasing.com>>. [Consultado em 26/07/2001].

Página da PROFOR - Segurança, sinalização e acessórios eléctricos, Lda.. [Em linha]. Disponível em <http://www.profor.pt/prot_ind.html>. [Consultado em 03/04/2001].

Página da Salvador Caetano. [Em linha]. Disponível em <<http://www.salvadorcaetano.pt/pt/tratamento>>. [Consultado em 03/04/2001].

Peneda, C. & Ventura, F. (1996). *Produção Mais Limpa - estudos de casos*. Lisboa, INETI/ITA.

Peneda, C., Rocha, C. & Ventura, F. (1995). *Tecnologias Mais Limpas em Tratamentos de Superfície*. Lisboa, INETI/ITA.

Peneda, C., Rocha, C., Ventura, F. & Gomes, J. (1997). *Produção Mais Limpa em Tratamentos de Superfície*. Lisboa, INETI/ITA.

Peneda, M. (1996). *Produção Mais Limpa - Dos sintomas às causas, um investimento rentável*. Lisboa, INETI/ITA.

Portaria n.º 359/82, de 7 de Abril. *Aprova o primeiro Regulamento de Gestão do Consumo de Energia*.

Portaria n.º 240/92, de 25 de Março. *Aprova o Regulamento de Licenciamento das Actividades de recolha, armazenamento, tratamento prévio, regeneração, recuperação, combustão e incineração dos óleos usados*.

Portaria n.º 286/93, de 12 de Março. *Fixa os valores limite e os valores guia no ambiente para o dióxido de enxofre, partículas em suspensão, dióxido de azoto e monóxido de carbono, o valor limite para o chumbo e os valores guia para o ozono*.

Portaria n.º 1058/93, de 2 de Dezembro. *Altera a Portaria n.º 286/93, fixando os valores limites e os valores guias no ambiente para o dióxido de enxofre, partículas em suspensão, dióxido de azoto e monóxido de carbono, o valor guia para o chumbo e os valores guias para o ozono.*

Portaria n.º 1456/95, de 11 de Dezembro. *Regulamenta o Decreto-Lei n.º 141/95, de 14 de Junho relativo às prescrições mínimas para a sinalização de segurança e saúde no trabalho.*

Portaria n.º 732-A/96, de 11 de Dezembro. *Aprova o regulamento para a notificação de substâncias químicas e para a rotulagem de substâncias perigosas.*

Portaria n.º 125/97, de 21 de Fevereiro. *Altera a Portaria n.º 286/93, fixando os valores guias no ambiente para o dióxido de enxofre, partículas em suspensão, dióxido de azoto e monóxido de carbono, o valor limite para o chumbo e os valores guias para o ozono.*

Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio. *Estabelece as regras relativas à transferência de resíduos industriais.*

Portaria n.º 399/97, de 18 de Junho. *Altera a Portaria n.º 286/93, fixando os valores limites e os valores guias no ambiente para o dióxido de enxofre, partículas em suspensão, dióxido de azoto e monóxido de carbono, o valor limite para o chumbo e os valores guias para o ozono.*

Portaria n.º 1152/97, de 12 de Novembro. *Regula as regras a que devem obedecer a classificação, embalagem e rotulagem das preparações consideradas perigosas para o homem e ambiente, quando colocadas no mercado.*

Portaria n.º 1196-C/97, de 24 de Novembro. *Aprova o Regulamento Nacional de Transportes de Mercadorias por Estrada.*

Portaria 792/98, de 22 de Setembro. *Aprova o modelo de mapa de registo de resíduos industriais.*

Portaria n.º 961/98, de 10 de Novembro. *Estabelece os requisitos a que deve obedecer o processo de autorização prévia das operações de tratamento, valorização e eliminação de resíduos industriais, resíduos sólidos urbanos ou outro tipo de resíduos industriais.*

Regulamento Europeu n.º 2036/2000, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Junho. *Lista de substâncias que empobrecem a camada de ozono.*

Regulamento Europeu n.º 2037/2000, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Junho. *Relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono.*

Regulamento Europeu n.º 3093/94, do Conselho, de 15 de Dezembro. *Relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono.*

Ribeiro, V. (2000). *Reparação automóvel – aparelhos de protecção respiratória em pintura.* IDICT.

Rodrigues, F., Sousa, J. P., Telo, E., Gonçalves, G., Aleixo, I., Vicente, F. & Gonçalves, I. C. (1999). *Riscos dos processos de electrodeposição - Manual de prevenção.* Lisboa, IDICT.

Saraiva, I. (1998). Ecoeficiência - A chave para o crescimento económico sustentável, *AIP - Ambiente*, AIP, N.º 19, Abril, pp. 12-18.

Silva, E. (2000). Projecto *Recycle* - Resultados Técnicos, *Conferência: Sector Metalúrgico e Metalomecânico e as Novas Perspectivas Ambientais*, Porto, AIMAP.

Silveira, A., Pires, A., Fernandez, A., Júlio, A., Loreto, C., Rodrigues, C., Cabral, F., Figueira, L., Sousa, J., Rocha, J., Barreiros, L., Roxo, M., Correia, M., Mayan, O., Beaumont, P. & Veija, R. (2000). *Higiene, segurança, saúde e prevenção de acidentes de trabalho.* Lisboa, Verlag Dashofer.

US-EPA, Federal Facilities Enforcement Office (1996). *Pollution Prevention and Clean Air Act: Benefits Opportunities for Federal Facilities*, Volume II, n.º EPA/300/B-96/009B.

US-EPA, Office of Research and Development (1994a). *Guide to Cleaner Technologies - Alternatives to chlorinated solvents for cleaning and degreasing*, n.º EPA/625/R-93/016.

US-EPA, Office of Research and Development (1994b). *Guide to Cleaner Technologies - Cleaning and degreasing process changes*, n.º EPA/625/R-93/017.

US-EPA, Oficina de Conformidad (1995). *Perfil de la Industria de Productos Metálicos Fabricados*, n.º EPA/310/R-95/007

ANEXOS

ANEXO A

Controlo das propriedades das superfícies.

De acordo com AEROSPATIALE & CETIM (1998), os métodos podem ser classificados em métodos directos (caracterização da poluição à superfície do material), e métodos indirectos (conservação de uma propriedade específica depois da operação de limpeza). De seguida, e com base na literatura referidas são apresentados alguns métodos utilizados para o controlo na actividade de limpeza de peças metálicas:

Teste do pano branco - aplicação de um pano branco sobre a superfície previamente limpa, transferência da poluição para a superfície do pano. Este teste não requer um grau de exigência muito elevado.

Controlo da molhabilidade - consiste na determinação da tenção superficial de um líquido, água ou solvente, na superfície de limpeza, por comparação por exemplo com a superfície inicial ou uma superfície de referência.

Métodos eléctricos - medida do potencial eléctrico da superfície que permite detectar qualitativamente a presença, sobre um substrato eléctrico condutor, de uma camada de contaminação menos condutora que a do substrato. A camada (óxidos, corpos gordurosos ou outros) é caracterizada pela variação do potencial de superfície em função do tempo, a superfície a controlar tendo em conta a saturação prévia das cargas eléctricas positivas. A dimensão mínima a testar é de 25 por 25 mm, a altura máxima das peças a controlar é de 150 mm. A maioria dos aparelhos são portáteis e permitem o controlo *in situ*.

Inspeção visual - uma simples inspeção visual permite evidenciar resíduos grosseiros. Este método não é considerado fiável para o controlo de peças e especificações das propriedades controladas.

