



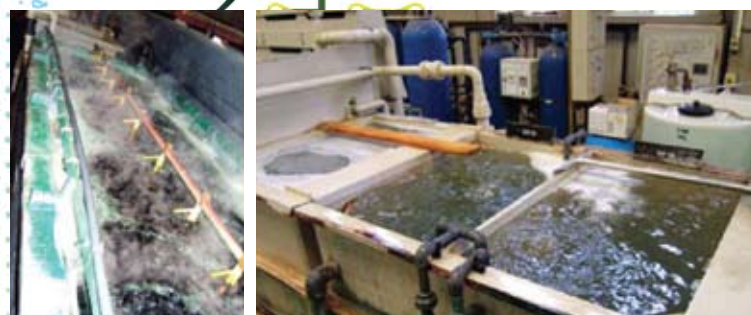
AEP

CÂMARA
DE COMÉRCIO
E INDÚSTRIA

sustentabilidade
responsabilidade
social
ambiente
energia
eco-eficiência
desenvolvimento
sustentável

BenchMark A+E

eficiência
energética
energia
diversificação
ambiente
inovação
eco-eficiência
energia



Manual de Produção + Limpa

• Sector do Tratamento de Superfícies

Manual de Produção + Limpa

- Sector do Tratamento de Superfícies



FICHA TÉCNICA

Entidade Promotora

AEP- Associação Empresarial de Portugal

Coordenação

Paulo Nunes de Almeida

Gabinete de Projectos Especiais

Florinda Alves

Castilho Dias

Equipa

Conceição Vieira

Joaquim Alves

André Silva

Manuela Roque

Título

Manual de Produção + Limpa do Sector do Tratamento de Superfícies

Projecto

BenchMark A+E

Tiragens

100 exemplares

ISBN

978-972-8702-67-0

Depósito Legal

338677/12

Dezembro 2011

PREFÁCIO

A AEP – Associação Empresarial de Portugal, como entidade representativa do tecido empresarial nacional e atenta ao imperativo da competitividade das empresas portuguesas, tem promovido várias iniciativas nas áreas da competitividade/produktividade, energia, ambiente e responsabilidade social.

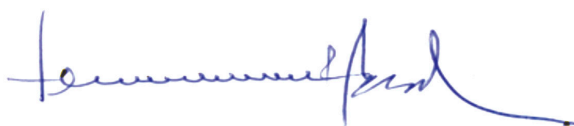
Um das mais recentes iniciativas foi o **Projecto “BenchMark A+E”** que teve como objectivo potenciar a competitividade das empresas, principalmente das PME, mediante um conjunto integrado de acções colectivas que pretenderam sensibilizar os empresários para as vantagens que a adopção das melhores práticas de gestão ambiental e gestão energética, identificadas por processos de Benchmarking Ambiental e Energético, podem representar, promovendo o desenvolvimento sustentável.

A AEP – Associação Empresarial de Portugal pretende continuar a assumir um papel de agente de mudança, indutor, junto do Universo Empresarial, de novos modelos organizacionais comprometidos com a Gestão Responsável e o Desenvolvimento Sustentável.

Uma das actividades previstas no Projecto intitula-se **“Manual de Produção + Limpa do Sector do Tratamento de Superfícies de Metais”**.

Este documento, com especificidades e aplicações no distinto Sector do Tratamento de Superfícies de Metais, constitui uma preciosa fonte de informação e orientações para técnicos, empresários e todos os interessados na implementação de medidas ecologicamente correctas nas unidades fabris, usufruindo da conseqüente economia de matérias-primas, água e energia.

A AEP- Associação Empresarial de Portugal espera que a elaboração deste Manual de Produção + Limpa produza uma visão crítica, de modo a identificar oportunidades de melhoria nos processos produtivos, bem como potencie um aumento do conhecimento técnico, podendo assim, disseminar e promover o desenvolvimento de novas tecnologias com vista ao sucesso do desenvolvimento sustentável.



José António Ferreira de Barros

Presidente

Índice

1. INTRODUÇÃO	11
2. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	12
2.1. Descrição geral do sector.....	12
3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	16
3.1. Introdução	16
3.2. Processos produtivos.....	16
3.2.1. Considerações gerais.....	16
3.2.2. Preparação de superfícies.....	19
3.2.3. Processos de revestimento.....	21
3.2.4. Processos de conversão	24
3.3. Armazenamento e manuseamento.....	26
3.3.1. Peças ou superfícies a serem tratadas	26
3.3.2. Matérias-primas.....	26
3.3.3. Peças tratadas	26
4. ASPECTOS E IMPACTES AMBIENTAIS	27
4.1. Identificação, avaliação e classificação dos aspectos ambientais	27
4.2. Aspectos ambientais associados ao tratamento de superfícies.....	29
4.2.1. Introdução	29
4.2.2. Principais aspectos ambientais das etapas do processo fabril.....	29
5. INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL	34
6. PRODUÇÃO + LIMPA	36
6.1. Consumo de matérias-primas	41
6.1.1. Optimização do uso de matérias-primas	46
6.1.2. Substituição de matérias-primas e processos	49
6.1.3. Controlo de qualidade na recepção de matérias-primas e auxiliares.....	53
6.1.4. Redução dos arrastes	55
6.1.5. Recuperação dos arrastes.....	61

6.1.6. Implementação de técnicas aplicáveis aos eléctrodos	69
6.2. Consumo de água e emissão de águas residuais	70
6.2.1. Análise do processo de produção e optimização do consumo de água	74
6.2.2. Redução do consumo de água nas operações de lavagem.....	77
6.2.3. Identificação e prevenção das fugas de água.....	83
6.2.4. Implementação de tecnologias de tratamento de águas residuais	85
6.2.5. Utilização de águas pluviais.....	88
6.3. Resíduos.....	89
6.3.1. Elaboração de um estudo de minimização de resíduos.....	95
6.3.2. Redução da produção de resíduos no processo produtivo.....	104
6.3.3. Implementação de um sistema de gestão integrada dos resíduos produzidos	105
6.4. Emissões atmosféricas.....	110
6.5. Energia.....	112
6.5.1. Promover uma gestão eficaz de energia na empresa – Implementar um sistema de monitorização de energia -	114
6.5.2. Promover uma gestão eficaz de energia na empresa – Implementar um sistema de gestão de energia segundo a ISO 50001 -	116
6.5.3. Definir índices de eficiência energética	118
6.5.4. Optimizar a contratação e facturação energéticas	119
6.5.5. Optimizar as condições de aquisição e de operações dos motores eléctricos	120
6.5.6. Seleccionar os combustíveis a utilizar	124
6.5.7. Promover a economia de energia nas instalações de ar comprimido	125
6.5.8. Promover a economia de energia nas instalações de geração de vapor	127
6.5.9. Racionalizar o consumo de energia nos sistemas de iluminação	130
6.5.10 Racionalizar o consumo de energia no processo produtivo	133
6.6. Ruído e vibrações	134
7. MELHORES TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS ASSOCIADAS AO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	136
8. BIBLIOGRAFIA	148

Índice de Figuras

Figura 1	Distribuição percentual das empresas do Sector do Tratamento de Superfícies, em 2009.....	13
Figura 2	Distribuição percentual das empresas do Sector do Tratamento de Superfícies, por localização geográfica, em 2009.....	13
Figura 3	Diagrama geral dos processos envolvidos nos tratamentos de superfície.....	18
Figura 4	Esquema representativo de uma operação de lixagem.....	19
Figura 5	Esquema representativo de uma operação de polimento de cones abrasivos.....	19
Figura 6	Esquema representativo de uma operação de desgorduramento electrolítico.....	20
Figura 7	Esquema representativo de um processo de decapagem química.....	20
Figura 8	Esquema representativo de um processo de protecção temporária.....	21
Figura 9	Esquema de uma operação de esmaltagem.....	21
Figura 10	Esquema representativo do processo de zincagem mecânica.....	22
Figura 11	Esquema representativo do processo de pintura com tinta líquida por imersão.....	22
Figura 12	Esquema representativo do processo de niquelagem por via <i>electroless</i>	23
Figura 13	Esquema representativo do processo de estanhagem electrolítica.....	23
Figura 14	Esquema representativo do processo de lacagem de alumínio.....	24
Figura 15	Fluxo de entradas e saídas por actividade da organização.....	28
Figura 16	Decapagem por jacto de areia.....	29
Figura 17	Banho de desgorduramento.....	29
Figura 18	Decapagem química.....	30
Figura 19	Banho de cromagem.....	30
Figura 20	Indicadores de desempenho ambiental.....	34
Figura 21	Esquema da Produção + Limpa.....	36
Figura 22	Fluxos de <i>inputs</i> e <i>outputs</i> a ter em conta na Produção + Limpa.....	37
Figura 23	Etapas para a implementação da Produção + Limpa.....	40
Figura 24	Perdas produzidas num banho galvânico.....	41
Figura 25	Embalagens com solventes.....	43
Figura 26	Soda cáustica em pastilhas.....	43
Figura 27	Etiqueta de “CORROSIVO” de um recipiente de ácido clorídrico.....	43
Figura 28	Armazenamento de sais metálicos numa empresa de tratamento de superfícies.....	43
Figura 29	Cianeto utilizado em banhos cianetados.....	43
Figura 30	Reactor de oxidação de cianeto de uma depuradora de águas residuais.....	44
Figura 31	Evaporação de um banho de níquel.....	70
Figura 32	Lavagem em cascata.....	70
Figura 33	Lavagem simples.....	70
Figura 34	Instalação automática de lavagem.....	70
Figura 35	Permuta de calor de uma central de anodização.....	71
Figura 36	Operações de desinfecção de uma torre de refrigeração.....	71
Figura 37	Pingos provenientes de um banho de cromo decorativo.....	71
Figura 38	Lavagem posterior a um banho de cromo decorativo.....	71
Figura 39	Concentrados contaminados tratados por uma depuradora de águas residuais.....	71
Figura 40	Instalação de lavagem de gases.....	72

Figura 41	Instalação de permuta iónica para reciclagem de águas residuais.....	72
Figura 42	Instalação de permuta iónica para obtenção de água desmineralizada a partir da água da rede..	72
Figura 43	Instalação de osmose inversa para produção de água de qualidade.....	72
Figura 44	Restos de pingos provenientes de banhos de níquel.....	73
Figura 45	Sistema de lavagem simples.....	78
Figura 46	Sistema de lavagem dupla em cascata.....	78
Figura 47	Sistema de lavagem tripla em cascata.....	78
Figura 48	Lavagem estanque + lavagem simples.....	79
Figura 49	Sistema de dupla lavagem estanque + simples.....	79
Figura 50	Instruções para sensibilização na detecção de fugas.....	83
Figura 51	Agitador e tanque de homogeneização.....	85
Figura 52	Sedimentadores de lamelas.....	86
Figura 53	Filtros em profundidade.....	86
Figura 54	Banhos de desengordurante químico.....	89
Figura 55	Cabine de limpeza de bastidores.....	89
Figura 56	Instalações de lavagem de gases.....	89
Figura 57	Resíduos perigosos em recipientes.....	89
Figura 58	Lamas residuais com alto conteúdo de ferro.....	90
Figura 59	Lamas residuais com alto conteúdo de cromo trivalente.....	90
Figura 60	Princípios da hierarquia de gestão de resíduos.....	92
Figura 61	Esquematização de um Parque de Resíduos.....	108
Figura 62	Esquematização de um Parque exclusivamente para Resíduos Perigosos.....	108
Figura 63	Máquina de desengorduramento e lavagem de peças metálicas.....	110
Figura 64	Rectificador eléctrico.....	112
Figura 65	Sistema de monitorização de energia (SME)	114
Figura 66	Ciclo PDCA.....	116
Figura 67	Motor.....	122
Figura 68	Motor eléctrico em ambiente corrosivo.....	122
Figura 69	Depósito de ar comprimido.....	125
Figura 70	Circuito de ar comprimido.....	126
Figura 71	Caldeira.....	127
Figura 72	Queimador.....	128
Figura 73	Caldeira de gás natural.....	128
Figura 74	Aproveitamento da luz natural.....	130
Figura 75	Lâmpadas em nave industrial.....	130
Figura 76	Iluminação com sensores de presença.....	131

Índice de quadros

Quadro 1	Composição do Sector do Tratamento de Superfícies nacional, segundo a CAE Rev.3.....	12
Quadro 2	Pessoal ao serviço (nº) das empresas do Sector do Tratamento de Superfícies, em 2009.....	14
Quadro 3	Números do Sector do Tratamento de Superfícies, em 2009.....	15
Quadro 4	Principais aspectos ambientais dos processos de tratamento de superfícies.....	32
Quadro 5	Resumo dos principais aspectos ambientais associados às operações de tratamento de superfícies.	32
Quadro 6	Exemplo de indicadores de desempenho ambiental.....	35
Quadro 7	Vantagens da implementação de técnicas de Produção + Limpa.....	39
Quadro 8	Riscos de contaminação por manuseamento e armazenamento de produtos.....	42
Quadro 9	Posição das peças e tipos de escorrimento e arraste por unidade de superfície (l/m ²).....	57
Quadro 10	Análise do processo de Evaporação.....	63
Quadro 11	Análise do processo de Electrodialise.....	64
Quadro 12	Análise do processo de Osmose Inversa.....	66
Quadro 13	Sistemas de lavagem e respectivos caudais.....	79
Quadro 14	Sistemas de lavagem estanque e respectivos caudais.....	80
Quadro 15	Principais resíduos do Sector do Tratamento de Superfícies e respectivos códigos LER.....	91

1. INTRODUÇÃO

A busca das empresas por assimetrias que lhes tragam vantagem competitiva, tem sido uma constante. Uma nova ordem mundial, nas últimas décadas, tem trazido as questões ambientais e suas consequências, para um mundo que já não dispõe de capacidade suficiente de absorção da carga poluidora existente. As empresas ficam então perante uma situação de escolha.

A procura de resultados finais, ecologicamente correctos, torna-se, com isso, uma restrição ou uma oportunidade, cabendo às empresas decidir.

Com a **Produção + Limpa (Produção mais Limpa / P+L)** é possível um desenvolvimento industrial que congrege o necessário ganho económico com a imprescindível adequação ambiental.

Em linhas gerais, o conceito de Produção + Limpa pode ser resumido com uma série de estratégias, práticas e condutas económicas, ambientais e técnicas, que evitam ou reduzem a emissão de poluentes no meio ambiente por meio de acções preventivas, ou seja, evitando a produção de poluentes ou criando alternativas para que estes sejam reutilizados ou reciclados.

Na prática, essas estratégias podem ser aplicadas a processos, produtos e até mesmo serviços, e incluem alguns procedimentos fundamentais que inserem a Produção + Limpa nos processos de produção. Como exemplos podemos citar a redução ou eliminação do uso de matérias-primas tóxicas, aumento da eficiência no uso de matérias-primas, água ou energia, redução na geração de resíduos e efluentes, e reutilização, entre outros.

As vantagens são significativas para todos os envolvidos, do indivíduo à sociedade, do país ao planeta. Mas é a empresa que obtém os maiores benefícios para o seu próprio negócio. Para ela, a Produção + Limpa reverte em redução de custos de produção; aumento de eficiência e competitividade; diminuição dos riscos de acidentes ambientais; melhoria das condições de saúde e de segurança do trabalhador; melhoria da imagem da empresa junto a consumidores, fornecedores, poder público, mercado e comunidades; ampliação das suas perspectivas de actuação no mercado interno e externo; maior acesso a linhas de financiamento; melhoria do relacionamento com os órgãos ambientais e a sociedade, entre outros.

É importante destacar que a Produção + Limpa é um processo de gestão que abrange diversos níveis da empresa, da gestão de topo aos diversos colaboradores. Trata-se não só de mudanças organizacionais, técnicas e operacionais, mas também de uma mudança cultural que necessita de comunicação para ser disseminada e incorporada no dia-a-dia de cada colaborador.

É uma tarefa desafiante, e que, por isso mesmo, consiste numa excelente oportunidade. Com a Produção + Limpa, é possível construir uma visão de futuro para a empresa, aperfeiçoar as etapas de planeamento, expandir e ampliar o negócio, e o mais importante: obter simultaneamente benefícios ambientais e económicos na gestão dos processos.

Ao longo dos vários capítulos do Manual de Produção + Limpa do Sector do Tratamento de Superfícies foi feita uma abordagem aos processos produtivos, aspectos ambientais e apresentadas várias medidas de Produção + Limpa com indicação dos benefícios ambientais e aspectos económicos.

A AEP – Associação Empresarial de Portugal não pretende, de modo algum, que as ideias vertidas neste manual esgotem o assunto. Antes de serem um ponto final, pretende-se que sejam um ponto de partida para que cada empresa inicie ou continue a sua busca por um desempenho ambiental cada vez mais sustentável.

A AEP – Associação Empresarial de Portugal espera que este Manual se torne uma das bases para a construção de um projecto de sustentabilidade na gestão das empresas do Sector do Tratamento de Superfícies.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES

2.1. Descrição geral do sector

O Sector do Tratamento de Superfícies português corresponde, de acordo com a Classificação das Actividades Económicas, CAE Rev.3, estipulada pelo Decreto-Lei n.º 381/2007, de 14 de Novembro, à CAE 25 610 – Tratamento e Revestimento de Metais, que inclui as actividades de metalização, esmaltagem, anodização, galvanização, polimento, endurecimento, gravação, desbarbamento, decapagem, limpeza, plastificação, lacagem, coloração, tratamento térmico e outros tratamentos similares dos metais, efectuados geralmente em regime de subcontratação ou à tarefa.

Excluídos do âmbito deste Sector estão as actividades dos ferradores, actividades de impressão em metais, actividades de gravação rápida e actividades com metais comuns chapeados de metais preciosos.

Quadro 1 – Composição do sector do tratamento de superfícies nacional, segundo a CAE Rev.3

CAE	ACTIVIDADE
25 610	Tratamento e Revestimento de Metais

De acordo com os dados estatísticos mais recentes, divulgados pelo INE – Instituto Nacional de Estatística, referentes ao ano de 2009, o Sector do Tratamento de Superfícies nacional apresentava a seguinte estrutura, em termos do número de empresas, trabalhadores e volume de negócios:

- **Número de Empresas:** 408
- **Pessoal ao Serviço:** 5 187
- **Volume de Negócios:** 329 097 897,00 €

EMPRESAS

Qualificando o tecido empresarial do Sector do Tratamento de Superfícies, utilizando a Recomendação da Comissão n.º 2003/361/CE como referência, conclui-se que se trata de um ramo da economia nacional fortemente dominado pelas micro empresas (empresas com menos de dez trabalhadores e cujo volume de negócios anual ou balanço total anual não excede 2 milhões de euros), uma vez que estas correspondem a mais de 70% (290 empresas) do total de empresas presentes no Sector do Tratamento de Superfícies.

As pequenas empresas (empregam menos de 50 pessoas e cujo volume de negócios anual ou balanço total anual não excede 10 milhões de euros) surgem no segundo lugar, uma vez que existem 100 empresas de tratamento de superfícies pertencentes a esta tipologia em solo nacional, seguindo-se as empresas de média dimensão (com uma força de trabalho entre as 50 e as 250 pessoas), estando contabilizadas 16 empresas e, por fim, as empresas de grande dimensão (com uma força de trabalho superior a 250 pessoas), que são apenas 2.

A estrutura do Sector do Tratamento de Superfícies, em termos da dimensão das empresas, encontra-se representada na figura seguinte.

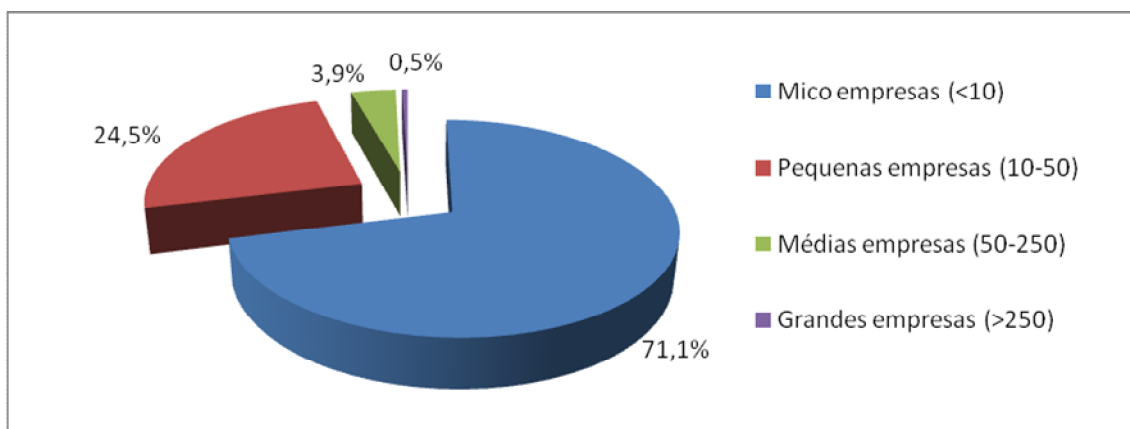


Figura 1 - Distribuição percentual das empresas do sector do tratamento de superfícies em 2009

Fonte: Instituto Nacional de Estatística

Prestando atenção agora à distribuição geográfica das empresas do Sector do Tratamento de Superfícies, utilizando como referência a divisão territorial preconizada pela Nomenclatura Comum das Unidades Territoriais Estatísticas (NUTS), de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1059/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho de 26 de Maio de 2003, facilmente se conclui que esta é uma actividade fortemente enraizada na região norte do país, espaço onde operam mais de metade das empresas do Sector do Tratamento de Superfícies.

A região centro é o segundo grande espaço geográfico do Sector do Tratamento de Superfícies, uma vez que aí se encontram sedeadas um quarto das empresas do Sector, seguindo-se a região de Lisboa, com 19% das empresas.

O maior pólo do Sector do Tratamento de Superfícies nacional é a região do Grande Porto, onde operam 85 empresas, assumindo também particular relevância as regiões do Cávado, Ave, Grande Lisboa e Península de Setúbal. As regiões do Alentejo, Algarve, Açores e Madeira representam 6% do tecido empresarial nacional do Sector do Tratamento de Superfícies, o correspondente a 24 das 408 empresas existentes, em 2009.

A distribuição geográfica das empresas do Sector do Tratamento de Superfícies nacional pode ser observada na figura seguinte.

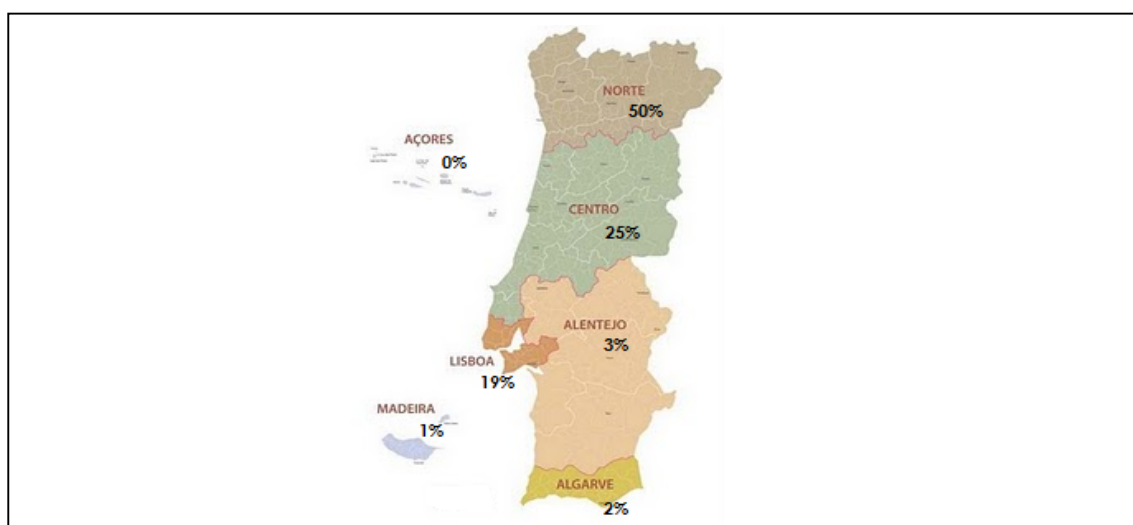


Figura 2 - Distribuição percentual das empresas do sector do tratamento de superfícies, por localização geográfica, em 2009

Fonte: Instituto Nacional de Estatística

Analisando em termos históricos a evolução do Sector do Tratamento de Superfícies, é perceptível uma ligeira descida no número de empresas de ano para ano: se em 2009, o INE registava 408 empresas a operar no Sector do Tratamento de Superfícies, recuando até 2007 encontram-se 424 empresas, o que revela uma descida de cerca de 4% em dois anos, correspondendo a um saldo negativo de 16 empresas.

TRABALHADORES

Noutra vertente, se as micro empresas são a tipologia com maior preponderância no Sector do Tratamento de Superfícies, não são as maiores empregadoras. Apesar de os dados disponíveis não permitirem uma análise completa, é perceptível que as empresas de pequena dimensão são quem mais emprega, uma vez que reúnem mais de 40% da força de trabalho do Sector.

O quadro 2 mostra os dados existentes sobre a dimensão das empresas, em termos do número de trabalhadores ao serviço. A informação recolhida é da responsabilidade do Instituto Nacional de Estatística e é referente ao ano de 2009.

Quadro 2 - Pessoal ao serviço (nº) das empresas do sector do tratamento de superfícies, em 2009

CLASSES	N.º
Até 9	*
10 - 49	2 148
50 - 249	1 485
> 250	*
TOTAL	5 187

* - valor desconhecido

Fonte: Instituto Nacional de Estatística

Em termos da dispersão geográfica dos trabalhadores, 2 798 das 5 187 pessoas ao serviço no Sector do Tratamento de Superfícies, em 2009, estavam fixadas na região norte do país, 1 377 na região centro, 854 na região de Lisboa e 126 na região do Alentejo.

Os resultados para as regiões do Algarve e Região Autónoma da Madeira não são conhecidos e na Região Autónoma dos Açores não existe qualquer empresa do Sector do Tratamento de Superfícies.

A análise da evolução do Sector do Tratamento de Superfícies, em termos históricos, revela-nos que é notória uma quebra no número de trabalhadores, tal como acontecera já relativamente ao número de empresas, de ano para ano: Se em 2009, o INE registava 5 187 trabalhadores a laborar no Sector do Tratamento de Superfícies, recuando até 2007, esse valor atingia os 5 219, o que é revelador de uma descida inferior a 1% no número de trabalhadores.

A situação é um pouco mais agravada se tivermos em conta os dados de 2008 comparativamente aos de 2009, registando-se uma queda de 4,8% no número de trabalhadores. Em termos reais, esta descida levou ao desaparecimento efectivo de 259 postos de trabalho.

VOLUME DE NEGÓCIOS

Quanto à distribuição do volume de negócios pelas diferentes tipologias empresariais, as empresas de pequena dimensão são as maiores geradoras de riqueza, sendo portanto, as que mais contribuem para o volume de negócios apresentado pelo Sector do Tratamento de Superfícies e as que mais empregam. De facto, em 2009, as empresas de pequena dimensão, ou seja, com uma força de trabalho compreendida entre os 10 e os 50 trabalhadores, geraram mais de 140 milhões de euros, enquanto as empresas de média dimensão atingiram um volume de negócios de cerca de 120 milhões de euros.

Em termos geográficos, a região norte do país é claramente a que contribui com a maior parte do volume de negócios gerado, sendo responsável por 172 602 359 € dos 329 097 897 € gerados em 2009, ou seja, 52% do volume de negócios do Sector do Tratamento de Superfícies no seu conjunto.

Relativamente à evolução histórica do volume de negócios e acompanhando a tendência registada em termos do número de empresas e do número de trabalhadores, entre 2007 e 2009, registou-se uma descida no volume de negócios do Sector do Tratamento de Superfícies.

De facto, no período analisado, regista-se uma quebra de 4,8% no volume de negócios do Sector do Tratamento de Superfícies, o correspondente a mais de 16,7 milhões de euros.

A situação assume ainda maiores proporções analisando o ano de 2008 face a 2009, em que se regista uma descida de 11,8%, equivalente a uma perda de 44,2 milhões de euros.

NÚMEROS DO SECTOR

O quadro seguinte apresenta um resumo da informação apresentada anteriormente relativa às empresas, trabalhadores e volumes de negócios do Sector do Tratamento de Superfícies nacional, adicionando os resultados encontrados para o Valor Acrescentado Bruto (VAB) e para a Produção, no ano de 2009.

Em 2009, havia 408 empresas a operar no Sector do Tratamento de Superfícies, empregando 5.187 pessoas, enquanto o volume de negócios atingiu os 329,1 milhões de euros, o VAB os 128,6 milhões de euros e a produção os 318,2 milhões de euros.

Quadro 3 – Números do sector do tratamento de superfícies, em 2009

DESIGNAÇÃO	VALOR
N.º de Empresas	408
N.º de Trabalhadores	5 187
Volume de Negócios (€)	329 097 897
Valor Acrescentado Bruto (€)	128 578 162
Produção (€)	318 176 600

Fonte: Instituto Nacional de Estatística

3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

3.1. Introdução

O processo de Tratamento de Superfícies consiste na deposição de uma fina camada metálica sobre uma superfície, geralmente metálica, por meios químicos ou electroquímicos, a fim de conferir às peças metálicas e eventualmente não metálicas, certas propriedades superficiais, tais como, durabilidade, resistência, protecção, aspecto estético, entre outras, adequadas a uma determinada função.

Em termos gerais, os processos dos tratamentos de superfície podem ser divididos em três grandes grupos:

- Preparação de Superfícies;
- Processos de Revestimento;
- Processos de Conversão.

Os tratamentos de superfície constituem uma actividade de carácter horizontal, incluída praticamente em todos os sectores da Indústria Transformadora que utilizam metais (mas não só) no seu processo de fabrico.

Os tratamentos de superfície têm especial relevância no sector da Metalurgia e Metalomecânica, constituindo mesmo a actividade principal de algumas das empresas nele incluídas, como é o caso das que executam uma ou mais actividades nas seguintes áreas: pintura, esmaltagem, metalização, plastificação, galvanização, zincagem, niquelagem, cobreagem, cadmiagem, estanhagem, latonagem, douragem, prateagem, platinagem, fosfatação, passivação crómica, anodização e lacagem de alumínio, entre outras.

Para além da indústria Metalúrgica e Metalomecânica, há outros sectores que também recorrem frequente e diversificadamente aos tratamentos de superfície, como por exemplo, os sectores de Material Eléctrico e Electrónico e Marítimo, embora com menor relevância.

3.2. Processos produtivos

3.2.1. Considerações gerais

Conforme referido anteriormente, os processos de tratamento de superfícies abrangem:

- Preparação de superfícies
- Processos de revestimento
- Processos de conversão

➤ PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES

A preparação de superfícies deve ser efectuada sempre que as peças venham a sofrer um tratamento posterior, a fim de assegurar a eficiência do processo de revestimento e do tratamento de conversão.

A preparação das superfícies tem como objectivos:

- Remover camadas de sujidade, matéria orgânica ou óxidos metálicos (provenientes da reacção do metal com os constituintes da atmosfera, como água e oxigénio), de modo a promover a adesão entre o revestimento e a peça, permitindo que a posterior deposição do material constitua uma camada perfeitamente aderente e homogénea;
- Reduzir a rugosidade das peças a tratar para melhorar, por exemplo, as características de depósito posterior;
- Proteger a peça entre etapas de fabrico distintas.

As camadas de óxidos presentes na superfície das peças são eliminadas por processos nomeadamente conhecidos por decapagem, que pode ser efectuada por:

- Via mecânica (por jacto de areia ou granalha);
- Via electroquímica (catódica, anódica e por corrente alternada);
- Via química (a mais utilizada).

A escolha do melhor processo de preparação de superfícies e da alternativa mais adequada depende de um conjunto de factores, tais como:

- Características da espécie a ser removida;
- Nível específico de redução das impurezas;
- Presença de substâncias tóxicas;
- Análise e controlo dos banhos;
- Exigências de segurança;
- Custos associados à gestão dos resíduos gerados e alternativas de reciclagem;
- Manutenção.

A avaliação deste conjunto de factores possibilita a escolha dos agentes de limpeza levando em conta soluções sustentáveis e alternativas mais seguras.

➤ **PROCESSOS DE REVESTIMENTO**

Os processos de revestimento podem ocorrer por via térmica, por via mecânica, por imersão ou projecção de um material diluído num solvente, por via química, por via electrolítica ou por deposição física e química em fase vapor.

Os revestimentos electrolíticos são os mais usados em Portugal. Entre eles destacam-se os revestimentos metálicos de niquelagem, cromagem e zincagem.

Nestes processos de revestimento não há reacção (ou há reacção pouco significativa) entre o material a depositar e o material da peça.

➤ **PROCESSOS DE REVESTIMENTO POR CONVERSÃO**

Nos processos de revestimento por conversão podem ser utilizadas a via química ou electroquímica, o tratamento termoquímico em meio sólido, líquido ou gasoso e a imersão em meio fundido.

Nestes casos, há uma transformação físico-química da camada superficial da peça, podendo haver ou não, modificações estruturais conforme a conversão seja mais ou menos difusa.

Estes três grandes grupos podem ser esquematizados conforme se apresenta na figura seguinte.

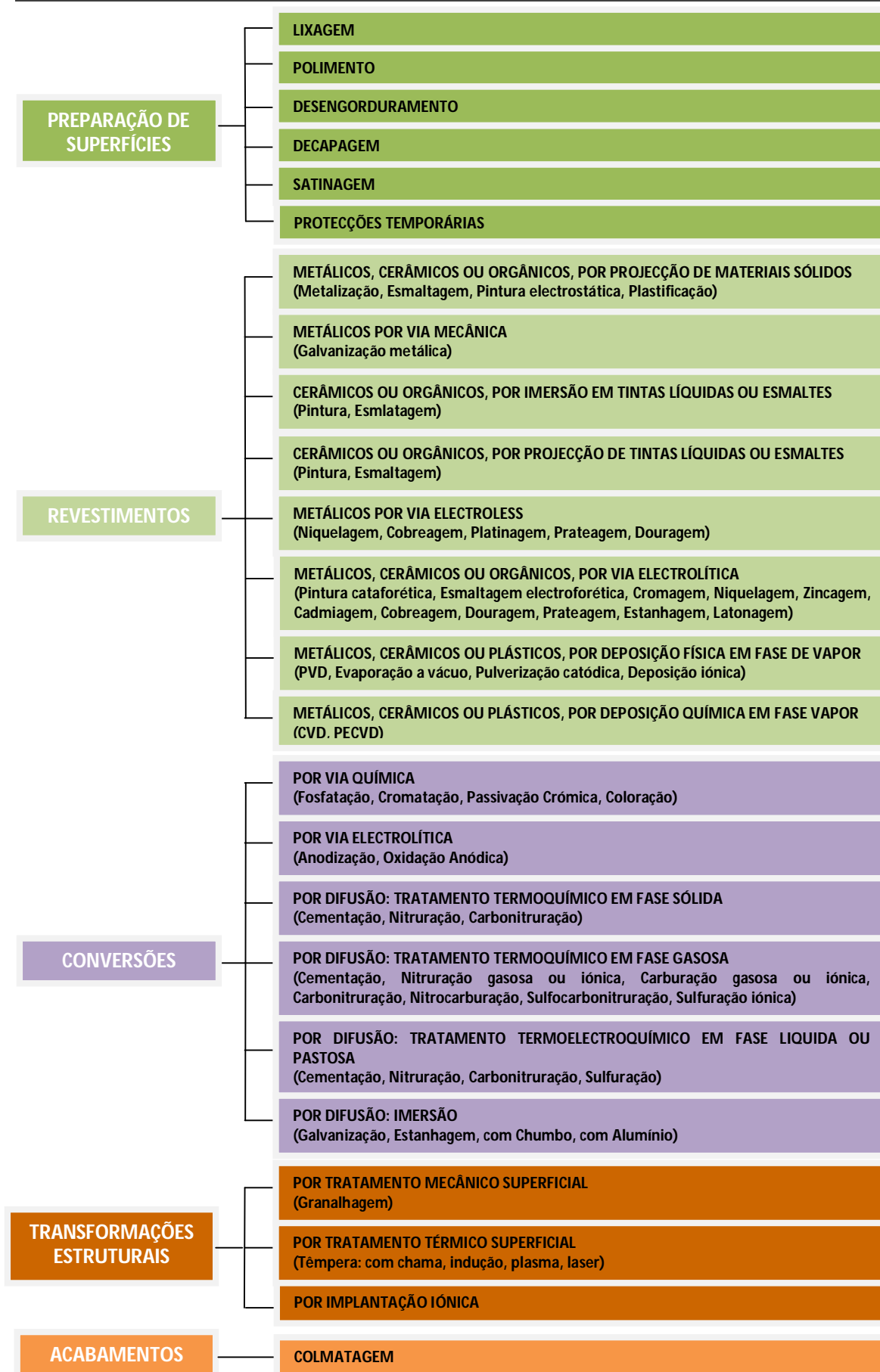


Figura 3 - Diagrama geral dos processos envolvidos nos Tratamentos de Superfície

Fonte: Guia INETI

Nos subcapítulos seguintes apresenta-se uma descrição detalhada de cada um destes processos, com base na informação disponível no Guia Técnico do INETI relativo ao Sector do Tratamento de Superfícies.

3.2.2. Preparação de superfícies

Todas as peças devem, necessariamente, passar por esta etapa. Nela serão removidos óxidos metálicos, camadas de sujidade ou matéria orgânica que eventualmente estejam presentes, com a finalidade de melhorar o contacto do revestimento com a superfície da peça, reduzir a rugosidade, ou ainda proteger a peça. Entre as etapas de preparação utiliza-se uma sequência de operações, como lixagem, polimento, desgorduramento, decapagem e protecções temporárias.

LIXAGEM

A operação deste processo é realizada através de métodos mecânicos efectuados com lixas ou escovas para desbastar as peças ou atribuir determinada rugosidade sendo usualmente seguida da operação de polimento. A figura seguinte apresenta um esquema representativo de uma operação de lixagem.

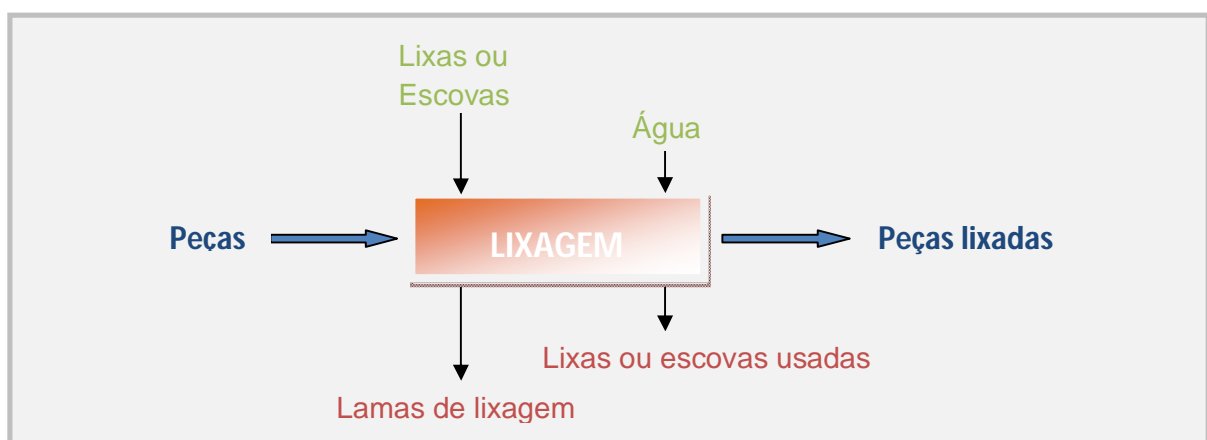


Figura 4 - Esquema representativo de uma operação de lixagem

Fonte: Guia Técnico “Sector dos Tratamentos de Superfície” – INETI, 2000

POLIMENTO

Nesta etapa do processo aplicam-se métodos mecânicos, químicos, electrolíticos e mistos para desbastar as peças, diminuir a rugosidade superficial, dar brilho ou melhorar propriedades para uma função específica. Na figura seguinte apresenta-se um esquema ilustrativo da operação com polimento de cones abrasivos.