Fluorescência - inspeção à luz ultravioleta à intensidade de $0,8 \text{ m W cm}^{-2}$. Permite a detecção de resíduos de hidrocarbonetos no caso de fluorescência. No entanto certos contaminantes que não fluorescem podem escapar a este controlo.

Métodos microgravimétricos - É uma técnica bastante divulgada. Consiste na avaliação da diferença de peso entre a peça original (peça seca sem contaminação) e a peça contaminada

limpa, com o agente ou solvente Depois de seca é possível determinar a taxa de poluição em mg m^{-2} . Esta metodologia é muito empregue para determinar os resíduos de poluição antes de uma operação de limpeza (ex.: fabrico de tubagens). Os valores aceitáveis de poluição residual para as tubagens de oxigénio ou hidráulicas variam entre 5 e 5000 mg m^{-2} consoante as utilizações.

Métodos analíticos espectroscópicos - é necessário quantificar a fracção global, não somente a taxa de poluição residual de uma operação de limpeza, mas igualmente de precisão de eventual natureza de poluição da superfície. Existem dois métodos, o controlo de propriedades através da medição da absorção do poluente de acordo com a lei de Lambert-Beer - FT-IR - e o método para avaliação de elementos atómicos - ESCA.

Métodos indirectos - verificação da capacidade de realização de forma eficiente das operações seguintes: no caso de uma operação de colagem ou revestimento de pintura, toda a contaminação presente na superfície é arrastada para os rejeitados de adesão do filme de cola ou de pintura. Para verificar a ausência de poluição residual, podem ser empregues vários testes tais como: teste dos quadrados para verificar a aderência da pintura ou o teste da aderência/descolamento linear

ANEXO B

Elementos de normalização.

Tabela B.1. - Classificação dos lubrificantes industriais e produtos conexos (NF ISO 6743/0, 1980)

SÍMBOLO	APLICAÇÃO
A	Lubrificantes perdidos
B	Desmoldagem
C	Engrenagens
D	Compressores
E	Motores de combustão interna
F	Brocas e sistemas associados
G	Massas lubrificantes
H	Sistemas hidráulicos
M	Trabalho de metais
N	Isolamento eléctrico
P	Óleos pneumáticos
Q	Transferências de calor
T	Turbinas
U	Tratamento térmico
X	Aplicações que necessitam do emprego de lubrificantes
Y	Outras aplicações
Z	Cilindros para máquinas a vapor

Tabela B.2. - Classificação ISO dos fluidos para o trabalho de metais (NF ISO 6743/7, 1986)

Óleos inteiros (fluidos não aquosos)		Fluidos aquosos	
MHA	Óleos minerais	MAA	Emulsão
MHB	Óleos minerais com propriedades de redução e de fricção	MAB	Emulsão com propriedades de redução e de fricção
MHC	Óleos minerais com propriedades de extrema pressão (não activos quimicamente)	MAC	Emulsão com propriedades de extrema pressão
MHD	Óleos minerais com propriedades de extrema pressão (activos quimicamente)	MAD	Emulsão com propriedades de redução e de fricção e propriedades de extrema pressão
MHE	Óleos minerais com propriedades de redução e de fricção e propriedades de extrema pressão (não activos quimicamente)	MAE	Micro emulsão
MHF	Óleos minerais com propriedades de redução e de fricção e propriedades de extrema pressão (activos quimicamente)	MAF	Micro emulsão com propriedades de redução e de fricção e/ou propriedades de extrema pressão
		MAG	Soluções
		MAH	Soluções com propriedades de redução e de fricção e/ou propriedades de extrema pressão

Tabela B.3. – Aplicação dos lubrificantes (NF ISO 3498, 1989).

Família	Descrição
A	Lubrificantes perdidos
C	Engrenagens
F	Brocas e engrenagens associadas
G	Massas lubrificantes
H	Sistemas hidráulicos
X	Aplicações que necessitam o emprego de lubrificantes

Tabela B.4. - Fluidos hidráulicos (NF ISO 6743/4, 1989).

Grupo	Nomenclatura	Descrição
Grupo I	HH, HL, HM, HV, HR, HG, HS	Fluidos hidráulicos de base mineral e de síntese (não possuem propriedades particulares de resistência ao fogo)
Grupo II	HFAE	Emulsões de óleo em água
	HFAS	Soluções químicas
	HFB	Emulsões de água nos óleos
	HFC	Soluções aquosas de polímeros com menos de 80% de água
	HFDR	Fluidos de síntese em água (ésteres fosfóricos)
	HFDS	Fluidos de síntese em água (hidrocarbonetos clorados)
	HFDT	Fluidos de síntese em água (misturas de HFDR e HFDS)
	HFDU	Fluidos de síntese em água (outros compostos)

Tabela B.5. - Produtos para a protecção temporal contra a corrosão (NF ISO 6743/8, 1987).

Símbolo	Aplicação geral	Aplicação particular	Aplicação específica	Propriedades especiais e natureza do filme	Símbolo ISO-L	Aplicação típica	
R	Protecção temporária contra a corrosão	Função principal: protecção contra os metais nus	Condições suaves	A deslocação de fluidos para a água deixa um ligeiro filme protector	RA	Peças lubrificadas e rectificadas entre operações	
				O fluido aquoso deixa um ligeiro filme de óleo	RB		
				Produtos da categoria RB com as propriedades de deslocação da água	RBB		
				Fluidos inteiros	RC		
			Produtos da categoria RC com propriedades de deslocação da água	RCC			
			Condições mais severas	Fluidos inteiros	RD		Tubos de aço, chapas em ferro. Tubos de aço, barras, arames Peças de fundição Peças lubrificadas Cavilhas, ferragens Chapas de alumínio
				Produtos da categoria RD com propriedades de deslocação da água	RDD		
				Os fluidos solventes deixam um filme oleoso	RE		
				Produtos da categoria RD com propriedades de deslocação da água	REE		
				Os fluidos deixam um filme de ceras secas	RF		
		Produtos da categoria RF com propriedades de deslocação da água		RFF			
		Função principal: protecção dos metais revestidos	Todas as condições	Os fluidos de solventes deixam um filme betuminoso	RG	Ferramentas grossas Fusos de eixo	
				Os fluidos aquosos deixam um filme de ceras gordurosas	RH	Tubos, arames Peças mecânicas	
				Fluido solvente ou aquoso deixa um filme oleoso	RP	Chapas de alumínio Chapas de aço inoxidável	
				Produtos plásticos com aplicação pastosas	RT	Peças lubrificadas rectificadas Pequenas ferramentas	
Fluidos pastosos aplicados a frio ou a quente	RK			Rolamentos Peças lubrificadas			
		Fluidos inteiros	RL	Chapas de aço revestido salvo ferro branco Chapas galvanizadas			
		Fluidos solventes e/ou aquosos. Deixam um filme de ceras secas	RM	Superfícies pintadas Carroçarias, automóveis Chapas de aço revestido			

ANEXO C

Incompatibilidade na armazenagem de substâncias perigosas.