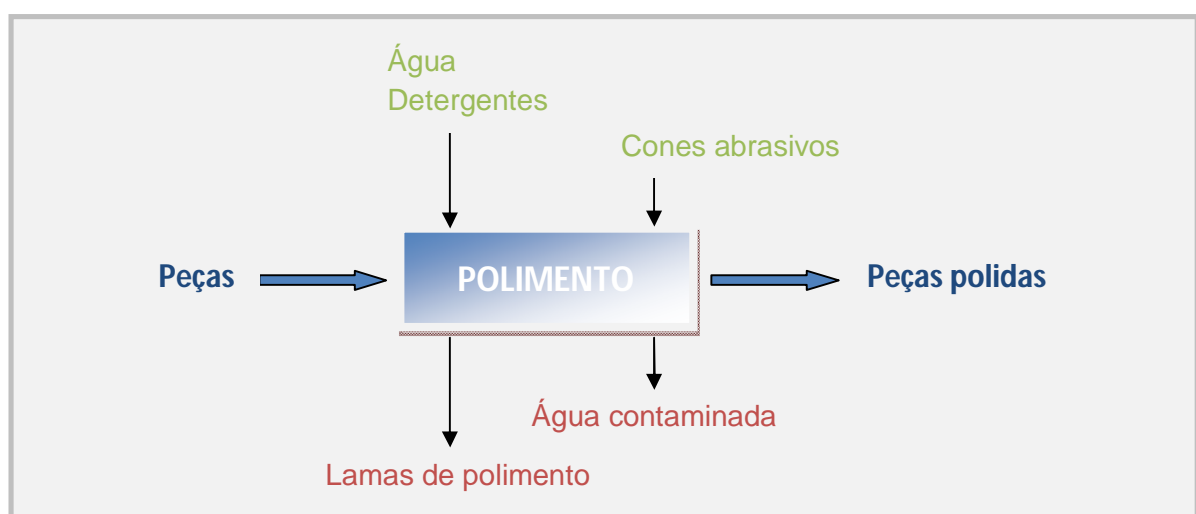


Figura 5 - Esquema representativo de uma operação de polimento de cones abrasivos

Fonte: Guia Técnico “Sector dos Tratamentos de Superfície” – INETI, 2000

DESENGORDURAMENTO

Processo realizado para retirar o óleo e/ou gordura das peças através de métodos químicos ou electroquímicos utilizando-se solventes orgânicos, clorados ou não, na fase líquida ou vapor, ou soluções aquosas de sais alcalinos, produtos molhantes e aditivos. A figura a seguir apresenta o processo de desengorduramento electrolítico.

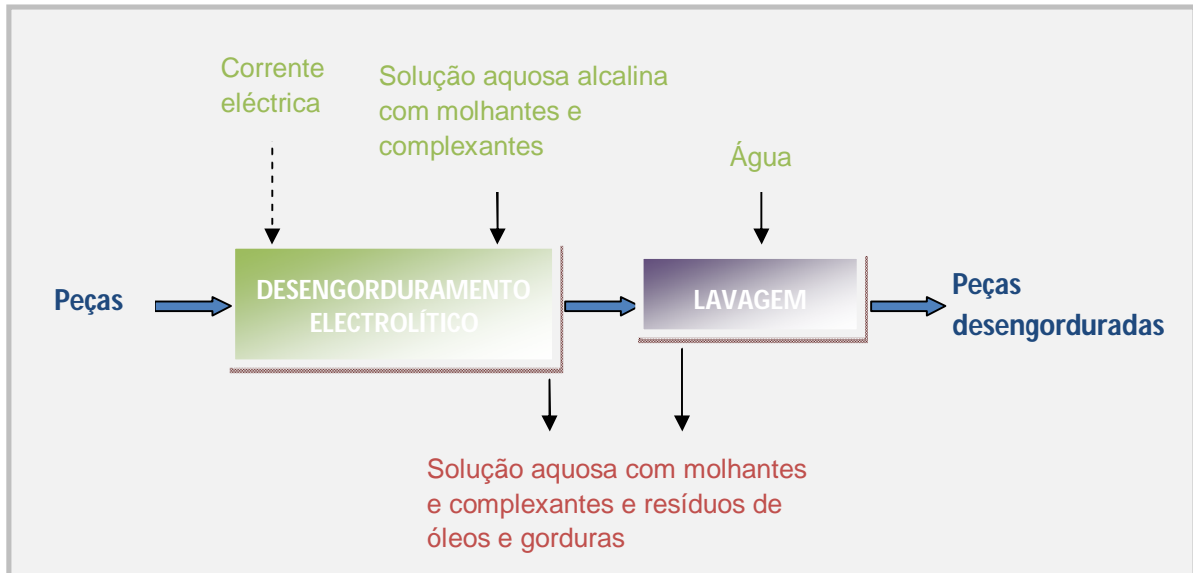


Figura 6 - Esquema representativo de uma operação de desengorduramento electrolítico

Fonte: Guia Técnico "Sector dos Tratamentos de Superfície" – INETI, 2000

DECAPAGEM

No processo de decapagem aplicam-se métodos mecânicos, por jacto de água ou de granalha, electrolíticos ou químicos para eliminar a camada de óxidos presentes nas superfícies das peças para que a deposição de material seja feita numa camada aderente e homogénea. Na figura seguinte, apresenta-se o esquema de decapagem química.

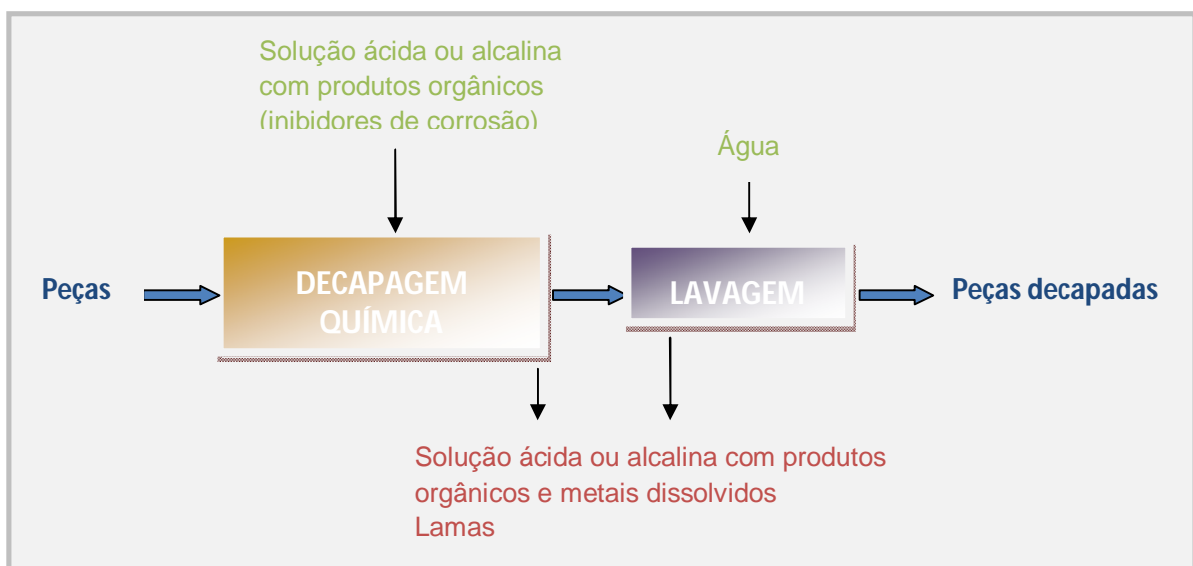


Figura 7 - Esquema representativo de um processo de decapagem química

Fonte: Guia Técnico "Sector dos Tratamentos de Superfície" – INETI, 2000

PROTECÇÕES TEMPORÁRIAS

As protecções temporárias são utilizadas para proteger as peças contra corrosão, abrasão, etc., quando estas são transportadas, armazenadas ou manipuladas nas etapas do processo. Na figura seguinte apresenta-se um exemplo de protecção temporária com filme plástico autoadesivo.

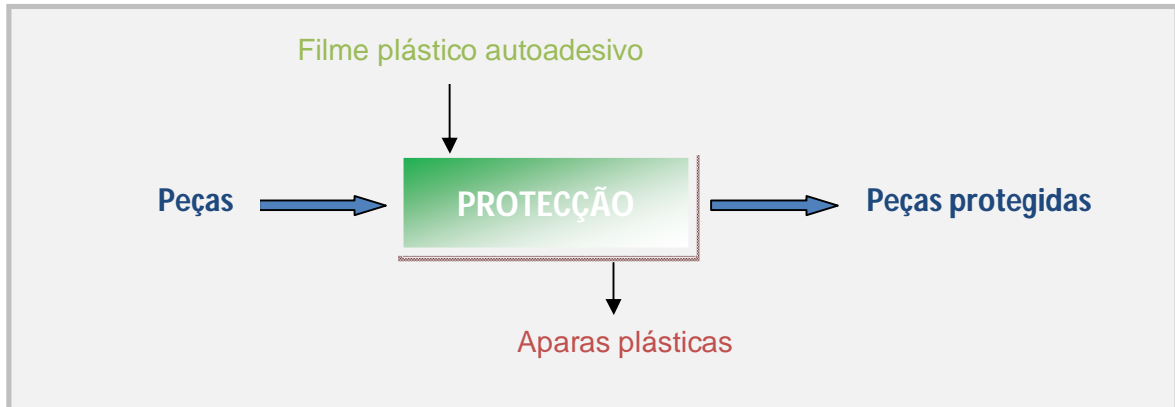


Figura 8 - Esquema representativo de um processo de protecção temporária

Fonte: Guia Técnico "Sector dos Tratamentos de Superfície" – INETI, 2000

3.2.3. Processos de revestimento

REVESTIMENTOS POR PROJEÇÃO DE MATERIAL SÓLIDO

Neste método são utilizadas duas formas de aplicação:

- ⊃ **Material do revestimento em pó (orgânico ou cerâmico):** aplica-se o revestimento sobre a peça aquecida previamente ou após a aplicação, com o auxílio de uma pistola para que se forme o filme pretendido. Como exemplo deste método temos a pintura electrostática;
- ⊃ **Material do revestimento na forma sólida (metálico, cerâmico ou orgânico):** eleva-se o material do revestimento à sua temperatura de fusão e aplica-se sobre a peça com o auxílio de pistola de chama, por arco eléctrico ou plasma. Como exemplo deste método temos os processos de metalização. Na figura seguinte apresenta-se um exemplo de entradas e saídas de materiais do processo de operação com esmaltagem.

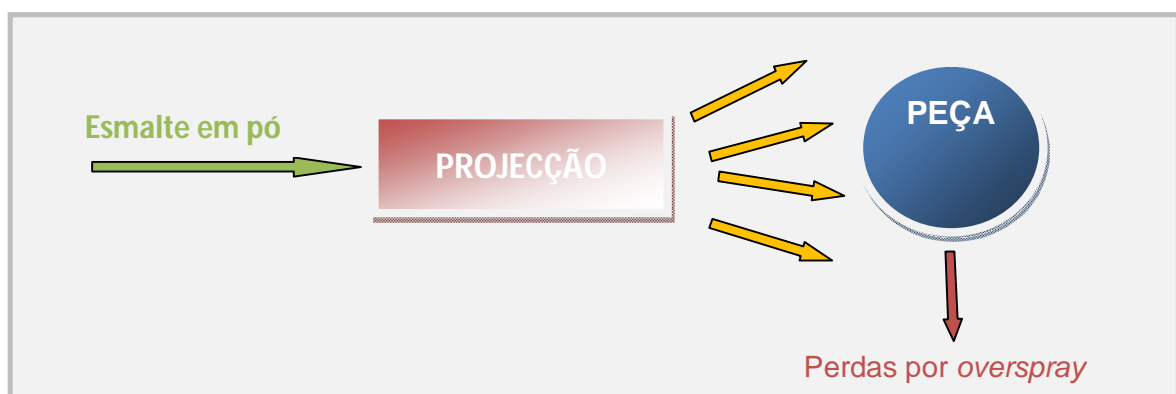


Figura 9 - Esquema de uma operação de esmaltagem

Fonte: Guia Técnico "Sector dos Tratamentos de Superfície" – INETI, 2000

REVESTIMENTO POR VIA MECÂNICA

Neste processo o material metálico na forma de pó é inserido num tambor rotativo com esferas de vidro e uma solução de activação obtendo-se assim o revestimento a frio. Na figura seguinte apresenta-se um exemplo de zincagem mecânica.

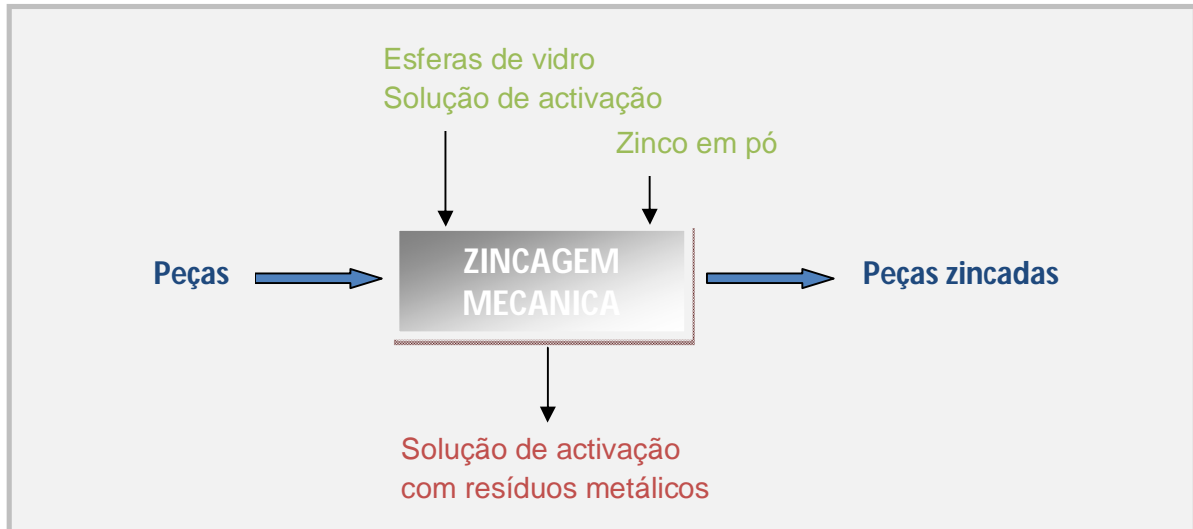


Figura 10 - Esquema representativo do processo de zincagem mecânica

Fonte: Guia Técnico "Sector dos Tratamentos de Superfície" – INETI, 2000

REVESTIMENTO POR IMERSÃO EM TINTAS LÍQUIDAS OU ESMALTES

Processo no qual o material de revestimento, cerâmico ou orgânico, após ser diluído num solvente (aquoso ou orgânico) é depositado sobre a peça após imersão. Posteriormente, evapora-se o solvente por via térmica, formando-se a camada definitiva. Na figura seguinte apresenta-se o processo de pintura com tinta líquida por imersão.

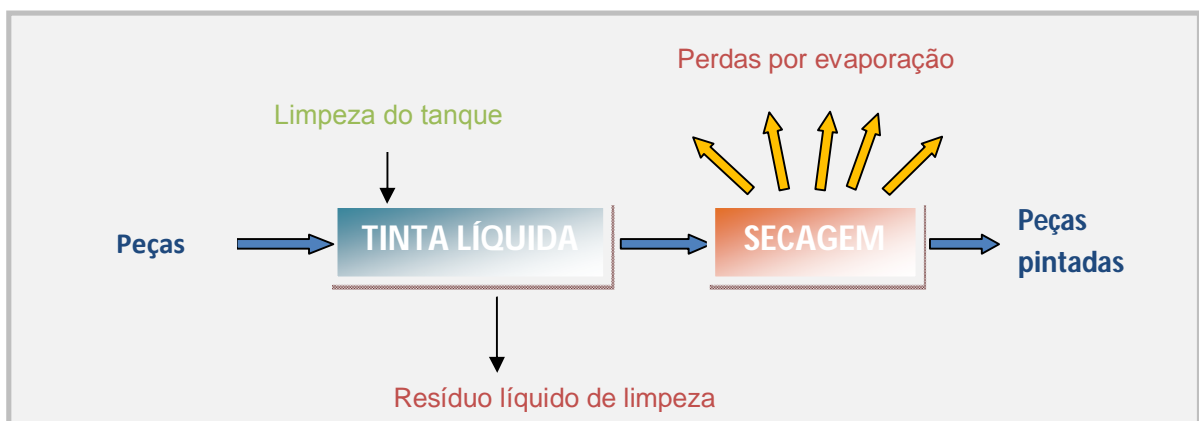


Figura 11 - Esquema representativo do processo de pintura com tinta líquida por imersão

Fonte: Guia Técnico "Sector dos Tratamentos de Superfície" – INETI, 2000

REVESTIMENTO METÁLICO POR VIA *ELECTROLESS*

Neste processo dissolve-se e ioniza-se o elemento constituinte do revestimento, que sofre uma reacção de redução sendo depositado à superfície da peça.

Utilizam-se dois mecanismos distintos neste processo: oxidação do metal que constitui a peça ou oxidação de um redutor presente em solução. Na figura seguinte apresenta-se um diagrama do processo de niquelagem por via *electroless*.

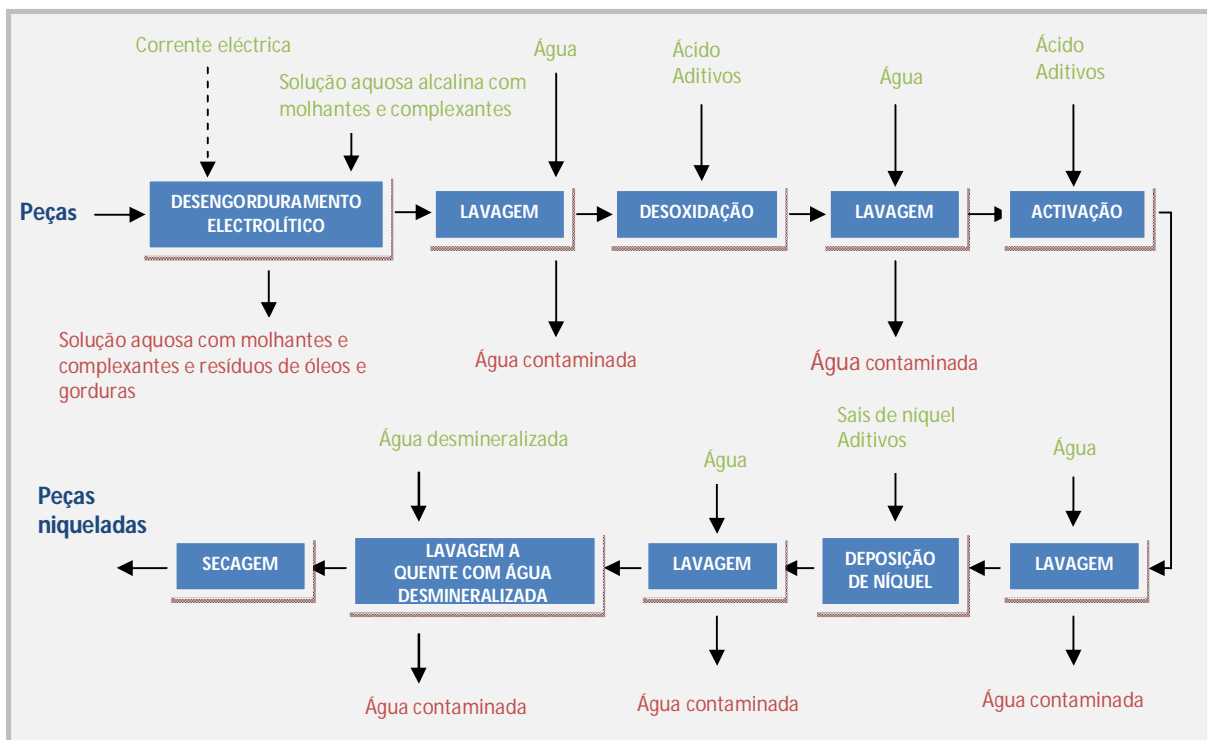


Figura 12 - Esquema representativo do processo de niquelagem por via electroless

Fonte: Guia Técnico “Sector dos Tratamentos de Superfície” – INETI, 2000

REVESTIMENTO POR VIA ELECTROLÍTICA

Nesta técnica dissolve-se o material de revestimento, que pode ser metálico, cerâmico e orgânico, num banho. Aplica-se uma corrente eléctrica ocasionando uma reacção electrolítica na superfície da peça depositando assim o material de revestimento.

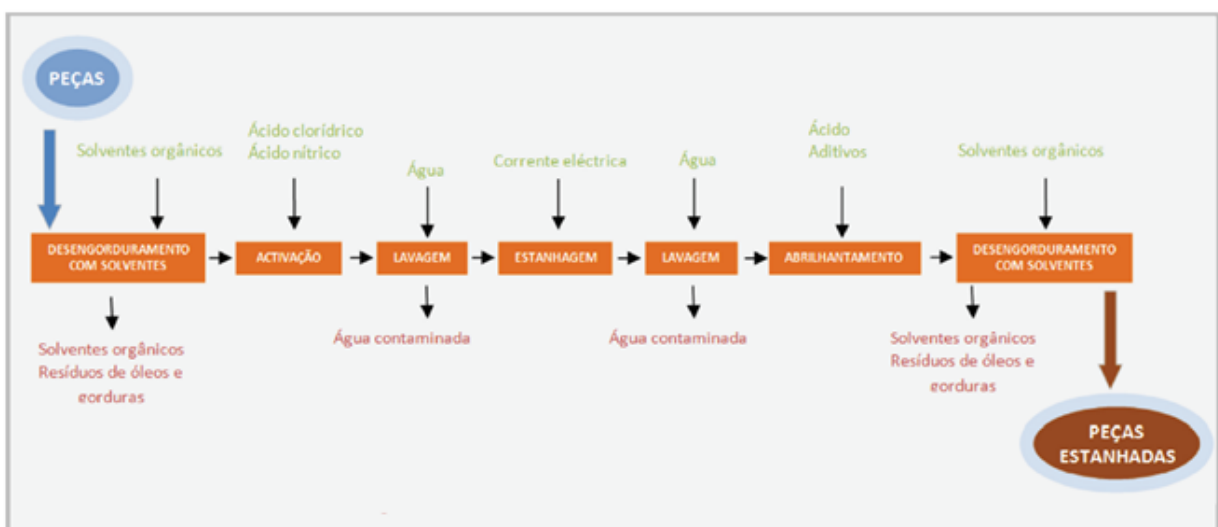


Figura 13 - Esquema representativo do processo de estanhagem electrolítica

Fonte: Guia Técnico “Sector dos Tratamentos de Superfície” – INETI, 2000

3.2.4. Processos de conversão

CONVERSÃO POR VIA QUÍMICA

Nesta técnica mergulha-se a peça num banho, formando-se uma camada de conversão após o ataque da peça. Este banho contém em geral fosfatos, cromatos ou outros sais e ácidos, formando uma camada protectora na superfície da peça. A figura seguinte mostra a lacagem de alumínio num processo de pintura electrostática a pó.

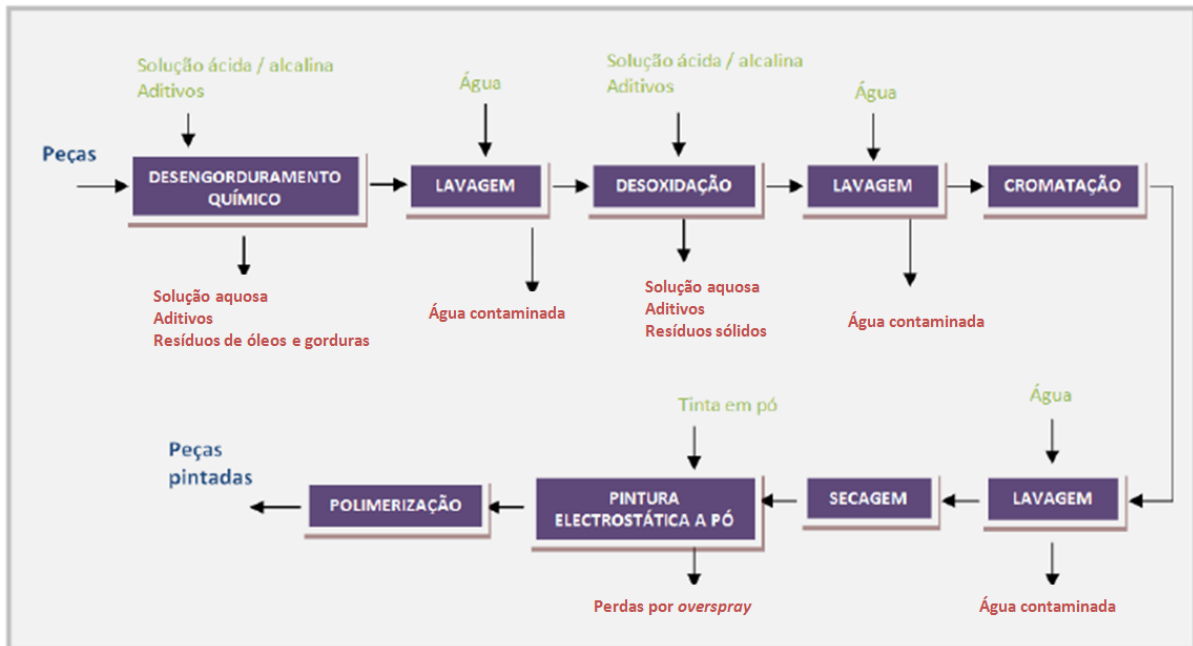


Figura 14 - Esquema representativo do processo de lacagem de alumínio

Fonte: Guia Técnico “Sector dos Tratamentos de Superfície” – INETI, 2000

CONVERSÃO POR VIA ELECTROLÍTICA

Neste processo utilizam-se as peças a tratar como ânodo de uma célula electrolítica, oxidando-se superficialmente enquanto a corrente passa. A participação do electrolito na reacção origina um óxido ou hidróxido do metal constituinte da peça, formando-se uma camada de protecção na superfície da peça e ao mesmo tempo ocorre a dissolução do metal no banho. São exemplos deste processo a anodização e oxidação anódica do alumínio.

CONVERSÃO POR DIFUSÃO: TRATAMENTO TERMOQUÍMICO EM FASE SÓLIDA

Nesta técnica coloca-se a peça junto com material em pó que contém o elemento a difundir numa atmosfera inerte ou redutora, à pressão atmosférica ou sob vácuo parcial. Este material reage parcialmente com a peça sob efeito da temperatura difundindo-se. Cita-se como exemplo desta técnica de conversão a Cementação, a Nitruração e a Carbonitruração.

CONVERSÃO POR DIFUSÃO: TRATAMENTO TERMOQUÍMICO EM FASE LÍQUIDA OU PASTOSA

Neste processo há um banho de sais fundidos contendo sais do elemento a difundir e fundentes onde a peça é introduzida. O elemento, sob efeito da temperatura, difunde-se na peça e reage parcialmente com ela. São exemplos deste tipo de conversão a Cementação, a Nitruração, a Carbonitruração e a Sulfuração.

CONVERSÃO POR DIFUSÃO: TRATAMENTO TERMOQUÍMICO EM FASE GASOSA

Nesta técnica coloca-se a peça num meio gasoso, contendo o elemento a fundir para reagir parcialmente com ela, sob efeito do calor. Aplica-se esta técnica nos processos de Cementação, Nitruração Gasosa ou Iônica, Carburação Gasosa ou Iônica, Carbonitruração, Sulfocarbonitruração e Sulfuração Iônica.

CONVERSÃO POR DIFUSÃO: IMERSÃO

Este processo consiste na imersão da peça num material metálico no estado líquido, e que induz a conversão. Por acção do calor, o material difunde-se na peça, reagindo com ela. Tem-se como exemplo deste processo de conversão a Galvanização, a Estanhagem com Chumbo e a Estanhagem com Alumínio.

3.3. Armazenamento e manuseamento

3.3.1. Peças ou superfícies a serem tratadas

As peças ou superfícies a serem tratadas podem ser de diferentes materiais: metálicos (ferro, alumínio, zamac, etc.) ou plásticos (preferencialmente ABS); portanto, tendo em conta a natureza das peças, especial atenção deve ser dedicada à sua armazenagem e manipulação.

A principal característica que deve ser considerada na armazenagem de peças metálicas a serem tratadas é o facto de poderem vir a sofrer um processo de oxidação. A oxidação da peça pode ter repercussões negativas no seu tratamento posterior. Habitualmente, como medida de protecção face à corrosão, são utilizados óleos que, posteriormente, devem ser removidos da peça para o tratamento superficial.

As peças plásticas não apresentam problemas de oxidação mas devido às suas características físicas podem danificar-se (golpes, arranhões) ou até romper-se, caso sejam incorrectamente manipuladas ou armazenadas.

3.3.2. Matérias-primas

Para a realização do tratamento de superfícies utiliza-se uma ampla variedade de produtos químicos. Convém salientar que dentro do sector do tratamento de superfícies pode encontrar-se uma grande diversidade de processos e, portanto, de produtos, bem como empresas ou instalações de dimensão muito variada.

Geralmente, as pequenas oficinas armazenam pequenas quantidades de produtos. Por razões de espaço, a zona de armazenagem é de dimensão reduzida. Habitualmente, armazena-se a quantidade necessária para garantir a produção, sendo o abastecimento de matérias-primas muito frequente.

Por outro lado, empresas de média e grande dimensão dispõem de um armazém central de matérias-primas e zonas de armazenagem nas linhas de produção, onde há produtos em pequenas quantidades para serem adicionados na linha de produção.

3.3.3. Peças tratadas

O tempo de armazenagem das peças tratadas não deve ser elevado e as medidas de protecção ou embalagem devem estar especificadas pelo cliente.

As instalações que trabalhem para terceiros, usualmente devolvem as peças tratadas aos seus clientes na mesma embalagem em que as receberam, sendo a prática mais frequente o uso de caixas de plástico, metálicas ou de cartão de uso industrial.

Se o tempo de armazém for longo as peças devem ser revestidas com óleo, quando os processos não conferem às peças uma elevada protecção.

4. ASPECTOS E IMPACTES AMBIENTAIS

A implementação de legislação e normas ambientais cada vez mais restritivas e a criação de mercados mais competitivos exigem que as empresas sejam mais eficientes do ponto de vista produtivo e ambiental. O aumento da produção industrial deverá estar aliado a um menor gasto de consumos e geração de poluentes.

Tendo o sector do tratamento de superfícies associadas **várias actividades consumidoras intensivas de recursos naturais (água, matérias-primas), energia, produtos químicos, entre outros, e geradoras de diversos impactes ambientais**, com o objectivo de minimizar os efeitos adversos no meio ambiente, devem ser **identificados, avaliados e classificados os seus aspectos ambientais**.

Segundo a NP EN ISO 14001:2004 (Sistemas de Gestão Ambiental), **Aspecto Ambiental** é definido como um "elemento das actividades, produtos ou serviços de uma organização que possa interagir com o Ambiente". **Impacte Ambiental** define-se como "qualquer alteração no Ambiente, adversa ou benéfica, resultante, total ou parcialmente, dos aspectos ambientais de uma organização". Deste modo, pode considerar-se de forma simplificada que um aspecto ambiental é uma **Causa** e impacte ambiental o Efeito.

4.1. Identificação, avaliação e classificação dos aspectos ambientais

Apesar de não existir uma metodologia única para identificar os aspectos ambientais, a abordagem seleccionada pode, por exemplo, considerar:

	Emissões atmosféricas		Utilização de energia
	Efluentes Líquidos		Produção de ruído, vibrações, radiações
	Descargas no solo		Produção de resíduos e sub-produtos
	Utilização de matérias-primas e recursos naturais (água)		Impacte visual, alteração da paisagem, uso do solo

Adicionalmente aos **aspectos ambientais que podem ser controlados directamente na Organização**, deverão ser igualmente considerados os **aspectos que pode influenciar**, como por exemplo, os **relativos a bens e serviços utilizados** e aos **produtos e serviços fornecidos pela Organização**. Seguidamente apresentam-se algumas orientações para avaliar o controlo e a influência. No entanto, em qualquer circunstância cabe à Organização, determinar o grau de controlo, bem como os aspectos que pode influenciar. Assim sendo, além dos aspectos ambientais gerados **nos processos/actividades/tarefas** desenvolvidos pela Organização, deverão ter-se em consideração também os aspectos relacionados com:

- Concepção e desenvolvimento ;
- A embalagem e o transporte;
- O desempenho ambiental e as práticas dos subcontratados e fornecedores;

- A gestão de resíduos;
- A extracção e distribuição de matérias-primas e recursos naturais;
- A distribuição, a utilização e o fim-de-vida de produtos, e
- A fauna, a flora e a biodiversidade.

O controlo e influência sobre os aspectos ambientais de um produto fornecido a uma Organização podem variar consideravelmente, em função da sua posição no mercado e dos seus fornecedores. Uma Organização que seja responsável pela concepção do seu próprio produto pode ter uma influência significativa sobre aqueles aspectos, modificando por exemplo, um único material de entrada, enquanto que uma Organização que tenha de fornecer um produto de acordo com determinadas especificações externas poderá ter uma escolha muito limitada. *(Fonte: NP EN ISO 14001:2004).*

De forma a sistematizar o processo de identificação dos aspectos ambientais entende-se como **adequado a divisão da Organização nas suas principais actividades**. Esta abordagem, permite assim a separação em vários diagramas, nos quais serão analisados os fluxos de “entradas” (consumos) e “saídas” (poluição), numa lógica que se baseia no conceito das partes constituírem o todo.

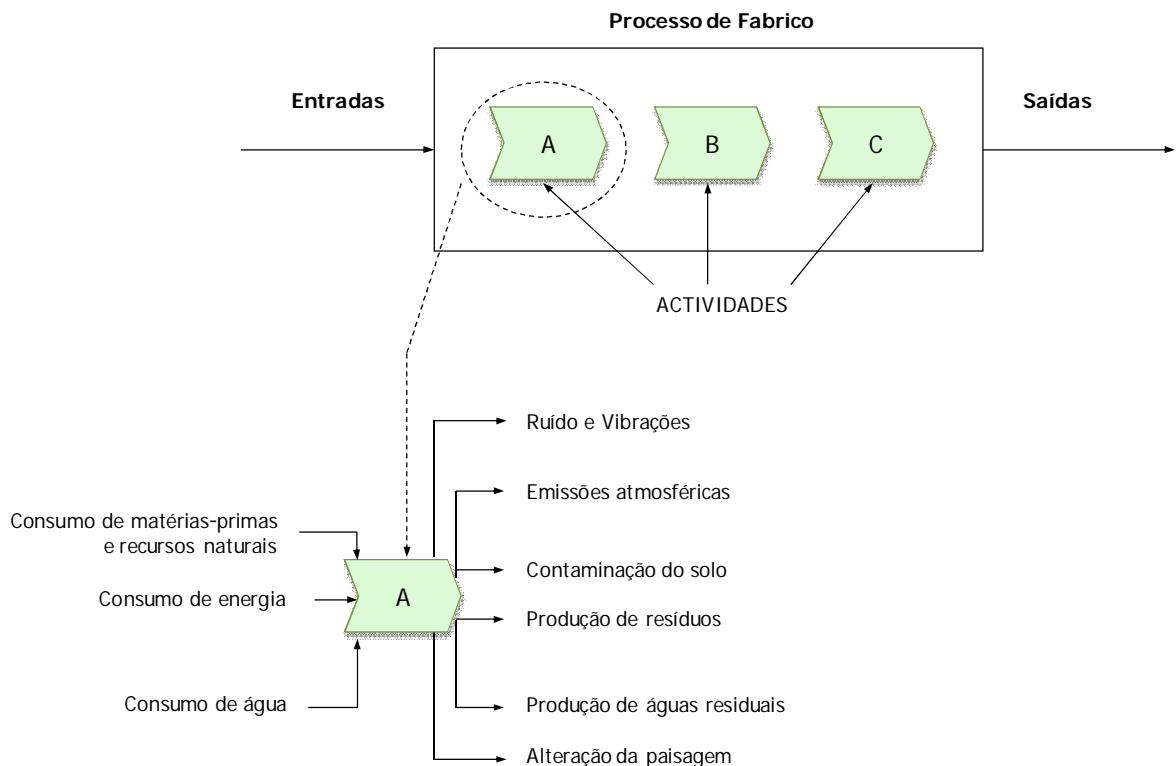


Figura 15 – Fluxo de entradas e saídas por actividade da organização

Com esta análise pode-se fixar um olhar técnico e crítico para aplicação de **acções de Produção + Limpa (P+L)**, contribuindo para o **cumprimento de requisitos legais e a melhoria do desempenho ambiental do processo produtivo**.

Convém salientar que, para a identificação de aspectos e impactes ambientais, deverá proceder-se à classificação das situações:

- ▶ Normais (N): actividades frequentes;
- ▶ Anormais (An): actividades pouco frequentes;
- ▶ Emergência (E): situação que não deve ocorrer (ex: derrames, incêndios).

4.2. Aspectos ambientais associados ao tratamento de superfícies

4.2.1. Introdução

As indústrias que realizam a actividade de tratamento de superfícies são consideradas de alto impacto ambiental devido à natureza tóxica das matérias-primas e dos resíduos gerados.

Os processos caracterizam-se também pelo alto consumo de energia e água.

Os aspectos e impactes ambientais do tratamento de superfícies, provêm, no essencial, de perdas de matérias-primas derivadas da actividade da empresa. Parte dessas perdas são voluntárias; é o caso, por exemplo, do vazamento de um banho de desengorduramento que deixa de actuar, devido à sua contaminação por óleos; a sua substituição por um novo banho origina uma solução residual, ou seja, um fluxo residual. No entanto, há também perdas de materiais que decorrem de forma involuntária, como é o caso das perdas por arrastamento (a camada fina de líquido incorporada nas peças ao serem removidas de um banho). Neste caso, a necessidade de lavar as peças para limpar o arrastamento gera uma água residual contaminada pela própria matéria perdida.

4.2.2. Principais aspectos ambientais das etapas do processo fabril

Apresenta-se de seguida uma abordagem das principais etapas dos processos dos tratamentos de superfície dando particular destaque aos aspectos ambientais associados.

Pré-tratamento mecânico

As operações de decapagem mecânica (por jacto de areia ou granalha), polimento mecânico e similares originam, essencialmente, emissões atmosféricas de poeiras e partículas metálicas que, quase sempre, são recolhidas através de sistemas de filtragem, obtendo-se um resíduo industrial. Por outro lado, o próprio material abrasivo utilizado, uma vez desgastado pela sua fricção com peças metálicas, acaba por se converter num outro resíduo industrial que tem de ser gerido.



Figura 16 – Decapagem por jacto de areia

Desengorduramento de peças



Figura 17 – Banho de desengorduramento

Em função do tipo de desengorduramento utilizado, o fluxo residual gerado será de um tipo ou outro. Fundamentalmente, pelo seu grau de implementação, distinguem-se dois tipos de desengorduramento: desengorduramento através de solventes halogenados (TRI, PER, etc.) e desengorduramento aquoso em meio alcalino.

No caso da utilização de solventes halogenados, estes vão-se contaminado com os óleos, gorduras, massas de polimento, etc., contidos nas peças antes de se iniciar o processo galvânico.

Estes solventes sujos, caso não sejam recuperados via destilação, acabam convertidos num resíduo altamente contaminante e que é gerado com uma certa periodicidade. Assim, o uso destes solventes gera uma emissão atmosférica de compostos orgânicos voláteis (COV).

Para os desgorduramentos aquosos em meio básico, para além da contaminação de óleos e gorduras mencionados, os compostos contaminantes mais comuns são os sais de sódio (hidróxidos, carbonatos, fosfatos e meta silicatos), e tensoactivos ou complexantes (EDTA, NTA, etc.) de natureza orgânica. Antigamente – e agora ainda se conseguiram encontrar casos – era também adicionado cianeto de sódio ao banho para reforçar o poder desgordurante; actualmente, graças a melhorias tecnológicas na formulação destes banhos, esta prática está quase extinta.

Decapagem química

A grande maioria das decapagens químicas são diluições – mais ou menos concentradas, predominantemente a 30% – de um ácido em água: ácido clorídrico e sulfúrico, como principais, e ácidos nítrico, fosfórico ou fluorídrico como secundários.

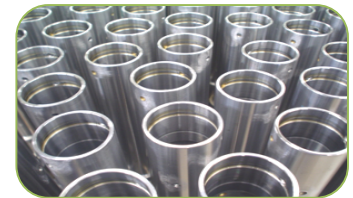


Figura 18 – Decapagem química

O resíduo gera-se – por cargas – quando, ao atacar o metal base que está a ser decapado, parte deste metal se dissolve no ácido, contaminando-o, de tal forma que este perde a sua função decapante.

Processos galvânicos

Os contaminantes gerados dependem do tipo de processo, da sua composição e concentração, etc. Basicamente, os contaminantes dos processos galvânicos podem classificar-se em:

- Emissões difusas de vapor de água para a atmosfera e partículas de crómio nos banhos de cromagem, para soluções que operem a mais de 50 °C;
- Emissões de gases de combustão provenientes de caldeiras utilizadas para aquecer banhos de processo e/ou secar peças;
- Banhos do tipo ácido: níquelado ácido, cobre ácido estanhado, anodizado de alumínio, fosfatação de ferro, entre outros;
- Banhos do tipo alcalino: zincado alcalino isento de cianeto, cobre alcalino isento de cianeto, como principais;
- Banhos do tipo alcalino de cianeto: zincado alcalino, cianeto de cobre dourado, prateado, etc.;
- Banhos do tipo ácido crómico: cromagem dura e cromagem decorativa.



Figura 19 – Banho de cromagem

Em função da composição do banho, encontramos o metal pesado correspondente ao banho (Ni, Cu, Zn, Al, Sn, Au, Ag, etc.) com os aniões que o acompanham na forma de sal. No caso de banhos de cianeto, para além do metal correspondente e dos diversos sais, encontramos a forma CN⁻, nas suas diversas expressões de equilíbrio dinâmico. Relativamente à maioria de banhos de cromagem, encontramos Cr⁶⁺.

Esta forma química de classificar os fluxos residuais gerados no processo galvânico, tem a sua correspondência física, consistindo nos seguintes fluxos:

- Diluídos
- Concentrados

Se os diluídos se referem basicamente a águas de lavagem entre processos de tratamento, os concentrados correspondem ao próprio banho ou alguma lavagem estanque concentrada que a empresa precise de renovar.

Os diluídos geram-se em contínuo, durante a actividade de revestimento, enquanto se efectua a lavagem de peças entre os diversos banhos de processo, enquanto os concentrados são produzidos por cargas ao atingir-se o final de vida útil de um banho ou concentração máxima admissível de uma lavagem estanque.

Armazenagem de matérias-primas

Tal como foi descrito, boa parte dos fluxos residuais que se geram na armazenagem de matérias-primas surgem devido a condições de armazenagem e/ou operação inadequadas; ou seja, na maioria dos casos, por práticas ambientais pouco aconselháveis. Entre estas, destacam-se a má gestão das existências em armazém, sistemas deficientes de armazenagem e/ou movimentação de materiais, baixa formação e informação do pessoal de armazém, etc. Deste modo, geram-se produtos fora do prazo, descargas acidentais que não são recolhidas devidamente, perdas nos transvases, recipientes vazios mal lavados com restos de produto no seu interior, etc. Tudo isto acabará por converter-se em fluxo residual que deve ser gerido adequadamente.

Actividades auxiliares

Dentro das operações auxiliares, podem destacar-se como mais significativas, no que respeita à geração de fluxos residuais, as descritas de seguida:

- Tratamento de águas residuais: origina uma quantidade de lamas, em forma de hidróxidos metálicos que, segundo os casos, pode revestir-se de extrema importância (no caso do anodizado de alumínio). Dentro deste tratamento, a empresa habitualmente gere boa parte dos fluxos residuais, na forma líquida, gerados pelo processo galvânico; ou seja, águas de lavagem diluídas e soluções ou banhos gastos concentrados. Também se encontram, segundo o tipo de banhos de que a empresa disponha, cianeto e hidróxidos de cromo;
- Operações de limpeza e manutenção de banhos: neste caso, obtém-se um material filtrante sujo e o próprio material filtrado, em forma de lama, sedimento ou material absorvente, contaminado;
- Limpeza de bastidores: operação altamente contaminante, dado que utiliza soluções com produtos complexantes, cianeto ou ácidos de difícil tratamento posterior – caso, por exemplo, do ácido nítrico; para além disso, a situação complica-se, uma vez que apresenta uma forte concentração do metal extraído do bastidor;
- Outro material proveniente de equipamentos de tratamento de águas – resinas de intercâmbio iónico, osmose inversa, etc. – gera, muito ocasionalmente, resíduos sólidos que requerem tratamento posterior: resinas gastas, carvão activado contaminado, material filtrante como membranas, etc.

No quadro seguinte apresenta-se um resumo dos aspectos ambientais associados às principais etapas do processo e no quadro 5 uma descrição, para cada aspecto ambiental, das operações que lhe deram origem.

Quadro 4 - Principais aspectos ambientais dos processos de tratamento de superfícies

ETAPA	ASPECTOS AMBIENTAIS
Armazenagem de matérias-primas	<ul style="list-style-type: none"> Resíduos gerados por matérias deterioradas no armazém; Perdas de produtos químicos durante as operações de manipulação e transvase por vazamento, fugas de produtos por rotura de bidões ou por perdas nas torneiras; Perdas de produto retido nas paredes dos recipientes e bidões nas operações de vazamento de recipientes; Os próprios recipientes e bidões vazios com restos de produto.
Operações de processo	<ul style="list-style-type: none"> Partículas e poeiras provenientes de operações de pré tratamento mecânico; Emissão de solventes em operações de desengorduramento; Banhos de desengorduramento contaminados com óleos, gorduras, massas de polimento, etc.; Banhos de decapagem contaminados pelo metal de base das peças tratadas; Banhos usados inactivos mas que ainda contêm produtos de tratamento (anodização, fosfatação, cromagem, etc.); Águas residuais contaminadas pelo arrastamento do líquido ao retirar as peças dos diferentes banhos de processo; Emissões difusas provenientes de banhos que operam a determinada temperatura (> 50°C); Emissão de gases de combustão devido ao aquecimento dos banhos ou à secagem das peças; Gotejamento para o solo de líquido de banhos, entre tanques de processo ou ao atravessar um corredor em instalações manuais.
Actividades auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> Material absorvente sujo e lamas provenientes da manutenção dos banhos; Soluções concentradas provenientes da regeneração de colunas de resinas de permuta iónica ou de osmose inversa; Soluções concentradas e material sujo da depuração dos banhos; Soluções concentradas de tratamento de emissões para a atmosfera; Lamas com hidróxidos metálicos de purificação de águas residuais; Soluções concentradas provenientes da limpeza de bastidores; Lamas, etc., da limpeza de tubagens, bombas, etc.

Fonte: Adaptado de "Alternativas de prevención en origen de la contaminación en el sector de tratamiento de superficies" (CAR/PL)

Quadro 5 - Resumo dos principais aspectos ambientais associados às operações de tratamento de superfícies

ASPECTOS AMBIENTAIS	ORIGEM	DESCRIÇÃO
Consumo de Água		
Descarga de Águas Residuais		
Efluentes diluídos	Lavagem de peças	Líquidos e banhos de tratamento e revestimento de metais (galvanização, anodização, fosfatação, decapagem);
Soluções concentradas de processo	Banhos de processo gastos ou contaminados	Líquidos e banhos de tratamento e revestimento de metais (galvanização, anodização, fosfatação, decapagem);
Efluentes de regeneração de resinas	Regeneração de resinas de permuta iónica e de osmose inversa	Águas residuais provenientes de regeneração de resinas de permuta iónica;
Produção de Resíduos		
Solventes halogenados sujos	Solventes halogenados (tricloroetileno, percloroetileno, etc.) sujos com óleos, gorduras, etc.	Solventes, misturas brutas com solventes e líquidos orgânicos halogenados;

Quadro 5 - Resumo dos principais aspectos ambientais associados às operações de tratamento de superfícies (continuação)

ASPECTOS AMBIENTAIS	ORIGEM	DESCRIÇÃO
Soluções concentradas de pré-tratamento	Banhos de preparação gastos ou contaminados (desengorduramentos alcalinos e decapagens ácidas) com óleos e metais	Líquidos e banhos isentos de cianeto e crómio; Soluções ácidas de decapagem, de passivação, desengordurantes sem ácido crómico; Soluções alcalinas de decapagem, de passivação, desengordurantes; Outras soluções de decapagem, de passivação, desengordurantes;
Soluções concentradas de processo	Banhos galvânicos gastos ou contaminados (anodização, fosfatação, cromagem, bissulfito, etc.)	Líquidos e banhos de crómio isentos de cianeto; Líquidos e banhos isentos de cianeto e crómio; Soluções ácidas de decapagem, de passivação;
Soluções alcalinas com tensoactivos	Soluções alcalinas com tensoactivos sujas com gorduras, óleos, etc. (desengorduramento químico).	Soluções alcalinas de decapagem, de passivação, desengordurantes;
Soluções concentradas resultantes das actividades de manutenção das instalações	Soluções utilizadas na limpeza de bastidores	Líquidos e banhos de crómio isentos de cianeto; Líquidos e banhos isentos de cianeto e crómio; Outras soluções de decapagem, de passivação, desengordurantes, etc;
Material absorvente utilizado no tratamento de emissões atmosféricas	Material de filtração de COV's Material de filtração de emissões atmosféricas de metais pesados	Absorventes, materiais de filtração, panos de limpeza e roupa protectora contaminados com metais pesados;
Bidões e recipientes vazios	Bidões de plástico e recipientes metálicos que tenham contido previamente matérias-primas.	Recipientes e embalagens de plástico. Recipientes e embalagens metálicas;
Lamas provenientes do tratamento de efluentes	Lamas provenientes do tratamento físico-químico das águas residuais	Lamas de pré-tratamento e tratamento de águas residuais;
Material de filtração usado no tratamento de água	Carvão activado e resinas de permuta iónica gastos	Resinas de permuta iónica; Carvão activado;
Material de filtração e absorvente diverso	Material da filtração e manutenção dos banhos: filtros, panos, etc.	Resíduos inorgânicos que contêm metais não especificados anteriormente; Absorventes, materiais de filtração, panos de limpeza e roupa protectora contaminados com metais pesados;
Partículas de pré-tratamentos mecânicos	Granalhagem, polimento mecânico. etc	Granalha, limalhas, sucata e partículas metálicas;
Emissões Atmosféricas		
Vapores de água do processo	Vapores de tanques que operam a uma dada temperatura (> 45-50 °C)	
Vapores de ácido crómico	Vapores que contêm gotas de ácido crómico	
Gases contaminantes de fontes de combustão	Gases provenientes da combustão no aquecimento de banhos ou secagem de peças	

Fonte: Alternativas de prevención de la contaminación en el sector de tratamiento de superficies, CAR/PL

5. INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL

Os indicadores ambientais, constituem expressões específicas que fornecem informação sobre o desempenho ambiental de uma Organização. Segundo a Norma NP EN ISO 14031:2004 - "Linhas de orientação para a avaliação do desempenho ambiental":

- ▶ **Indicador de desempenho ambiental** – é uma “expressão específica que fornece informação sobre o desempenho ambiental de uma organização”. Estes indicadores englobam outros dois tipos:
 - **Indicadores de desempenho operacional**
 “Indicador de desempenho ambiental que fornece informação sobre o desempenho ambiental das operações de uma organização”.
 - **Indicadores de desempenho de gestão**
 “Indicador de desempenho ambiental que fornece informação sobre os esforços da Gestão para influenciar o desempenho ambiental de uma organização.”

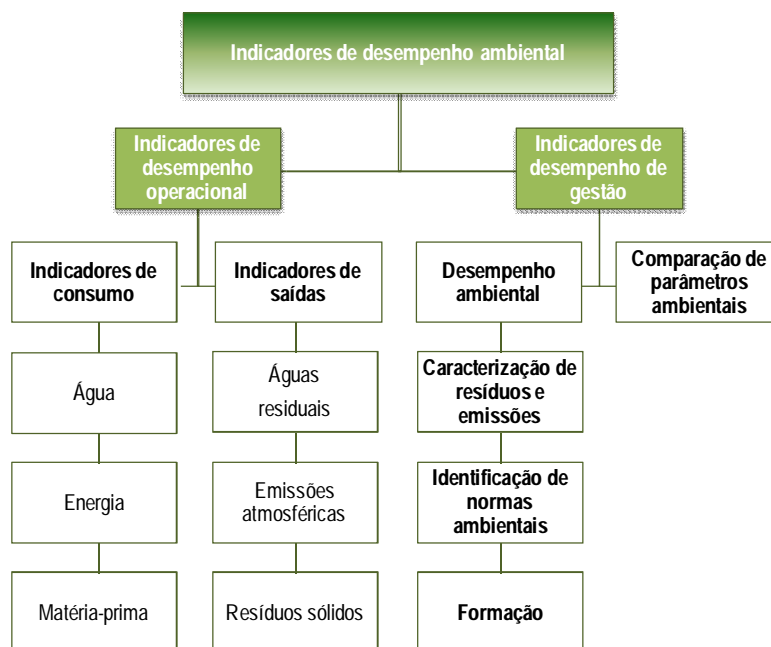
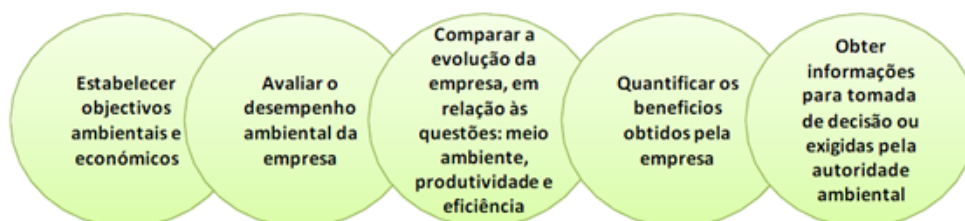
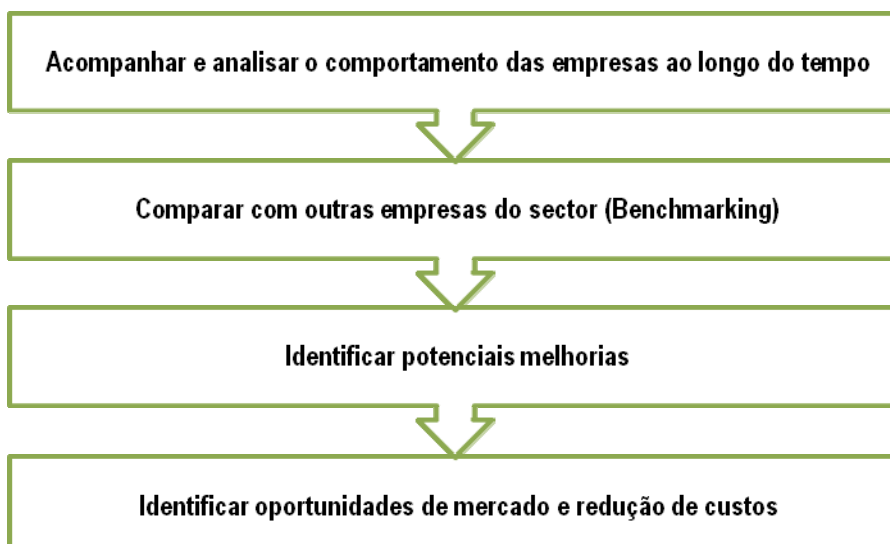


Figura 20 – Indicadores de desempenho ambiental

De uma forma geral, a **concepção de indicadores de desempenho ambiental** numa empresa pode fornecer as informações necessárias para:



O desenvolvimento desta ferramenta de avaliação de desempenho ambiental, facilita não só, a transformação de dados em informações úteis, como também contribui para **o planeamento e desenvolvimento de objectivos, metas e estratégias**. Assim, é possível reunir dados que permitam:



Por todos os factores supracitados conclui-se que para a implementação de boas práticas e tecnologias de produção mais limpa, é fundamental estabelecer e analisar os indicadores que permitem determinar e avaliar os resultados de forma mensurável, quantificável e verificável.

Não existem indicadores tipo; no entanto pode consultar-se a Norma NP EN ISO 14031:2004 que apresenta vários exemplos e que podem enquadrar-se no que se necessita. De qualquer forma, sugere-se que os indicadores seleccionados sejam:



No quadro seguinte apresentam-se alguns exemplos de indicadores de desempenho ambiental.

Quadro 6- Exemplo de indicadores de desempenho ambiental

Indicadores de desempenho operacional	Entradas	Kwh consumido/unidade produzida
		m ³ água /unidade produzida
		Kg ou m ³ combustível consumido /unidade produzida
		Kg ou m ³ matérias-primas /unidade produzida
	Saídas	m ³ água residual /unidade produzida
m ³ água residual / m ³ água consumida		
Kg resíduos /unidade produzida		
Indicadores de desempenho de gestão	Horas de formação e sensibilização em ambiente/ano	
	% de redução de resíduos /ano	
	% de redução do consumo de água /ano	

6. PRODUÇÃO + LIMPA

Conceito de Produção + Limpa

Produção mais Limpa define-se como a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada, aplicada a processos, produtos e serviços, para incrementar a eficiência e reduzir os riscos ambientais e os riscos associados à saúde humana. A Produção + Limpa pode ser aplicada nos **processos produtivos** de uma indústria, nos **produtos** e nos diferentes **serviços** disponibilizados à sociedade.



- Para os **processos produtivos** a Produção + Limpa resulta da combinação dos seguintes factores: poupança de matérias-primas e energia, substituição de materiais perigosos por outros não perigosos ou menos perigosos e redução da quantidade e perigosidade das emissões, descargas e resíduos, antes de abandonarem o processo produtivo.
- Para os **produtos** a Produção + Limpa centra-se na redução dos impactes ambientais ao longo de todo o ciclo de vida do produto, desde a extracção de matéria-prima até à eliminação final do produto, através de concepção adequada (*ecodesign*).
- Para os **serviços** a Produção + Limpa contempla a incorporação dos aspectos ambientais na concepção e na prestação de serviços.

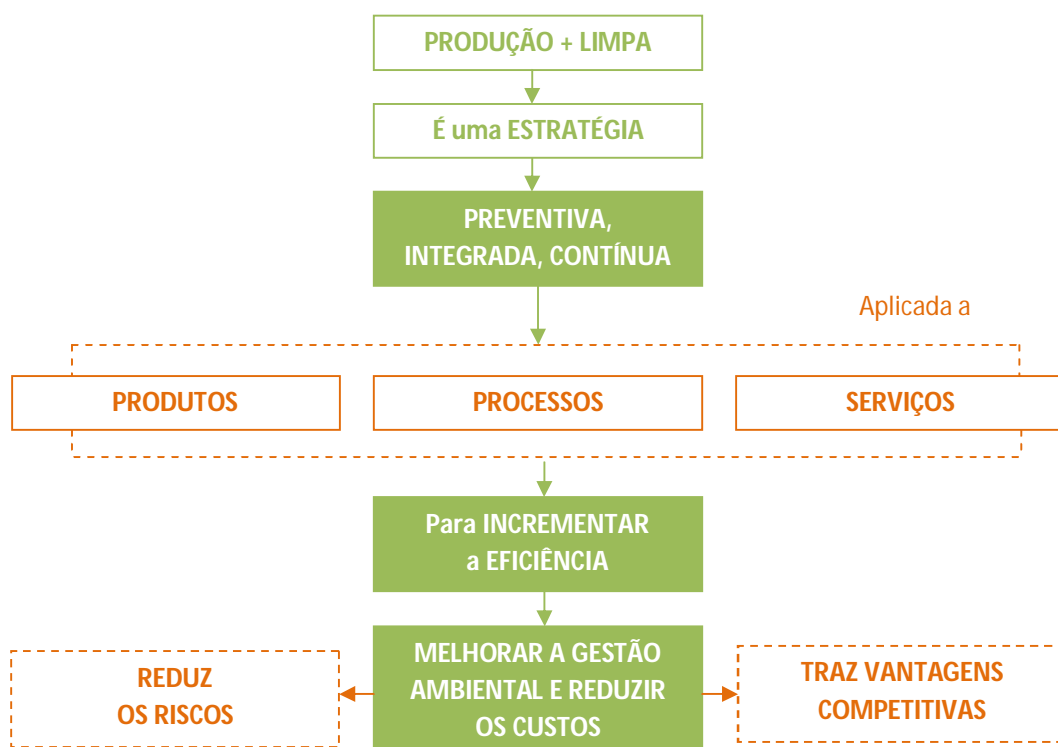


Figura 21 – Esquema da Produção + Limpa

Elementos chave da Produção + Limpa

Da definição de Produção + Limpa podemos extrair os seguintes elementos chave:

- É um processo contínuo e não uma actuação pontual;
- Não está limitada a indústrias ou empresas de certo tipo/tamanho;
- Tem como objectivo conseguir um equilíbrio razoável entre a disponibilidade e o consumo de matérias-primas e energia. Não é um conceito contraditório ao de crescimento. Pretende apenas que este seja feito de forma ecologicamente sustentável;
- Implica a produção de bens com o menor impacte ambiental possível, em função dos limites tecnológicos e económicos do momento. Não se limita somente à minimização de resíduos, sendo um conceito mais amplo, considerando os impactes ambientais ao longo de todo o ciclo de vida do produto;
- Direciona-se também no sentido da redução dos riscos sobre a segurança e saúde dos trabalhadores e da população. Neste contexto, a Produção + Limpa assume-se como uma estratégia de gestão integrada de gestão ambiental;
- É eficiente (aumenta a produtividade) e eficaz (resultados positivos a longo prazo);
- É uma estratégia com tripla vantagem: protege o meio ambiente, a população (por exemplo, a segurança e saúde de trabalhadores, consumidores e população em geral) e as empresas (por exemplo, a sua rentabilidade, a sua imagem). Portanto, a Produção + Limpa é algo mais que uma estratégia ambiental, dado o seu interesse também pelos aspectos económicos e sociais.

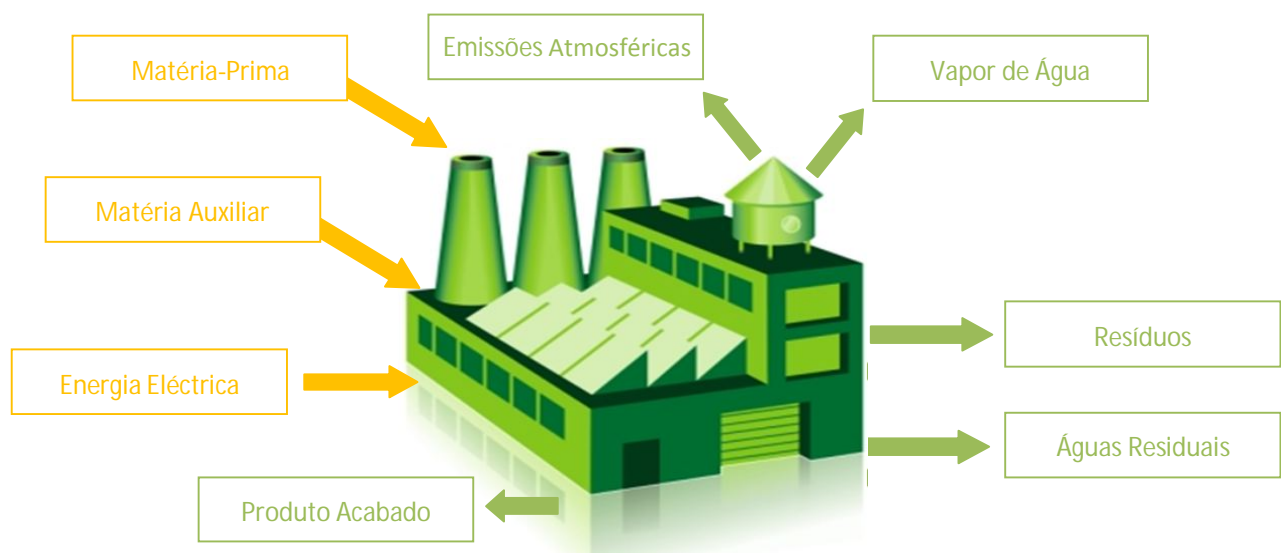


Figura 22 – Fluxos de *inputs* e *outputs* a ter em conta na Produção + Limpa

Os quatro princípios da Produção + Limpa

Princípio da precaução

A obrigação de provar que uma substância ou actividade não causará nenhum prejuízo ao meio ambiente é do potencial poluidor. As comunidades não podem ser responsabilizadas por demonstrar que algum dano ambiental ou social será causado pela actividade industrial. O princípio defende que a ciência é importante para esclarecer e gerar informações sobre os impactos sociais, económicos e culturais, pressionando as autoridades responsáveis pela tomada de decisão a não esperar por evidências irrefutáveis quando há dano ambiental. Em contrapartida, devem basear-se na cautela e no benefício da dúvida para proteger o ambiente natural e a comunidade.

Princípio da prevenção

Custa menos e é mais efectivo prevenir o dano ambiental do que tentar administrá-lo ou remediar a situação. A noção de prevenção da poluição substitui o já ultrapassado conceito de controle da poluição, exigindo mudanças nos processos e produtos de forma a evitar a produção de resíduos, especialmente os tóxicos. Este princípio intensifica a prática do uso eficiente da energia bem como o uso de fontes alternativas menos poluentes (como a energia solar e eólica) para substituir a excessiva ênfase no desenvolvimento e pesquisas de novas fontes de combustível fóssil.

Princípio do controle democrático

A produção limpa envolve todos os afectados por actividades industriais – incluindo os trabalhadores, as comunidades de proximidade e os consumidores finais. Os cidadãos devem possuir informação sobre as emissões industriais e ter acesso aos registos de poluição, plano de redução de uso de substâncias químicas tóxicas, bem como dados das matérias-primas dos produtos. O direito e o acesso à informação e o envolvimento na tomada de decisão garantem o controle democrático sobre o processo produtivo e a qualidade de vida da população directamente afectada e das gerações futuras.

Princípio da abordagem integrada e holística

Os perigos e riscos ambientais de um processo produtivo podem ser minimizados pelo rastreio completo do ciclo de vida de um produto. A sociedade deve adoptar uma abordagem integrada para o uso e o consumo de um recurso natural. Esta análise é essencial para garantir que materiais perigosos sejam extintos e não sejam substituídos por materiais que representem novas ameaças ambientais.

Objectivos da Produção + Limpa

- Aumentar a vantagem económica e competitiva da empresa;
- Racionalizar o uso de matérias-primas;
- Reduzir desperdícios;
- Minimizar a produção de resíduos, diminuindo impactes ambientais;
- Aumentar a competitividade, actualizando a empresa de acordo com as exigências do mercado;
- Adequar os processos e produtos em conformidade com a legislação ambiental;
- Permitir a obtenção de indicadores de eficiência;
- Documentar e manter os resultados obtidos;
- Promover e manter a boa imagem da empresa, divulgando a eco-eficiência da produção e a qualidade dos produtos oferecidos.

Vantagens da Produção + Limpa

Quadro 7 – Vantagens da implementação de técnicas de Produção + Limpa

VANTAGENS ECONÓMICAS	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 acidental; ● Melhoria da manutenção; ● Diminuição das taxas de seguro; ● Maior facilidade de financiamento; ● Desenvolvimento de tecnologias de ponta que podem ser exportadas.
VANTAGENS SOCIAIS	<ul style="list-style-type: none"> ● Melhoria das condições de trabalho; ● Melhoria dos procedimentos e práticas internas da empresa; ● Melhoria da comunicação dentro da empresa e entre esta e o exterior.
VANTAGENS ESTRATÉGICAS	<ul style="list-style-type: none"> ● Melhoria da imagem da empresa junto dos clientes e 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.

Etapas para a implementação da Produção + Limpa

Indicamos na figura seguinte as etapas para a implementação da Produção + Limpa.

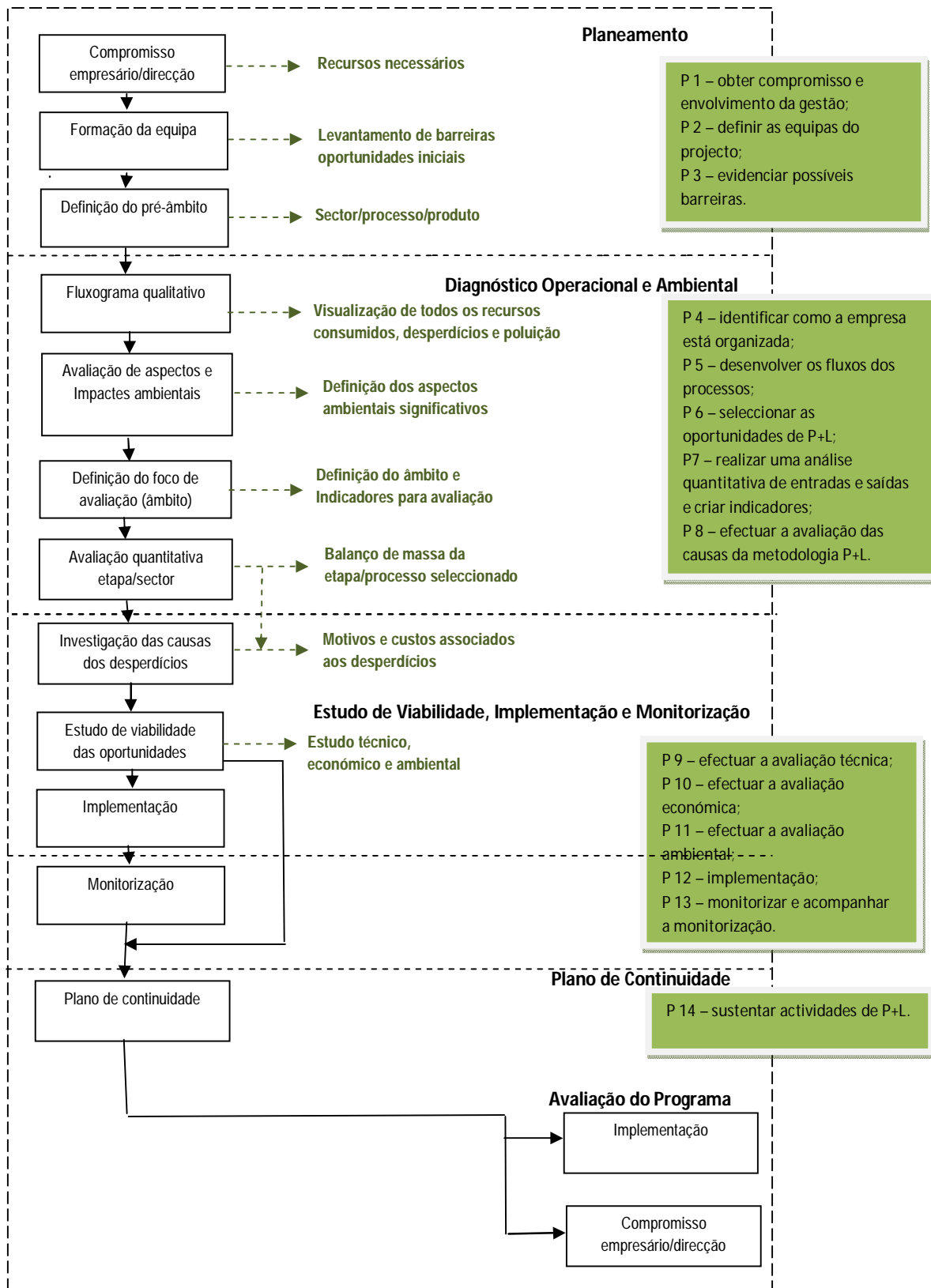


Figura 23 – Etapas para a implementação da Produção + Limpa

Apresenta-se de seguida, para cada um dos aspectos ambientais, nomeadamente, **consumo de matérias-primas, consumo de água, descarga de águas residuais, produção de resíduos, emissões atmosféricas e energia**, algumas medidas que poderão ser implementadas no âmbito da Produção + Limpa.

6.1. Consumo de matérias-primas

As matérias-primas nos processos galvânicos são muito variadas. A principal fonte de contaminação que se produz nos processos de tratamentos de superfície provém principalmente das perdas destas matérias-primas, as quais, em muitos casos representam a causa mais importante de consumo de uma dada matéria. Devido à importância destas perdas do ponto de vista ambiental é importante fazer algumas considerações sobre elas.

Nos processos de tratamento de superfícies existem várias etapas onde ocorre a perda de matéria-prima. Tendo como referência um processo standard onde se inclui um banho galvânico e a sua correspondente lavagem, as perdas estão reflectidas na figura seguinte:

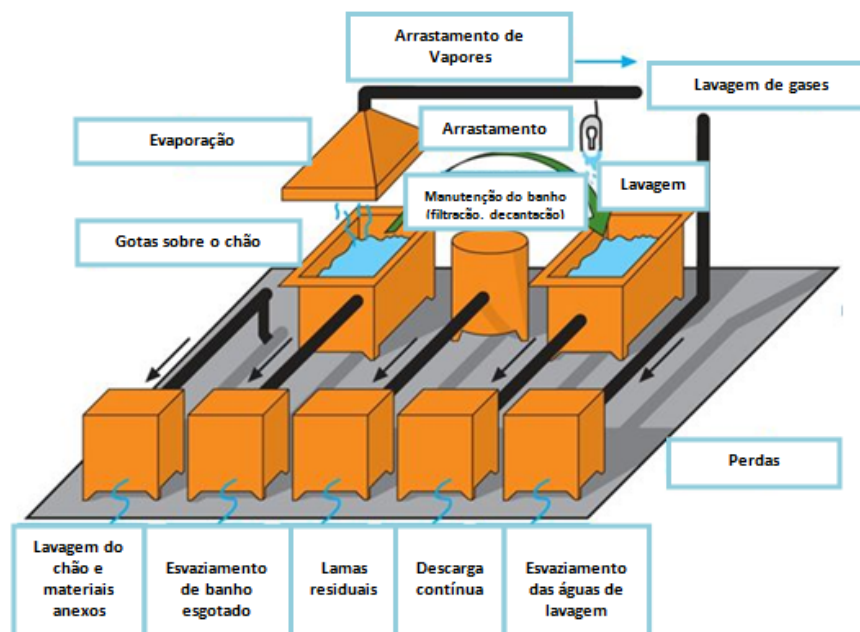


Figura 24 – Perdas produzidas num banho galvânico

Fonte: Adaptado de “Buenas Praticas Medioambientales en el Sector de Galvanotecnica”, AIMME

De seguida detalhar-se-á a origem das perdas produzidas num processo galvânico.

Perdas sistemáticas

Estas perdas são de vários tipos:

- Descarga total ou parcial dos banhos contaminados
- Perdas por arrastamento do banho nas águas de lavagem
- Perdas por evaporação dos banhos
- Perdas por fugas e derrames
- Limpeza de equipamentos, filtros, ânodos, etc.
- Depuração de banhos de trabalho

A avaliação destas perdas pode ser efectuada a partir das quantidades de produtos químicos consumidos, as quais dependem dos seguintes factores:

- ✓ Processo produtivo
- ✓ Condições operativas

Apesar da grande diversidade existente de processos produtivos, podem-se estabelecer valores representativos de taxas de perdas para banhos de tratamento distintos (ver “Perdas de produtos em processos galvânicos”, J.N. Breuil).

Perdas acidentais

Estas perdas são, por definição, difíceis de quantificar. Provêm de acidentes, como por exemplo:

- Perfuração de uma cuba de trabalho
- Transbordo de uma cuba de trabalho
- Contaminação de um banho por falsa manobra (adição de um produto indesejável)
- Fugas em condutas

Perdas produzidas no armazenamento e manipulação das matérias-primas

Não se pode esquecer que os produtos químicos, antes de serem empregues na cadeia de tratamento de superfícies, podem ser uma fonte de contaminação na origem:

- Durante o seu armazenamento
- Na sua manipulação
- Na gestão das embalagens

Quadro 8 - Riscos de contaminação por manuseamento e armazenamento de produtos

	ORIGEM	RISCOS DE CONTAMINAÇÃO
Abertura de embalagens	<ul style="list-style-type: none">▪ Embalagens frágeis▪ Deformações das embalagens▪ Geração de gás no interior das embalagens▪ Golpes e acidentes no momento do manuseamento das embalagens▪ Más condições de armazenamento▪ Explosão	Derrames para o chão Descarga para o esgoto
Pingos	<ul style="list-style-type: none">▪ Recipientes mal fechados▪ Condutas defeituosas▪ Manipulação com pouco cuidado▪ Derrame em operações de carga e descarga	Derrame para o chão por gotejamento
Deterioração de um banho por misturas incompatíveis	<ul style="list-style-type: none">▪ Erro na identificação do produto▪ Etiquetagem errada ou ausência de etiquetas▪ Reutilização de etiquetas	Descarga dos banhos de processos galvânicos
Embalagens	<ul style="list-style-type: none">▪ Eliminação das embalagens deterioradas contendo produto	Derrame no contentor de resíduos geral da empresa

Fonte: Adaptado de “Buenas Praticas Medioambientales en el Sector de Galvanotecnia”, AIMME

As principais matérias-primas utilizadas nos processos de tratamento de superfície podem classificar-se nos seguintes grandes grupos:

Solventes

Utilizam-se fundamentalmente para operações de desgorduramento. Perdem-se por evaporação, já que são muito voláteis, por arraste em resíduos de solventes contaminados.