As substâncias perigosas estão agrupadas segundo os riscos nas seguintes classes:

Classe 1: Explosivos

Classe 2: Gases comprimidos

2.1. Inflamáveis

2.2. Não inflamáveis/ Não tóxicos

2.3. Tóxicos

Classe 3: Líquidos inflamáveis

Classe 4: Sólidos inflamáveis

4.1. Combustíveis facilmente inflamáveis

4.2. Combustíveis espontâneos

4.3. Perigosos quando humedecidos

Classe 5: Substâncias oxidantes

5.1. Substâncias oxidantes

5.2. Peróxidos orgânicos

Classe 6: Substâncias tóxicas

Classe 7: Material radioativo

Classe 8: Substâncias corrosivas

Classe 9: Misturas de substâncias perigosas

Na Tabela C.1. são apresentadas as incompatibilidades entre as diferentes classes apresentadas.

Tabela C.1. – Incompatibilidade na armazenagem de substâncias químicas (Rodrigues *et al.*, 1999).

TABELA DE SEPARAÇÃO	CLASSE		3	4	5	6	7	CHAVE
	CLASSE	CLASSE						
Gases comprimidos								<p>A SEPARAÇÃO NÃO É ESTRITAMENTE NECESSÁRIA A separação não é estritamente necessária, porém devem ser consultados os suportes informativos (rotulagem, fichas de segurança) de cada substância. Em particular deve ter-se em conta que químicos da mesma classe podem reagir violentamente, libertando calor ou fumos tóxicos se misturados.</p> <p>AFASTADOS Manter as embalagens separadas, entre si e de pelo menos 3 metros. Materiais em embalagens não combustíveis que não são substâncias perigosas e que apressam baixo de incêndio podem ser armazenados intercaladamente nesse espaço de 3 metros. Este padrão de separação deve ser empregue pelo menos, entre substâncias que se sabe que reagem facilmente entre si, se essa reacção aumentar o perigo.</p> <p>SEPARADOS Estas combinações devem manter-se no mesmo compartimento. As paredes do local de armazenagem devem ser de corta fogo CF30.</p> <p>ISOLAMENTO É usado para os peróxidos orgânicos para os quais se recomendam compartimentos. Alternativamente alguns peróxidos podem ser armazenados no exterior em locais resistentes ao fogo. Quando um material particular tem propriedades de mais do que uma classe deve ser adoptado a classificação para o procedimento mais seguro.</p>
2.1 Inflamáveis								
2.2 Não inflamáveis/não tóxicos								
2.3 Tóxicos								
Gases comprimidos								
Sólidos inflamáveis								
4.1 Combustíveis facilmente inflamáveis								
4.2 Combustíveis espontâneos								
4.3 Perigosos quando humedecidos								
Substâncias oxidantes								
5.1 Substâncias oxidantes								
5.2 Peróxidos orgânicos								
Substâncias tóxicas								
Substâncias corrosivas								

ANEXO D

Frases de risco e de segurança.

Tabela D.1. - Frases R - frases de risco - natureza dos riscos atribuídos às substâncias e preparações perigosas (Portaria n.º 732-A/96 de 11 de Dezembro, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 330-A/98 de 2 de Fevereiro).

Lista de frases de risco - frases R			
R 1	Explosivo no estado seco	R 35	Provoca queimaduras muito graves
R 2	Risco de explosão por choque, fricção, fogo ou outras fontes de ignição	R 36	Irritante para os olhos
R 3	Grande risco de explosão por choque, fricção, fogo ou outras fontes de ignição	R 37	Irritante para as vias respiratórias
R 4	Forma compostos metálicos explosivos muito sensíveis	R 38	Irritante para a pele
R 5	Perigo de explosão sob a acção do calor	R 39	Perigo de efeitos irreversíveis muito graves
R 6	Perigo de explosão com ou sem contacto com o ar	R 40	Possibilidade de efeitos irreversíveis
R 7	Pode provocar incêndio	R 41	Riscos de graves lesões oculares
R 8	Favorece a inflamação de matérias combustíveis	R 42	Pode causar sensibilização por inalação
R 9	Pode explodir misturado com matérias combustíveis	R 43	Pode causar sensibilização em contacto com a pele
R 10	Inflamável	R 44	Riscos de explosão se aquecido em ambiente fechado
R 11	Facilmente inflamável	R 45	Pode causar cancro
R 12	Extremamente inflamável	R 46	Pode causar alterações genéticas hereditárias
R 14	Reage violentamente em contacto com a água	R 48	Riscos de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada
R 15	Em contacto com a água liberta gases extremamente inflamáveis	R 49	Pode causar cancro por inalação
R 16	Explosivo quando misturado com substâncias comburentes	R 50	Muito tóxico para os organismos aquáticos
R 17	Espontaneamente inflamável ao ar	R 51	Tóxico para os organismos aquáticos
R 18	Pode formar mistura vapor-ar explosiva/inflamável durante a utilização	R 52	Nocivo para os organismos aquáticos
R 19	Pode formar peróxidos explosivos	R 53	Pode causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático
R 20	Nocivo por inalação	R 54	Tóxico para a flora
R 21	Nocivo por contacto com a pele	R 55	Tóxico para a fauna
R 22	Nocivo por ingestão	R 56	Tóxico para os organismos do solo
R 23	Tóxico por inalação	R 57	Tóxico para as abelhas
R 24	Tóxico por contacto com a pele	R 58	Pode causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente
R 25	Tóxico por ingestão	R 59	Perigo para a camada de ozono
R 26	Muito tóxico por inalação	R 60	Pode comprometer a fertilidade
R 27	Muito tóxico em contacto com a pele	R 61	Riscos durante a gravidez com efeitos adversos na descendência
R 28	Muito tóxico por ingestão	R 62	Possíveis riscos de comprometer a fertilidade
R 29	Em contacto com a água liberta gases tóxicos	R 63	Possíveis riscos durante a gravidez com efeitos indesejáveis na descendência
R 30	Pode tornar-se facilmente inflamável durante o uso	R 64	Pode causar danos nas crianças alimentadas com leite materno
R 31	Em contactos com ácidos liberta gases tóxicos	R 65	Nocivo, pode provocar um ataque pulmonar em caso de ingestão
R 32	Em contactos com ácidos liberta gases muito tóxicos		
R 33	Perigo de efeito cumulativo		
R 34	Provoca queimaduras		

Tabela D.2. - Frases S - frases de segurança- conselhos de prudência relativos a substâncias e preparações perigosas (Portaria n.º 732-A/96 de 11 de Dezembro, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 330-A/98 de 2 de Fevereiro).