Álcalis (soda, potássio, cal)

Utilizam-se em banhos de desgorduramento e de banhos alcalinos e como reagente de ajuste do pH no tratamento de águas residuais. Perdem-se principalmente nos banhos esgotados, em arrastes, em algumas reacções químicas e nos vapores dos banhos quentes.

Ácidos (clorídrico, sulfúrico, nítrico, fluorídrico)

Utilizam-se em formulações de banhos ácidos, decapantes, como reagente de ajuste de pH, tanto de banhos ácidos como das águas residuais. Perdem-se em arrastes, nos banhos esgotados, reacções químicas e em alguns casos de forma importante nos vapores.



Figura 25 - Embalagens com solventes



Figura 26 - Soda cáustica em pastilhas



Figura 27 - Etiqueta de "CORROSIVO" num recipiente de ácido clorídrico

Sais metálicos

Utilizam-se em formulações de banhos de revestimento e para a manutenção das concentrações de trabalho dos mesmos. O metal desses sais deposita-se nos banhos de revestimento e os sais perdem-se fundamentalmente por arraste. Menção especial merecem os sais de cromo hexavalentes, que constituem a principal perda por arraste nas instalações de cromagem.



Figura 28 - Armazenamento de sais metálicos numa empresa de tratamento de superfícies

Cianetos



Figura 29 - Cianeto utilizado em banhos cianetados

Utilizam-se em formulações de banhos de revestimento de cianeto, nos desgorduramentos (cada vez menos) e em certas fórmulas de *strippers*. Alguns cianetos são metálicos quando se utilizam na fórmula de banhos de revestimento. Além de se perderem nos resíduos líquidos de desgorduramento contaminados, por arrastamento e nos vapores dos banhos, consomem-se de forma importante nas reacções químicas quando se transformam em carbonatos.

Hipoclorito de sódio

Reagente utilizado no tratamento das águas residuais cianetadas.



Figura 30 - Reactor de oxidação de cianeto de uma depuradora de águas residuais

Tensioactivos e outros aditivos

Os tensioactivos são utilizados em muitos processos tais como desengorduramento, como auxiliares de processos de decapagem para facilitar a escorrência das peças, como agente antipicaduras em banhos de revestimento e como abrillantador. Também são utilizados para prevenir a formação de aerossóis em banhos de cromo hexavalente e banhos de zinco alcalino. Consomem-se em reacções químicas e perdem-se por arraste e em banhos esgotados.

Complexantes (EDTA, NTA)

Os complexantes utilizados nos processos galvânicos usam-se fundamentalmente pelo seu poder de sequestro de metais. Podem encontrar-se em banhos de desengorduramento, banhos electrolíticos e de forma significativa em banhos de revestimento sem corrente. Perdem-se por arraste em banhos contaminados e por reacções químicas.

Outros sais

Além dos sais já referidos, podem-se encontrar outros não metálicos que se usam como sais condutores ou como tampões. Encontram-se sobretudo em banhos electrolíticos de revestimento.

Ânodos

Os ânodos metálicos são a principal fonte de metal utilizado no revestimento das peças. O metal do ânodo consome-se no depósito electrolítico, mas também nos arrastes e nos resíduos anódicos.

Seguidamente são descritas medidas que devem ser implementadas tendo em vista a racionalização da qualidade e quantidade de matérias-primas e auxiliares consumidas nos processos do Tratamento de Superfícies.



OPTIMIZAÇÃO DO USO DE MATÉRIAS-PRIMAS



SUBSTITUIÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS E PROCESSOS



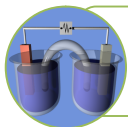
CONTROLO DE QUALIDADE NA RECEPÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS E AUXILIARES



REDUÇÃO DOS ARRASTES

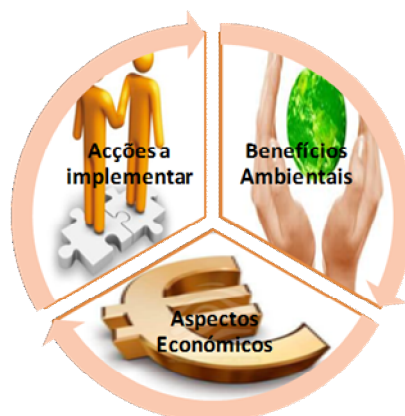


RECUPERAÇÃO DOS ARRASTES



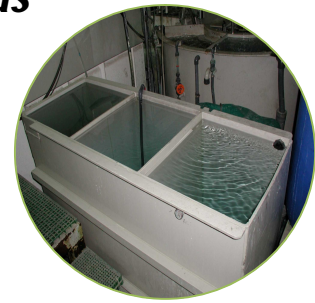
IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS APLICÁVEIS AOS ELÉCTRODOS

As medidas acima elencadas serão exploradas nos subcapítulos seguintes, efectuando-se em todos os casos uma descrição das **acções a implementar**, **benefícios ambientais** e **aspectos económicos** envolvidos.



6.1.1. Optimização do uso de matérias-primas

A indústria do tratamento de superfícies deverá considerar, de forma reflexiva, os banhos de processo de que dispõe e, de acordo com a evolução técnica dos fabricantes, decidir se os que utiliza são os mais adequados às suas necessidades ou não. Esta análise deverá considerar:

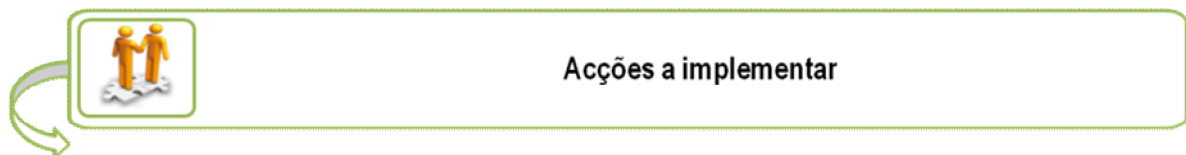


- A gama tecnológica (sucessões de operações a realizar)
- O tipo de banho a empregar.

Por outro lado, as soluções de processo vão perdendo a capacidade de trabalho quando as concentrações de alguns componentes do banho se reduzem para determinado nível.

Mediante a correcção da sua composição e com a adição de novos componentes consegue-se alargar o seu funcionamento.

Um dos problemas que surge em determinados casos, é a tendência de adicionar mais produtos que os estritamente necessários, para assegurar o bom funcionamento do banho.



✓ Prolongamento da vida dos banhos

Deverá ser elaborado, documentado, implementado e mantido um procedimento que assegure, para cada banho, o cumprimento dos seguintes requisitos:

- Determinação das gamas de operação óptimas (ex: concentração, temperatura, pH, densidade de corrente, viscosidade, tensão superficial)
- Manutenção dos parâmetros dentro dos valores estabelecidos através das respectivas correcções e eliminando os elementos contaminantes
- Existência de uma ficha de controlo onde permaneçam reflectidas as seguintes informações:
 - + Formulação do banho
 - + Resultados das análises
 - + Ajustes efectuados
 - + Operações de manutenção dos banhos
 - + Critérios de rejeição

✓ Estudo da viabilidade técnica, económica e ambiental das soluções disponíveis para remoção das partículas suspensas dos banhos relativamente concentrados, nomeadamente:

- Filtração

- Filtração por membranas (micro, ultra e nanofiltração)
- Técnicas de absorção
- Cristalização
- Evaporação atmosférica natural e/ou assistida
- Evaporação por vácuo
- Electrólise
- Electrólise por membrana
- Permuta iónica – resinas
- Permuta iónica – Líquido/Líquido
- Electro-desionização
- Resinas ácidas para retardação
- Osmose inversa
- Diálise por difusão
- Electrodialise

Na avaliação técnica é importante considerar:

- Impacto da medida proposta sobre o processo, produtividade, segurança, etc.
- Testes de laboratório ou ensaios quando a opção provocar alterações significativas ao processo existente
- Experiências de outras empresas com a opção em estudo
- Todos os funcionários e departamentos atingidos pela implementação das opções
- Necessidades de mudança de pessoal, operações adicionais e pessoal de manutenção, além da formação adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas

Na avaliação ambiental é importante considerar:

- Quantidade de resíduos, efluentes e emissões que será reduzida
- Qualidade dos resíduos, efluentes e emissões que tenham sido eliminados – verificar se estes contêm menos substâncias tóxicas e componentes reutilizáveis
- Redução na utilização de recursos naturais

Na avaliação económica é importante considerar:

- O investimento necessário
- Os custos operacionais e receitas do processo existente e os custos operacionais e receitas projectadas das acções a serem implementadas
- A poupança da empresa com a redução/eliminação de coimas



Benefícios Ambientais

- ✧ **Redução do consumo de matérias-primas, água e energia**
- ✧ **Redução da produção de efluentes líquidos**
- ✧ **Redução da quantidade e/ou perigosidade dos resíduos produzidos**
- ✧ **Redução das emissões atmosféricas**



Aspectos Económicos

- ✧ **Redução dos custos de exploração, resultantes da diminuição dos consumos de matérias-primas, água e energia**
- ✧ **Redução dos custos de tratamento dos efluentes líquidos**
- ✧ **Redução dos custos de gestão de resíduos produzidos**
- ✧ **Investimento em equipamentos de remoção de partículas contaminantes dos banhos**
- ✧ **Investimento em formação de operadores**

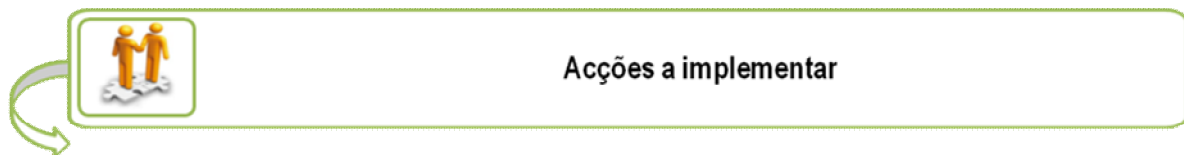
6.1.2. Substituição de matérias-primas e processos

O uso, por parte do Sector do Tratamento de Superfícies, de substâncias perigosas para a segurança no trabalho e meio ambiente, torna relevante que se proceda à sua substituição, quando possível, por outras substâncias menos tóxicas.

No entanto, a grande maioria dos produtos químicos utilizados no sector são marcas comerciais cuja composição detalhada se encontra protegida pelas leis da propriedade e pelas patentes.

A informação disponível para as empresas que utilizam estes produtos limita-se às fichas de dados de segurança e fichas técnicas, nas quais muitas vezes não surgem alguns aditivos. Isto pode limitar a capacidade de decisão e actuação no momento da selecção de produtos com uma toxicidade ou problemática ambiental menores.

De qualquer forma, sempre que se utilizem substâncias perigosas, recomenda-se a implementação de técnicas de minimização do seu uso e/ou das suas emissões, nomeadamente através de medidas que permitam melhorias na eficiência do processo.



✓ Utilização de substâncias/técnicas menos nocivas

Deve proceder-se à substituição de substâncias/técnicas nocivas, nomeadamente:

EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético)

O EDTA é um agente quelante, formando complexos muito estáveis com metais pesados, dificultando grandemente a sua posterior precipitação nas águas residuais a serem depuradas. Está presente nos banhos de desgorduramento e decapagem para prolongar a actividade dos banhos ao remover os metais, sendo também habitual nos banhos de processo.

Recomenda-se a substituição do EDTA, assim como de outros agentes quelantes fortes por substâncias biodegradáveis, derivadas do ácido glutónico, sempre que possível.

Nas situações em que essa prática não for viável, deve-se minimizar o seu consumo ao absolutamente necessário, poupando simultaneamente o consumo de água.

Banhos de zinco cianetado

Sempre que possível, substituir a zincagem cianetada por:

- **Zincagem alcalina:** espessura da camada metálica obtida mais uniforme
- **Zincagem ácida:** excelente eficiência energética, muito aplicada na zincagem brilhante decorativa

Cobre cianetado

Substituir o cobre cianetado por cobre ácido ou pirofosfato de cobre, excepto para “strike-plating” em ligas ferrosas, ligas de zinco e ligas de alumínio.

Cádmio

O processo de cadmiagem deve ser efectuado em sistema de circuito fechado, devendo a deposição de cádmio ser efectuada separadamente em áreas de retenção e a monitorização das emissões para a água deve ser efectuada separadamente.

Cromagem decorativa

Para fins decorativos aconselha-se a substituição da utilização de crómio hexavalente por:

- Revestimentos com crómio trivalente

Nos casos em que os requisitos de resistência à corrosão são muito elevados podem-se conseguir resultados satisfatórios aumentando a espessura da camada de níquel depositada por baixo ou através de uma passivação orgânica. Para este efeito existem dois tipos de banhos:

1. Banhos com Cr(III) à base de cloretos:

Trabalham a concentrações aproximadas dos 20g/l. Os ânodos aplicados para funcionamento do banho são de grafite e pelo facto dos cloretos atacarem a grafite são pouco duradouros.

Têm sido relatados problemas relacionados com a reprodutibilidade do acabamento em termos de cor; no entanto este problema pode ser solucionado com aplicação de técnicas como a filtração com carbono e permuta iónica e a minimização de contaminações com soluções provenientes dos banhos anteriores. Este tipo de banho não pode ser aplicável para cromagem dura.

2. Banhos com Cr(III) à base de sulfatos:

Neste tipo de banhos a concentração em Cr metálico ronda os 6 a 8%.

Devido à temperatura de trabalho do banho (cerca de 55°C) há perdas por evaporação que podem ser compensadas pela adição de banho recuperado. Os ânodos utilizados neste tipo de banhos são insolúveis e como tal muito duradouros. Em termos de cor os resultados apresentam maior reprodutibilidade do que o banho proposto em 1.

- Revestimentos isentos de crómio

Cromagem dura

Nos casos em que se requer dureza e resistência à corrosão, é possível a substituição da cromagem dura por uma série de ligas e processos, alguns dos quais ainda estão em fase de desenvolvimento ou têm uma implantação débil. Seguidamente, faz-se uma descrição destas técnicas:

- Técnicas baseadas em níquel electrolítico:
 - Níquel-tungsténio-boro (de características similares ao cromado)
 - Níquel-tungsténio-sílico-carbono (boa resistência ao desgaste)
 - Estanho-níquel (boa resistência à corrosão em ácidos fortes)
 - Níquel-ferro-cobalto (boa resistência à corrosão e ao desgaste)
 - Níquel-tungsténio-cobalto (boa resistência à corrosão excepto em ambientes marinhos)
- Técnicas não baseadas em níquel electrolítico:
 - Estanho-cobalto (com 3 opções comerciais, só em aplicações decorativas)

- Cobalto fosforoso (depósito nanocristalino que apresenta extrema dureza)
- Níquel químico: (em todos os casos, menor dureza e resistência à abrasão)
- Níquel-tungstenio
- Níquel-boro
- Níquel-composto de diamante
- Níquel-fosforoso
- Níquel-politetrafluoretileno

Conversão crômica

Recomenda-se a substituição de passivadores com Cr (VI) por passivadores isentos de crómio ou passivadores com Cr (III), sempre que possível. A passivação tem como objectivo, não só aumentar o grau de protecção contra a corrosão, como também conferir determinadas cores de acabamento como o amarelo, azul (transparente), preto, castanho e verde oliva. No entanto, nem todos os passivadores quando substituídos por passivadores isentos de crómio ou por passivadores com Cr (III) oferecem a mesma resistência à corrosão. Dependendo dos requisitos do cliente (cor e resistência à corrosão), os passivadores com Cr (VI) poderão, ou não, ser substituídos.

É aconselhada a recuperação do crómio hexavalente em soluções concentradas e muito caras como a passivação a preto (que contém prata na sua formulação). Podem ser aplicadas técnicas como permuta iónica e electrólise por membrana.

Acabamentos fosfocromados

Os acabamentos fosfocromados e alguns selantes podem conter Cr(VI) na sua formulação base, por isso aconselha-se a substituição destes produtos por outros que não contenham Cr(VI), sempre que possível.

Existem processos alternativos à base de silanos, zircónio e titânio.

✓ **Substituição e alternativas para desengordurantes**

- Deverá ser identificado, em colaboração com os fornecedores, qual o desengordurante que melhor se adapta às necessidades da instalação considerando:
 - A eficiência do desengordurante em função do tipo de impureza gordurosa existente no processo produtivo do operador
 - A implementação de produtos mais amigos do ambiente
- Nos casos em que as quantidades de óleos e gorduras a remover são avultadas, utilizar previamente métodos físicos como:
 - Centrifugação
 - Ar laminado
 - Remoção manual, como alternativa em último recurso
- Equacionar a substituição de desengordurantes, analisando as seguintes opções:
 - Substituição dos desengordurantes cianetados por produtos alternativos sempre que possível

- Substituição de desengordurantes à base de solventes por produtos alternativos, tais como solventes aquosos
- Nos solventes aquosos, minimizar os consumos de produtos químicos de formulação de banhos e a energia consumida, utilizando métodos de prolongamento da vida dos mesmos
- Para operações de desengorduramento cuja exigência de limpeza seja de excelência, deve recorrer-se à combinação de técnicas como aplicação de acção electrolítica, multiestágios, gelo seco e aplicação de ultra-sons



- ✧ **Redução do consumo de matérias-primas, água e energia**
- ✧ **Redução da produção de efluentes líquidos**
- ✧ **Redução da quantidade e/ou perigosidade dos resíduos produzidos**
- ✧ **Redução das emissões atmosféricas**



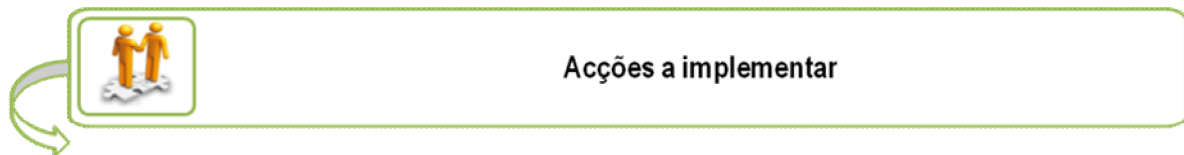
- ✧ **Redução dos custos de exploração, derivado da redução dos consumos de matérias-primas, água e energia**
- ✧ **Redução dos custos de tratamento dos efluentes líquidos**
- ✧ **Redução dos custos de gestão de resíduos produzidos**
- ✧ **Investimento em equipamentos de remoção dos contaminantes dos banhos**
- ✧ **Investimento em formação de operadores**

6.1.3. Controlo de qualidade na recepção de matérias-primas e auxiliares

O controlo de qualidade das matérias-primas é um factor determinante em qualquer empresa de Tratamento de Superfícies, pois permite ter logo à partida uma ordem de grandeza do rendimento a obter, bem como, verificar a presença de contaminantes que possam interferir na qualidade do produto final ou na sua colocação em determinados mercados



A implantação de sistemas de controle de qualidade para matérias-primas e produtos auxiliares implica o estabelecimento de critérios e o conhecimento das especificações dos produtos considerados aceitáveis. Essa medida exige a formação de pessoal para a realização de testes analíticos e procedimentos operacionais que garantam sua adequada aplicação.



Acções a implementar

- ✓ **Elaborar, documentar, implementar e manter um procedimento que:**
 - Estabeleça os critérios de aceitação de matérias-primas e auxiliares
 - Defina ensaios/testes de recepção de matérias-primas, bem como métodos de análise
 - Tenha em consideração toda a informação presente nas fichas de dados de segurança dos produtos químicos, dando particular atenção aos impactes ambientais antes da sua utilização
- ✓ **Implantar um laboratório e/ou kit para realização de testes expeditos**
- ✓ **Elaborar, documentar, implementar e manter um procedimento que:**
 - Defina as boas práticas relativas às condições de manuseamento, acondicionamento e armazenagem de matérias-primas e auxiliares
 - Estabeleça metodologias de monitorização dessas boas práticas
- ✓ **Ministrar formação aos operadores**
- ✓ **Elaborar, documentar, implementar e manter procedimentos operacionais**



Benefícios Ambientais

- ✧ **Redução do consumo de matérias-primas, água e energia**
- ✧ **Redução da quantidade e/ou perigosidade dos resíduos produzidos**
- ✧ **Redução da produção de efluentes líquidos**
- ✧ **Redução das emissões atmosféricas**
- ✧ **Melhoria do funcionamento de estação de tratamento de águas residuais**



Aspectos Económicos

- ✧ **Redução dos custos de exploração, resultantes da redução dos consumos de matéria-prima, água e energia**
- ✧ **Redução nos custos de gestão de resíduos e/ou produtos rejeitados**
- ✧ **Custos de equipamentos para testes**
- ✧ **Investimento em recursos humanos**

6.1.4. Redução dos arrastes

O arraste é a quantidade de líquido que se extrai involuntariamente de uma cuba, durante a operação de extracção de peças nas etapas dos processos de tratamento de superfícies.



Pode ser considerado a fonte mais significativa de perda de matérias-primas procedentes dos banhos de processo e de contaminação das águas de lavagem.

Deve-se, portanto, efectuar uma abordagem a esta problemática, no sentido de promover a minimização dos arrastes, dando prioridade às alternativas que tendem a reduzi-los na fonte.

Em geral, o arraste da solução de banho envolve:

- A perda de matérias-primas.
- A necessidade de lavagem.
- Um maior risco de contaminações cruzadas entre processos.
- Uma necessidade de depuração de águas e, conseqüentemente:
 - Um consumo de reagente para o tratamento;
 - Um consumo de energia;
 - Uma importante produção de lamas (em muitos casos perigosas);
 - A manutenção das instalações envolvidas.

O arraste é também responsável pela diluição progressiva dos banhos de processo, devido à remoção da solução do banho até à lavagem seguinte e à entrada de água da lavagem anterior no banho.

Como factor positivo, a lavagem ajuda à eliminação de certos componentes indesejáveis que podem ir incrementando a sua concentração no banho pela degradação de certos compostos (isto é o caso de brilhantadores ou outros aditivos orgânicos).

Este aspecto é de especial importância posto que, ao aplicar algumas medidas para a redução ou recuperação do arraste, está-se a incrementar o risco de contaminação do banho, tornando-se necessários um controlo e manutenção de uma forma mais exaustiva e periódica.

O conhecimento dos condicionantes que contribuem para o arraste é a chave para a sua redução.

Os principais factores a ter em conta são:

- Tamanho e forma das peças.
- Viscosidade e concentração química do banho.
- Tensão superficial dos banhos.
- Temperatura do banho.
- Modo como é feita a operação, principalmente em instalações manuais.

Tendo em consideração estes factores, podemos concluir que o arraste é directamente proporcional à superfície da peça e à viscosidade, concentração e à tensão superficial do banho, inversamente proporcional, à sua temperatura.

Estabelecidos os factores que favorecem o arraste, é mais simples abordar o conceito básico para a sua minimização na origem.

Existem diversas técnicas e métodos para reduzi-lo de forma muito significativa e eficaz. Alguns destes sistemas não representam, praticamente, um custo adicional para a empresa, já que podem traduzir-se em mudanças na forma de trabalhar.



Acções a implementar

✓ Reduzir a viscosidade das soluções dos processos

A viscosidade das soluções dos processos pode ser reduzida implementando as seguintes medidas:

- Diminuir a concentração dos componentes do banho ou empregando processos de baixa concentração, sempre que o processo o permita.
- Adicionar agentes que reduzam a tensão superficial do banho; esta medida pode reduzir o arraste até 50%. Não pode, no entanto, aplicar-se sempre, já que, em determinados casos, o produto acrescentado pode originar espuma no banho, sujando a superfície da peça ao sair do banho. O emprego destes produtos deve ser avaliado conjuntamente com o fornecedor, tendo em consideração as características do banho e o acabamento final que se pretende.
- Garantir que a temperatura do banho é máxima, dentro do intervalo óptimo do processo e a condutividade requerida. Uma maior temperatura está associada a uma menor viscosidade e, portanto, menor arraste. Deverá ter-se uma especial atenção com os componentes sensíveis ao calor, como é o caso dos abrillantadores e outros aditivos orgânicos.

Trabalhar à máxima temperatura do banho, para além de provocar uma diminuição da sua viscosidade e favorecer o escorrimento das superfícies tratadas, também aumenta o leque de evaporação do banho, permitindo a introdução de lavagens estanques de recuperação que contribuem de forma muito efectiva para a recuperação do arraste.

Lavando-se a uma temperatura mais elevada, deve-se verificar se o líquido arrastado seca na superfície da peça, para evitar a formação de depósitos que afectam a qualidade do processo.

Também, será importante fazer um estudo económico para analisar o aumento de custos resultante do facto de se trabalhar à temperatura máxima permitida pela banho e a poupança resultante de um menor arraste. Outro aspecto a ter em conta é a emissão de gases e vapores para a atmosfera, uma vez que um aumento da temperatura do banho pode requerer um novo dimensionamento dos equipamentos de tratamento de gases e vapores.

Estas medidas, como se pode deduzir do que acabamos de expor, não podem generalizar-se e deverão estudar-se caso a caso, podendo-se aplicar todas em vez de só algumas.

✓ Implementar medidas de redução do arraste em linhas com bastidores (com suspensão)

- Seleccionar adequadamente os bastidores em função das peças a tratar

Por vezes, os bastidores podem apresentar uma superfície muito maior do que as peças a tratar. Portanto, é necessário um estudo prévio da forma e estrutura dos bastidores, de maneira a que se adequem a cada trabalho concreto.

É tão importante a correcta colocação de peças no bastidor como o seu correcto escoamento para minimizar o arraste.

Indicam-se de seguida alguns valores para o arraste, em função destes dois factores:

Quadro 9 - Posição das peças e tipos de escoamento e arraste por unidade de superfície (l/m²)

POSIÇÃO DAS PEÇAS E TIPOS DE ESCORRIMENTOS	ARRASTE POR UNIDADE DE SUPERFÍCIE (l/m ²)
Superfície vertical bem escoada	0,016
Superfície vertical escoada	0,08
Superfície vertical muito pouco escoada	0,16
Superfície horizontal bem escoada	0,03
Superfície horizontal muito pouco escoada	0,40
Superfície côncava muito pouco escoada	0,32 - 0,97

- Colocar as peças nos bastidores evitando a retenção do líquido de processo, mantendo-as em ângulo ou verticais e com as concavidades dirigidas para baixo (vigiar, neste caso, a possível formação de borbulhas que estão presas nas peças e que podem interferir no processo de tratamento)
- Escolher um desenho dos bastidores de tal maneira que se favoreça o escoamento das peças, favorecendo uma disposição das mesmas que evite o gotejamento do banho em cima das peças inferiores
- Em instalações manuais, ao retirar o bastidor ou suporte do banho, girá-lo e move-lo para favorecer o seu escoamento; em instalações automáticas, podem introduzir-se sistemas de vibração do bastidor sobre o banho, que favorecem a drenagem do líquido; em determinadas situações e para determinado tipo de peças côncavas, o bastidor pode incorporar sistemas automáticos de inclinação, para drenar sobre o banho todo o líquido retido nas peças
- Extrair lentamente o bastidor do banho; quanto mais rápida se fizer a extracção do bastidor de banho, mais espessa é a película de banho que molha a superfície e que é arrastada para a lavagem seguinte
- Deixar tempo suficiente de escoamento segundo as condicionantes do banho. Devido ao peso que devem suportar os operários, quando se trabalha em instalações manuais, é aconselhável colocar barras penduradas nos bastidores do banho, nas quais se podem colocar os bastidores extraídos; durante a fase de escoamento, ter em conta o possível risco de secagem ou de passivação da superfície da peça
- Colocar uma bandeja de escoamento ou uma cuba de transferência para reter o arraste, no caso de existir, entre as cubas adjacentes, um espaço adequado ou quando se tenha que atravessar uma passarela
- Instalar tapa juntas inclinados para o banho entre as cubas em linha; desta maneira, evitam-se as perdas do banho para o chão ao passar de uma cuba para outra; os tapa juntas devem ser de

um material compatível com o banho de processo, por exemplo, PVC; com esta técnica, é viável reduzir as perdas para o chão de produtos por arraste até 50%

- De forma regular, inspeccionar e manter os bastidores para detectar a existência de fissuras que podem reter solução de processo; também tem que se assegurar que o revestimento do bastidor seja hidrófobo (e que mantenha essa propriedade com o tempo)
- Fazer retornar o arraste de solução de banho à cuba mediante o uso de sistemas de lavagem por *spray*, neblina ou ar; isto é viável para os banhos de processo que têm perdas de nível de líquido por evaporação ($t^a > 40^{\circ}\text{C}$); ao aplicar este tipo de lavagem sobre o próprio banho, consegue-se retornar uma boa parte do arraste produzido e manter o nível do banho; com esta medida, pode-se reduzir o arraste até 30 - 50% dependendo da temperatura do trabalho de banho, além de se reduzir o risco de passivação ou secagem da peça; no caso de se utilizar ar para recuperar o arraste, controlar o possível problema de secagem do líquido sobre a peça ou da passivação ou a deterioração da superfície tratada
- O retorno do arraste ao banho, além de ser viável mediante as lavagens por *spray* de água ou de ar, pode alcançar-se mediante a implantação de cubas de lavagem estanques, de recuperação (se o banho trabalha a uma temperatura $> 40^{\circ}\text{C}$ e tem lugar a evaporação do mesmo) e as lavagens tipo "ECO" (se a temperatura do banho é inferior àquela)

Com as lavagens de recuperação consegue-se recuperar e, portanto, reduzir, até 70% do arraste, em função da temperatura do banho; e no caso das lavagens de tipo "ECO", a redução do arraste é de 50%

- Acordar com os clientes a fabricação das peças a tratar, para que estas apresentem os mínimos espaços nos quais a solução do processo possa ficar presa, ou para que disponham de orifícios de escoamento
- O tempo de referência de escoamento deve definir-se para cada processo em particular, tendo em conta as limitações anteriormente citadas para alguns banhos. Um valor de referência geralmente aceite é 10 segundos. Como valor de emissão associado estima-se que, passar de um tempo de escoamento de 3 segundos a 10 segundos, pode reduzir em 40% o valor de arraste. Para evitar problemas de processo, em pré-tratamentos ácidos ou fortemente alcalinos (decapagem), ou entre as operações de niquelado e cromado, recomenda-se menos tempo

Valores de arraste médios standard, dependendo da peça e do electrólito:

- * **Superfícies planas : 0,15 - 0,25 l/m²**
- * **Superfícies delineadas: 0,20 - 0,55 l/m²**

✓ Implementar medidas de redução do arraste em processos a tambor

Como medida de referência considera-se que um tambor produz um arraste 10 vezes superior a um bastidor, por unidade de superfície tratada.

Tal como acontece no caso dos bastidores, e mais especialmente no caso dos tambores, é fundamental desenhar e utilizar o tipo de tambor de acordo com o tipo de peças a tratar, favorecendo o seu escoamento; para isso, é importante dispor de diferentes tipos de tambores para utilizá-los segundo o tipo de trabalho a desenvolver.

No caso de operações de tambor, em que o nível de arraste produzido é muito superior, recomenda-se prevenir por uma combinação das seguintes técnicas:

- Assegurar que os tambores estão construídos com plástico liso hidrófobo e que são inspeccionadas regularmente todas aquelas partes que podem reter líquido do banho (sobretudo dentro dos buracos de escoamento)
- Verificar se os tambores têm os orifícios com área de secção suficiente e que a espessura das paredes é suficientemente delgada para minimizar os efeitos capilares; na realidade, haveria de se dispor de diferentes tipos de tambores, com o diâmetro dos buracos de escoamento segundo o tamanho das peças a tratar
- Assegurar que os tambores apresentam os buracos adequadamente livres, evitando a sua obstrução
- Realizar um controlo e manutenção periódicos dos tambores, comprovando que se encontram em boas condições e que se facilita o escoamento
- Ao retirar o tambor do banho, fazer uma extracção lenta para maximizar o seu escoamento
- Rodar 90° os tambores intermitentemente e de forma inversa sobre o banho, uma vez extraído, sempre e quando o processo o permita
- Inserir, manual ou automaticamente, uma bandeja de escoamento ou uma cuba de transferência para reter o arraste caso entre as cubas adjacentes exista um espaço adequado quando se tenha que atravessar uma passarela
- Inserir tampa juntas inclinados para o banho entre as cubas em linha; desta forma, evita-se a perda de banho para o solo; deve assegurar-se que o material dos tampa juntas é adequado às características químicas do banho a recolher
- Inclinarm o tambor para o banho, se for possível e o processo o permitir

O tempo de referência para o escoamento, também neste caso, deve ser definido para cada processo em particular, tal como no caso dos bastidores. Como regra, os tempos de escoamento dos tambores devem ser superiores ao dos bastidores (> 10 segundos) e deve procurar fazer-se rodar o tambor em ambos os sentidos, sempre que o processo o permita.

De seguida, fornecem-se alguns valores de arraste de referência para tambores, dependendo da peça e do electrólito.

Valores de arraste médios standards, dependendo da peça e do electrólito:

- * **Superfícies planas e delineadas: 0,05 – 0,10 l/kg**
- * **Superfícies côncavas: 0,10 – 0,30 l/kg**

CONCLUSÃO

- ↘ O arraste é a principal fonte geradora de correntes residuais no sector dos banhos dos processos de tratamento de superfícies, provocando, ao mesmo tempo, uma perda de matérias-primas e água. Deverá ser, portanto, objecto de uma análise profunda para cada empresa em concreto e o foco principal sobre o qual a empresa deveria centralizar os seus esforços para reduzir as correntes residuais geradas
- ↘ A grande maioria das empresas desconhece qual é a média provocada pelo seu arrastamento assim como qual é o critério de lavagem necessário para o seu caso particular
- ↘ Ao mesmo tempo, a maioria das empresas desconhece que factores contribuem para minimizar o arrastamento, portanto não age sobre ele
- ↘ Existe um grande número de alternativas e opções para minimizar o arraste, a maioria das quais ou não supõe nenhum custo de investimento para a empresa ou este é suficientemente baixo de modo que o período de retorno seja muito curto, tendo em conta a importante redução de custo que este representa na compra de matérias-primas, consumo de água e tratamento e gestão de resíduos



- ↘ **Economia de matérias-primas por redução do arraste**
- ↘ **Redução do consumo de água de lavagem**
- ↘ **Menor concentração de contaminantes nas águas de lavagem**
- ↘ **Redução da produção de resíduos**



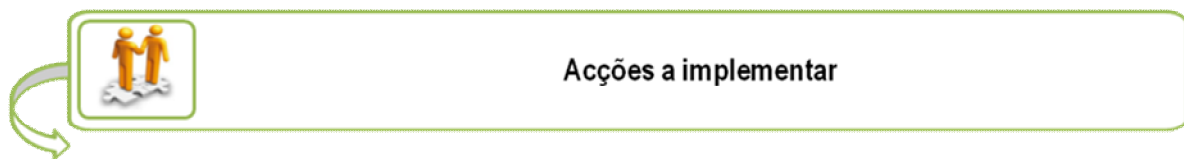
- ↘ **Redução dos custos de exploração, derivado da diminuição do consumo de matérias-primas e água**
- ↘ **Redução dos custos de gestão de resíduos**
- ↘ **Investimento em formação dos operadores**

6.1.5. Recuperação dos arrastes

Apesar de todo o conjunto de medidas implementadas para reduzir os arrastes, subsiste um arraste inevitável que acaba, no pior dos casos, no chão da nave ou nas cubas de lavagem.

Este arraste pode ser recuperado, em parte, através da implementação de medidas de melhoria nas operações de lavagem como veremos no capítulo 6.2. Consumo de Água e Emissão de Águas Residuais.

Não obstante, existem outros sistemas que também permitem recuperar uma boa parte do arraste produzido.



- ✓ **Análise da viabilidade técnica, económica e ambiental da aplicação das seguintes técnicas/tecnologias:**
 - ✎ **Evaporação**
 - ✎ **Electrodialise**
 - ✎ **Osmose inversa**
 - ✎ **Ultrafiltração**
 - ✎ **Permuta iónica**

Na avaliação técnica é importante considerar:

- Impacto da medida proposta sobre o processo, produtividade, segurança, etc.
- Testes de laboratório ou ensaios quando a opção provocar alterações significativas ao processo existente
- Experiências de outras empresas com a opção em estudo
- Todos os funcionários e departamentos atingidos pela implementação das opções
- Necessidades de mudança de pessoal, operações adicionais e pessoal de manutenção, além da formação adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas

Na avaliação ambiental é importante considerar:

- Quantidade de resíduos, efluentes e emissões que será reduzida
- Qualidade dos resíduos, efluentes e emissões que tenham sido eliminados – verificar se estes contêm menos substâncias tóxicas e componentes reutilizáveis
- Redução na utilização de recursos naturais

Na avaliação económica é importante considerar:

- O investimento necessário
- Os custos operacionais e receitas do processo existente e os custos operacionais e receitas projectadas das acções a serem implementadas
- A poupança da empresa com a redução/eliminação de coimas

Apresenta-se de seguida, uma breve descrição de cada uma destas técnicas/tecnologias e uma análise das mesmas segundo vários critérios

↳ Evaporação na recuperação do arraste

Os sistemas por evaporação permitem concentrar as águas de lavagem estática obtendo-se, por um lado, a recuperação do arraste de forma “concentrada” e, por outro, uma água que pode reutilizar-se em operações de lavagem. Também se usam para concentrar a solução de processo e desta maneira aumentar o volume de recuperação de arrastes. Este sistema, aplicável em determinados casos (como por exemplo, em instalações de cromagem de torneiras em que a taxa de evaporação do banho é baixa e, em contrapartida, o arraste muito importante), permite uma recuperação de 90% do arraste e, se utilizado de forma adequada, usa-se para alcançar níveis de descarga zero. Não fosse este sistema, seria muito limitada a utilização de lavagens estáticas como forma de recuperação, sendo necessário o seu esvaziamento periódico e consequente tratamento das descargas.

Aplicados directamente sobre as águas de lavagem muito diluídas, os evaporadores estão muito limitados pela capacidade de concentração de sais sendo os custos de exploração elevados, pelo que é aconselhável a sua aplicação sobre o banho ou a concentração prévia desses sais ou metais mediante outros sistemas como são as resinas de permuta iónica, a osmose inversa ou a electrodiálise; nestes casos, os custos de funcionamento são bastantes inferiores aos da evaporação.

Os evaporadores estão projectados para concentrar uma solução até uma solubilidade determinada. Em função da aplicação, o resultado final pode consistir numa mistura de maior densidade (e peso) que terá de ser gerida externamente como resíduo. Assim é muito importante estudar bem qual a aplicação do evaporador, qual vai ser o produto final obtido e que possibilidades de reutilização ou valorização terá; ou seja, quanto vai custar a sua gestão como resíduo perigoso.

Os evaporadores geralmente incorporam um destilador que permite recuperar a água evaporada, com bons níveis de qualidade.

No caso de sistemas de evaporação por vácuo, pode-se alcançar a temperatura de evaporação muito abaixo dos 100°C, sendo sistemas muito eficientes do ponto de vista do consumo energético. Antes de se implementar uma instalação deste tipo, recomenda-se o estudo pormenorizado dos custos (tanto de investimento como de funcionamento e manutenção), poupanças (materiais, água, tratamento de água e resíduos, etc.), componentes do banho, etc. A formação de espuma, nalguns casos, dificulta o seu correcto funcionamento, pelo que, nestes casos, recomenda-se o doseamento de algum produto antiespumante.

Para evitar, por um lado, o elevado custo energético durante o aquecimento até a ebulição da solução, como também para evitar a degradação de certos constituintes orgânicos presentes no banho, o sistema de evaporação mais recomendável é o vácuo apesar do forte custo de investimento inicial. Com este sistema, alcança-se facilmente uma temperatura de evaporação de somente 30-40°C.

Os sistemas de evaporação são especialmente recomendados quando:

- * **Os caudais a evaporar sejam pequenos;**
- * **Se apliquem sobre um processo, que permita a recuperação de sais e metais, evitando-se a mistura de componentes, o que obrigaria a uma gestão externa do concentrado;**
- * **Quando o banho funcione a temperaturas compreendidas entre 40-65 °C.**

Com a técnica de evaporação é possível recuperar em 95% o arraste e em 90% a água de lavagem dessa posição.

O quadro seguinte, apresenta uma análise da tecnologia de evaporação, segundo vários critérios.

Quadro 10 – Análise do processo de Evaporação

CRITÉRIOS	EVAPORAÇÃO
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução do consumo de matérias-primas, ao permitir a recuperação do arraste. ▪ Redução do consumo de água de lavagem. ▪ Produção de água destilada de qualidade, reutilizável. ▪ Não afecta os sais solúveis ou a condutividade do efluente tratado. ▪ Menor volume de águas residuais. ▪ Menor quantidade de lamas de tratamento de águas residuais.
Limitações / inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> • O retorno da solução com águas de recuperação pode provocar a contaminação do banho, requerendo-se um maior nível de controlo e manutenção do mesmo. • O processo deve realizar-se sobre soluções que não se vejam afectadas pela temperatura (no caso de evaporação atmosférica); se este é o caso, há que usar um evaporador em vácuo para evaporar a baixa temperatura. • No caso de evaporadores atmosféricos, alguns componentes podem sofrer oxidações pela exposição continuada ao ar. • Há que evitar produtos com tensoactivos e similares para minimizar a formação de espuma no seu interior. • No caso de evaporadores atmosféricos, o custo energético é elevado. • Em determinadas aplicações, é necessário um sistema de tratamento de emissões atmosféricas (p.e. soluções cianetadas). • O elevado custo de investimento, não permite trabalhar sobre grandes caudais de água. • Risco de formação de incrustações no interior; requer controlo e manutenção regulares. • Requer pessoal qualificado para a sua gestão e formação específica do mesmo. • Se se misturam águas ou processos, origina-se um “concentrado” de difícil gestão interna e elevado custo de gestão externa.
Aplicabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Geralmente, o processo de evaporação pode aplicar-se a banhos do processo, lavagens de recuperação ou caudais de água de lavagem muito reduzidos (p.e. em cascade). • Especialmente aplicáveis a banhos de processo que trabalhem a certa temperatura (>40 °C) para minimizar o custo energético de evaporação. • A sua aplicação apresenta dificuldades sobre banhos de processo que tendem a formar muita espuma.

Fonte: Adaptado de “Guía de Mejores Tecnicas Disponibles en España, del Sector de Tratamiento de Superficies Metalicas y Plasticas”

↳ Electrodialise na recuperação do arraste

Trata-se de um sistema de filtração por membranas, no qual os diferentes iões são deslocados através delas, por acção de um campo eléctrico. Utiliza-se para concentrar soluções.

Como requisitos do sistema podemos citar:

- Préfiltração do líquido para não colmatar as membranas
- Eliminação prévia de possível matéria orgânica presente que pode sujar as membranas, através de uma pré-filtração com carvão activado
- Tamponamento das membranas por polarização dos poros, sendo necessária a lavagem regular das mesmas e sua despolarização

No quadro seguinte é feita uma análise de electrodialise segundo vários critérios.

Quadro 11 – Análise do processo de Electrodialise

CRITÉRIOS	ELECTRODIÁLISE
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução do consumo de matérias-primas, ao permitir a recuperação do arraste. ▪ O retorno da solução não apresenta excessivo risco de contaminação do banho já que, sobretudo, se recuperam os catiões e aniões do mesmo, e não tanto os produtos indesejados. ▪ Reduzido custo de operação.
Limitações/ inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> ● O elevado custo de investimento não permite trabalhar com grandes volumes de solução ou soluções muito diluídas. ● Aplicado sobre banhos de recuperação, permite concentrar até 10 vezes os constituintes do banho mas, em nenhum caso, chega à concentração do banho. ● Membranas caras e sensíveis a meios oxidantes. ● Risco de colmatagem das membranas, pelo que é imprescindível uma pré-filtração do líquido. ● A vida das membranas, é geralmente de difícil previsão. ● Requer pessoal qualificado para a sua gestão e formação específica do mesmo. ● Se se misturam águas ou processos, origina-se um “concentrado” de difícil gestão interna e elevado custo de gestão externa.
Aplicabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ● Tecnicamente, sobre a maioria dos banhos de processo e lavagens de recuperação; requer estudo económico para determinar a sua viabilidade. ● Especialmente indicado para processos (banhos) unitários, de maneira que se permita a recuperação dos sais concentrados. De outra maneira, produz-se uma mistura “concentrada” de difícil gestão. ● Uma aplicação clara é a regeneração dos banhos esgotados de níquel químico, onde é viável eliminar os iões de sódio, ferro e zinco, através de membranas catiónicas e de sulfatos e ortofosfatos através das aniónicas e também sobre o banho de cobre químico. ● Também é aplicável em banhos de níquel e outros banhos onde se pode aplicar esta técnica são: ouro, cádmio, platina, prata, estanho-chumbo e paládio. ● Não é aplicável em banhos com compostos oxidantes.

Fonte: Adaptado de “Guía de Mejores Tecnicas Disponibles en España, del Sector de Tratamiento de Superfícies Metalicas y Plasticas”

↳ Osmose inversa na recuperação do arraste

Uma das aplicações mais comuns da osmose inversa para recuperar o arraste é a reutilização dos sais dos banhos e da água de lavagem, num processo de níquelagem electrolítico; por um lado, o equipamento produz uma água que pode retornar-se em circuito fechado à própria lavagem e, por outro lado, um concentrado de sais de níquel que pode retornar ao próprio banho de processo. Desta maneira, consegue-se a poupança de sais de níquel e de outros componentes do banho, reduzindo-se a sua adição à estação de tratamento de águas residuais, conseguindo-se também reduzir o consumo de água de lavagem. Em média é possível recuperar na ordem dos 92-97% dos sais de níquel. Para outros metais, os níveis de recuperação médios situam-se à volta dos 90%.

É fundamental ter em conta, uma vez mais, a possível contaminação do banho de processo ao reintroduzir componentes indesejados ou de degradação; por isso, deve-se aumentar de forma substancial o controlo e manutenção do banho; caso contrário, o risco de contaminação do banho é muito alto. Outro dos inconvenientes da técnica, é que não pode recuperar todos os sais; por isso, o controlo das concentrações do banho é indispensável.

Além do caso do níquel electrolítico (talvez o mais habitual), é possível aplicar esta técnica sobre todos os processos, tais como latonagem, cobreagem, prateagem, zincagem, etc. Pelo contrário, a técnica não é adequada para soluções com elevada concentração de compostos oxidantes, tais como o ácido crómico, ácido nítrico, decapagem de peroxi-sulfúrico, etc., ou para águas com pH extremo. Também não se deve aplicar a compostos orgânicos não ionizados, pelo que é necessária uma pré-filtração com carvão activado na maioria dos casos. A presença de sólidos em suspensão é um problema nesta tecnologia, já que colmata os poros das membranas; em todos os casos é necessária uma pré filtração de 5 µm.

A percentagem de recuperação do arraste com sistemas com membranas, oscila entre os 80-99%. No entanto, as técnicas de membranas vistas (electrodialise e osmose inversa) apresentam dificuldades técnicas importantes na hora de se utilizarem para concentrar as águas de lavagem, além de um elevado custo de investimento inicial.

Sempre que o banho do processo trabalhe a certa temperatura e tenha lugar o fenómeno de evaporação, é recomendável colocar sistemas de lavagem estanques de recuperação, ou sistemas por névoa ou aspersão por cima do próprio banho. Para que o sistema seja efectivo, dever-se-á ter em conta a qualidade da água utilizada e ajustar o volume da névoa para que compense as perdas por evaporação do banho. Recordamos, para os casos de retorno da solução ao banho, a necessidade de levar a cabo um controlo e uma manutenção preventivas do mesmo, ao reduzir-se o factor de diluição, produzido pelo arraste, daqueles componentes indesejáveis que vão contaminando progressivamente.

Quadro 12 – Análise do processo de Osmose Inversa

CRITÉRIOS	OSMOSE INVERSA
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução do consumo de matérias-primas, ao permitir a recuperação do arraste. ▪ Redução do consumo de água de lavagem. ▪ Produção de água destilada de qualidade, reutilizável. ▪ Não afecta os sais solúveis ou a condutividade do efluente tratado dado que os diminui. ▪ Permite trabalhar sobre volumes de água não muito elevados mas de elevada concentração. ▪ Menor volume de águas residuais. ▪ Menor quantidade de lamas de tratamento de águas residuais.
Limitações/ inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> • O retorno da solução com águas de recuperação pode provocar a contaminação do banho, requerendo-se um maior nível de controlo e manutenção do mesmo. • Ao trabalhar a uma elevada pressão (10-12 bar), o consumo energético da bomba de alta pressão é elevado. • Devido à filtração se efectuar através de membranas aplicando uma pressão externa, a concentração de sólidos dissolvidos não pode superar os 5.000 mg/l. • Membranas caras e sensíveis a meios oxidantes. • Risco de obturação de membranas, pelo que é imprescindível uma préfiltração (5 µm) do líquido. • A vida das membranas, geralmente, é de difícil previsão. • Requer “paragens” periódicas para se proceder à lavagem química das membranas. O líquido gerado nas lavagens químicas deve ser tratado à parte, nunca se misturando com o banho. • Requer pessoal qualificado para a sua gestão e formação específica do mesmo. Recomendam-se instalações automatizadas. • Se se misturam águas ou processos, origina-se um “concentrado” de difícil gestão interna e elevado custo de gestão externa.
Aplicabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • O processo de osmose inversa pode aplicar-se aos banhos do processo e lavagens de recuperação ou caudais de água de lavagem reduzidos (p.e. em cascata). • Especialmente, sobre lavagens ou recuperações de processos (banhos) unitários, de maneira a que se permita a recuperação de sais concentrados. De outra maneira, produz-se uma “mistura concentrada” de difícil gestão. • Uma aplicação clara é a regeneração de lavagens estanques de banhos de níquel, cobre, cádmio, metais preciosos, zinco e latão com o retorno dos sais recuperados ao banho. • Não é aplicável sobre banhos de compostos oxidantes ou pH extremo.

Fonte: Adaptado de “Guía de Mejores Tecnicas Disponibles en España, del Sector de Tratamiento de Superficies Metalicas y Plasticas”

↳ Ultrafiltração

A ultrafiltração é um sistema que funciona separando o soluto da solução através do uso de membranas de filtração, graças a uma pressão externa que é aplicada ao sistema. A grande diferença relativamente à osmose inversa resulta do facto de, neste caso, se usarem membranas selectivas, segundo o que se deseja filtrar. É necessário determinar – geralmente de forma empírica – o tipo de membrana e o tamanho desejado dos poros.

Actualmente, há dois tipos de membranas disponíveis:

- Membranas orgânicas: acetato de celulose, poliamida, etc.
- Membranas minerais: a principal, de óxido de zircónio

As primeiras são menos dispendiosas mas são de aplicação mais limitada; as membranas minerais podem ser utilizadas sobre líquidos a temperaturas altas (entre 50 e 120 °C) e com a presença de solventes aromáticos ou clorados, substâncias que as membranas orgânicas não suportam.

Algumas possíveis aplicações dentro do sector do Tratamento de Superfícies são as seguintes:

- Separação e concentração de efluentes de electroforese na têmpera de metais
- Recuperação de sais nos banhos de desgorduramento, através da separação dos óleos

Entre os principais inconvenientes deste sistema encontram-se a necessidade de limpeza do módulo de ultrafiltração, recorrendo a uma solução de ácido láctico e de butil-butano, com lavagens sucessivas posteriores com água desmineralizada.

Por outro lado, estes são equipamentos muito dispendiosos, que não justificam economicamente a recuperação do desgordurante. No entanto, em determinados casos (situações com peças repletas de óleos, que originam graves problemas no momento de depuração dos banhos de desgorduramento esgotados), pode ser interessante a sua instalação.

↳ Permuta iónica

As instalações de permuta iónica permitem concentrar e extrair contaminantes (iões específicos). Apesar de tudo, o nível de concentração a que podem chegar, não permite reintroduzir directamente os sais recuperados, sendo necessário aumentar a concentração. Isto leva a que não sejam utilizadas muitas vezes com esta finalidade. São especialmente indicadas para soluções muito diluídas, como por exemplo, lavagens que se devem reintroduzir no ciclo de lavagem.

No entanto, podem ser utilizadas para a recuperação de determinados iões que se perdem no arraste, nomeadamente:

- Depuração de recuperações de banhos de ácido crómico ou de passivações crómicas, através da retenção na resina de catiões indesejados: Cr^{3+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , etc. Ao proceder à sua descontaminação, viabiliza-se a sua reintrodução no banho, garantindo-se a recuperação dos arrastes produzidos
- Recuperação de metais presentes nas águas de lavagem, através do uso de resinas do tipo aniónico (Ag^+ , ácido crómico,...)
- Regeneração de decapagem de ácido clorídrico, através da eliminação dos iões Fe^{3+} . O ácido clorídrico pode ser recuperado (é apenas necessário ajustar a sua concentração) e o cloreto férrico obtido é valorizável, caso seja concentrado previamente



Benefícios Ambientais

- ✧ Redução do consumo de matérias-primas
- ✧ Redução do consumo de água de lavagem
- ✧ Menor volume de águas residuais
- ✧ Menor quantidade de lamas de tratamento de águas residuais

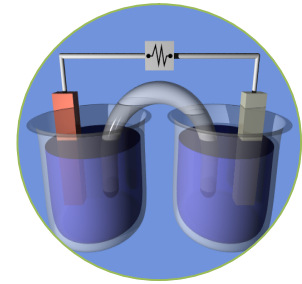


Aspectos Económicos

- ✧ Redução dos custos de exploração
- ✧ Redução dos custos de gestão de resíduos

6.1.6 Implementação de técnicas aplicáveis aos eléctrodos

Quando a diferença no rendimento dos eléctrodos seja significativa, provocando uma mais rápida dissolução do ânodo metálico relativamente à sua disposição no cátodo, por exemplo, e a concentração de metal no banho tenha tendência a incrementar-se, recomenda-se controlar a concentração de metal no banho. Para reduzi-la, podem implementar-se técnicas aplicáveis aos eléctrodos.



O fenómeno do aumento de concentração de metais no banho a partir dos ânodos ocorre, entre outros casos, em banhos de niquelagem e zincagem electrolíticas.



Acções a implementar

- ✓ Usar ânodos insolúveis ou inertes
- ✓ Substituir alguns dos ânodos solúveis por ânodos de membrana com entrada de corrente extra
- ✓ Aumentar a superfície catódica
- ✓ Modificar a superfície anódica até permitir um equilíbrio no rendimento anódico
- ✓ Em determinadas instalações, sempre que for possível do ponto de vista tecnológico, é recomendável inverter a polaridade dos eléctrodos em banhos de desgorduramento e decapagem electrolíticas, em intervalos de tempo regulares
- ✓ Analisar a viabilidade de combinar as técnicas descritas anteriormente com a dissolução do banho, para alcançar as concentrações em metal desejadas

Neste caso, será necessário retirar e armazenar uma parte do banho e proceder à sua diluição com água com a qualidade referida.



Benefícios Ambientais

- ✎ Redução do consumo de matérias auxiliares
- ✎ Redução da produção de resíduos



Aspectos Económicos

- ✎ Redução dos custos operativos
- ✎ Redução dos custos de gestão de resíduos

6.2. Consumo de água e emissão de águas residuais

ÁGUAS DE PROCESSO

O consumo de água nas actividades do Tratamento de Superfícies é importante. Pode-se consumir água nas seguintes operações:

Formulação de banhos

Trata-se da água necessária para formular os distintos banhos utilizados. Os que mais consomem são aqueles que se esgotam e que por isso devem ser renovados periodicamente (desengorduramentos, decapagens, etc.), e os que trabalham a quente. Para estes últimos é necessário adicionar água com certa frequência, já que progressivamente vão perdendo nível devido ao efeito da evaporação.

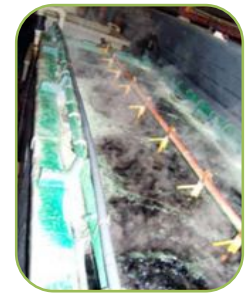


Figura 31 - Evaporação de um banho de níquel

Lavagens

A água de alimentação das lavagens é a principal causa de consumo de água no sector do Tratamento de Superfícies.



Figura 32 - Lavagem em cascata

Utiliza-se para evitar a contaminação entre banhos, a cristalização dos sais na superfície da peça, manchas e bolhas na cobertura. Ao mesmo tempo, as lavagens são também a principal fonte de derrame de águas residuais e de perdas de matérias-primas.



Figura 34 - Instalação automática de lavagem



Figura 33 - Lavagem simples

Refrigeração de banhos

A refrigeração dos banhos que devem trabalhar à temperatura ambiente pode levar-se a cabo mediante a instalação de serpentinas através das quais passa água fria. O maior consumo desta operação produz-se

quando o circuito de refrigeração trabalha em aberto e a água, uma vez tendo abandonado as serpentinas, é derramada ou reutilizada para outras operações. Os circuitos fechados onde a água arrefece mediante torres de refrigeração, consomem muito menos mas também têm outros aspectos ambientais associados entre os quais se encontra o risco de legionella.



Figura 35 - Permutador de calor de uma central de anodização



Figura 36 - Operações de desinfecção de uma torre de refrigeração

Água de limpeza

O consumo de água devido a actividades de limpeza não tem a mesma magnitude dos anteriores consumos, mas não deve ser negligenciado sobretudo porque dá origem à contaminação das águas residuais e pode levar a importantes concentrações de contaminantes.



Figura 37 - Pingos provenientes de um banho de cromo decorativo

ÁGUAS RESIDUAIS

A descarga de águas residuais é o aspecto ambiental mais significativo que se pode encontrar numa actividade de tratamento de superfícies. Os principais tipos de águas residuais que se produzem são os seguintes:

Águas de lavagem

Constituem a principal fonte de águas residuais de um processo galvânico. Como já foi dito as lavagens utilizam-se para eliminar das peças os restos de soluções químicas à saída dos banhos. As lavagens contêm pequenas concentrações de sais arrastados o que constitui a contaminação dessas águas e torna necessário um tratamento, para eliminar essa contaminação e produzir uma descarga com o mínimo de impacte ambiental.



Figura 38 - Lavagem posterior a um banho de cromo decorativo

Banhos contaminados

Trata-se de banhos de desgorduramento, de decapagem ácida ou alcalina, que quando se contaminam devem ser tratados ou entregues a um gestor autorizado num centro de tratamento externo. Considera-se que um banho está contaminado quando deixa de exercer a função para a qual foi preparado. No caso dos desgordurantes isto ocorre por acumulação de óleos e gorduras; já no caso dos banhos de decapagem, ocorre por acumulação de metais.



Figura 39 - Concentrados contaminados tratados por uma depuradora de águas residuais

Este tipo de águas residuais diferencia-se das águas de lavagem pois são muito mais concentradas mas o seu volume é nitidamente inferior. Em certas ocasiões, quando são descarregadas juntamente com as águas residuais, originam problemas nos processos de depuração, pelo que em muitos casos se recomenda (especialmente para os desgordurantes) uma gestão externa.

Soluções contaminadas de lavagem de gases

Os vapores e gases aerossóis produzidos pelos banhos electrolíticos frequentes, necessitam de ser tratados antes de serem emitidos para a atmosfera. Normalmente, este tratamento realiza-se fazendo passar os gases residuais através de uma instalação de lavagem de gases de onde se põe em contacto íntimo uma solução neutralizante com o gás contaminado.



Figura 40 - Instalação de lavagem de gases

O sistema funciona em circuito fechado, o que faz com que a solução se vá concentrando progressivamente até chegar a um nível em que deixa de ser eficaz, momento no qual deve ser descarregada.

Efluentes de regeneração de resinas de permuta iónica



Figura 41 - Instalação de permuta iónica para reciclagem de águas residuais

Trata-se de descargas de uma concentração intermédia entre as águas de lavagem e os banhos contaminados, e que normalmente são tratadas em instalações "in situ".

Muitas instalações de galvanização dispõem nas suas instalações de equipamentos de permuta iónica para produzir água descalcificada ou desmineralizada, ou para reciclar as águas de lavagem. Estes sistemas retêm os sais, produzindo água de qualidade, até a capacidade de permuta das resinas se esgotar. Quando esta se produz devem ser regeneradas. Para esse efeito utilizam-se ácidos, álcalis ou salmoura, em função do tipo de resinas que se utilizem, produzindo-se no processo um efluente que contém todos os sais que foram retidos.



Figura 42 - Instalação de intercâmbio iónico para obtenção de água desmineralizada a partir da água da rede

Efluentes da osmose inversa

Outro sistema que as indústrias de galvanização utilizam para produzir água de qualidade é a osmose inversa. A osmose inversa produz, a partir da água de alimentação, duas correntes de água: uma de baixa salinidade chamada permeado e outra mais concentrada que a original, chamada concentrado. Os sais que o concentrado contém não são tóxicos, já que são os mesmos que a água normal mas mais concentrada. Trata-se de uma descarga que em muitas ocasiões não necessita de ser tratada previamente, e inclusive que pode ser reutilizada para alimentar lavagens não críticas.



Figura 43 - Instalação de osmose inversa para produção de água de qualidade

Águas de refrigeração

São as águas dos circuitos de refrigeração dos banhos que trabalham à temperatura ambiente. Quando se trabalha em circuito aberto pode-se derramar directamente, já que não contém nenhum contaminante além da temperatura, pelo que muitas vezes se utilizam para alimentar as funções de lavagem. Quando se trabalha em circuito fechado, a descarga constitui a purga. Estas purgas podem apresentar algum problema de contaminação devido aos reagentes que se adicionam à água para prevenir a corrosão, incrustações e contaminação bacteriana.

Águas de limpeza

São as águas residuais produzidas nas operações de limpeza, de manutenção e limpeza de derrames e fugas. Geralmente apresentam contaminantes procedentes dos pingos que se produzem na transferência de peças, sobretudo em instalações manuais, pelo que devem ser conduzidas para as instalações de águas residuais. Em certas ocasiões provocam problemas nos tratamentos de depuração, já que se produzem misturas de sais incompatíveis que impossibilitam um adequado tratamento.

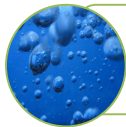


Figura 44 - Restos de pingos provenientes de banhos de níquel

Seguidamente, são descritas boas práticas e medidas preventivas do consumo de água e produção de águas residuais e que contribuirão para uma produção + limpa no Sector dos Tratamentos de Superfícies.



ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO E OPTIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA



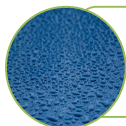
REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS OPERAÇÕES DE LAVAGEM



IDENTIFICAÇÃO E PREVENÇÃO DAS FUGAS DE ÁGUA

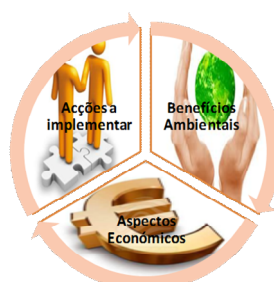


IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS



UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Os tópicos acima listados, serão explorados nos subcapítulos seguintes do presente manual, efectuando-se em todos os casos uma descrição das **acções a implementar**, **benefícios ambientais** e **aspectos económicos** envolvidos.



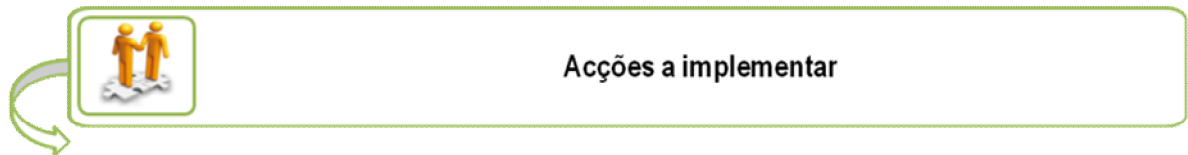
6.2.1. Análise do processo de produção e optimização do consumo de água

Tal como referido anteriormente neste manual, o Sector do Tratamento de Superfícies, tem processos de fabrico consumidores de água. Assim sendo, torna-se **essencial analisar os processos e otimizar o consumo de água em função das necessidades de produção**



Esta boa prática ajuda a prevenir excedentes no consumo de água e consequentemente a prevenção da geração de águas residuais desnecessárias.

Na realidade, verifica-se que o volume de água consumida varia substancialmente de empresa para empresa e que a sua racionalização pode conduzir a poupanças muito significativas.



✓ Avaliação da necessidade de tratamento da água antes da sua utilização

No sector de tratamentos de superfície, a qualidade do processo de fabrico depende em boa parte da qualidade da água. Em certas situações, a água de entrada não está apta para ser utilizada directamente nos banhos de processo ou nas limpezas, requerendo um pré-tratamento antes da sua utilização. A presença de sólidos em suspensão, elevadas concentrações de sais (condutividade), entre outros, pode dificultar ou, inclusivé impedir, a utilização dessa água sem um pré-tratamento.

Regra geral, deverá proceder-se à sua análise química inicialmente para determinar a presença, entre outros, de ferro, cálcio, magnésio e cloretos, já que podem afectar o processo de electrodeposição. Além do mais, há que ter em conta a possível sazonalidade ou disponibilidade, tanto da qualidade como da quantidade de água.

Caso se use água com uma qualidade inadequada, reduz-se a vida útil dos banhos, a eficácia das limpezas, dificulta-se a recuperação da água de limpeza e contribui-se para o aumento da carga poluente a depurar.

No que respeita a qualidade química da água de entrada, há que seguir as seguintes recomendações:

- Banhos de desengorduramento: água duras, com sais, originam melhores lavagens
- Banhos de tratamento alcalinos e respectivas lavagens: em geral, é melhor água macia para evitar depósitos e manchas
- Banhos quentes: é melhor água com poucos sais, desmineralizada (ou descalcificada) para evitar a mineralização do banho por uma concentração progressiva de sais
- Lavagens finais: controlar rigorosamente a qualidade da limpeza para evitar a formação de manchas (presença de sais) e a posterior corrosão da superfície acabada (presença de cloros)

Possíveis técnicas de tratamento de água do processo

- * **Filtros de areia e/ou carvão activado: eliminação de partículas, matéria em suspensão, contaminação orgânica, cloros, entre outros**
- * **Descalcificadores: eliminação de cal**
- * **Resinas de permuta iónica: produção de água desmineralizada (até 0-2µS/cm.**
- * **Osmose inversa: produção de água com uma menor concentração de sais (150 - 400µS/cm); em certas ocasiões, funciona posteriormente em série com um equipamento de resinas**

✓ **Implementação de medidas gerais de minimização do consumo de água**

Deverão ser implementadas várias medidas tendo em vista a minimização do consumo de água, nomeadamente:

- Controlar todos os pontos de consumo de água, registando a informação de forma regular (por horas, diariamente, por turno ou semanalmente), de acordo com o uso e necessidade de consumo.
O consumo deve referir-se a alguma unidade que permita a sua comparação e referência, como por exemplo, a superfície (dm², m²) ou peso das peças (kg, t) tratadas.
- Utilizar medidores de caudal para regular o fluxo de água através de válvulas; nestes casos, é necessário estabelecer previamente a qualidade de limpeza da cuba em questão, para desta maneira definir o caudal de água adequado
- Utilizar equipamentos automáticos de medição de processo como medidores de condutividade, medidores de pH, etc.; estes sistemas devem estar ligados a electroválvulas que permitam a entrada de água nova quando se alcançar o valor pré-fixado do parâmetro em questão (por exemplo um nível de condutividade ou de pH não desejados)
- Em instalações automáticas, é também adequado instalar electroválvulas ligadas a temporizadores, de maneira a que, se a instalação parar durante um período determinado, se fechem as entradas de água através das electroválvulas
- Empregar válvulas volumétricas, de tal forma que se possa fixar um consumo máximo de água por linha ou processo; desta maneira, embora os operários abram mais as torneiras, o caudal permanecerá constante. Esta técnica é adequada se o processo produtivo é bastante homogéneo e não existe grande variação do tipo de peças a lavar; noutro caso, pode ser necessário um maior caudal de limpeza para garantir um processo eficiente, sendo a técnica não recomendável
- Lavar instalações e áreas com equipamentos de pressão, reutilizando as águas, na medida do possível
- Conduzir uma correcta manutenção das instalações e equipamentos, com um programa de controlo e supervisão, formação do pessoal, etc.

Com a implementação destas medidas podem obter-se reduções do consumo de água na ordem dos 20 a 25%.

✓ Reutilização de determinadas águas

Uma possibilidade para reduzir o consumo de água no processo é a reutilização das águas de determinadas cubas de lavagem para outras lavagens ou de outras áreas ou actividades noutros processos. Com algumas medidas simples, é possível, em determinadas ocasiões, reduzir o consumo de água nas conjunto das instalações.

Alguns exemplos concretos, dentro desta alternativa são os seguintes:

- Uma lavagem posterior a uma decapagem ácida pode utilizar-se para uma lavagem anterior, depois de um desengorduramento alcalino prévio; desta maneira, obtém-se a neutralização da alcalinidade do desengordurante, favorecendo-se a vida útil do decapante (técnica de "skip")
- Uma lavagem posterior a um banho de processo pode utilizar-se com um agente de lavagem de pré-tratamento (activado ou neutralizado); por exemplo, uma lavagem de níquel pode utilizar-se como lavagem posterior a uma decapagem prévia (técnica de "skip")
- Reutilização de água de arrefecimento de banhos em circuito aberto para determinadas lavagens
- Reutilização da água rejeitada pela osmose, se não tiver muita concentração de sais, em lavagens de desengorduramento, nas quais a concentração salina não tem efeitos contraproducentes, sempre e quando não implique problemas na descarga devido a níveis altos de condutividade

Como precaução geral convém dizer que, antes de tomar uma decisão deste tipo, é importante analisar as condicionantes que podem determinar o seu uso.

Com estas medidas podem alcançar-se valores de redução no consumo de água desde 40%. Por outro lado, reduzir este consumo de água supõe reduzir no mesmo grau as necessidades de depuração de águas, conseguindo-se também uma redução do volume de lamas residuais.



Benefícios Ambientais

- ✎ **Redução do consumo de água de lavagem**
- ✎ **Menor volume de águas residuais**
- ✎ **Menor volume de lamas provenientes do tratamento das águas residuais**

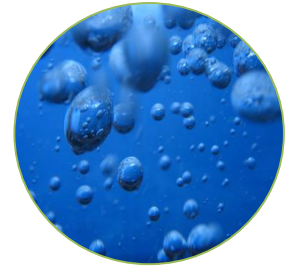


Aspectos Económicos

- ✎ **Redução de custos com o consumo de água**
- ✎ **Redução dos custos do tratamento de águas residuais**
- ✎ **Redução de custos com a gestão das lamas**
- ✎ **Custos com aquisição de alguns equipamentos (contadores de caudal, válvulas, etc.)**
- ✎ **Custo com acções de formação do pessoal**

6.2.2. Redução do consumo de água nas operações de lavagem

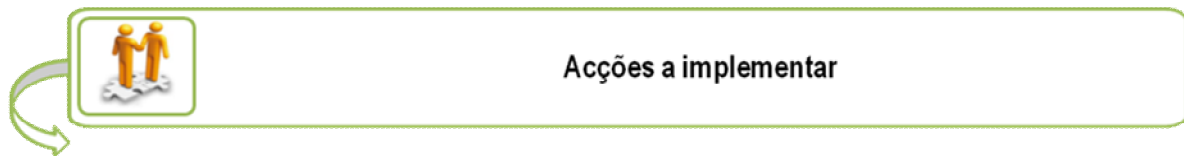
As operações de lavagem são fundamentais nos processos de revestimento no sector do tratamento de superfícies. O caudal de água necessário para efectuar uma correcta lavagem das superfícies tratadas é um parâmetro que, normalmente, determina a dimensão dos sistemas de gestão e tratamentos posteriores.



Esse caudal, depende de diversos factores e, de acordo com o *layout* das instalações, pode por vezes ser muito superior ao mínimo necessário. De resto, este é, infelizmente, um cenário muito usual.

Assim, torna-se essencial que o sistema de lavagem escolhido permita obter a qualidade de lavagem pretendida com o mínimo consumo de água, garantindo, por outro lado, também uma diminuição da produção de águas residuais.

Um dos factores com maior influência no caudal de lavagem são os arrastes. Este arraste, é condicionado pela forma e rugosidade superficial da peça, pela viscosidade da solução de processo, etc.



Acções a implementar

✓ **Seleccção do sistema de lavagem mais adequado**

Deverá ser elaborado um estudo de viabilidade técnica, económica e ambiental para identificar o sistema de lavagem mais adequado a cada instalação.

Parâmetros que devem ser considerados na selecção do sistema de lavagem

- Qualidade de lavagem desejada para cada posição: determinação da razão de diluição
- Disponibilidade de água e caudais de entrada
- Concentração dos banhos e natureza da sua composição
- Caudal de arraste estimado
- Capacidade de recuperar o arraste para os banhos
- Espaço disponível na nave fabril
- Condições de operação nas instalações

Sistemas de lavagem

Lavagem simples

É o pior sistema de lavagem, no entanto o mais utilizado no sector.

Consiste em dispor de uma cuba de lavagem de água corrente depois do banho de tratamento.

Em geral, podemos afirmar que o caudal de lavagem necessário para assegurar uma razão de diluição satisfatória é muito elevado se compararmos com outras possibilidades.

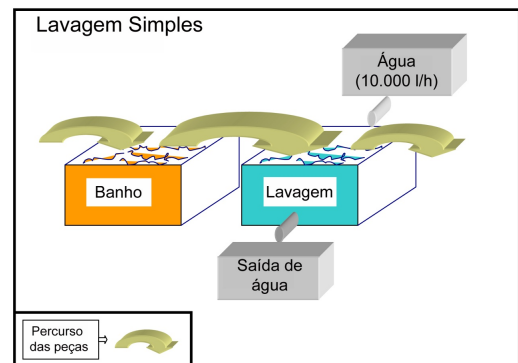


Figura 45 - Sistema de lavagem simples

Lavagem dupla (e múltipla) em paralelo

Neste caso cada cuba de lavagem depois do banho (2 ou mais) é alimentada em separado (em paralelo).

Não é um sistema muito utilizado atendendo a que, considerando o mesmo número de cubas de lavagem se obtém uma redução muito maior de caudal, para a mesma razão de diluição, utilizando o sistema descrito a seguir.

Lavagem dupla (e múltipla) em série (cascata)

É o melhor sistema de lavagem disponível. O sistema consiste em introduzir água corrente limpa na última posição do sistema de lavagem, passando em cascata até à primeira cuba. As peças a lavar movem-se em sentido contrário. A diferença do caso anterior é que só temos uma alimentação de água limpa (na ultima cuba).

Assim sendo, a poupança obtida no consumo de água, pelo aumento do número de cubas, é importante. No quadro seguinte descrevemos alguns consumos de água em função do número de cubas em cascata.

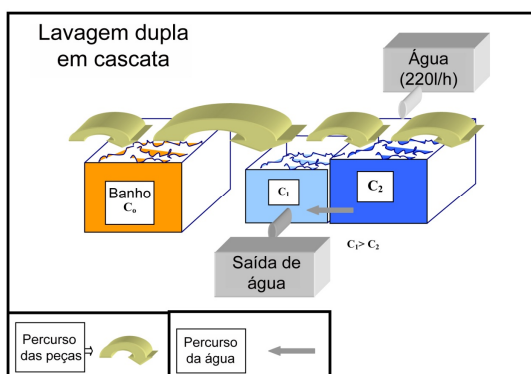


Figura 46 - Sistema de lavagem dupla em cascata

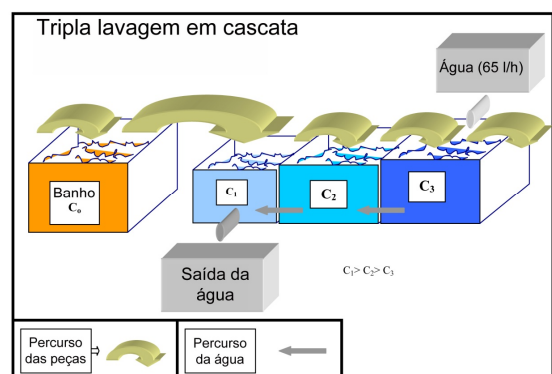


Figura 47 - Sistema de lavagem tripla em cascata

Quadro 13 – Sistemas de lavagem e respectivos caudais

Sistema de lavagem	Caudal de lavagem Q (l/h)
Lavagem simples	10.000
Lavagem dupla em cascata	220
Lavagem tripla em cascata	65

Supondo:

arraste (q)= 5 l/h

razão de diluição (Rd)= 2000

Este exemplo mostra a importância de uma racionalização das lavagens, permitindo:

- + Consumir menos água para uma mesma razão de diluição,
- + Reduzir, deste modo, os custos do consumo de água e de tratamento,
- + Incrementar a qualidade de lavagem sem ter que aumentar o consumo de água.

Lavagem estanque

Trata-se de uma lavagem sem renovação que permite reter uma boa parte do arraste procedente do banho do processo. Portanto, além de reduzir as necessidades de lavagem posteriores – e o consumo de água – possibilita a recuperação dos sais de banho.

Apesar de ser estanque, para evitar a sua progressiva concentração em sais que provêm do banho do processo, deve-se proceder periodicamente à sua renovação.

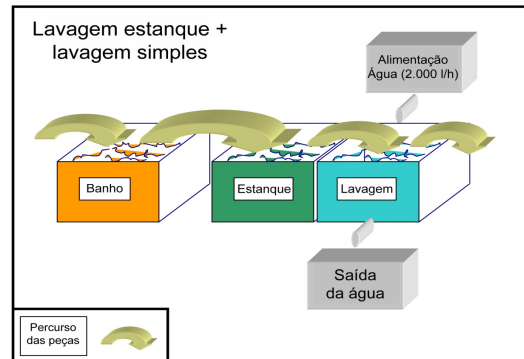


Figura 48 - Lavagem estanque + lavagem simples

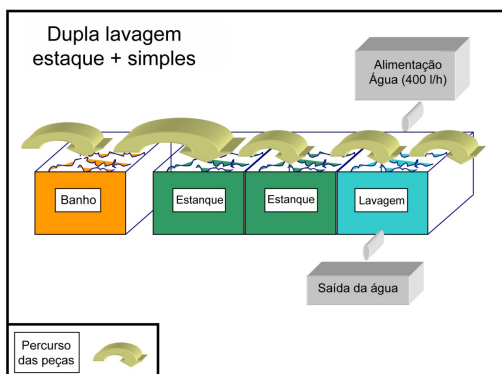


Figura 49 - Sistema de dupla lavagem estanque + simples

No caso do banho anterior trabalhar a quente – a mais de 50 °C -, esta renovação serve para reintroduzir nela as perdas de água por evaporação e de água e sais por arraste.