Lista de conselhos de segurança - frases S			
S 1	Guardar fechado à chave	S 39	Usar um equipamento protector para a vista/face
S 2	Manter fora do alcance das crianças	S 40	Para limpeza do chão e objectos contaminados por este produto, utilizar... (a especificar pelo produtor)
S 3	Guardar em lugar fresco	S 41	Em caso de incêndio e/ou explosão não respirar os fumos
S 4	Manter fora de qualquer zona de habitação	S 42	Durante as fumigações/pulverizações usar equipamento adequado (termo(s) adequado(s) a indicar pelo produtor)
S 5	Manter sob... (líquido apropriado a especificar pelo produtor)	S 43	Em caso de incêndio utilizar... (meios de extinção a especificar pelo produtor. Se a água aumentar os riscos, acrescentar "Nunca utilizar água")
S 6	Manter sob... (gás inerte a especificar pelo produtor)	S 45	Em caso de acidente ou de indisposição, consultar imediatamente um médico (se possível mostrar o rótulo)
S 7	Manter o recipiente bem fechado	S 46	Em caso de ingestão, consultar imediatamente um médico e mostrar-lhe a embalagem ou o rótulo
S 8	Manter o recipiente ao abrigo da humidade	S 47	Conservar a uma temperatura que não exceda... °C (a especificar pelo produtor)
S 9	Manter o recipiente num local bem ventilado	S 48	Manter húmido... (material adequado a especificar pelo produtor)
S 12	Não fechar o recipiente hermeticamente	S 49	Conservar unicamente no recipiente de origem
S 13	Manter afastado de alimentos e bebidas, incluindo os dos animais	S 50	Não misturar com... (a especificar pelo produtor)
S 14	Manter ao abrigo de... (matérias incompatíveis a indicar pelo produtor)	S 51	Utilizar somente em locais bem ventilados
S 15	Manter afastado do calor	S 52	Não utilizar em grandes superfícies por locais habitados
S 16	Manter afastado de qualquer chama ou fonte de ignição - não fumar	S 53	Evitar a exposição - obter instruções específicas antes da utilização
S 17	Manter afastado de matérias combustíveis	S 56	Eliminar este produto e seu recipiente enviando-os para local autorizado para recolha de resíduos perigosos especiais
S 18	Manipular e abrir o recipiente com prudência	S 57	Utilizar um recipiente adequado para evitar a contaminação do ambiente
S 20	Não comer nem beber durante a utilização	S 59	Solicitar ao produtor/fornecedor informações relativas à sua recuperação/reciclagem
S 21	Não fumar durante a utilização	S 60	Este produto e seu recipiente devem ser eliminados como resíduos perigosos
S 22	Não respirar as poeiras	S 61	Evitar a libertação para o ambiente. Obter instruções específicas/fichas de segurança
S 23	Não respirar os gases/vapores/fumos/aerossóis (termo(s) apropriado(s) a indicar pelo produtor)	S 62	Em caso de ingestão, não provocar vômito. Consultar imediatamente um médico e mostrar-lhe a embalagem ou o rótulo
S 24	Evitar o contacto com a pele		
S 25	Evitar o contacto com os olhos		
S 26	Em caso de contacto com os olhos lavar imediata e abundantemente com água e consultar um especialista		
S 27	Retirar imediatamente todo o vestuário contaminado		
S 28	Após contacto com a pele lavar imediata e abundantemente com... (produtos adequados a indicar pelo produtor)		
S 29	Não deitar os resíduos no esgoto		
S 30	Nunca adicionar água a este produto		
S 33	Evitar a acumulação de cargas electrostáticas		
S 35	Não se desfazer de produtos e do seu recipiente sem tomar as precauções de segurança devidas		
S 36	Usar vestuário de protecção adequado		
S 37	Usar luvas adequadas		
S 38	Em caso de ventilação insuficiente, usar equipamento respiratório adequado		

ANEXO E

Simbologia de perigo/classificação de perigosidade.

Tabela E.1. - Simbologia de perigo/classificação de perigosidade (Rodrigues *et al.*, 1999).

Simbologia	Substâncias
	Explosivos - substâncias e preparações sólidas, líquidas pastosas ou gelatinosas que podem reagir exotermicamente e com uma rápida libertação de gases, mesmo sem a intervenção do oxigénio do ar, e que, em determinadas condições de ensaio detonam, deflagram rapidamente ou, sob o efeito do calor, explodem em caso de confinamento parcial.
	Comburentes - substâncias e preparações que, em contacto com outras substâncias, especialmente substâncias inflamáveis, apresentam uma reacção fortemente exotérmica.
	Inflamáveis - substâncias e preparações líquidas cujo ponto de inflamação é baixo.
	Extremamente inflamável - substâncias e preparações líquidas, cujo ponto de inflamação é extremamente baixo e cujo ponto de ebulição é baixo, e substâncias e preparações gasosas que, à temperatura e pressão normais, são inflamáveis ao ar.
	Facilmente inflamáveis substâncias e preparações que podem aquecer até ao ponto de inflamação em contacto com o ar, a uma temperatura normal, sem emprego de energia, ou
	substâncias e preparações no estado sólido, que se podem inflamar facilmente por contacto breve com uma fonte de inflamação e que continuam a arder ou a consumir-se após retirada da fonte de inflamação, ou
	substâncias e preparações no estado líquido, cujo ponto de inflamação é muito baixo, ou
	substâncias e preparações que em contacto com a água ou ar húmido, libertam gases extremamente inflamáveis em quantidades perigosas.
	Corrosivas - substâncias e preparações que, em contacto com os tecidos vivos, podem exercer sobre estes uma acção destrutiva.
	Nocivas - substâncias e preparações que, quando inaladas, ingeridas ou absorvidas através da pele, podem causar a morte ou risco de afecções agudas ou crónicas.
	Irritantes - substâncias e preparações não corrosivas que, em contacto directo, prolongado ou repetido com a pele ou com as mucosas, podem provocar uma reacção inflamatória.
	Sensibilizantes - substâncias e preparações que, por inalação ou penetração cutânea podem causar uma reacção de hiper sensibilização tal que uma exposição posterior à substância ou à preparação produza efeitos nefastos característicos.
	Tóxicas - substâncias e preparações que, quando inaladas, ingeridas ou absorvidas através da pele, mesmo em muita pequena quantidade podem causar a morte ou risco de afecções agudas ou crónicas.
	Muito tóxicas - substâncias e preparações que, quando inaladas, ingeridas ou absorvidas através da pele, mesmo em muita pequena quantidade podem causar a morte ou risco de afecções agudas ou crónicas.
	Cancerígenas - substâncias e preparações que, por inalação, ingestão ou penetração cutânea podem provocar cancro ou aumentar a sua incidência.
	Mutagénicas - substâncias e preparações que, por inalação, ingestão ou penetração cutânea podem produzir defeitos genéticos hereditários ou aumentar a sua frequência.
	Tóxicas para a Reprodução - substâncias e preparações que, por inalação, ingestão ou penetração cutânea podem causar ou aumentar a frequência de efeitos prejudiciais não hereditários na progenitura ou atentar às funções ou capacidades reprodutoras masculinas ou femininas.

ANEXO F

Ficha de dados de segurança para substâncias perigosas.

Tabela F.1. - Ficha de dados de segurança para substâncias perigosas¹⁹.

1. Identificação da substância/preparação e da empresa				
Identificação da substância:				
Sinónimos:				
Identificação da empresa:				
Telefones de emergência:				
2. Composição/informação sobre os componentes				
Fórmula química:				
Massa molecular:				
Informação relativa aos componentes:				
N.º CAS	Substância	Percentagem	N.º EINECS/ELINCS	N.º CE
Outros:				
3. Identificação dos perigos:				
Para a saúde:				
Inalação:				
Ingestão:				
Pele:				
Olhos:				
Para o ambiente:				
4. Primeiros socorros				
Sintomas e efeitos:				
Emergência e primeiros socorros:				
Inalação:				
Contacto com a pele:				
Contacto com os olhos:				
Ingestão:				
Recomendações para o médico:				
5. Medidas de combate a incêndios				
Agentes extintores:				
Meios de extinção inadequados:				
Riscos especiais:				
Equipamentos de protecção:				
6. Medidas a tomar em caso de fugas acidentais				
Precauções individuais:				
Precauções ambientais:				
Métodos de limpeza ou eliminação:				
7. Manuseamento e armazenagem				
Manuseamento:				
Armazenagem:				
8. Controlo da exposição/protecção individual				
Parâmetros de controlo				
Substâncias	VLE	IEB	Processos de Monitorização recomendados	
Protecção respiratória:				
Protecção de mãos:				
Protecção de olhos:				
Protecção de pele:				
Medidas sanitárias específicas:				

¹⁹ De acordo com a Portaria n.º 732-A/96, de 11 de Dezembro, e a Portaria n.º 1152/97, de 12 de Novembro.