Uns valores de concentração da lavagem estanque compreendidos entre os 10 e os 20% da concentração do banho são perfeitamente admissíveis para esta dupla função.

Uma estrutura muito eficaz é manter duas ou mais lavagens estanques ligadas em cascata, fazendo devolver o líquido recuperado até ao banho ao qual pertence.

Desta forma pode-se recuperar o máximo de produto de um modo simples. Neste caso, tem que se assegurar que o caudal de entrada de água na última posição de cuba seja igual ao caudal de evaporação do banho de processo.

Esta recuperação de produto será superior se a evaporação do banho é maior ou se há mais lavagens estanques ligadas em cascata.

No quadro seguinte expõe-se um exemplo comparativo:

Quadro 14 – Sistemas de lavagem estanque e respectivos caudais

Sistema de lavagem	Caudal de lavagem Q (l/h)
Lavagem simples	10.000
Lavagem estanque + lavagem simples	2.000
Dupla lavagem estanque + simples	400

Supondo:

arraste (q) = 10 l/h

razão de diluição (Rd) = 1000

Lavagem ECO

A lavagem ECO é também uma lavagem estanque em que as peças são submersas antes e depois do banho de tratamento. Não se esvazia nunca – nem parcialmente – e a sua concentração estabiliza-se a metade da do banho do processo. Deste modo, consegue-se uma concentração no arrasto metade da inicial. Não exige também variação do volume da cuba, que se aplica a banhos frios ou pouco quentes - < 40 °C.

Apesar destas vantagens, não é recomendável aplicá-la aos banhos de preparação (desengorduramento e decapagem) ou no final (passivação), nem tão pouco aos banhos de processo químico (cobre ou níquel químico), já que ao estar esta lavagem a metade de concentração da do banho, podem originar-se reacções com a superfície da peça que poderiam prejudicar a qualidade do tratamento posterior.

As lavagens ECO permitem:

- Recuperar matérias-primas
- Limitar os arrastos (em teoria entre os 30 e 50 %), ou seja
- Reduzir o consumo de água de lavagens posteriores

Lavagem por aspersão

Consiste em projectar um fina névoa de água de lavagem directamente sobre as peças que saem do banho de processo, directamente em cima do banho – se trabalhar a quente - , como sobre uma cuba vazia e, mesmo em cima da lavagem posterior.

Como vantagens, o sistema apresenta as seguintes:

- *Redução do consumo de água de lavagem. Uma lavagem por aspersão é como uma em cascata*
- *Melhora a qualidade de lavagem graças ao efeito hidromecânico das gotas de água impactando com a superfície da peça a lavar*
- *Possibilidade de recuperar sais, no caso de banhos de temperatura, ao realizar uma primeira lavagem sobre a cuba do processo*

A limpeza por aspersão apresenta importantes vantagens no que respeita à eficácia e economia da água. Contudo, o uso de lavagens por aspersão levanta alguns problemas a ter em conta:

- Instalação complexa e manutenção considerável
- Necessidade de água de qualidade
- Perigo de formação de aerossol que pode afectar a segurança no trabalho

✓ **Implementação de estratégias de melhoria da qualidade das lavagens**

Independentemente do sistema de lavagem que a empresa disponha, é possível melhorar a eficácia da lavagem e, em certas ocasiões, reduzir o consumo de água se se tiver em conta os seguintes princípios:

- Controlar o tempo de contacto entre a superfície a lavar e a água da cuba; em certas ocasiões, este tempo é insuficiente pelo que é necessário aumentá-lo, sobretudo instalações de tambor. A eficácia da lavagem aumenta com um tempo de contacto suficiente entre água e superfície a lavar; geralmente, é necessário fazer testes para estabelecer o tempo de lavagem eficaz.
- Instalar a entrada e saída das condutas de água na cuba, de modo a que a renovação da mesma seja máxima; isto consegue-se colocando o tubo de entrada da água num extremo da cuba, até ao fundo, enquanto a saída deve localizar-se no extremo oposto da cuba, na superfície; além do mais, para que a drenagem seja efectiva, como a entrada da água tem uma certa pressão, é recomendável dispor de uma saída ampla em forma horizontal; com esta simples medida, melhora-se 50% a eficácia da lavagem, obtendo-se reduções de consumo dessa ordem; em cubas muito largas, nas quais a distância entre a entrada e a saída de água seja considerável (distância superior a 4m) esta medida não tem demasiado efeito sobre a renovação da lavagem, já que o tempo de permanência da água na mesma é alta produzindo-se uma boa mistura de lavagem com a passagem das peças.
- Provocar uma pequena turbulência de água de lavagem para que a mesma seja mais eficaz, por exemplo, fornecendo ar ao fundo da cuba; não é necessário em instalações de tambor sempre e quando este gire no interior da cuba de lavagem; neste caso, o rendimento da lavagem pode alcançar os 95%>; a melhor técnica para incrementar a eficácia da lavagem por agitação é mediante borbulhas de ar; desta maneira, consegue-se reter os compostos de água, evitando o seu arrastamento até à cuba seguinte de processo.
- Dispor de um volume suficiente de água. Além do tempo de contacto, é importante um volume de água suficiente para ter uma lavagem eficaz.

A combinação destas quatro estratégias aumenta, de maneira considerável, a eficácia das operações de lavagem e contribui para diminuir a quantidade de água necessária.

Reduções de consumo de água na ordem dos 20-50% podem conseguir-se com estas técnicas.



Benefícios Ambientais

- ✧ **Redução do consumo de água**
- ✧ **Redução da produção de águas residuais**
- ✧ **Redução da produção de lamas**



Aspectos Económicos

- ✧ **Redução dos custos com o consumo de água**
- ✧ **Redução dos custos com o tratamento de águas residuais**
- ✧ **Redução dos custos de gestão das lamas**
- ✧ **Custos com aquisição de algumas cubas de lavagem**
- ✧ **Custos com acções de formação dos trabalhadores**

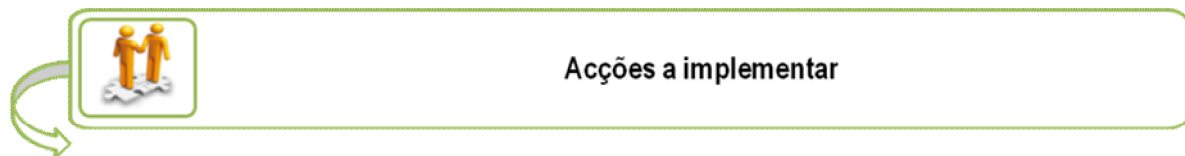
6.2.3. Identificação e prevenção das fugas de água

A existência de perdas reais de água nos sistemas de distribuição deve-se sobretudo a factores relacionados com o tipo de construção, os materiais utilizados, as pressões, a idade da rede e as práticas de operação e de manutenção.

Assim devem ser implementadas medidas que permitam a detecção, localização e eliminação de perdas de água resultantes de fugas da rede de distribuição, ao nível das tubagens e das respectivas juntas, bem como dos diferentes dispositivos de utilização de água, assim como a realização de inspecções periódicas preventivas ao estado da rede de abastecimento de água à unidade industrial.



Em situação de escassez hídrica devem ser acentuados os cuidados de detecção e eliminação de perdas de água na unidade industrial.



Acções a implementar

✓ Elaborar um plano de manutenção preventiva

O plano deve prever a definição de critérios para a inspecção regular das instalações hidráulicas e equipamentos, definição de responsabilidades e periodicidade de verificação.

✓ Substituir peças hidráulicas em toda a instalação e equipamentos

Efectuar a substituição sempre que necessário e incluir a rede de distribuição e equipamentos das casas de banho e cozinha/refeitório.

✓ Criar instruções de sensibilização para todos os colaboradores

Estas acções têm o intuito de sensibilizar os colaboradores para a necessidade de identificação e sinalização de fugas e a obrigatoriedade de reportar esta informação ao encarregado responsável pela manutenção das instalações. Na figura 50 apresenta-se um exemplo de cartaz afixado numa instalação fabril com alerta para este tipo de situação.



Figura 50 - Instruções para sensibilização na detecção de fugas



Benefícios Ambientais

- ✧ Redução do consumo de recursos naturais (água)
- ✧ Redução dos impactes ambientais originados pelas fugas de água

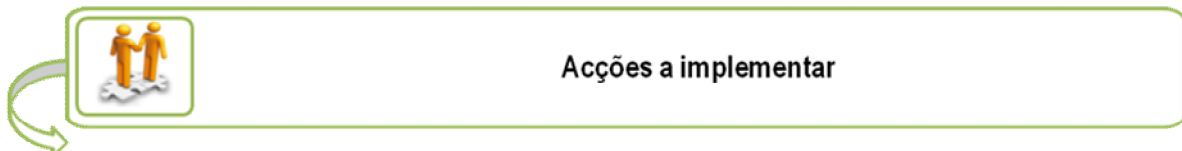


Aspectos Económicos

- ✧ Investimento na revisão do sistema hidráulico e reparos nas edificações
- ✧ Redução do custo de abastecimento de água
- ✧ Redução dos custos de gestão das águas residuais produzidas

6.2.4. Implementação de tecnologias de tratamento de águas residuais

Sempre que não for possível evitar a produção de águas residuais nem reaproveitá-las ou descarregá-las directamente, por falta dos parâmetros de qualidade requeridos, deverá recorrer-se a sistemas de tratamento desses efluentes. Desta forma sugerem-se as seguintes medidas de P+L.



Acções a implementar

✓ Implementar sistemas de tratamento de águas residuais

As técnicas de tratamento de águas residuais mais comuns no sector do tratamento de superfícies são as estações de tratamento de águas residuais (ETAR) onde se desenvolvem os processos físicos de **homogeneização, sedimentação e filtração, associados a etapas químicas de neutralização, coagulação, e floculação.** Existem, no entanto, mais tecnologias que poderão ser aplicadas. Apresenta-se de seguida uma breve descrição de alguns dos processos de tratamento utilizados na depuração das águas residuais provenientes do sector do tratamento de superfícies.

Homogeneização

Os tanques de homogeneização são utilizados para obter uma composição consistente (homogénea) do efluente a ser tratado, e suprimir tanto quanto possível, os problemas associados à variação da composição do efluente.



Figura 51 - Agitador e tanque de homogeneização

Neutralização

Este processo é usado para corrigir o pH da água, pela adição de ácidos ou bases permitindo atingir valores de pH numa faixa compatível com as fases posteriores do processo ou limites previstos na lei.

A escolha do modo de operação depende das características químicas e quantidade de fluxo a ser tratado, custo e disponibilidade dos reagentes, quantidade de lamas geradas e objectivo do tratamento.

Oxigenação

Este é um processo físico frequentemente utilizado no tratamento de água com diferentes finalidades, tais como: oxigenação do material para facilitar a posterior floculação, oxigenação dos compostos orgânicos presentes na água residual, eliminação de odores, etc. O equipamento de oxigenação pode envolver agitadores ou turbinas.

Sedimentação (Decantação)

Separação parcial dos sólidos do líquido por gravidade. Há vários tipos de tanques de decantação, que podem ser rectangulares, circulares ou de lamelas. Afigura 52 apresenta um sedimentador de lamelas.



Figura 52 - Sedimentadores de lamelas

Filtração



Figura 53 - Filtros em profundidade

A filtração consiste na separação dos sólidos suspensos do líquido, fazendo passar a suspensão através de um meio poroso que retém os sólidos e permite a fluidez do líquido.

Osmose inversa

A osmose tem como princípio a condução espontânea de um solvente de uma solução diluída para outra concentrada através de uma membrana semipermeável que bloqueia a passagem de soluto, mas permite a passagem de solvente. A osmose inversa, acontece se for aplicada uma pressão à solução concentrada superior à pressão osmótica. Neste caso há condução da solução concentrada para a diluída, igualmente na presença da membrana semi-permeável. Este tipo de membranas permite a retenção de elevadas percentagens de elementos minerais, orgânicos e coloidais.

Coagulação e floculação

O objectivo destes tratamentos é quebrar as suspensões coloidais e produzir a aglomeração das partículas. Estas suspensões têm alta estabilidade devido ao pequeno tamanho das partículas, forma e existência de cargas superficiais que impedem a aproximação.

Normalmente a coagulação e floculação são termos usados como sinónimos, no entanto, cada termo descreve um papel no processo de aglomeração. Coagulação é a desestabilização de partículas coloidais, principalmente pela neutralização de cargas eléctricas, enquanto que a floculação é o agrupamento de partículas sem carga, por contacto entre si, para formar flocos.

Os coagulantes mais utilizados são os sais de ferro e alumínio e os polímeros orgânicos (catiônicos ou aniônicos) embora estes últimos possam ser considerados floculantes. Os floculantes são substâncias de alto peso molecular, solúveis em água e com um elevado número de centros activos onde as partículas são fixadas por mecanismos de adsorção.



Benefícios Ambientais

- ✧ **Redução da carga poluente das águas residuais**
- ✧ **Cumprimento dos parâmetros de descarga no meio receptor impostos pela legislação aplicável**

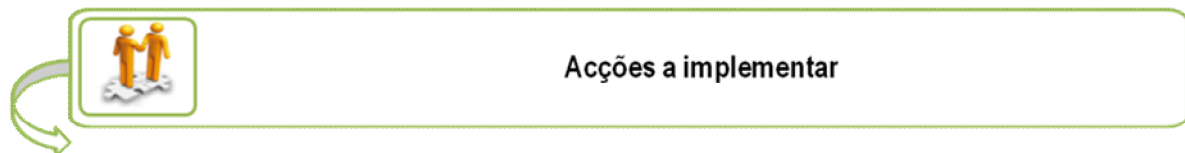


Aspectos Económicos

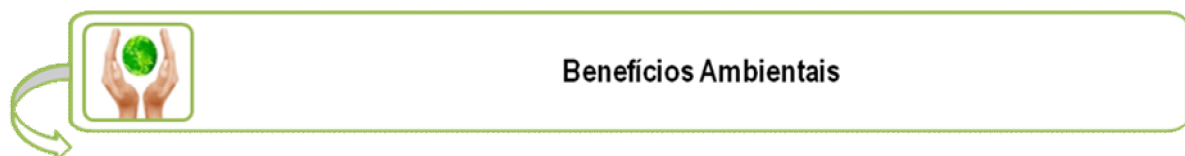
- ✧ **Custos com construção e funcionamento de estações de tratamento de águas residuais**
- ✧ **Redução de custos motivados pela aplicação de eventuais coimas**

6.2.5. Utilização de águas pluviais

As águas resultantes da chuva podem ser utilizadas no processo produtivo e no conforto interno do ambiente fabril. Seguidamente destacam-se algumas acções que contribuirão para uma produção mais limpa.



- ✓ **Utilização de águas pluviais nas actividades do sector de tratamento de superfícies**
 - As águas pluviais provenientes dos telhados do(s) pavilhão(ões) industrial(is) e área(s) administrativa(s) deverão ser recolhidas e armazenadas em cisternas.
 - Deverá ser elaborado um estudo que permita identificar a possibilidade da utilização das águas pluviais em algumas actividades da indústria de tratamento de superfícies, nomeadamente em certas etapas do processo de lavagem, em instalações sanitárias e rega de espaços verdes.
- ✓ **Utilização de águas pluviais no conforto interno do ambiente fabril**
 - As águas da chuva provenientes dos telhados do(s) pavilhão(ões) industrial(is) e área(s) administrativa(s) deverão ser armazenadas e utilizadas em sistemas de refrigeração de telhados dos pavilhões industriais, usando aspersores em circuito fechado.



- ✎ **Redução no consumo de recursos naturais ou água potável**
- ✎ **Utilização de sistemas de refrigeração menos complexos na área industrial e, por consequência, uma economia da energia eléctrica**
- ✎ **Melhoria do conforto térmico do ambiente de trabalho**



- ✎ **Redução dos custos com o consumo de água**
- ✎ **Redução dos custos com o consumo de energia eléctrica em comparação com os sistemas de refrigeração convencionais**

6.3. Resíduos

Grande parte dos resíduos que se produzem nos processos de tratamento de superfícies são perigosos e por isso devem ser geridos como tal. Dentro do grupo de resíduos líquidos destacam-se os provenientes dos banhos contaminados. No âmbito dos resíduos sólidos têm uma importância significativa as lamas dos tratamentos de águas residuais.

Assim, os principais resíduos que se podem encontrar numa actividade de tratamento de superfícies são::

Desengordurantes contaminados

Contaminam-se por acumulação de óleos e gorduras.

Banhos de decapagem contaminados

Contaminam-se por acumulação de metais.

Banhos de processos contaminados

Contaminam-se normalmente por acumulação de metais.

Soluções de lavagem de gases

Esgotam-se por acumulação do contaminante eliminado da corrente gasosa, seja crómio, cianeto, metais ou por neutralização da solução de lavagem, no caso de ácidos ou álcalis.

Recipientes vazios

Quando os recipientes contêm alguma substância perigosa, o recipiente recebe a classificação de resíduo perigoso por estar contaminado com restos dessa substância.



Figura 54 - Banhos de desengordurante químico



Figura 55 - Cabine de limpeza de bastidores



Figura 56 - Instalações de lavagem de gases



Figura 57 - Resíduos perigosos em recipientes

Lamas de depuração de águas residuais

As lamas de depuração de águas residuais são resíduos sólidos perigosos.



Figura 58 - Lamas residuais com alto conteúdo de ferro



Figura 59 - Lamas residuais com alto conteúdo de crómio trivalente

Materiais filtrantes e absorventes utilizados nos processos

Tratam-se dos filtros de carvão activado que se utilizam na manutenção dos banhos. Também são perigosos por conterem restos das soluções que estiveram em contacto com eles.

Materiais de limpeza

Referem-se aos panos, papel, etc., utilizados na limpeza das instalações e contêm restos dos banhos. Também se incluem aqui os absorventes que se utilizam para limpar fugas e derrames.

Produtos químicos deteriorados, caducados e fora de uso

São aqueles produtos que estão inoperacionais por estarem deteriorados (por exemplo, ao terem sido expostos aos agentes atmosféricos), que caducaram por estar demasiado tempo fora de uso, por ter havido mudanças nos produtos dos processos, ou por se ter deixado de trabalhar com eles.

Amostras de produtos

São os produtos que os fornecedores deixam para experimentar e que não se utilizaram.

Solventes usados

Trata-se dos solventes utilizados para desgordurar. Contaminam-se por acumulação de óleos e de gorduras. Se os equipamentos que se utilizam para desgordurar dispuserem de equipamento de destilação o resíduo será o resultado da destilação, constituído por lama com restos de solvente.

Materiais usados no tratamento de águas

Resinas de permuta iónica, carvão activado, filtros, etc. Consideram-se perigosos por conterem restos de contaminantes que foram separados.

Quadro 15 – Principais resíduos do Sector de Tratamento de Superfícies e respectivos códigos LER

RESÍDUOS	LER
RESÍDUOS DE TRATAMENTOS QUÍMICOS E REVESTIMENTOS DE METAIS E OUTROS MATERIAIS	11
Resíduos de tratamentos químicos e revestimentos de metais e outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos: Resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimento de metais e outros materiais (por exemplo, galvanização, zincagem, decapagem, contrastação, fosfatação, desengorduramento alcalino, anodização):	11 01
Ácidos de decapagem	11 01 05 (*)
Ácidos não anteriormente especificados	11 01 06 (*)
Bases de decapagem.	11 01 07 (*)
Lamas de fosfatação	11 01 08 (*)
Lamas e bolos de filtração contendo substâncias perigosas	11 01 09 (*)
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 (*)
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 (*)
Resinas de permuta iónica saturadas ou usadas	11 01 16 (*)
Outros resíduos contendo substâncias perigosas	11 01 98 (*)
Outros resíduos não anteriormente especificados	11 01 99
Resíduos de processos de galvanização a quente	11 05
Escórias de zinco	11 05 01
Cinzas de zinco	11 05 02
Resíduos sólidos do tratamento de gases	11 05 03 (*)
Fluxantes usados	11 05 04 (*)
Outros resíduos não anteriormente especificados	11 05 99
RESÍDUOS DE EMBALAGENS; ABSORVENTES, PANOS DE LIMPEZA, MATERIAIS FILTRANTES E VESTUÁRIO DE PROTECÇÃO	15
Embalagens (incluindo resíduos urbanos e equiparados de embalagens, recolhidos separadamente):	15 01
Embalagens de papel e cartão	15 01 01
Embalagens de plástico	15 01 02
Embalagens de madeira	15 01 03
Embalagens de metal	15 01 04
Embalagens compósitas	15 01 05
Misturas de embalagens	15 01 06
Embalagens de vidro	15 01 07
Embalagens têxteis	15 01 09
Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	15 01 10 (*)
Embalagens de metal, incluindo recipientes vazios sob pressão, com uma matriz porosa sólida perigosa (por exemplo, amianto)	15 01 11 (*)
Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de protecção	15 02
Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo não anteriormente especificados), panos de limpeza e vestuário de protecção, contaminados por substâncias perigosas	15 02 02 (*)
Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de protecção não abrangidos em 15 02 02	15 02 03

* Resíduo perigoso

O novo regime geral de gestão de resíduos, republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho define os **Princípios da Hierarquia de Gestão de Resíduos**, ilustrados na figura seguinte.



Figura 60 - Princípios da hierarquia de gestão dos resíduos

A **Prevenção**, no seio da qual se insere a problemática da redução, **escala-se no topo da hierarquia europeia da gestão de resíduos** e pode entender-se de dois modos:



Através da prevenção da geração de resíduos industriais, **umenta-se a eco-eficiência e reduzem-se os custos não produtivos de tratamento e destino final**, obtendo-se benefícios económicos quantificáveis nas Organizações.

Em **contexto industrial** a **prevenção da geração de resíduos** passa essencialmente, pela aplicação de **três atitudes**:

- ✓ **Repensar/Racionalizar** - que pressupõe a mudança de comportamentos, alguns aparentemente simples como a eliminação do desperdício ocasionado pela falta de informação dos colaboradores ou mesmo por atitudes negligentes. Outras situações são mais complexas, como alterar as matérias-primas e/ou os processos e/ou as tecnologias
- ✓ **Recusar** - que subentende a rejeição de matérias-primas, matérias subsidiárias, produtos, processos e/ou tecnologias que causem danos à saúde ou ao meio ambiente

✓ **Reduzir a geração de resíduos - ou seja, consumir menos e melhor, racionalizando o uso de materiais no quotidiano da indústria e que pode implicar:**

- Medidas para melhorar os índices de produtividade
- Alterações organizacionais na empresa
- Melhorias no controlo e supervisão internos
- Alterações tecnológicas no processo
- Aplicação de tecnologias mais limpas ou das melhores tecnologias disponíveis aos processos produtivos e de suporte
- Medidas de poupança de matérias-primas
- Recuperação de materiais / produtos / aproveitamento de resíduos
- Sensibilização e formação de todas as partes envolvidas na Organização

Sendo a Prevenção a primeira das opções da estratégia comunitária e nacional em matéria de gestão de resíduos industriais, seguem-se a **Reutilização** e a **Reciclagem**, constituindo **igualmente formas de redução da sua produção** com influência directa na análise do ciclo de vida do produto, no fluxo da matéria-prima e no consumo de recursos.

O Governo considera prioritário reforçar a prevenção da produção de resíduos e fomentar a sua Reutilização e Reciclagem, com vista a prolongar o seu uso na economia antes de os devolver em condições adequadas ao meio natural.

Desta forma, prevê-se a aprovação de programas de prevenção e estabelecem-se metas de Reutilização, Reciclagem e outras formas de Valorização material de resíduos a cumprir até 2020.

Ainda no âmbito da hierarquia de gestão de resíduos e quando as opções de Prevenção, Reutilização e Reciclagem material não são viáveis, deverá optar-se por **outros tipos de valorização**. Por exemplo, uma das actuais opções de destino para o Tratamento e Valorização dos resíduos industriais perigosos são as instalações de co-incineração, onde há valorização energética.

Esgotadas todas as soluções referidas da hierarquia de gestão de resíduos sucede-se a Eliminação, definida como, qualquer operação com vista a um destino final adequado de resíduos. Em Portugal, é proibida a realização de operações de tratamento de resíduos não licenciadas e são igualmente proibidos o abandono de resíduos, a incineração de resíduos no mar e a sua injeção no solo, a queima a céu aberto que não seja devidamente controlada, bem como a descarga de resíduos em locais não licenciados para realização de tratamento de resíduos.

A **orientação básica aplicada nas medidas de P+L** para os resíduos é praticar sempre os denominados “3Rs”, de forma cíclica ou periódica, nesta ordem:

- 1º. **Reduzir** a geração de resíduos (nos processos produtivos e operações auxiliares)
- 2º. **Reutilizar** os resíduos “inevitáveis” (aproveitá-los, sem quaisquer tratamentos)
- 3º. **Reciclar** os resíduos “inevitáveis” (aproveitá-los após quaisquer tratamentos necessários dentro do processo ou mesmo fora do processo produtivo)



Para 2º e 3º passos, procurar esgotar-se primeiro as possibilidades de aproveitamento interno, nas próprias actividades da unidade produtiva; somente depois, procurar alternativas de aproveitamento externo, em instalações de terceiros.

Os resíduos que restarem dos “3Rs”, devem ser segregados, recolhidos, acondicionados e enviados para destino final adequado, de acordo com a legislação ambiental em vigor.

Seguidamente são descritas boas práticas e medidas preventivas da geração de resíduos aplicáveis ao Sector do Tratamento de Superfícies e que contribuirão para uma produção mais limpa neste Sector.



ELABORAÇÃO DE UM ESTUDO DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

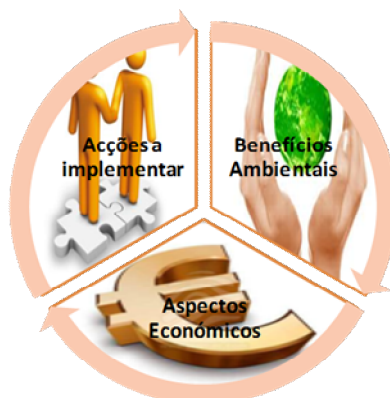


REDUÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS NO PROCESSO PRODUTIVO



IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS PRODUZIDOS

Tal como nos subcapítulos anteriores do presente manual, os tópicos acima listados, serão explorados nos subcapítulos seguintes, efectuando-se em todos os casos uma descrição das **acções a implementar**, **benefícios ambientais** e **aspectos económicos** envolvidos.



6.3.1. *Elaboração de um estudo de minimização de resíduos*

A produção de resíduos constitui por si só um dos maiores problemas ambientais do mundo actual, estando na origem de muitos, como a contaminação de solos e águas, as emissões de gases com efeito de estufa, os incêndios florestais, os riscos para a saúde pública. Por outro lado, a minimização dos resíduos constitui uma das maiores esperanças para preservar o meio ambiente.



Podemos definir a minimização de resíduos como a adopção de medidas organizacionais e operacionais que permitam diminuir, dentro do económica e tecnicamente viável, a quantidade e/ou perigosidade dos resíduos gerados que necessitam de um tratamento ou eliminação final.

Para o conseguir parte-se de medidas orientadas à redução de resíduos na origem e, quando esta não seja possível, deve proceder-se à reciclagem dos resíduos, no mesmo processo ou em outro, ou à recuperação de determinados componentes ou recursos que contém.

A minimização é uma opção prioritária para resolver o problema ambiental que representa a produção de resíduos pelas empresas. Constitui também uma importante oportunidade económica para reduzir os custos produtivos e conseguir melhorias induzidas, aumentando assim a competitividade das empresas.

O esforço a realizar por uma empresa para promover a elaboração e posterior implementação de um estudo de minimização dos seus resíduos dependerá, basicamente do estado inicial de que parta, pelo que, uma vez superadas as dúvidas iniciais, a minimização pode tornar-se muito rentável, proporcionando benefícios consideráveis não só do ponto de vista ambiental, mas também económico e social.



- ✓ **Planeamento e Organização Prévia**
- ✓ **Plano de Minimização de Resíduos**

Pormenoriza-se de seguida cada uma destas acções:

✓ **Planeamento e Organização Prévia**

Para pôr em prática as técnicas de redução de produção de resíduos numa empresa em particular, há que estudar previamente todos os aspectos, não só os ambientais mas também necessidades de organização, viabilidade técnica e económica, etc.

O planeamento e organização prévia de um plano de minimização de resíduos requer as seguintes etapas:

- **Obter o apoio de Gestão de Topo da empresa que deve:**
 - Adquirir consciência dos benefícios do plano assim como do custo associado
 - Definir objectivos
 - Formalizar o apoio por escrito

- **Nomear o responsável pela implementação do estudo de minimização de resíduos**

O responsável deve estar dotado de:

- Autoridade necessária para desenvolver o trabalho encomendado
- Tempo necessário, em função do tamanho da empresa e da magnitude do trabalho a realizar
- Um fácil acesso à direcção, de modo que a possa informar pontualmente sobre os progressos realizados e os possíveis conflitos que podem surgir

Por sua vez a pessoa ideal para ocupar este posto deverá:

- Estar familiarizada com o plano, com os seus processos e com os resíduos que gera
- Conhecer o funcionamento interno da empresa e os seus funcionários
- Conhecer a filosofia da minimização e métodos para a desenvolver
- Ter capacidade de liderança, que implica ser capaz de coordenar, dirigir e motivar a equipa de trabalho

- **Formar a equipa de trabalho:**

- Envolvendo todos os departamentos da empresa
- Coordenando o plano com outros programas existentes

- **Envolver todos os trabalhadores da empresa:**

- Formando-os para que saibam o que é suposto que façam
- Motivando-os para obter a sua colaboração

Este é um dos aspectos primordiais para que um estudo de minimização de resíduos tenha êxito. Os trabalhadores são quem está mais directamente em contacto com os resíduos e o modo como trabalham pode contribuir para a sua produção, pelo que desempenham um papel primordial para identificar problemas e planear soluções. É necessário que compreendam os motivos do estudo, que se familiarizem com as alterações propostas e se sintam uma parte importante do programa em curso. Neste último aspecto torna-se fundamental o reconhecimento das suas contribuições.

OBJECTIVOS DO PLANO

Os objectivos do plano de minimização de resíduos de cada empresa dependerão de muitos factores, mas devem ser sempre:

- Consistentes com o resto dos objectivos da empresa
- Flexíveis, para se adaptarem a uma realidade em mudança
- Quantificáveis, para medir os avanços e efectuar um seguimento
- Compreensíveis por todos os empregados
- Alcançáveis com os meios que se vão alocar

BENEFÍCIOS DO PLANO

Os benefícios que se podem obter com um plano de minimização de resíduos só podem entender-se quando se analisa o impacto da produção dos resíduos na empresa, que deve incluir:

- Redução de custos de gestão de resíduos a curto prazo, como:
 - Recolha e transporte de resíduos
 - Custo directo do tratamento ou eliminação
 - Custo de matérias-primas compradas
 - Seguros de operação e transporte
- Redução de custos ocultos internos de gestão, como:
 - Mão de obra empregue na manipulação
 - Necessidades de infra-estruturas de armazenamento
 - Custos de gestão administrativa
- Redução de custos intangíveis, como:
 - Efeito positivo nas vendas pela melhoria da imagem
 - Melhoria nas condições de segurança e higiene dos trabalhadores
 - Aumento da produtividade e qualidade por adopção de tecnologias menos contaminantes
 - Redução do risco de ocasionar danos no ambiente e portanto, o custo de seguros
 - Transcendência da responsabilidade sobre os próprios resíduos

✓ Plano de Minimização de Resíduos

Uma vez considerados os aspectos citados, pode implementar-se um plano de minimização de resíduos na empresa.

A elaboração e implementação podem dividir-se em duas fases:

- Auditoria de resíduos orientada para a redução**
- Plano de minimização propriamente dito**

Descreve-se, de seguida, cada uma das fases:

Auditoria de resíduos orientada para a redução

Os objectivos desta fase do plano de redução são:

- Identificar os fluxos de resíduos
- Avaliar o custo do seu tratamento

Nestas auditorias orientadas para a redução determina-se a quantidade, tipo, fonte e causa da geração dos resíduos, assim como as deficiências da sua gestão, ajudando a conhecer o estado actual e o custo do seu tratamento.

O alcance de uma auditoria dependerá do critério, da experiência da equipa de auditores, do tempo e recursos, do tamanho da instalação e da complexidade dos processos.

Embora os resultados das auditorias sirvam fundamentalmente de base para o desenvolvimento das fases do plano de redução, podem obter-se benefícios mais amplos.

Benefícios de uma Auditoria Ambiental

- Melhorar o conhecimento dos processos (entradas de matérias-primas e reagentes, saídas de produtos e subprodutos, custos de gestão, etc.)
- Ajustar o balanço de matéria
- Conhecer os resíduos que se geram (tipo, quantidade, fonte e causa de geração, etc.)
- Melhorar a qualidade dos produtos elaborados
- Avaliar a produtividade da empresa
- Aumentar os benefícios económicos
- Aplicar um plano de segurança e higiene
- Informar as administrações públicas, accionistas, compradores, etc.

Esta informação é fundamental para determinar opções e custos de reciclagem, recuperação ou tratamento, assim como também para delimitar responsabilidades.

A auditoria será mais útil se for dirigida desde o princípio para a redução, isto é, se proporciona a seguinte informação:

- + Detecta todos os resíduos que se produzem
- + Onde se gera fisicamente cada fluxo
- + Causas do aparecimento do resíduo
- + Composição física e química dos fluxos
- + Determinação das substâncias tóxicas que contêm
- + Propriedades dos fluxos: toxicidade, corrosividade, inflamabilidade, etc.
- + Consequências dos resíduos gerados: custos, implicações legais, responsabilidade, mpacte ambiental, etc.
- + Sistema de tratamento utilizado actualmente
- + Custo da gestão e eliminação
- + Relação dos custos intangíveis e das responsabilidades que podem derivar da gestão incorrecta dos resíduos

□ Plano de minimização propriamente dito

A melhor opção ambiental para a empresa é a redução dos seus resíduos

Chegados a este ponto podemos considerar que a realização de um plano de minimização é muito importante para uma empresa, já que permite ter um conhecimento exacto dos seus resíduos, o que constitui o ponto de partida para que se faça uma gestão de maneira adequada e eficiente.

A regra principal que transcende a redução de resíduos é a aplicação **dos três R: Reutilização, Reciclagem e Recuperação**.

Os resíduos de uma empresa indiciam a ineficiência do sistema produtivo

Etapas de um Plano de Redução

- ★ Identificar os fluxos de resíduos de forma hierarquizada
- ★ Estabelecer opções de redução
- ★ Analisar a viabilidade (técnica, ambiental e económica) de cada opção.
- ★ Seleccionar a melhor alternativa
- ★ Implementar a opção seleccionada
- ★ Promover o seguimento e controlo da opção implantada
- ★ Continuar com outro fluxo ou opção

★ Identificar os fluxos de resíduos de forma hierarquizada

Uma vez realizada a auditoria de resíduos e identificados os fluxos de resíduos, assim como o seu custo de gestão, pode iniciar-se o plano de redução.

Para isso, será necessário primeiro estabelecer uma hierarquia entre os fluxos de resíduos e decidir os aspectos ambientais para concentrar os esforços nos mais importantes. Os critérios para ordená-los podem ser diversos:

- Cumprimento da lei
- Toxicidade e perigosidade
- Quantidade
- Produção a partir de matérias-primas caras
- Produção em processos que precisam de grandes quantidades de energia
- Custos associados à gestão de resíduos
- Riscos para a segurança dos trabalhadores
- Riscos para o ambiente
- Potencial de redução
- Facilidade de redução
- Importância para a imagem pública da empresa

★ Estabelecer opções de redução

Para cada fluxo identificado como prioritário devem-se ponderar as opções de redução oportunas.

- Reduzir os resíduos na origem
- Reciclar os resíduos produzidos no processo que lhes deu origem
- Reciclar os resíduos produzidos noutros processos, sejam ou não da mesma empresa donde foram gerados
- Recuperar as matérias valiosas que contêm os resíduos ou aproveitar a sua energia (valorização energética)

Resume-se de seguida um conjunto de factores que devem ser analisados para determinar os processos com maior potencial para implementar técnicas de redução.

Processos com maior potencial para a implantação de boas práticas

- Processos *batch*
- Processos pouco automatizados com maior componente humana e, portanto, com uma maior possibilidade de erro
- Processos que utilizam equipamentos comuns com outros processos de produção, que utilizam matérias-primas ou produtos intermédios diferentes, nos quais a frequência requerida de limpeza do equipamento aumenta também a diversidade dos resíduos gerados
- Processos que geram resíduos com um custo unitário de tratamento elevado

★ Analisar a viabilidade (técnica, ambiental e económica) de cada opção

O objecto da análise da viabilidade é realizar um estudo técnico, económico e ambiental de cada opção de redução e verter o resultado num relatório de viabilidade por cada opção encontrada, a fim de orientar a Direcção na tomada de decisões.

As alternativas de redução identificadas devem ser analisadas na perspectiva técnica, económica, ambiental e considerando os efeitos intangíveis.

Indicam-se a seguir alguns aspectos que convém analisar ao estudar a viabilidade técnica das distintas opções:

Aspectos a considerar na análise da viabilidade técnica

- Redução de resíduos esperada
- Impacto das alterações na qualidade do produto
- Flexibilidade do novo processo face à produção
- Espaço necessário para os processos propostos de reciclagem, recuperação e tratamento
- Tempo necessário para a instalação
- Possível queda da produção durante o período de instalação
- Tecnologia proposta suficientemente conhecida
- Manutenção necessária e preparação do pessoal que vai realizá-la
- Grau de especialização que devem ter os operários. Formação necessária
- Implicações legais ou administrativas das mudanças e adaptação a futuras normas
- Indicadores que ajudem a medir os resultados esperados

O objectivo que se persegue com a avaliação económica consiste em realizar uma análise de rentabilidade de cada uma das opções seleccionadas, comparando o investimento necessário com a poupança e custos extra que se conseguem com a implementação da medida.

Para analisar a rentabilidade são normalmente empregues parâmetros clássicos de rentabilidade de investimentos industriais.

Ao analisar a rentabilidade têm que se considerar períodos de tempo longos, superiores a cinco anos. Nos equipamentos novos, convém tomar como período de tempo a vida útil dos mesmos. Contudo o período de retorno do investimento deve ser o menor possível, preferencialmente inferior ou igual a três anos.

Por último analisar para cada opção de redução os aspectos intangíveis, como:

Considerações na análise de aspectos intangíveis	
●	Impacto sobre o meio ambiente
●	Efeito sobre a saúde dos trabalhadores
●	Melhoria das condições laborais
●	Acidentes durante o transporte de resíduos
●	Escapes e fugas nos depósitos de armazenamento
●	Contaminação do solo e das águas
●	Impacto nas empresas ou habitações vizinhas
●	Influência na imagem da empresa

Não se pode correr o grave erro de pensar que estes aspectos intangíveis, por se apoiarem em critérios qualitativos, são menos importantes que a viabilidade técnica ou a rentabilidade. Estes critérios podem ser determinantes para aceitar novas alternativas de redução que aparentemente não são rentáveis ou são menos que outras.

★ **Seleccionar a melhor alternativa**

Atendendo a que o tempo e recursos da empresa são limitados, devem-se estabelecer prioridades entre as alternativas de redução levantadas, baseando-se nos objectivos de redução e em critérios utilizados no processo de avaliação.

Para estabelecer a importância de cada alternativa é necessário empregar as matrizes de decisão, que são ferramentas de tomada de decisões nas quais se empregam uma série de critérios, permitindo a comparação das distintas alternativas em função dos ditos critérios.

Os critérios considerados podem ser o período de retorno do investimento, economia de custos, disponibilidade de espaço, prazo de implementação, etc. Para algumas alternativas será fácil realizar a avaliação dos critérios considerados, contudo outras poderão requerer uma análise posterior mais detalhada.

★ **Implementar a opção seleccionada**

Após seleccionar as opções mais adequadas para cada fluxo de resíduos deve-se estabelecer a programação para implementar as ditas opções.

Para as medidas que requerem mudanças tecnológicas e a instalação de novos elementos é necessário estabelecer um calendário de implementação do projecto e verificação do cumprimento, que inclua o investimento necessário.

★ Monitorizar e controlar a opção implementada

A implementação da solução seleccionada deve ser controlada e supervisionada com a finalidade de garantir um bom desenvolvimento da mesma. No caso de haver falhas, uma correcta supervisão permitirá detectá-las e corrigi-las imediatamente. De outra maneira, corre-se o risco de uma boa alternativa de redução fracassar unicamente por não se ter realizado uma monitorização adequada que ajude a vencer a resistência inicial à mudança que qualquer organização tem. Isto resume-se em:

- Desvios em relação aos resultados esperados
- Implementação de novas medidas de redução
- Revisão e actualização periódica do plano

É importante controlar a evolução dos resultados para:

- Detectar desvios (custos, emissões, etc.) com respeito ao projecto original e tratar de corrigi-los
- Justificar a eficácia dos investimentos realizados e prosseguir com os planos de redução
- Manter a motivação de todos os empregados que podem ver os resultados do seu esforço
- Realizar revisões e actualizações periódicas do plano de redução

Por outro lado, pode ser interessante estabelecer um registo dos progressos realizados para minimizar resíduos, com a ajuda de indicadores ou rácios ambientais. Servem como exemplo de indicadores (kg resíduos/kg produto, kg DBO descargas/kg produto, kg de resíduo/unidade produto, kg de resíduo/m² pintado). Estes registos são especialmente úteis para a redacção de relatórios públicos de gestão ambiental da empresa, como a declaração ambiental do Registo no Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria (EMAS). Também devem ser controlados os possíveis impactos a que a opção seleccionada conduza.

★ Continuar com outro fluxo ou opção

Os programas de redução não têm uma duração fixa. Praticamente pode dizer-se que nunca acabam, pois quando se tomam medidas com os fluxos importantes ou prioritários, há que seguir com os menos importantes.

Por outro lado, os avanços tecnológicos de tratamento, reciclagem e recuperação, assim como os requisitos legais e a opinião pública, podem obrigar a mudar determinadas soluções adoptadas. Isto vai em linha com o princípio de melhoria contínua estabelecida nos Sistemas de Gestão Ambiental (NP EN 14 001 e Regulamento EMAS).



Benefícios Ambientais

- ✧ **Maior conhecimento da situação ambiental da empresa**
- ✧ **Maior controlo no uso de matérias-primas e recursos**
- ✧ **Optimização dos processos produtivos, aumentando a sua eficiência**
- ✧ **Redução do consumo de recursos naturais**
- ✧ **Redução quantidades e/ou perigosidade dos resíduos produzidos**
- ✧ **Minimização dos desperdícios**
- ✧ **Redução do impacte ambiental**



Aspectos Económicos

- ✧ **Custos inerentes à elaboração/implementação de um estudo de minimização dos resíduos**
- ✧ **Minimização dos custos de gestão de resíduos**
- ✧ **Redução de custos internos de gestão**
- ✧ **Redução de custos ocultos intangíveis**

6.3.2. Redução da produção de resíduos no processo produtivo

A redução da produção de resíduos no processo produtivo pode ser alcançada através da execução de um conjunto de medidas que incluem a implementação de técnicas / tecnologias de produção mais eficiente e a adopção de boas práticas.

Seguidamente descrevem-se algumas acções que poderão ser implementadas contribuindo para uma Produção + Limpa.



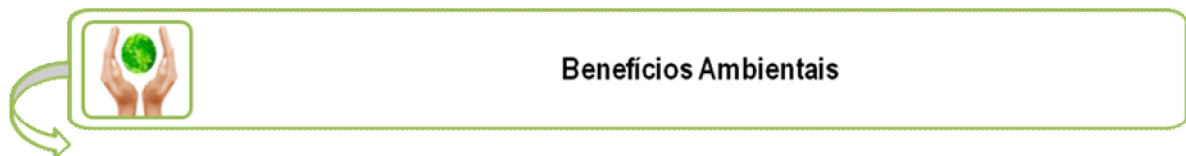
Acções a implementar

✓ Elaborar, documentar, implementar e manter um procedimento que assegure uma gestão sustentável dos resíduos

Um sistema de boas práticas que deverá ser respeitado por todos os operadores ao longo de todo o sistema produtivo, contribuirá para a prevenção da produção de resíduos, principalmente devido ao menor consumo de matérias-primas e a uma minimização da produção de efluentes industriais.

Deverão ser definidas, documentadas e cumpridas Boas Práticas relativas a:

- ⇒ Manutenção dos banhos
- ⇒ Redução e recuperação dos arrastes
- ⇒ Operações de lavagem
- ⇒ Gestão de compras e inventários
- ⇒ Armazenagem, manuseamento e transporte de peças tratadas
- ⇒ Prevenção de fugas e derrames
- ⇒ Actividades de limpeza
- ⇒ Manutenção preventiva



Benefícios Ambientais

- ✎ Redução do consumo de matérias-primas e auxiliares
- ✎ Redução da produção de resíduos
- ✎ Minimização dos desperdícios



Aspectos Económicos

- ✎ Poupança nos custos do processo, pela diminuição do consumo de matérias-primas e auxiliares
- ✎ Minimização dos custos de gestão de resíduos

6.3.3 Implementação de um sistema de gestão integrada dos resíduos produzidos

A gestão de um resíduo industrial, dentro da própria empresa que o originou, compreende várias etapas, nomeadamente: o seu manuseamento, segregação, acondicionamento no local da produção, transporte interno até ao parque de resíduos e a recolha por operador licenciado. Esta gestão interna, é sem dúvida da responsabilidade do industrial.



Assim sendo, a legislação vigente torna o industrial co-responsável por qualquer acidente de contaminação que possa ocorrer. Os resíduos industriais devem por isso, ser adequadamente geridos pelo industrial em todas as etapas supracitadas e devem ser contratados operadores licenciados que garantam a execução das operações de recolha em condições de segurança.



Acções a implementar

✓ Conceber, documentar, implementar e manter um procedimento de controlo operacional para a gestão interna de resíduos

Deverão ser elaborados, documentados, implementados e mantidos um ou mais procedimentos de controlo operacional para a gestão interna de resíduos, com regras de manuseamento, segregação, acondicionamento, transporte interno e armazenagem temporária dos resíduos produzidos e ao(s) qual(is) deverão estar aliados: a informação e sensibilização de todos os colaboradores envolvidos, disponibilização dos meios necessários (eg. recipientes para recolha, equipamento de protecção individual para os trabalhadores envolvidos no manuseamento, entre outros), bem como procedimentos de emergência em caso de acidentes ou derrames.

✓ Segregar/separar os resíduos na unidade industrial

A segregação/separação dos resíduos na unidade industrial é de extrema importância no processo de gestão e tem como objectivos básicos:

- Evitar a mistura de resíduos incompatíveis

- Contribuir para o aumento da qualidade dos resíduos que possam ser recuperados ou reciclados

- Evitar a contaminação de resíduos por outros resíduos perigosos e consequentemente diminuir o volume de resíduos perigosos a serem tratados

A mistura de resíduos incompatíveis pode gerar reacções indesejáveis ou incontrolláveis com impactes ambientais adversos, e consequências negativas na saúde humana. Destacam-se os mais comuns, nomeadamente: incêndio ou explosão; libertação de fumos; volatilização de substâncias inflamáveis ou tóxicas e consequente libertação de gases inflamáveis ou tóxicos; solubilização de

substâncias tóxicas; polimerização violenta. A extensão dos impactes dependerá essencialmente, das características físico-químicas dos resíduos, das quantidades envolvidas, dos locais de armazenamento e dos tipos de reacções geradas. Por outro lado, independentemente do tipo de resíduo, uma segregação ineficiente na origem, irá aumentar substancialmente os custos do seu tratamento, podendo mesmo inviabilizar a sua reutilização ou reciclagem.

✓ **Elaborar instruções sobre o acondicionamento de resíduos nos locais de produção**

Relativamente ao acondicionamento, enquanto permanecerem dentro da empresa, aguardando reaproveitamento interno, venda ou destino final, os resíduos industriais devem ser acomodados de modo a não se degradarem, serem protegidos de intempéries e evitarem contaminações ambientais. A escolha do tipo de recipiente irá depender essencialmente das características do resíduo, das quantidades geradas, do tipo de transporte a ser utilizado, da necessidade ou não de tratamento e da forma de deposição a ser adoptada. Geralmente as indústrias utilizam dois tipos de recipientes:

- Ecopontos de menor dimensão, colocados no interior da nave industrial, junto dos pontos do processo produtivo, no quais são gerados os resíduos industriais. Para otimizar o sistema de segregação dos resíduos, deverá ser analisada e considerada a colocação de ecopontos (devidamente identificados) em pontos estratégicos nos locais de produção dos resíduos e todos os trabalhadores deverão ser sensibilizados para a correcta separação dos resíduos
- Ecopontos de maior dimensão, instalados no parque de resíduos da empresa

Os recipientes devem ser fabricados com materiais **compatíveis com os resíduos**, devendo também, ser **estanques, resistentes e duráveis**.

✓ **Elaborar instruções sobre o transporte interno de resíduos**

O transporte interno de resíduos refere-se às **operações de trasfega ainda nas instalações industriais, nomeadamente nas deslocações entre os locais de produção de resíduos e o parque de resíduos onde se efectua a armazenagem preliminar** até recolha para destino final. Esta condução **deve ser efectuada em condições ambientalmente adequadas, de modo a evitar a dispersão ou derrame dos resíduos**.

Assim sendo, devem ser observados, os seguintes requisitos:

- Os resíduos sólidos devem ser transportados em embalagens ou a granel, em veículo de caixa fechada ou veículo de caixa aberta, com a carga devidamente coberta
- As embalagens de resíduos líquidos perigosos devem ser transportadas sobre bacias de retenção móveis
- Os resíduos líquidos e pastosos devem ser acondicionados em embalagens estanques, cuja taxa de enchimento não exceda 98%
- Todos os recipientes e embalagens de um carregamento devem ser convenientemente arrumados no veículo e escorados, por forma a evitar deslocações entre si ou contra as paredes do veículo
- Devem empilhar-se os recipientes, em condições de segurança, de modo a evitar fissuras e desgaste resultante de uma distribuição inadequada do peso
- Os veículos utilizados para o transporte devem estar em bom estado de conservação e o motorista deve ser habilitado

- No caso de transporte de resíduos com empilhadores, deve assegurar-se uma condução consciente, evitando a queda das embalagens
- A carga e descarga devem ser feitas com o máximo cuidado para evitar queda de embalagens e consequentes derrames
- Não devem transportar-se em conjunto materiais incompatíveis (ver Fichas de Segurança dos produtos)
- Devem elevar-se os recipientes relativamente ao pavimento para inibir a corrosão do cimento ou betão
- As embalagens devem estar bem fechadas durante a sua movimentação para evitar possíveis derrames
- Em caso de derrame durante as operações de transporte interno deverá conter-se o derrame com o material absorvente disponível no local, para evitar a contaminação do solo, recolher o material absorvente e colocá-lo em contentor apropriado

✓ Elaborar instruções sobre a armazenagem preliminar de resíduos

Um novo conceito introduzido pelo Decreto-Lei nº 73/11 de 17/6 é a **"Armazenagem Preliminar"**, ou seja, a deposição controlada de resíduos, no próprio local de produção, por período não superior a um ano, antes da recolha, em instalações onde os resíduos são produzidos ou descarregados a fim de serem preparados para posterior transporte para outro local para efeitos de tratamento. O armazenamento preliminar requer um acondicionamento adequado dos resíduos, de modo a evitar derrames, misturas, contaminações e acidentes. Os recipientes devem estar devidamente identificados, assim como o espaço de armazenamento, de forma a facilitar o rastreamento e acompanhamento do inventário. Na área de armazenagem preliminar de resíduos, geralmente denominada parque de resíduos, existem alguns requisitos indispensáveis a cumprir.

REQUISITOS ESSENCIAIS NA CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE DE RESÍDUOS

- Local de fácil acesso, tendo em conta não só a dimensão dos veículos de recolha dos resíduos, mas também de carros de bombeiros e ambulâncias na eventualidade de ocorrência de situações de emergência.
- Preferencialmente coberto, fechado e ventilado, com chão de betão ou outro material impermeabilizante, se o resíduo a ser armazenado for perigoso.
- Piso e paredes revestidos de material liso, impermeável, lavável e de fácil higienização.
- Aberturas para ventilação de, no mínimo, 1/20 da área do piso.
- Porta com abertura para fora, tela de protecção contra roedores e de largura compatível com os recipientes de recolha externa.
- Pontos de iluminação e de água, tomada eléctrica, pontos de escoamento de águas residuais direccionando-as para sistemas de contenção de derrames ou sistemas de recolha de águas residuais.
- Área para higienização dos recipientes e equipamentos.
- Identificação das zonas de armazenamento, com identificação do tipos de resíduos a armazenar e respectivos códigos LER.
- Equipado com extintores, EPI, kit de contenção de derrames, fichas de segurança e procedimentos de prevenção e actuação em caso de emergência.

Na imagem seguinte apresenta-se um modelo tipo de Parque de resíduos.

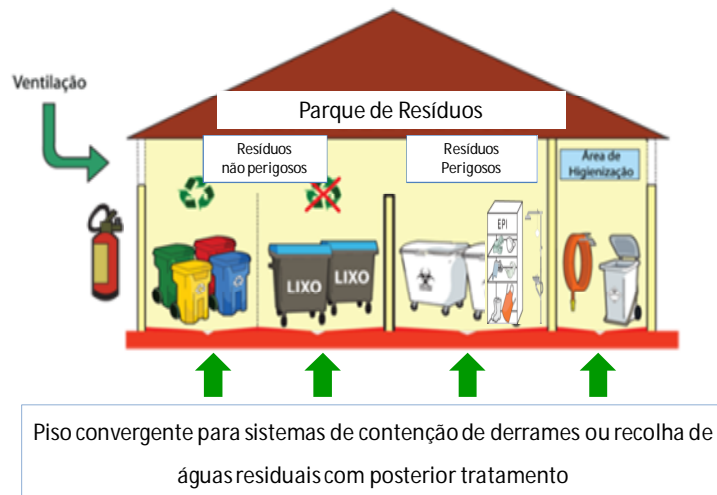


Figura 61- Esquematização de um Parque de Resíduos

Para o armazenamento preliminar de quantidades consideráveis de resíduos perigosos, principalmente em estado líquido, há indústrias que optam por estruturar um parque de resíduos perigosos em separado do parque de resíduos não perigosos.



Figura 62- Esquematização de um Parque exclusivamente para Resíduos Perigosos

✓ Informar/ministrar formação aos trabalhadores sobre as boas práticas de gestão de resíduos

Salvo raras exceções o manuseamento dos resíduos na unidade industrial é realizado por pessoal não qualificado. Como consequência, os trabalhadores em questão expõem-se a riscos desnecessários, por desconhecimento do assunto. Muitas vezes, um resíduo não apresenta um efeito imediato e visível, comparável a uma intoxicação aguda ou a uma queimadura. No entanto, ao longo do tempo pode manifestar-se em distúrbios irreversíveis no organismo humano e mesmo implicar danos genéticos, que se manifestarão nos descendentes dos operários. Desta forma, **o industrial deverá garantir que todos os trabalhadores:** sejam informados e sensibilizados dos riscos inerentes a cada tipo de resíduo; recebam formação para a execução das tarefas de recolha,

acondicionamento, transporte interno e armazenamento temporário; tenham colocados à sua disposição equipamentos de protecção individual e sejam treinados quantos aos procedimentos de emergência em caso de acidentes ou derrames de resíduos.



Benefícios Ambientais

- ✧ **Redução do consumo de recursos naturais**
- ✧ **Redução da quantidade e/ou perigosidade dos resíduos perigosos**
- ✧ **Diminuição do impacte ambiental**



Aspectos Económicos

- ✧ **Diminuição dos custos associados à gestão de resíduos**
- ✧ **Possibilidade de obtenção de proveitos económicos, através da venda de alguns resíduos com valor económico**

6.4. Emissões atmosféricas

Existem várias fontes de emissões atmosféricas nas actividades do sector do tratamento de superfícies. As que apresentam maior impacto ambiental são as provenientes dos processos de cromagem e desgorduramento com solventes. Outros poluentes que podem ser encontrados nas emissões são ácidos em forma de gás ou vapor, como NO_x , HF e HCl, cianeto, ácido sulfúrico e níquel, presentes nos aerossóis que se produzem na superfície de determinados banhos.

As diferentes emissões provenientes dos processos galvanicos podem agrupar-se em:

- **Vapores e gases ácidos:**

Provenientes fundamentalmente dos processos de decapagem ácida com ácido clorídrico, fluorídrico e nítrico. O mais comum é o ácido clorídrico, cujos vapores causam sérios problemas de corrosão nas instalações e nas peças.

A problemática do ácido nítrico não está tão ligada ao ácido em si, mas sim aos gases nitrosos (NO_x) que se produzem na reacção do ácido com o metal a decapar.

O ácido sulfúrico é também amplamente utilizado, não derivando o seu problema tanto dos vapores que se podem produzir na decapagem, mas dos aerossóis carregados com sulfúrico, que se produzem em processos como a anodização de alumínio.

- **Aerossóis:**

São microgotas de soluções que se produzem fundamentalmente nos banhos electrolíticos, pela acção de libertação de hidrogénio nos cátodos. Os mais significativos, são os dos banhos de cromo, podendo também aparecer nos banhos de níquel e outros banhos ácidos, na anodização de alumínio, em banhos de cianeto e em banhos isentos de zinco.

Algumas operações de lavagem por *spray*, sobretudo quando realizadas sobre o mesmo banho, podem também produzir aerossóis.

Para além do problema ambiental, geram risco para os trabalhadores, em função do seu grau de exposição.

- **Compostos orgânicos voláteis:**

Advêm principalmente dos processos de desgorduramento com solventes.

- **Gases de combustão:**

São os gases que se produzem na combustão de gás, gasóleo e outros combustíveis nas caldeiras destinadas ao aquecimento de banhos e nos queimadores utilizados na secagem de peças.

- **Poeiras e partículas:**

São produzidas na manipulação de produtos químicos pulverulentos, fundamentalmente o hidróxido de cálcio utilizado na depuração de águas residuais e alguns sais de cianeto. As empresas em que se realizem operações de polimento mecânico apresentam também emissões de partículas provenientes dos abrasivos e do metal polido.



Figura 63 - Máquina de desgorduramento e lavagem de peças metálicas



Acções a implementar

- ✓ Instalação de sistemas de filtração para eliminação de partículas sólidas presentes nas emissões para a atmosfera
- ✓ Instalação de equipamentos de remoção de CO₂, NO_x e fluoretos
- ✓ Instalação de equipamentos de remoção de COV



Benefícios Ambientais

- ✧ Minimização das emissões atmosféricas
- ✧ Cumprimento dos requisitos legais em matéria de emissões atmosféricas



Aspectos Económicos

- ✧ Eliminação dos custos com coimas
- ✧ Custos com aquisição de equipamentos para tratamento das emissões atmosféricas

6.5. Energia

Nas actividades do Sector do Tratamento de Superfícies existem distintas fontes de consumo de energia:



Figura 64 - Rectificador eléctrico

Energia eléctrica utilizada nos processos electrolíticos

Pode atingir entre 20 a 40% do total de electricidade consumida. Os banhos ácidos consomem menos electricidade porque são mais eficientes (com a excepção dos banhos de cromagem). Os banhos alcalinos consomem corrente eléctrica em reacções electrolíticas parasitas como a electrólise da água e oxidação de substâncias como o cianeto.

Energia eléctrica utilizada para o aquecimento dos banhos

Pode constituir entre 20 a 40% da electricidade consumida. Os aquecedores eléctricos são utilizados sobretudo em instalações manuais e banhos de pouco volume ou como complemento a outros sistemas de aquecimento que funcionam com combustíveis como gasóleo, gás ou outros.

Energia eléctrica utilizada para o arrefecimento dos banhos

O seu consumo situa-se entre 0 a 15% do total. Há processos que vão aquecendo à medida que vão trabalhando, alcançando temperaturas que põem em perigo o seu bom funcionamento. Estes processos necessitam de um sistema de arrefecimento, que é consumidor de electricidade e, geralmente, também de água.

Energia eléctrica utilizada para equipamentos auxiliares

Nas actividades dos tratamentos de superfície, utiliza-se um número significativo de motores eléctricos associados a bombas, agitadores, equipamentos para a transferência de peças de uma posição a outra do processo, compressores, extractores, supressores, etc.

Energia eléctrica utilizada para secagem

As operações de secagem podem realizar-se com sistemas eléctricos ou através do uso de combustíveis.

Energia eléctrica utilizada para iluminação, acondicionamento e ventilação das áreas de trabalho

As fontes de consumo (equipamentos auxiliares, secagem, iluminação, acondicionamento e ventilação), agregam um importante consumo, que pode cifrar-se entre os 18 e os 53% do total.

Combustíveis utilizados para o aquecimento dos banhos

Utilizam-se combustíveis como gasóleo, gás natural, e até carvão ou madeira, para o aquecimento dos circuitos de aquecimento que estão em contacto com os banhos. Estes circuitos podem levar água quente, vapor ou óleos térmicos, que fornecem a energia necessária para manter a temperatura das soluções dos banhos. A utilização destes combustíveis produz gases de combustão, que passam a formar parte das emissões atmosféricas.

Combustíveis utilizados para a secagem de peças

A secagem das peças pode ser feita por aquecimento de ar através da combustão de diversos combustíveis. Tal como na utilização de combustíveis para o aquecimento de banhos, são produzidas emissões atmosféricas pelos gases de combustão.

Uma utilização ineficiente dos recursos energéticos gera impactes ambientais desnecessários e leva a perdas económicas, que têm reflexo nos custos directos de produção.

Seguidamente são descritos tópicos de boas práticas e medidas preventivas, que permitem a racionalização e optimização do consumo de energia nos processos de fabrico do Sector do Tratamento de Superfícies e que contribuirão para uma P+L.



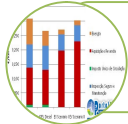
PROMOVER UMA GESTÃO EFICAZ DE ENERGIA NA EMPRESA

Implementação de um sistema de monitorização da energia



PROMOVER UMA GESTÃO EFICAZ DE ENERGIA NA EMPRESA

Implementação de um sistema de gestão de energia segundo a norma ISO 500011



DEFINIR ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



OPTIMIZAR A CONTRATACÃO E FACTURAÇÃO ENERGÉTICAS



OPTIMIZAR AS CONDIÇÕES DE AQUISIÇÃO E DE OPERAÇÃO DOS MOTORES ELÉCTRICOS



SELECIONAR OS COMBUSTÍVEIS A UTILIZAR



PROMOVER A ECONOMIA DE ENERGIA NAS INSTALAÇÕES DE AR COMPRIMIDO



PROMOVER A ECONOMIA DE ENERGIA NAS INSTALAÇÕES DE GERAÇÃO DE VAPOR

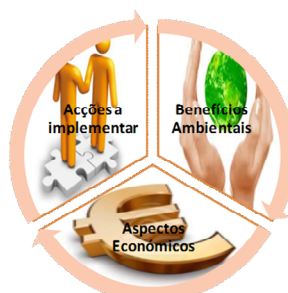


RACIONALIZAR O CONSUMO DE ENERGIA NOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO



RACIONALIZAR O CONSUMO DE ENERGIA EM PROCESSOS ESPECÍFICOS

Tal como nos subcapítulos anteriores do presente manual, os tópicos acima listados, serão explorados nos subcapítulos seguintes, efectuando-se em todos os casos uma descrição das **acções a implementar**, **benefícios ambientais** e **aspectos económicos** envolvidos.



6.5.1. Promover uma gestão eficaz de energia na empresa ⁽¹¹⁾

- Implementar um sistema de monitorização de energia -

Os sistemas de monitorização de energia são uma ferramenta fundamental para a redução dos consumos. Tal é conseguido através dos princípios do ciclo de gestão: definição de objectivos, implementação de acções, medição, correcção.



Sem medir não é possível melhorar. Assim, a medição é fundamental para:

- Compreender os consumos eléctricos e não eléctricos;
- Conhecer a qualidade da energia e ineficiência dos equipamentos, permitindo acção imediata sobre os problemas da rede;
- Conhecer o perfil de carga aumentando a eficiência energética;
- Promover o uso de electricidade em horários mais vantajosos;
- Comparar a facturação do fornecedor de energia;
- Reduzir os consumos de *stand-by*;
- Contribuir para a redução de impacto no clima, através das emissões de gases comm efeito de estufa;
- Baixar a factura energética
- Obter a certificação ambiental

Um Sistema de Monitorização de Energia (SME), permite medir através de qualquer contador que esteja integrado no circuito e que emita impulsos eléctricos.

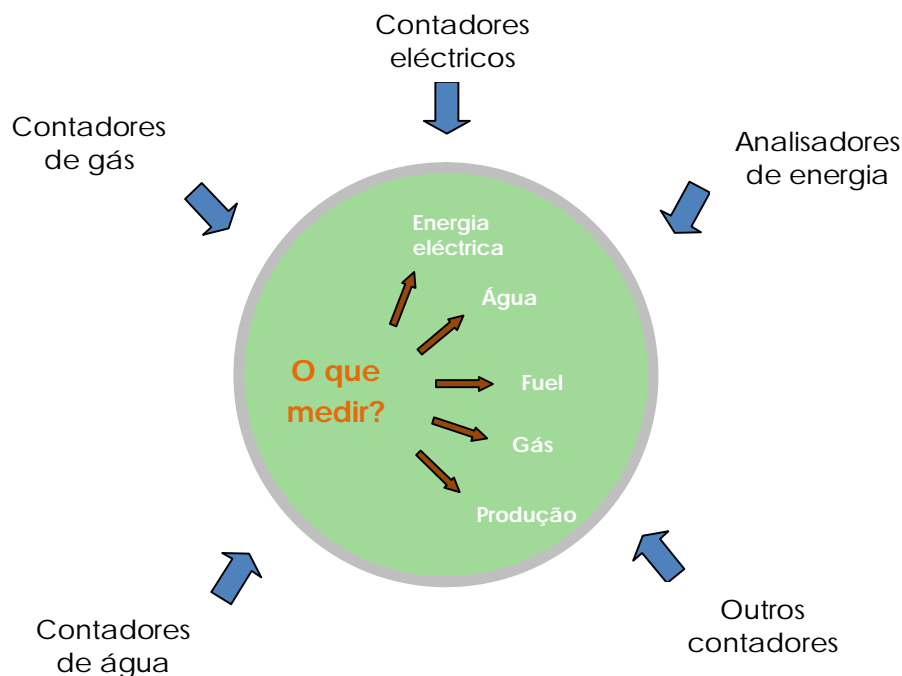


Figura 65 – Sistema de monitorização de energia (SME)

Fonte: Manual de Boas Práticas na Utilização Racional de Energia e Energias Renováveis - APICER / CTCV



Acções a implementar

- ✓ **Efectuar um levantamento energético e proceder à contabilidade energética**
Para isso é necessário obter dados regulares para medir o consumo de cada combustível ou outras fontes de energia na empresa (facturas de energia eléctrica, consumo de combustíveis).
- ✓ **Obter dados referentes à produção e se for o caso, à temperatura (para aquecimento e refrigeração)**
- ✓ **Preparar relatórios claros, simples e relevantes para que os directores possam tomar decisões**
- ✓ **Promover a realização de verificações periódicas a toda a instalação eléctrica da empresa**
- ✓ **Avaliar a eficiência energética como um critério para a aquisição de novos equipamentos**
- ✓ **Realizar auditorias energéticas com vista a analisar o consumo e rever a possibilidade de contratar tarifas mais vantajosas**
- ✓ **Sensibilizar e formar colaboradores dando-lhes a conhecer os benefícios advindos com a melhoria na eficiência no uso de energia**
Deve integrar-se a eficiência de energia na rotina diária de todos os colaboradores da empresa e devem ser relatados os sucessos das medidas de eficiência energética.
- ✓ **Instalar instrumentos de medida e controlo automático, por forma a obter com precisão os dados quantitativos que permitam comparar a situação da empresa antes e após a tomada das diversas medidas**
- ✓ **Promover o êxito alcançado entre os directores, para garantir investimentos futuros**



Benefícios Ambientais

- ✎ **Racionalização do consumo energético**
- ✎ **Redução das emissões de gases com efeito de estufa**



Aspectos Económicos

- ✎ **Investimento em recursos humanos para gestão energética**
- ✎ **Custos com formação**
- ✎ **Optimização dos custos energéticos pela racionalização do seu consumo**

6.5.2. Promover uma gestão eficaz de energia na empresa ⁽¹¹⁾

– Implementar um sistema de gestão de energia segundo a norma ISO 50001 –

A norma ISO 50001 tem como objectivo global auxiliar as empresas a estabelecer os sistemas e processos necessários para melhorar a sua eficiência energética.

As acções a desenvolver devem conduzir a redução nos custos e nas emissões de gases com efeito de estufa, através de uma gestão sistemática da energia.



Esta norma baseia-se na metodologia conhecida como ciclo de *Deming*, ou seja, PLAN – DO – CHECK – ACT (PDCA), que pode ser descrita como se segue:

- **Plan** – Estabelecer os objectivos e procedimentos necessários para obter resultados, de acordo com a política energética da organização.
- **Do** – Implementar os procedimentos.
- **Check** – Monitorizar e medir os procedimentos em relação à política energética, objectivos, metas, obrigações legais e outros requisitos que a organização deve cumprir e relatar os resultados.
- **Act** – Empreender acções para melhorar, continuamente, o desempenho do sistema de gestão de energia.



Figura 66 – Ciclo PDCA

Por outras palavras, um Sistema de Gestão de Energia é um modelo que ajuda a sistematizar na definição das responsabilidades, a planear, a definir indicadores e objectivos, a monitorizar os consumos, a auditar os processos e a implementar medidas no sentido de corrigir situações que possam levar à redução dos consumos energéticos, numa espiral de melhoria contínua.

Este Sistema pode ser integrado com outros Sistemas de Gestão, nomeadamente da Qualidade, Ambiente, Segurança, entre outros.



Acções a implementar

- ✓ **Elaboração, documentação, implementação e manutenção de um Sistema de Gestão de Energia que satisfaça os requisitos da Norma ISO 50001**



Benefícios Ambientais

- ✧ **Racionalização do consumo energético**
- ✧ **Redução das emissões de gases com efeito de estufa**

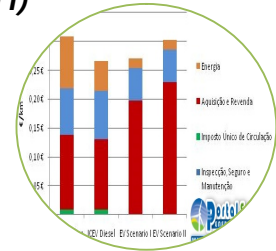


Aspectos Económicos

- ✧ **Investimento em recursos humanos para gestão energética**
- ✧ **Custos com formação**
- ✧ **Optimização dos custos energéticos pela racionalização do seu consumo**

6.5.3. Definir índices de eficiência energética ⁽¹¹⁾

A elaboração de índices de eficiência energética e o cálculo de indicadores económicos permitirão ter ferramentas adequadas para poder conhecer com pormenor o estado de cada processo e comparar com processos semelhantes em empresas análogas, e se necessário, adoptar medidas rectificadoras oportunas.



Dentro dos indicadores energéticos é possível fazer-se uma classificação entre indicadores absolutos e relativos:

- **Indicadores absolutos**
 - Potências totais instaladas em cada sistema
 - Horas de funcionamento por ano
- **Indicadores relativos**
 - Potências instaladas em cada sistema por unidade de superfície ou de produção
 - Consumo de cada uma das energias por unidade de superfície ou de produção
 - Consumo em cada ciclo de operação para cada actividade



Acções a implementar

- ✓ Monitorizar o consumo de cada combustível
- ✓ Efectuar um levantamento energético e proceder à contabilidade energética
- ✓ Proceder à definição dos índices de eficiência energética



Benefícios Ambientais

- ⊞ Racionalização do consumo energético
- ⊞ Redução das emissões de gases com efeito de estufa



Aspectos Económicos

- ⊞ Investimento em recursos humanos para gestão energética
- ⊞ Custos com formação
- ⊞ Optimização dos custos energéticos pela racionalização do seu consumo

6.5.4. Optimizar a contratação e facturação energéticas ⁽¹¹⁾

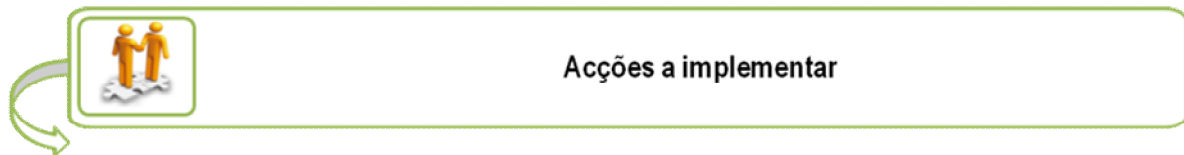
Na escolha do tipo de energias que se vão consumir, é necessário determinar quais são os mais adequados para o processo produtivo, desde o ponto de vista técnico, económico e do meio ambiente.

Escolhidos os tipos de energia que se vão consumir e a quantidade necessária de cada, é preciso estudar a modalidade de contratação para cada uma das energias, analisando a possibilidade de a obter considerando as tarifas reguladas ou no mercado liberalizado.



É conveniente ter um conhecimento suficientemente amplo das características técnicas, económicas, comerciais e legais do mercado energético, sendo recomendável dispor na empresa de um responsável para esta área, ou recorrer a um especialista externo.

Juntamente com esta escolha, deve realizar-se de forma periódica uma análise da facturação respeitante à energia consumida, comprovando se é a mais adequada em função das diferentes modalidades de preços.



Acções a implementar

- ✓ **Analisar a possibilidade de alterar os consumos das horas de ponta para horas de baixo consumo, permitindo escolher assim um tarifário que premeie os consumos neste tipo de horas**
- ✓ **Analisar se a tarifa eléctrica contratada é a mais adequada ao perfil de consumo**

Deve seleccionar o maior nível de tensão de entrega possível, já que, neste caso os termos de potência e de energia são menores que em baixa tensão. Em Portugal, dependendo do número de horas de utilização anual das instalações eléctricas pode interessar optar por tarifas com custos unitários de energia e potência mais adequados sendo necessário efectuar uma simulação com base em consumos registados num período alargado (12 meses de preferência), para se verificar qual a alternativa mais económica;
- ✓ **Corrigir o factor de potência e ajustá-lo para o valor mais elevado possível, mantendo-o sempre acima de 0,93**



Benefícios Ambientais

- ✎ **Racionalização do consumo energético**
- ✎ **Redução das emissões de gases com efeito de estufa**



Aspectos Económicos

- ✎ **Investimento em recursos humanos para gestão energética**
- ✎ **Custos com formação**
- ✎ **Optimização dos custos energéticos pela racionalização do seu consumo**

6.5.5. *Optimizar as condições de aquisição e de operação dos motores eléctricos* ⁽¹¹⁾

Os motores eléctricos abastecem, na maioria dos casos, a energia que alimenta os equipamentos industriais, pelo que a sua operação e conservação representam um campo importante de oportunidades para a poupança de energia, que se traduz numa redução dos custos de produção e numa maior competitividade.



Estes equipamentos são uma das principais fontes de consumo de energia na Europa, sendo os responsáveis por 70% do consumo de electricidade na indústria europeia. O custo da utilização de um motor eléctrico é de 95% em energia, 3% na compra e 2% em manutenção.

A poupança de energia começa com a selecção apropriada dos motores para cada aplicação. Existe sempre um mais adequado às necessidades, tanto no que diz respeito ao seu tipo por condições próprias da operação, condições de arranque ou regulação de velocidade, assim como pelo seu tamanho ou potência. As maiores poupanças de energia eléctrica obtêm-se quando o motor e a sua carga funcionam na sua máxima eficiência.

A eficiência ou rendimento de um motor eléctrico é uma medida da sua capacidade para converter a potência eléctrica em potência mecânica útil.

Nem toda a energia eléctrica que um motor recebe se converte em energia mecânica. No processo de conversão, dão-se perdas, pelo que a eficiência nunca será de 100%. Se as condições de operação de um motor estiverem incorrectas ou se este tiver alguma imperfeição, a magnitude das perdas pode superar em muito as especificações previstas em projecto, com a consequente diminuição da eficiência. De forma geral, um motor converte 85% da sua energia eléctrica em energia mecânica, perdendo 15% no processo de conversão. Na prática, consome-se (e paga-se) inutilmente a energia utilizada para fazer funcionar o motor.

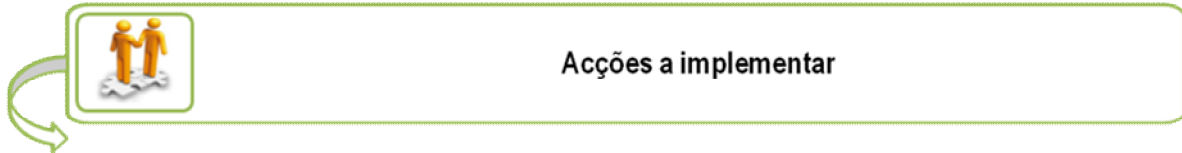
É especialmente interessante introduzir critérios de eficiência no momento de adquirir motores novos ou de substituir algum dos existentes. Utilizar motores com mais eficiência, que actualmente podem apresentar rendimentos na ordem dos 96%, reduz as perdas e os custos de operação. Os motores mais eficientes, ainda que inicialmente pressuponham um maior investimento, permitem recuperá-lo em pouco tempo, reduzindo de forma global os custos de operação.