Tabela F.1. - Ficha de dados de segurança para substâncias perigosas.

9. Propriedades físico-químicas
Estado físico:
Cor:
Odor:
pH:
Ponto/intervalo de ebulição:
Ponto/intervalo de fusão:
Ponto de inflamação:
Temperatura de auto-ignição:
Limites de explosividade:
Pressão de vapor:
Densidade relativa:
Densidade de vapor:
Velocidade de evaporação:
Solubilidade:
Coefficiente de partição n-octanol/água:
Viscosidade:
Outros dados:
10. Estabilidade e reactividade
Estabilidade:
Condições a evitar:
Matérias a evitar:
Produtos de decomposição perigosos:
11. Informação toxicológica
Toxicidade experimental
Outras informações toxicológicas
12. Informação ecológica
Mobilidade:
Degrabilidade:
Acumulação:
Ecotoxicidade:
Outros efeitos negativos:
Observações:
13. Questões relativas à eliminação
Eliminação de resíduos:
Observações:
14. Indicações relativas ao transporte
Código de transporte por via terrestre:
Número ONU:
Classe:
Número de perigo:
Transporte por via marítima:
Código IMO:
Classe:
Grupo de embalagem:
Transporte por via aérea:
Código IATA/ICAO:
Classe:
Grupo de embalagem:
Precauções especiais durante o transporte:
15. Informação sobre regulamentação
Símbolo:
Frases de risco - R:
Frases de segurança - S:
16. Outras informações

ANEXO G

Projecto Recycle.

1 Projecto *Recycle*

O projecto *Recycle*, projecto europeu de transferência inter-regional de técnicas de reciclagem e tecnologias mais limpas, baseia-se no artigo 10 do FEDER, relativo a acções de inovação e cooperação, envolvendo a região de Valência (Espanha), norte de Portugal e região de Rhône-Alpes (França). O projecto envolve a participação de 9 instituições públicas, 3 centros tecnológicos, 32 empresas e 13 associações empresariais, sendo o seu principal objectivo a criação de uma rede de colaboração na transferência de conhecimento e de tecnologias mais limpas. Nas acções compreendidas no projecto incluem-se: a adaptação das tecnologias nos centros tecnológicos; implantação dessas tecnologias nas empresas; formação e assistência técnica nos centros tecnológicos e nas empresas; e acções de difusão.

O CATIM, coordenador regional do projecto em Portugal, adquiriu algumas unidades piloto, cuja aplicação se destina à reciclagem e/ou reutilização de efluentes. As técnicas seleccionadas foram: permuta iónica, microfiltração, centrifugação e desoleagem e serão descritas seguidamente.

1.1. Permuta iónica

A permuta iónica é utilizada com os seguintes objectivos:

- i. tratamento de água para obtenção de lavagem de alta qualidade - amaciamento e desionização;
- ii. recuperação de produtos químicos presentes nas águas de lavagem;
- iii. tratamento de banhos de revestimentos para remoção de contaminantes;
- iv. tratamento de fim-de-linha.

Esta técnica assenta na permuta selectiva entre iões de uma solução e os iões móveis de igual sinal de uma substância molecular sólida (geralmente uma resina sintética). Existem vários tipos de resinas, sendo a selecção das resinas a utilizar alvo de uma avaliação das características do efluente, tais como o pH, composição e tipo de iões a eliminar ou recuperar. A possibilidade de efectuar múltiplas combinações em série das resinas confere uma elevada versatilidade a esta técnica, apresentando-se como a técnica de reciclagem com maior implantação no sector de tratamentos de superfície. A técnica de permuta iónica é

especialmente indicada para a eliminação de iões presentes em baixa concentração, sendo utilizada para a remoção de impurezas que se acumulam devido ao arrastamento para o interior do banho, corrosão de peças, produtos químicos reduzidos ou decompostos e outros factores.

Na Tabela G.1. são apresentados resultados da aplicação de uma unidade piloto (Figura G.1.) num efluente de uma linha de ensaio de produtos.



Figura G.1. - Piloto de permuta iónica, adquirido pelo CATIM no âmbito do projecto *Recycle* (Silva, 2001).

Tabela G.1. - Ensaio efectuado pelo CATIM ao abrigo do projecto *Recycle* com um piloto de permuta iónica num efluente de uma linha de ensaio de produtos (Silva, 2001).

Parâmetros	Afluente	Efluente	Remoção
Condutividade ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	413	11	97%
Fósforo (mg L^{-1})	1,2	<0,1	92%
Ferro (mg L^{-1})	1,2	<0,08	93%
Cobre (mg L^{-1})	0,32	0,08	75%

1.2. Tecnologias de membranas

A ultrafiltração baseia-se na circulação tangencial do fluido a tratar sobre um suporte, a membrana, que actua como elemento barreira. A membrana possui uma determinada selectividade, deixando passar ou excluindo determinados componentes do efluente a tratar, em função das suas características e da força de acção exercida (pressão, diferença de potencial, concentração, etc.). Existem dois tipos de membranas de ultrafiltração, as membranas orgânicas e as membranas minerais. As membranas minerais, de custo geralmente mais elevado, apresentam melhor desempenho em meios agressivos tais como produtos cáusticos e temperaturas elevadas (Muiras *et al.*, 1995).

O sucesso de implementação de uma unidade de ultrafiltração depende: da perfeita conexão do fluxo a tratar, adaptação da membrana ao fluxo, tipo de matéria orgânica a retirar e fase que constitui o permeado, permitindo também a redução do CQO.

Os banhos de desengorduramento aquosos e os banhos fosfatados são carregados em óleos emulsionantes ou sobrenadantes, diminuindo assim a sua eficácia. A ultrafiltração permite a separação entre uma fase rica em óleo (concentrado) e a fase aquosa. Esta última fase contém uma grande parte de constituintes activos solúveis na água (agentes molhantes tensioactivos, emulsionantes) e pode ser reutilizada. Para compensar as perdas inevitáveis de produtos activos, é necessário o reajuste dos banhos tratados, a intervalos regulares.

A economia de consumo de banhos permite em geral uma amortização rápida. É de salientar, que em regra geral a concentração de óleos recuperados proveniente do tratamento de superfície, e susceptível de conter metais pesados não tem compensação financeira para as fileiras de recuperação e reciclagem de óleos usados. Os concentrados deverão ser destruídos por uma empresa especializada.

As tecnologias de membrana (Tabela G.2.) inserem-se no projecto, como técnica de recuperação e reciclagem de banhos ou de soluções de desengorduramento e efluentes do polimento por vibração, tendo para isso o CATIM adquirido um piloto de microfiltração (Figura G.2.), seleccionando uma membrana de micro e outra de ultrafiltração (minerais). São apresentados nas Tabelas G.3., G.4. e G.5. alguns resultados do projecto.



Figura G.2. - Piloto de microfiltração, adquirido pelo CATIM no âmbito do projecto *Recycle* (Silva, 2001).

Tabela G.2. - Características das técnicas membranares.

Características	Microfiltração	Ultrafiltração	Osmose inversa
Retém:	matérias coloidais e determinadas macromoléculas	matérias coloidais, macromoléculas e alguns iões metálicos	matérias coloidais, macromoléculas, matérias dissolvidas
Permeabilidade:	maioria das macromoléculas, matérias dissolvidas e água	maioria das matérias dissolvidas e água	apenas a água
Porosidade média:	0,001 a 0,1 mm	0,001 a 0,1 mm	0,0001 a 0,001 mm
Pressões necessárias:	0,5 a 5 bar	1 a 10 bar	10 a 60 bar

Tabela G.3. - Ensaio efectuado pelo CATIM ao abrigo do projecto *Recycle* com um piloto de microfiltração num banho de desgorduramento num túnel de lavagem (Silva, 2001).

Parâmetros	Afluente	Efluente	Remoção
CQO (mg L ⁻¹)	218 000	1 360	99%
SST (mg L ⁻¹)	4 100	9,0	100%
Detergentes (mg L ⁻¹)	29	2,3	92%
Óleos e gorduras (mg L ⁻¹)	70 700	7,3	100%
Hidrocarbonetos (mg L ⁻¹)	41 700	6,3	100%

Tabela G.4. - Ensaio efectuado pelo CATIM ao abrigo do projecto *Recycle* com um piloto de microfiltração num banho de desgorduramento resultante de uma pré-fosfatação (Silva, 2001).

Parâmetros	Afluente	Efluente	Remoção
CQO (mg L ⁻¹)	4 810	618	87%
SST (mg L ⁻¹)	41	0,8	98%
Detergentes (mg L ⁻¹)	0,68	0,14	79%
Óleos e gorduras (mg L ⁻¹)	125	1	99%
Hidrocarbonetos (mg L ⁻¹)	121	1	99%

Tabela G.5. - Ensaio efectuado pelo CATIM ao abrigo do projecto *Recycle* com um piloto de microfiltração num banho de desgorduramento de uma linha de galvanização (Silva, 2001).

Parâmetros	Afluente	Efluente	Remoção
CQO (mg L ⁻¹)	8 050	3 890	52%
SST (mg L ⁻¹)	6,0	3,9	40%
Detergentes (mg L ⁻¹)	11	7,2	53%
Óleos e gorduras (mg L ⁻¹)	552	167	70%
Hidrocarbonetos (mg L ⁻¹)	40,9	5,2	82%

1.3. Centrifugação

A centrifugação é uma técnica mecânica em que a elevada velocidade de um rotor promove a separação dos constituintes de misturas de diferente constituição, por via da força centrífuga:

- Duas fases líquidas;
- Uma fase sólida em suspensão numa fase líquida;
- Duas fases líquidas que contêm uma terceira fase sólida.

As centrífugas são classificadas atendendo ao tipo de separação que realizam (purificadora, clarificadora e concentradora) e ao procedimento segundo o qual os sólidos separados são eliminados. No âmbito do projecto foi adquirida uma centrífuga concentradora desenhada para separar três fases: sólido, líquido leve e líquido pesado (Figura G.3.). A centrifugação permite uma separação selectiva entre fases de diferentes densidades permitindo eliminar em contínuo os óleos, corpos gordurosos de densidade superior à água, assim como sólidos em suspensão e lamas, regenerando o banho de desengorduramento.



Figura G.3. - Centrífuga concentradora/separadora adquirida pelo CATIM no âmbito do projecto *Recycle* (Silva, 2001).



Figura G.4. - Separadora centrífuga *ALFIE*, adquirida pelo CATIM no âmbito do projecto *Recycle* (Silva, 2001).

Nas Tabelas G.6. e G.7. são apresentados alguns resultados do projecto decorrentes da aplicação dos pilotos apresentados nas Figuras G.3. e G.4..

Tabela G.6. - Ensaio efectuado pelo CATIM ao abrigo do projecto *Recycle* com um piloto de centrifugação (*ALFIE*), num efluente em manutenção (Silva, 2001).

Parâmetros	Afluente	Efluente	Remoção
CQO (mg L ⁻¹)	50 100	2 250	96%
SST (mg L ⁻¹)	750	100	87%
Óleos e gorduras (mg L ⁻¹)	2 610	98	96%

Tabela G.7. - Ensaio efectuado pelo CATIM ao abrigo do projecto *Recycle* com um piloto de centrifugação (*WSB*), num efluente em manutenção (Silva, 2001).

Parâmetros	Afluente	Efluente	Remoção
CQO (mg L ⁻¹)	12 700	11 300	11%
Óleos e gorduras (mg L ⁻¹)	1 582	1 384	13%

1.4. Desoleadores

Os desoleadores permitem, por acção da diferença de densidade, a separação em duas fases de uma mistura de água-óleo e pode ser efectuada por decantação natural ou forçada. O óleo separado é eliminado através de um sistema de escoamento para um recipiente por acção, por exemplo, de um sistema mecânico de raspagem (Muiras *et al.*, 1995).

A presença destes óleos diminui a eficiência do desengorduramento e favorece a proliferação bacteriana nos fluidos de corte e maquinação. A utilização de desoleadores permite reduzir consideravelmente a carência química de oxigénio dos rejeitados, e prolongar a vida dos fluidos de corte e de maquinação aquosos, assim como desengordurantes químicos ou electrolíticos aquosos, por eliminação regular dos óleos sobrenadantes sobre a superfície líquida (Muiras *et al.*, 1995).

A desoleagem pode ser efectuada por desoleadores de fita, disco ou banda (Figura G.5.), aros e correntes cilíndricas e separadores laminares. Esta técnica é aplicável na desoleagem de fluidos aquosos em trabalho (fluidos de corte e/ou maquinação e desengorduramento) e como tratamento prévio a outras técnicas de reciclagem como a microfiltração, ultrafiltração e evaporação sob vácuo.



Figura G.5.- Desoleadores, a) e b) fita, c) banda, adquirido pelo CATIM no âmbito do projecto *Recycle*.

Na Tabela G.8. são apresentados resultados de dois dos ensaios efectuados.

Tabela G.8. - Ensaio efectuado pelo CATIM ao abrigo do projecto *Recycle* com um desoleador de banda (Silva, 2001).

	Tempo de funcionamento (h)	Volume de óleo recolhido (L)
Banho de desengorduramento de um túnel de lavagem	90	200
Emulsão de corte	38	14

1.5. Decantação

A técnica de decantação permite a separação dos constituintes de um fluido aquoso ou emulsão em duas ou três fases, por exemplo, partículas metálicas e limalhas, óleos sobrenadantes e fluidos aquosos ou emulsões. O fluido é encaminhado para uma cuba de decantação na qual se realiza a separação. Este tipo de tecnologia (Figura G.6.) representa economias na reciclagem de fluidos aquosos e reduções no consumo de fluidos e dos volumes de efluentes gerados.



Figura G.6. - Piloto de decantação adquirido pelo CATIM no âmbito do projecto *Recycle* (Silva, 2001).

ANEXO H

Sequências de limpeza

De seguida são apresentadas as sequências de limpeza de uma empresa metalomecânica, indicando-se os locais da linha de limpeza dos quais foram retiradas amostras.

1. Linha de desgorduramento com solvente

A extracção com solvente (tricloroetileno), utiliza equipamento automático com 5 tinas, todas de 250 L de capacidade:

- i. Banho de tricloroetileno quente - este banho não é descarregado, visto que o tricloroetileno é reaproveitado por destilação para remoção de impurezas;
- ii. Banho de desgorduramento químico - banho descarregado diariamente;
- iii. Lavagem com água fria em contínuo (caudal desconhecido);
- iv. Banho de tricloroetileno frio - este banho não é descarregado, o tricloroetileno é destilado e reaproveitado;
- v. Tricloroetileno em estado de vapor - desta tina não resultam efluentes líquidos.

2. Linha automática

Nesta linha existem 24 tinas com a sequência seguinte:

- i. Banho de desgorduramento químico alcalino - banho de 1350 L descarregado mensalmente;
- ii. Banho de desgorduramento por ultra sons - banho de 1350 L descarregado quinzenalmente;
- iii. Lavagem - banho de 1350 L descarregado semanalmente;
- iv. Banho de desgorduramento electrolítico catódico - banho de 1575 L descarregado mensalmente;
- v. Banho de desgorduramento electrolítico anódico - banho de 1575 L descarregado trimestralmente;
- vi. Lavagem - banho de 1350 L descarregado semanalmente;
- vii. Lavagem - banho de 1350 L descarregado semanalmente;
- viii. Banho com activador ácido - banho de 1575 L descarregado mensalmente;
- ix. Lavagem - banho de 1350 L descarregado semanalmente;
- x. Lavagem - banho de 1350 L descarregado semanalmente;

- xi. Banho de cobre - banho de 1800 L que não é descarregado
- xii. Lavagem - banho de 1350 L descarregado semanalmente;
- xiii. Banho de decapante - banho de 1575 L descarregado bimestralmente;
- xiv. Banho de água com agitação - banho de 1350 L descarregado semanalmente;
- xv. Banho de níquel - banho de 1800 L não é descarregado;
- xvi. Banhos de níquel - banhos de 1800 L cada, não são descarregados;
- xvii. Lavagem - banho de 1350 L descarregado semanalmente;
- xviii. Lavagem - banho de 1350 L descarregado semanalmente;
- xix. Banho de crómio - banho de 1800 L descarregado anualmente;
- xx. Banho de recuperação do crómio - banho de 1350 L, não é descarregado excepto para limpeza;
- xxi. Banho de redução do crómio (VI) com metabissulfito - banho de 1350 L descarregado semanalmente;
- xxii. Lavagem - banho de 1350 L descarregado semanalmente;
- xxiii. Lavagem com água quente - banho de 1350 L descarregado semanalmente
- xxiv. Esta sequência é utilizada para processar latão em 80% e zamak em 20% (excepção das etapas entre a activação ácida e o banho de cobre).

3. Linha a tambor

Esta linha é constituída por 23 banhos:

- i. Banho de passivador com cromatos - banho de 325 L descarregado de 2 em 2 meses;
- ii. Lavagem - banho de 325 L, descarregado semanalmente;
- iii. Banho com passivador azul - banho de 325 L descarregado quando necessário (normalmente 1 vez por semana);
- iv. Lavagem - banho de 325 L (não tem sido utilizado);
- v. Banho de neutralização - banho de 325 L, descarregado quinzenalmente;
- vi. Banho oxidante fraco - banho de 325 L, descarregado de 2 em 2 meses;
- vii. Lavagem após banho de latão - banho de 325 L, descarregado semanalmente;
- viii. Banho de latão - banho de 350 L, não é descarregado;
- ix. Banho de desengorduramento químico alcalino - banho de 325 L, descarregado mensalmente;

- x. Banho de desgorduramento electrolítico - banho de 430 L, descarregado mensalmente;
- xi. Lavagem do banho de desgorduramento - banho de 325 L, descarregado semanalmente;
- xii. Lavagem do banho de desgorduramento - banho de 325 L, descarregado semanalmente;
- xiii. Banho com activador ácido - banho de 325 L, descarregado mensalmente;
- xiv. Banho de decapante de ferro - banho de 325 L, descarregado de 3 em 3 meses;
- xv. Lavagem após banho com activador - banho de 325 L, descarregado semanalmente;
- xvi. Banho de passivação do banho de latão - banho de 325 L, descarregado mensalmente;
- xvii. Lavagem do banho de passivação - banho de 325 L, descarregado semanalmente;
- xviii. Lavagem do banho de níquel - banho de 325 L, descarregado semanalmente;
- xix. Lavagem do banho de níquel - banho de 325 L, não é descarregado;
- xx. Banho de níquel - banho de 430 L, não é descarregado;
- xxi. Lavagem do banho de zinco - banho de 325 L, descarregado semanalmente;
- xxii. Lavagem do banho de zinco - banho de 325 L, não é descarregado;
- xxiii. Banho de zinco - banho de 130 L, não é descarregado;

4. Linha de douragem e niquelagem negra

A douragem é efectuada com um sal de ouro contendo cianetos. Esta linha é constituída por 18 tinas:

- i. Banho de desgorduramento químico - banho de 640 L descarregado mensalmente;
- ii. Lavagem após banho de desgorduramento - banho de 200 L descarregado semanalmente;
- iii. Banho com activador ácido - banho de 200 L descarregado mensalmente;
- iv. Lavagem após banho de níquel - banho de 200 L descarregado semanalmente;
- v. Banho de níquel - banho de 640 L, não é descarregado;
- vi. Lavagem após banho de níquel - banho de 200 L, este banho não é descarregado sendo transferido semanalmente para a tina;
- vii. Banho de *flash* - banho de 200 L, este banho não é descarregado;
- viii. Banho de recuperação de ouro - banho de 200 L. Este banho só é descarregado após ter sido recuperado o ouro nele contido;

- ix. Banho de recuperação de ouro - banho de 200 L. Este banho só é descarregado após ter sido recuperado o ouro nele contido;
- x. Banho de ouro com camada (mais concentrado) - banho de 200 L. Este banho não é descarregado;
- xi. Banho de recuperação de ouro - banho de 200 L. Este banho só é descarregado após ter sido recuperado o ouro nele contido;
- xii. Banho de recuperação de ouro - banho de 200 L. Este banho só é descarregado após ter sido recuperado o ouro nele contido;
- xiii. Banho de ouro - banho de 400 L. Este banho não é descarregado;
- xiv. Lavagem - banho de 200 L. Este banho só é descarregado após ter sido recuperado o ouro nele contido;
- xv. Lavagem após banho de níquel negro - banho de 200 L descarregado semanalmente;
- xvi. Banho de níquel negro - banho de 400 L. Este banho não é descarregado;
- xvii. Lavagem após banho de níquel negro - banho de 200 L. Esta lavagem é feita em contínuo. O caudal não se encontra estabilizado;
- xviii. Banho com água quente desionizada - banho de 200 L, descarregado de 2 em 2 dias.

ANEXO I

Ficha de controlo interno de resíduos industriais.

LOGOTIPO DA EMPRESA	Gestão de Resíduos Industriais	Efectuado: Aprovado: Data:
---------------------	---------------------------------------	----------------------------------

Dados de (ano)

Tipo de resíduo/descrição:	
Código CER:	
Empresa transportadora:	
Empresa de valorização/eliminação:	

Mês	Data	Quantidade	Responsável	Mês	Data	Quantidade	Responsável
Janeiro				Julho			
	Total:				Total:		
Fevereiro				Agosto			
	Total:				Total:		
Março				Setembro			
	Total:				Total:		
Abril				Outubro			
	Total:				Total:		
Maio				Novembro			
	Total:				Total:		
Junho				Dezembro			
	Total:				Total:		

ANEXO J

Cálculo das taxas de utilização de captação e rejeição de águas.

1. Taxa de utilização de captação de água

Segundo o art. 4.º do Decreto-Lei n.º 47/94, de 22 de Fevereiro, a taxa de utilização de captação de água é calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$T = A \times K1 \text{ com } K1 = Co \times C1 \times C2 \times C3$$

Em que:

T = valor da taxa em escudos

A = volume de água. O volume de água é igual aos metros cúbicos de água captados, retidos, subtraídos ou desviados para fins de consumo humano ou para efeitos de produção de qualquer actividade económica, descontados os metros cúbicos de água que sejam posteriormente restituídos à corrente natural, sem alteração significativa da qualidade e sem aumento substancial da temperatura.

$K1$ = valor final de cada metro cúbico de água em escudos.

Co = valor básico de cada metro cúbico de água em escudos. Em cada ano é definido por Portaria do Ministro do Ambiente e Recursos Naturais o valor de Co e os factores a considerar para efeitos de cálculo de $K1$.

$C1$ = coeficiente sectorial que diz respeito ao sector utilizador, sendo crescente em função das mais-valias associadas à utilização da água. Este valor é igual a 1 no caso de actividades industriais.

$C2$ = coeficiente de disponibilidade. Traduz o balanço entre a disponibilidade e as necessidades de cada bacia hidrográfica no período mais seco do ano. Para as relações $<1,5 \text{ m}^3$, $>1,5 \text{ m}^3$ a $<5 \text{ m}^3$ e $>5 \text{ m}^3$ o valor de $C3$ é respectivamente de 1,5, 1 e 0,5.

$C3$ = coeficiente de intensidade. Corresponde aos volumes captados unitariamente por cada utilizador comparados com os recomendados pelos planos de bacia hidrográfica para cada tipo de utilização. Para as relações de volumes unitários reais - volumes unitários recomendados de $>1 \text{ m}^3$, 1 e $<1 \text{ m}^3$ o valor de $C3$ é respectivamente de 1,5, 1 e 0,5.

2. Taxa de utilização de rejeição de águas residuais

Segundo o art. 8.º do Decreto-Lei n.º 47/94, de 22 de Fevereiro, a taxa de utilização de rejeição de águas residuais é calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$T = \sum pi \times k4i$$

Em que:

T = valor da taxa em escudos.

pi = quantidade anual rejeitada do parâmetro poluente i .

$K4i$ = custo do tratamento da unidade da carga poluente rejeitada do parâmetro poluente i , com base na melhor tecnologia conhecida disponível. Este valor pode ser diferente para os diferentes rios ou troços de rios. É determinado e revisto, em cada caso, de acordo com as previsões dos planos de recursos hídricos respeitantes à qualidade das águas, por forma a cobrir o financiamento das obras e acções necessárias ao cumprimento das referidas previsões - em cada ano são definidos por Portaria do Ministro do Ambiente e Recursos Naturais, os valores de $k4i$ para cada parâmetro poluente i .

Nota: No caso dos utilizadores efectuarem tratamento de efluentes, o valor da taxa a pagar é reduzido em função da eficiência desse tratamento relativamente aos parâmetros taxados.

ANEXO L

Casos de estudo na indústria dos tratamentos de superfície.

Tabela L.1. - Casos de estudo na indústria dos tratamentos de superfície (Peneda, 1996).

Processo de Produção Mais Limpa	Investimento (contos)	Poupanças anuais (contos)	Período de retorno
Minimização de COV's recorrendo a desengorduramento alcalino e a pintura electrostática com tintas em pó.	64 500	-	11 meses
Remoção electrolítica de cádmio das águas de lavagem e a sua recirculação permitiram a eliminação do cádmio nos efluentes líquidos.	7500	8 750	<4 meses
Substituição de um banho cianetado e de outro de passivação com crómio por um processo que utiliza peróxido de hidrogénio e ácido sulfúrico. Instalação de lavagens em contra-corrente. Reutilização da água de lavagem final após precipitação do cobre. Regeneração do novo banho de ataque por remoção do sulfato de cobre. Recuperação electrolítica de cobre.	9 000	18 000	6 meses
Substituição de óleo de corte mineral por óleo vegetal. Substituição do desengorduramento com tricloroetano por sistema com detergente. Utilização de tintas em pó e substituição de tintas líquidas.	57 450 (pintura)	63 120 (pintura e óleo de corte)	<1 ano (pintura)
Recuperação de crómio das águas de lavagem em colunas de permuta iónica.	-	3 567	-
Recuperação de crómio das águas de lavagem com um evaporador. O sistema permite também a recirculação das águas de lavagem.	-	15 000	12 meses
Redução das perdas por arrasto na 1ª lavagem usando uma unidade de recuperação electrolítica. O sistema permite a poupança semanal de 18 kg de níquel.	-	-	60 meses
Controlo do inventário de substâncias perigosas; melhorou a eficiência do processo e a obsolescência na prateleira foi reduzida (boas práticas). Substituição de solventes orgânicos (cloreto de metilo, tricloroetano, percloroetileno) por soluções alcalinas. Uma mistura de ácido sulfúrico e peróxido de hidrogénio substituiu a solução de crómio numa operação de abrithamento.	-	-	-
Recirculação de águas de arrefecimento e de lavagem do equipamento reduziu em 80% os consumos de água. Controlo automático do caudal das águas de lavagem corrente. Instalação de um desidratador de lamas. Instalação de um sistema de recuperação electrolítica e de resinas de permuta iónica.	-	-	-
Instalação de células de recuperação electrolítica e de caudalímetros (1), as unidades de osmose inversa (2) geraram poupanças de água e prata.	(1) 1 800 (2) 78 750	(1) 70 500 (2) 123 750	-
Em tratamentos galvanicos de circuitos impressos, a substituição de sistema de lavagem (de imersão para aspersão) e a recuperação de cobre por permuta iónica permitiram reduzir em 83% a quantidade de efluentes gerados e de matérias primas utilizadas, assim como o consumo de água.	615 000	21 000	8,3 anos
Aplicação de osmose inversa a banhos de niquelagem e respectivas águas de lavagem permitiu recuperar um concentrado de qualidade para o banho de niquelagem.	11 250	2 565	4,4 anos
Em operações de desengorduramento, a substituição de tricloroetano e etanol com desengordurante com base de terpeno levou à eliminação de problemas de deposição de solventes.	270	720	4,5 anos
Instalação de uma cobertura no tanque de desengorduramento contendo um solvente organo-clorado reduziu as perdas por evaporação em 40%.	4 780	2 100	0,1 anos
Substituição do solvente organoclorado por um desengordurante em fase aquosa.	3 100	10 300	0,3 anos
Utilização de sistemas de lavagem em contracorrente.	522	4 985	0,1 anos
A instalação de caudalímetros nas águas de lavagem permitiu um melhor controlo dos consumos.	20	33	0,6 anos
Aumento do tempo de vida dos banhos de desengorduramento (químico e electrolítico) verifica-se uma redução de 795 L ano ⁻¹ de efluentes a tratar.	Nulo	51	imediatos
Substituição de lavagens estáticas por chuveiros; instalação de declives entre os banhos para evitar perdas por escorrências; aumento do tempo de vida dos banhos. Resultados: menor consumo de água e de reagentes; diminuição dos custos de tratamento dos efluentes.	7 935	4 335	0,5 anos
A recuperação por destilação dos vapores de tolueno (usado como desengordurante) permitiu uma poupança de 80% deste solvente.	5 560	2 555	2,2 anos
A utilização da 2ª água de lavagem para renovação da 1ª, após o tratamento de peças em aço com fosfato de ferro/ácido fosfórico, resulta na redução de 8 220 m ³ de efluentes a tratar.	120	695	0,2 anos