Apresentam como vantagens adicionais:

- Menor consumo com a mesma carga.
- Maior fiabilidade e menores perdas.
- Rendimento consideravelmente maior.
- Amortização em 2,5 anos aproximadamente.
- Operação a menor temperatura.
- Suportam melhor as variações de tensão e as harmónicas.
- Factor de potência sensivelmente maior.
- Operação mais silenciosa.

Na altura de adquirir um motor eléctrico, deve ter-se em conta que, ao comprar um motor de elevada eficiência, o investimento inicial pode tornar-se mais alto, mas os custos podem recuperar-se rapidamente em termos de poupança do consumo energético. Segundo a eficiência energética dos motores eléctricos, estes classificam-se em:

- EFF1: Motores de elevada eficiência.
- EFF2: Motores de eficiência normal.
- EFF3: Motores de eficiência reduzida.



Acções a implementar

- ✓ **Desligar os motores nos momentos de *stand-by*, pois ainda assim consomem grande quantidade de energia**
- ✓ **Evitar o arranque e a operação simultânea de motores, sobretudo os de média e grande capacidade, para diminuir o valor máximo de consumo**
- ✓ **Verificar as horas de funcionamento anuais de cada motor**
- ✓ **Analisar a eficiência do motor e ver se é a adequada para o tempo de operação**

Deve realizar-se um estudo aos motores para identificar aqueles que possam ser substituídos por outros com maior eficiência energética e com um período de retorno de investimento rápido. Nesta análise, dividiremos os motores em três categorias:

- Substituição imediata: motores que funcionem continuamente (mais de 8000 horas por ano)
- Substituição quando se produzam falhas
- Permanência da situação actual

Motores eficientes ou que funcionam menos de 2000 horas por ano podem ser rebobinados ou substituídos por um motor semelhante. Evitar rebobinar um motor mais de duas vezes, porque pode alterar as características de projecto do motor, o que aumentaria as perdas de energia.

- ✓ **No caso de se substituir algum dos motores existentes:**
 - Escolher motores de indução trifásicos em vez de monofásicos. Em motores de potência equivalente, a sua eficiência é de 3 a 5% superior e o seu factor de potência é mais elevado
 - Se a carga permitir escolher motores de alta velocidade, pois são mais eficazes e no caso de se tratar de motores de corrente alternada, trabalham com um melhor factor de potência
 - Na necessidade de motores de grande potência e baixa velocidade, considerar a possibilidade de utilizar motores síncronos em vez de motores de indução
 - Em geral, perante a presença de um motor danificado, os motores de menos de 5 kW devem ser substituídos. Nos motores de 30 kW, deve-se levar a cabo a substituição das peças danificadas, e nos motores entre 5 a 30 kW deve estudar-se o caso para decidir se convém substituir o motor completo ou substituir unicamente as peças necessárias
- ✓ **Verificar o modo de arranque dos motores e se se realiza de forma sequencial e planificada**
- ✓ **Verificar a existência de variações de tensão e o correcto dimensionamento dos cabos**

Uma tensão reduzida nos terminais do motor gera um aumento da corrente, sobreaquecimento e diminuição da eficiência. As normas permitem uma queda de tensão na ordem dos 5%. Para evitar elevadas quedas de tensão, utilizar condutores correctamente dimensionados.

- ✓ **Verificar o desequilíbrio entre fases, evitando que este seja superior aos 5%, recomendando-se que seja inferior a 1%**

- ✓ **Verificar o dimensionamento dos motores e comprovar que operam com factor de carga entre os 65% e os 100%**

O rendimento máximo obtém-se quando operam entre os 75% e os 95% da sua potência nominal e cai bruscamente para cargas reduzidas ou quando trabalha em sobrecarga. Abaixo dos 40% do factor de carga, iniciar a alteração, pois um sobredimensionamento dos motores dá lugar a uma menor eficiência.



Figura 67 - Motor

- ✓ **Rectificar o factor de potência e, em caso de não estar próximo da unidade, analisar a possibilidade de instalar baterias de compensação de energia reactiva**

- ✓ **Verificar a existência de possíveis perdas por más ligações ou na distribuição da energia**

- ✓ **Rectificar o correcto alinhamento do motor com a carga da alimentação, evitando possíveis perdas por atritos desnecessários**

Mesmo assim, é preciso rectificar a lubrificação dos motores para evitar de igual forma perdas por atritos ou fricções.

- ✓ **Verificar o número de arranques do motor. Em caso de serem excessivos, analisar a possibilidade de instalar motores de arranque de tensão reduzida**

Com isto, evitar-se-á um aquecimento excessivo nos condutores e conseguir-se-á diminuir as perdas durante a aceleração.

- ✓ **Instalar equipamentos de controlo de temperatura do óleo de lubrificação dos rolamentos de motores de grande capacidade a fim de minimizar as perdas por fricção e elevar a eficiência**

- ✓ **Rectificar a correcta ventilação dos motores, pois um sobreaquecimento traduz-se em maiores perdas, pode danificar os isolamentos e originar uma diminuição da eficiência**

- ✓ **Utilizar arrancadores estrela-triângulo ou de arranque suave como alternativa aos arrancadores convencionais, quando a carga não necessitar de um elevado binário de arranque**

São mais económicos e eficazes em termos energéticos, mas apresentam o inconveniente do binário se reduzir;

- ✓ **Proceder à inspecção periódica do motor**

Deve incluir leituras de corrente, potência, velocidade, resistência de isolamento, etc., com o fim de verificar se se mantêm as condições apropriadas de funcionamento e eficiência, e para realizar acções correctivas, quando seja necessário.



Figura 68 - Motor eléctrico em ambiente corrosivo

✓ **Registar se os motores de indução utilizam variadores de velocidade**

A variação de velocidade tem múltiplas vantagens:

- Poupança energética como consequência de um consumo mais adequado à carga exigida
- Diminuição dos picos de potência nos arranques

✓ **Verificar se os variadores de velocidade, caso sejam antigos, podem ser substituídos por variadores electrónicos**

Este é o método mais fiável para adequar o consumo de electricidade à carga real que o motor eléctrico terá de suportar, já que as resistências de regulação consomem até 20% da potência que o motor recebe da rede. Ainda assim, permitem melhorar ou reduzir a manutenção e aumentar a vida dos motores e dos mecanismos que os ditos motores accionam. O tempo de recuperação deste investimento costuma ser muito curto, em muitos casos, inferior a um ano.

✓ **Efectuar periodicamente a limpeza dos motores**

Tendo em vista eliminar sujidade, pó e objectos estranhos que impeçam o seu bom funcionamento, deverá proceder-se periodicamente à limpeza dos motores. A regularidade com que esta se realiza dependerá das condições em que os motores estejam a trabalhar, mas é recomendável desmontá-los pelo menos uma vez por ano para realizar a limpeza completa de todos os componentes.



Benefícios Ambientais

- ✎ **Racionalização do consumo energético**
- ✎ **Redução das emissões de gases com efeito de estufa**



Aspectos Económicos

- ✎ **Investimento em recursos humanos para gestão energética**
- ✎ **Custos com formação**
- ✎ **Optimização dos custos energéticos pela racionalização do seu consumo**

6.5.6. Seleccionar os combustíveis a utilizar

A mudança de instalações consumidoras de combustíveis sólidos ou de fuelóleo pesado em instalações consumidoras de gás natural é uma medida com potencial de economia energética elevada. Para além da vantagem energética, a utilização de gás natural gera melhorias na produtividade e na qualidade do produto.



As economias energéticas, térmicas e eléctricas que se conseguem com esta medida centram-se nas operações de secagem e são função das tecnologias de combustão empregues e das características do combustível.



Acções a implementar

✓ **Realização de um estudo de viabilidade técnica, económica e ambiental da utilização de combustíveis alternativos, tais como, gás natural, gás natural liquefeito (GNL) e gás de petróleo liquefeito**

Esse estudo concentrar-se-á nos seguintes factores fundamentais:

- **Disponibilidade:** os combustíveis são um factor de elevada procura no sector do Tratamento de Superfícies e a sua disponibilidade intermitente dificulta por vezes um fornecimento regular
- **Distribuição e infraestruturas:** em algumas zonas não existem as infraestruturas necessárias ao transporte e distribuição de alguns dos combustíveis, como por exemplo no caso do gás natural, que é fornecido por canalização
- **Preço:** é um factor determinante no momento da escolha do combustível, não apenas pelo seu preço pontual como também pelas flutuações previstas
- **Eficiência ambiental:** este é um dos factores a ter em conta, uma vez que selecção de combustível encontra-se directamente relacionada com o cumprimento/incumprimento da legislação vigente, podendo originar sanções e prejuízo para o meio ambiente
- **Eficiência energética:** a eficiência energética apresentada por um ou outro combustível, pode também ser uma causa da sua maior ou menor utilização pelas empresas do sector. No entanto, a escassez de informação sobre o assunto e de estudos comparativos, levam a que este seja um factor secundário no momento da selecção do combustível



Benefícios Ambientais

- ✧ **Optimização do consumo energético**
- ✧ **Redução das emissões de SO₂**
- ✧ **Redução das emissões de CO₂**
- ✧ **Diminuição da produção e emissão de cinzas**



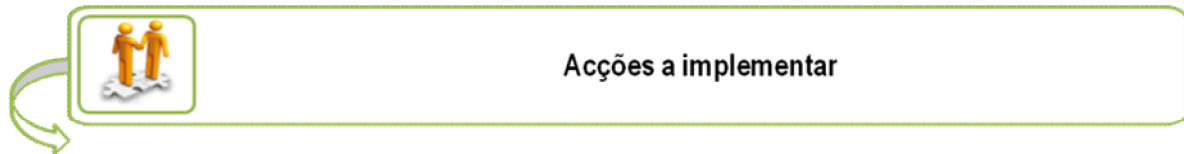
Aspectos Económicos

- ✧ **Investimento nos equipamentos**
- ✧ **Optimização dos custos energéticos pelo aumento do rendimento nas operações**

6.5.7. Promover a economia de energia nas instalações de ar comprimido ⁽¹¹⁾

As instalações de ar comprimido apresentam grandes oportunidades de economia de energia, desde que estejam garantidos os seguintes aspectos:

- PProjecto adequado;
- Operação correcta da instalação
- Implantação de um programa de manutenção eficiente



- ✓ **Assegurar que a utilização do ar comprimido é a adequada e que não se usa para tarefas tais como limpeza (é preferível usar escovas)**
- ✓ **Verificar a pressão de produção do ar comprimido**
Deve fixar-se a pressão do ar comprimido no valor mais baixo possível compatível com os equipamentos consumidores. O consumo de energia é muito mais elevado ao aumentar a pressão de funcionamento.
- ✓ **Verificar que as ferramentas trabalham com a pressão mínima que assegura o seu correcto funcionamento**
Um aumento dos 7 para os 8 bar origina um aumento no consumo eléctrico na ordem dos 9%.
- ✓ **Organizar o consumo de ar comprimido pela sua utilização por hora (horário predeterminado, variável, ou de forma aleatória)**
Pode ser interessante a colocação de válvulas de seccionamento programado, ou por nível de pressão de uso, com o estabelecimento de um regime de distribuição do ar a pressões escalonadas.
- ✓ **Eliminar tubagens de ar comprimido obsoletas ou que já não se usam**
Este tipo de linhas costuma ser uma fonte de fugas.
- ✓ **Assegurar-se de que o ar que se comprimirá vem do exterior ou em geral do local mais frio possível**
Se o ar for captado do exterior verificar se está livre de partículas inadequadas, caso em que seria preciso filtrá-lo.
Aspirar o ar frio reduz os custos de operação; se a temperatura da sala do compressor se encontra 10°C acima da temperatura exterior, a potência eléctrica consumida aumenta em 3%.
O pré-arrefecimento do ar de admissão do compressor melhora em grande medida a sua eficiência. Geralmente, realiza-se mediante refrigeração e obtém-se a uma temperatura de -25°C, com o que se pode alcançar poupanças até 30% no consumo de energia.
- ✓ **Analisar se há alguma zona concreta na qual a exigência (horário, pressão, etc.) é diferente do resto da fábrica e estudar a possibilidade de instalar um compressor local para essa zona**



Figura 69 – Depósito de ar comprimido

✓ **Assegurar-se de que os compressores não permanecem ligados em *stand-by***

Isto supõe um custo elevado. Só deverá ser iniciado o seu funcionamento quando seja necessário

É melhor utilizar dois equipamentos de ar comprimido para que se utilizem ambos só em casos de uma exigência total, com o qual se evita o sobredimensionamento de um único equipamento que pode chegar a consumir até 75% da energia necessária para operar a plena carga.

✓ **Inspeccionar de forma periódica as tubagens do circuito**

Deverão ser inspeccionadas regularmente as tubagens dos circuitos de ar comprimido, assim como os recipientes de armazenamento.

A maior proporção de perdas pode ser atribuída às fugas. Ao reparar estas fugas consegue-se otimizar o funcionamento do compressor e evitar que opere com uma pressão de ar excessiva.



Figura 70 – Circuito de ar comprimido

✓ **Verificar o estado e a limpeza dos pré e pós filtros de ar**

Os pré e pós filtros são origem de elevadas perdas de carga, ocasionando um aumento do consumo energético e de ar.

✓ **Assegurar-se de que os depósitos de armazenamento são do tamanho adequado para o tipo de actividade que se desenvolve**

✓ **Rever a alternativa de substituir as ferramentas pneumáticas pelos seus equivalentes eléctricos, em função do posto de trabalho**

Esta revisão tem de ser feita do ponto de vista técnico-económico. De uma forma geral, as ferramentas eléctricas equivalentes são mais seguras, mais fáceis de operar e consomem menos energia.

✓ **Estudar a utilização de secadores de ar, depois do compressor e antes da sua distribuição.**

Um aumento de temperatura de 40°C poupa 10% de ar comprimido.

✓ **Estudar a possibilidade de recuperar o calor residual do compressor**

O calor do refrigerante – água, ar, óleo – pode ser utilizado para aquecer ar ou água, ou para o aquecimento de naves industriais, mediante um permutador de calor.

A recuperação do calor residual pode chegar a representar uma poupança anual de energia até 20%.



Benefícios Ambientais

- ✧ Redução no consumo de recursos naturais
- ✧ Redução das emissões de gases com efeito de estufa

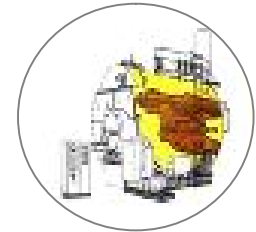


Aspectos Económicos

- ✧ Redução nos custos de manutenção
- ✧ Redução com os custos associados ao consumo de energia

6.5.8. Promover a economia de energia nas instalações de geração de vapor ⁽¹¹⁾

As instalações de geração de vapor são sistemas consumidores de elevadas quantidades de energia. Desta forma, torna-se interessante a aplicação de técnicas que permitam reduzir os referidos consumos, contribuindo para uma P+L.



São equipamentos que trabalham sob pressão, projectados para transferir calor proveniente de uma combustão a um fluido que, geralmente, nos processos industriais, é água, já que pelo seu alto calor latente de vaporização faz com que a fase gasosa deste fluido possa armazenar altas quantidades de energia térmica.

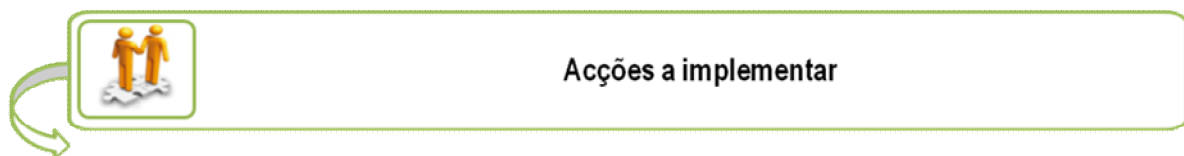
As fontes de calor mais usadas em caldeiras provêm de combustíveis fósseis como fuel-óleo, gás natural, etc., ainda que também se usem resistências térmicas e calor residual de outros processos.

De forma geral, na transferência de calor ao fluido, uma caldeira tem perdas à volta dos 20%, mas se não existir uma boa manutenção ou se não se operar de forma correcta, estas perdas podem atingir 30%.

Na altura de determinar a eficiência de uma caldeira é preciso conhecer e controlar alguns parâmetros, como por exemplo:

- Rendimento da combustão, devendo ser o máximo possível, diminuindo as perdas por fumos e por inqueimados;
- Temperatura de fumos, que permite conhecer o grau de sujidade das superfícies de permuta;
- Percentagem de inqueimados, que indica o grau de imperfeição ou o quão incompleta está a combustão. Quando este valor é elevado produzem-se depósitos de nafta que diminuem a eficiência da transmissão de calor e aumentam a temperatura de fumos;
- Excesso de ar, que indica a necessidade de afinação do queimador. Um ligeiro excesso de ar diminui as perdas por fumos e assim maximiza-se o rendimento;
- Conteúdo de monóxido de carbono;
- Conteúdo de dióxido de carbono;
- Conteúdo de oxigénio.

Indica-se de seguida algumas das acções que são necessárias para otimizar a eficiência das caldeiras.



Acções a implementar

- ✓ **Realizar, por pessoal especializado, uma revisão e limpeza periódicas da caldeira e dos queimadores**

É uma acção importante visto que uma acumulação dos depósitos produzidos pela combustão aumenta as temperaturas de fumos na chaminé, produzindo perdas consideráveis de calor e conseqüentemente diminuição da eficiência. Ainda assim, devem rever-se os depósitos calcários devido à água, que são igualmente origem de perdas de calor pelo aumento da temperatura dos fumos.



Figura 71 - Caldeira

Esta revisão deve incluir um teste da eficiência de combustão e o ajuste da proporção da mistura ar/combustível do queimador para obter a eficácia óptima, já que uma combustão mal ajustada reduzirá a eficiência da caldeira.

O excesso de ar na combustão diminui a temperatura de combustão, e um excesso de combustível gera combustão incompleta, aumentando com isto as emissões e o consumo de combustível. Ambas as situações diminuem a eficiência da combustão.

✓ Realizar um controlo de redução de oxigénio

Deverá ser feito um controlo de redução de oxigénio (O₂) através de sistemas de monitorização do nível de O₂ dos gases de combustão, que comparam os níveis reais de O₂ com os níveis desejados em função da carga da caldeira.

As válvulas secundárias de ar dos queimadores devem ser ajustadas para que a concentração de O₂ esteja nos níveis requeridos. Isto minimiza a quantidade de excesso de ar dentro da caldeira, o que reduz as perdas pelos gases de combustão.



Figura 72 - Queimador

✓ Analisar a possibilidade de instalar desgaseificadores nos sistemas de vapor industriais

Os desgaseificadores são equipamentos mecânicos que eliminam os gases dissolvidos na água de alimentação da caldeira. A desgaseificação protege o sistema de vapor dos efeitos dos gases corrosivos. Com um desgaseificador é possível remover praticamente todo o dióxido de carbono dissolvido na água de alimentação da caldeira.

✓ Rectificar o correcto modo de operação das caldeiras, não permitindo que se liguem em momentos em que não haja necessidade de aquecimento nas zonas de trabalho

✓ Verificar se o tamanho da caldeira é adequado para satisfazer as necessidades actuais da empresa

Deve considerar trocá-la por uma mais pequena se for demasiado grande ou instalar uma suplementar mais pequena para os momentos de menor exigência.



Figura 73 – Caldeira de gás natural

✓ Se existirem várias caldeiras no sistema, instalar controlos de sequência que desliguem as caldeiras que previsivelmente não se usarão, deixando em operação contínua aquelas que são mais pequenas por serem as que apresentam menos perdas

✓ Ponderar a possibilidade de dispor de duas caldeiras diferentes

Segundo o tipo de processo, averiguar se é possível dispor de duas caldeiras diferentes, uma para água quente e outra para o aquecimento, podendo desta forma reduzir consumos, desligando a caldeira do aquecimento no Verão.

✓ Rectificar o correcto isolamento da caldeira e de todas as tubagens de distribuição, válvulas e acoplamentos, evitando perdas desnecessárias de calor

✓ **Analisar a antiguidade da caldeira e a eficiência associada à tecnologia**

No caso de ser demasiado antiga analisar a possibilidade de modernizá-la ou substituí-la.

✓ **Estudar a possibilidade de instalar uma caldeira de elevada eficiência energética**

As caldeiras de condensação aumentam a eficiência, recuperando a maior quantidade de calor procedente do vapor de água que se produz durante a combustão. O rendimento destas caldeiras pode chegar a ser de 90 a 95%.

As caldeiras de baixa temperatura permitem a entrada de água a menor temperatura que a requerida em caldeiras convencionais. É conseguida a poupança da energia necessária para aquecer a água da alimentação com recuperação de calor do vapor contido nos gases de exaustão. Isto permite alcançar rendimentos próximos dos 100%.

✓ **Realizar uma revisão à casa das caldeiras**

Deve-se assegurar que as aberturas de ventilação estão desimpedidas, não existindo restrições no abastecimento de ar e que a ventilação é adequada para garantir que não há acumulação de gases.



Benefícios Ambientais

- ✧ **Redução no consumo de recursos naturais**
- ✧ **Redução no consumo de energia**
- ✧ **Redução das emissões gasosas**



Aspectos Económicos

- ✧ **Redução com os custos associados ao consumo de energia**

6.5.9. Racionalizar o consumo de energia nos sistemas de iluminação ⁽¹¹⁾

Os ambientes não devem ser iluminados além do recomendado nas normas, pois além de não melhorar o desempenho visual, acarreta consumos elevados de energia. A utilização da luz natural é sob todos os aspectos, o ponto de partida para se obter um sistema de iluminação energeticamente eficiente.



O sistema de iluminação pressupõe em muitas empresas uma percentagem elevada do consumo eléctrico. Daí a necessidade de se ajustar as características de iluminação a cada posto de trabalho, convertendo-se num elemento importante de eficiência económica.

Uma das medidas que permite a redução de gastos em iluminação é a consciencialização do pessoal das empresas para a utilização correcta destes sistemas e para desligar as luzes sempre que não forem necessárias. Estes bons hábitos podem promover-se mediante campanhas informativas e colocação de cartazes em locais estratégicos, indicando medidas tais como:

- Evitar iluminar locais vazios.
- Apagar as luzes quando se é a última pessoa a abandonar um local.



Acções a implementar

✓ **Aproveitar ao máximo a luz natural, diminuindo a necessidade da iluminação artificial**

Juntamente com esta medida deve associar-se uma correcta limpeza dos vidros e a eliminação de obstáculos que impeçam a entrada de luz ou façam sombra.



Figura 74 – Aproveitamento da luz natural

✓ **Se não houver circunstâncias que o impeça, pintar as paredes e tectos de cores claras, para favorecer a reflexão da luz e diminuir a necessidade de o iluminar**

✓ **Verificar o estado de limpeza do sistema de iluminação de forma periódica**

A sujidade das luminárias ou armaduras, difusores e lâmpadas prejudica a emissão de luz. O nível de poupança pode alcançar os 20% do consumo de energia em iluminação.

✓ **Verificar o tipo de lâmpadas e a sua eficiência adoptando como critérios:**

- Instalação de lâmpadas fluorescentes de 26 mm ou inclusivamente de 16 mm de diâmetro, em vez das de 38 mm. Estima-se uma poupança de energia de 10%.
- Substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) de baixo consumo que possuem uma maior duração e um menor consumo energético naquelas zonas que requerem um maior nível de iluminação ou onde os períodos de iluminação são longos



Figura 75 – Lâmpadas em nave industrial

Este tipo de lâmpadas consome 80% menos que as incandescentes

- Utilização de balastros electrónicos associados às lâmpadas fluorescentes de alta-frequência. Em comparação aos sistemas de iluminação fluorescentes com balastros convencionais assiste-se a uma poupança de consumo energético (até 25%), um arranque mais suave, eliminação do ruído e incandescência e uma maior duração (até 50% mais). Esta medida costuma ser recomendada quando o sistema funciona mais de 1500 h/ano
 - Nos armazéns, ou de forma geral em zonas de tectos altos, instalar lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, de maior eficiência que as fluorescentes, e que produzem uma maior iluminação com menores custos de manutenção
- ✓ **Verificar os níveis de iluminação nas diferentes zonas de trabalho, reduzindo a iluminação naquelas zonas que não são realmente críticas e portanto que não necessitam de uma iluminação relevante, como os corredores**
- Como medidas, pode optar-se por suprimir nestas zonas alguns pontos de luz, ou eliminar alguma lâmpada fluorescente. Em algumas situações, caso estas medidas não possam ser aplicadas, pode equacionar-se a substituição do sistema por outro mais adequado.
- ✓ **Assegurar-se que os interruptores são facilmente identificáveis e que indicam correctamente o circuito sobre o qual operam, como também se situam em lugares facilmente acessíveis**
- ✓ **Verificar se a iluminação está correctamente distribuída por zonas de acordo com critérios de funcionamentos afins**
- Podem adoptar-se critérios como horários, ocupação ou recorrência à luz natural. Comprovar que a referida distribuição está controlada através do número correcto de interruptores e/ou dos dispositivos de controlo adequados tais como programadores ou sensores de iluminação.
-
- Figura 76 – Iluminação com sensores de presença**
- ✓ **No caso de não se dispor de dispositivos de controlo do sistema, analisar a possibilidade de os instalar, em função da zona:**
- Zonas de utilização pouco frequente (casas de banho, vestiários): detectores por infravermelhos que permitam a ligação automática da iluminação
 - Zonas de utilização presencial (armazéns e refeitórios): interruptores temporizados
 - Zonas exteriores de utilização obrigatória (parque de estacionamento, iluminação periférica): controlos automáticos programados à hora ou através de células sensíveis ao movimento e fotocélulas
- ✓ **Apagar a iluminação de sectores desactivados ou que estão temporariamente em desuso, mesmo que por poucas horas podendo-se utilizar detectores de presença**
- ✓ **Utilizar telhas translúcidas com a finalidade de aproveitar a luz natural**



Benefícios Ambientais

- ✧ **Redução no consumo do recurso energia**
- ✧ **Redução da emissão de gases com efeito de estufa**



Aspectos Económicos

- ✧ **Investimento no material de iluminação**
- ✧ **Redução nos custos com consumo de energia**

6.5.10. Racionalizar o consumo de energia no processo produtivo

A racionalização do processo produtivo consegue-se através da execução de um conjunto de medidas que incluem a implementação de tecnologias mais eficientes, gestão do tempo nos processos, dos recursos naturais e dos espaços. Seguidamente, descrevem-se algumas técnicas de conservação de energia aplicadas a processos específicos no Sector do Tratamento de Superfícies.



Acções a implementar

- ✓ Minimizar a energia usada para aquecer os banhos dos processos
- ✓ Minimizar a energia consumida no arrefecimento dos banhos do processo
- ✓ Minimizar as perdas de corrente eléctrica no processo electroquímico
- ✓ Trabalhar com os banhos nas condições óptimas de funcionamento (composição, concentração, temperatura, pH, condutividade, etc.), mantendo as soluções nos seus parâmetros de trabalho correctos
- ✓ Utilizar rectificadores de onda modificada (p.e. pulsante inversa) para melhorar a deposição metálica sempre que seja tecnologicamente possível
- ✓ Planificar o processo produtivo de modo a implicar um maior consumo no período de baixo custo
- ✓ Efectuar revisões nas máquinas existentes em cada processo e compará-las com as existentes actualmente no mercado, analisar o investimento a realizar, assim como o tempo de retorno do investimento em máquinas com melhores consumos ou rendimentos superiores
- ✓ Efectuar revisões ao plano de manutenção das máquinas já que em muitas ocasiões uma manutenção deficiente provoca consumos superiores



Benefícios Ambientais

- ✧ Redução no consumo do recurso energia
- ✧ Redução da emissão de gases com efeito de estufa

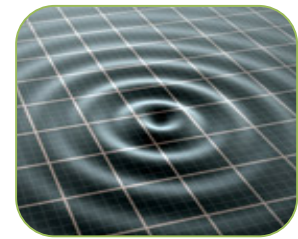


Aspectos Económicos

- ✧ Investimento na aquisição ou alteração de equipamentos e/ou processos
- ✧ Redução nos custos com consumo de energia pelo aumento de rendimento ou minimização do consumo energético

6.6. Ruído e vibrações

O Sector do Tratamento de Superfícies não é um dos mais significativos no que diz respeito à contaminação acústica. Não obstante, algumas das suas actividades são susceptíveis de gerar ruído. Assim, por exemplo, as operações de manipulação de peças produzem picos de ruído, sobretudo na carga e descarga de componentes em instalações de tambor.



A fonte de contaminação acústica de carácter contínuo mais importante são os extractores dos sistemas de aspiração de gases. Outras fontes de contaminação acústica contínua são os compressores, as bombas de circulação de líquidos, os motores das instalações de tratamento de águas residuais e os sistemas de refrigeração e aquecimento ambiental.



✓ **Seleccionar equipamentos com baixo nível de geração de ruído**

Durante o processo de aquisição de qualquer máquina potencialmente emissora de ruídos, deve sempre escolher-se a mais silenciosa. As máquinas velhas ou em mau estado devem ser substituídas progressivamente por outros equipamentos com menor emissão de ruído.

✓ **Isolar as fontes emissoras de ruído**

O uso de barreiras ou isolamentos ajustados ao tipo de máquinas permite isolar a fonte de ruído, reduzindo em algumas ocasiões até 50% do nível de poluição acústica.

✓ **Insonorizar os equipamentos geradores de ruído**

Os equipamentos geradores de ruído devem ser insonorizados através de cabines de isolamento acústico, barreiras acústicas, silenciadores de absorção, etc.

✓ **Instalar superfícies amortecedoras**

A instalação de superfícies amortecedoras ou amortecedores nos suportes de equipamentos, em uniões entre elementos diferentes e nas mesas de trabalho visam a redução dos impactos mecânicos e das vibrações. Estas superfícies devem impedir a transmissão de ruído através dos elementos construtivos.

✓ **Evitar turbulências nas saídas de gases das chaminés**

✓ **Utilizar veículos eléctricos para o transporte de matérias-primas no interior da empresa**

✓ **Proceder ao acondicionamento acústico das empresas**

Permite reduzir a transmissão de ruído ao exterior. Este sistema baseia-se no uso de materiais isolantes na construção e acondicionamento de paredes e tectos.

Este isolamento deverá ser complementado com janelas de vidro duplo, com câmara de ar intermédia e com o perfeito ajuste de portas e selagem de juntas, orifícios, etc.

- ✓ **Instalar pavimento poroso no interior e exterior da empresa**
É uma forma de reduzir o ruído produzido pelos pneus dos veículos (carrinho de mão, camiões, etc.).
- ✓ **Planear a realização de trabalhos que impliquem ruído em período diurno e em momentos do dia em que o número de trabalhadores expostos ao ruído seja o mínimo possível**
- ✓ **Efectuar manutenção preventiva de equipamentos geradores de ruídos**
- ✓ **Elaborar planos de controlo de ruído que incluam mapas de ruído dentro e no perímetro da empresa**
- ✓ **Ministrar formação/sensibilização aos trabalhadores sobre ruído e vibrações**
Os trabalhadores devem ter conhecimento dos procedimentos de actuação para minimização do ruído e vibrações produzidos. Deverá ser dispensada uma atenção especial aos trabalhadores recém contratados.



Benefícios Ambientais

- ✎ **Redução da emissão de ruído**



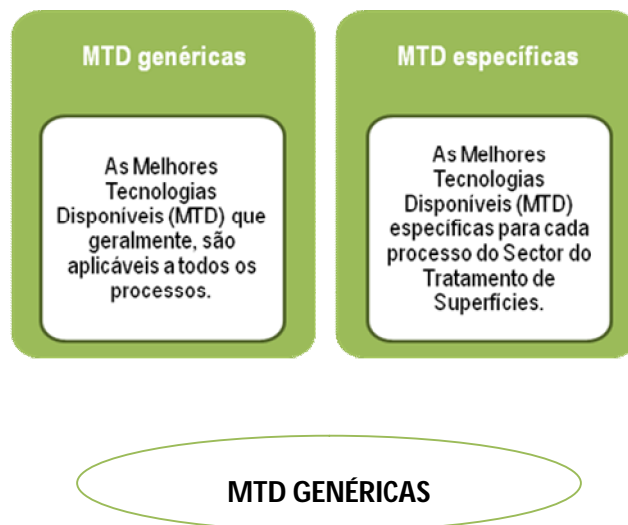
Aspectos Económicos

- ✎ **Investimento na compra de isoladores acústicos, na manutenção dos equipamentos, etc.**
- ✎ **Poupança de eventuais coimas por excesso de ruído ambiental**

7. MELHORES TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS ASSOCIADAS AO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES

No presente capítulo, pretende-se identificar de uma forma resumida as Melhores Tecnologias Disponíveis (MTD), com base no documento de referência sobre as Melhores Tecnologias Disponíveis (BREF - "Best Available Technologies (BAT) REFERENCE documents") para o Sector do Tratamento de Superfícies, elaborado pela Comissão Europeia. A determinação da viabilidade de implementação numa unidade industrial, envolverá a consideração de factores locais específicos, das características técnicas da instalação em causa, da sua localização geográfica e das condições ambientais locais. Para as instalações existentes devem também ter-se em conta a viabilidade económica e técnica da modernização.

(Fonte: Guia Metodológico Sectorial – "Sector dos Tratamentos de Superfície de Metais", IA/UA)



- **Gestão ambiental** (Código BREF STM – 5.1.1.1.)

Aconselha-se que as instalações implementem um sistema de gestão ambiental.

O sistema deve conter e/ou atender aos aspectos abaixo citados:

- Definir uma política ambiental.
- Planear e estabelecer objectivos e metas.
- Implementar e operar segundo os procedimentos definidos.
- Verificar o desempenho da instalação e utilizar acções correctivas.
- Proceder a uma revisão pela gestão.
- Preparar e publicar um documento descrevendo o desempenho ambiental, descrevendo aspectos fundamentais, permitindo comparações anuais, confrontando-os com os objectivos e metas estabelecidos.
- Validar e auditar através de um corpo de certificação creditado ou através de um consultor externo de SGA.
- Implementar e manter um Sistema de Gestão Ambiental, como por exemplo o NP EN ISO 14001:2004, voluntariamente.

Este passo voluntário pode dar mais credibilidade ao Sistema de Gestão Ambiental. No entanto, um sistema não standardizado pode, em princípio, ser igualmente eficaz, desde que devidamente projectado e implementado.

- Estudar o impacte ambiental da operação de uma instalação em fase de projecto.
- Desenvolver e utilizar tecnologias mas limpas.
- Estabelecer valores de referência – Benchmarking – para os inputs e outputs e comparar estes valores com dados de referência externos do sector.

- **Limpeza e manutenção (Código BREF STM – 5.1.1.2.)**

É considerada MTD a elaboração de um programa de limpeza e manutenção, que inclui formação e acções preventivas dos colaboradores. É assim necessário levar em conta a implementação e a operação dos procedimentos contemplando:

- Estrutura e responsabilidades;
- Formação, consciencialização e competências;
- Comunicação;
- Envolvimento dos colaboradores;
- Documentação;
- Controlo da eficiência do processo;
- Programa de manutenção;
- Plano de emergência.

- **Minimização do efeito de re-processo (Código BREF STM – 5.1.1.3.)**

Aconselha-se a redução dos impactes ambientais causados pelo re-processamento de material, através de sistemas de gestão que requerem uma re-avaliação regular das especificações do processo e do controlo da qualidade em conjunto com o operador e o cliente.

Peças ou substratos tratados incorrectamente, em condições ou especificações de operação inapropriadas, podem conduzir a avultadas operações de striping.

A redução de material a re-processar pode ser alcançada de várias maneiras sendo uma ferramenta muito importante o uso de um sistema formal de qualidade. Estes sistemas costumam incluir um controlo estatístico do processo.

Para adequar o tratamento apropriado aos objectivos pretendidos, quer do ponto de vista ambiental quer do ponto de vista da qualidade do produto, é fundamental o diálogo entre o operador e o cliente de modo a que sejam fornecidos desenhos técnicos das peças com os pontos (áreas nas peças) de controlo de qualidade devidamente assinalados.

Em suma, é importante garantir que: as especificações são correctas, actualizadas, aplicáveis, medidas apropriadamente para garantir os requisitos do cliente; que ambos, operador e cliente, discutam qualquer alteração proposta em processos ou sistemas anteriormente à implementação, que o operador treine o uso do sistema e que os clientes estejam cientes das limitações dos processos e dos atributos do revestimento obtido.

- **Benchmarking da instalação** (Código BREF STM – 5.1.1.4.)

Benchmarking é o registo sistemático de inputs (materiais, energia e água - fluxos) e outputs (emissões para a atmosfera, água e resíduos produzidos), estabelecendo comparações destes factores com dados de referência do sector, nacionais ou regionais.

Para estabelecer estas comparações é necessário obter valores comparáveis. Para os tratamentos de superfície, um valor mensurável é a área de superfície tratada ou um consumo. Por vezes torna-se difícil a determinação da área devido a geometrias mais complexas das peças, variações de espessuras, etc. Para minimizar estas dificuldades, desenhos técnicos das peças, ajudam nos cálculos das diversas áreas.

Um sistema capaz de analisar e agir em função da informação obtida deve:

- Identificar a pessoa ou as pessoas responsáveis pela avaliação e tomada de decisão a partir da informação obtida;
- Transmitir a informação aos responsáveis pela performance da instalação, incluindo alerta aos colaboradores, rápida e eficazmente, quando existirem desvios aos valores normais de performance;
- Identificar as causas e motivos que conduzem a desvios relativamente aos valores de referência.

- **Optimização e controlo das linhas de processo** (Código BREF STM – 5.1.1.5.)

É aconselhada a optimização de actividades individuais e das linhas de produção calculando teoricamente os inputs e outputs para eventuais opções de melhoria e comparar estes valores com os que a instalação alcança sem essas medidas.

Estes cálculos são longos e morosos, por isso ferramentas de software são neste campo uma mais valia.

Podem ser criados programas de carácter geral ou específicos aplicados a uma instalação.

No caso das instalações com linhas automáticas de produção, o controlo e optimização do processo deve ser efectuado em tempo real por meio de sistemas de controlo digital. Este controlo aumenta a eficiência da instalação, a qualidade do produto e reduz as emissões.

- **Optimização do lay-out da instalação** (Código BREF STM – 5.1.2.)

É aconselhado projectar, construir e operar uma instalação no sentido de prevenir a poluição através da identificação dos potenciais riscos e implementar um plano de acções de três passos.

Passo 1

- Projectar instalações industriais com dimensões adequadas.
- Identificar as áreas de retenção como sendo áreas de risco de derrame e utilizar materiais adequados prevenindo desta forma potenciais derrames.
- Assegurar a estabilidade dos componentes e das linhas do processo produtivo, incluindo os equipamentos raramente ou esporadicamente utilizados.

Passo 2

- Assegurar que as tinas ou tanques de armazenamento de substâncias perigosas são protegidas usando técnicas de construção como tanques de parede dupla ou situando-os em zonas abrangidas por tanques de retenção.
- Assegurar que as tinas das linhas de produção se encontram envolvidas por zonas de retenção.

- Quando os banhos são bombeados de umas tinas para as outras, assegurar que a tina de recepção tem dimensões adequadas para receber o banho transferido.
- Assegurar que os sistemas de escoamento e as bacias de retenção estão devidamente identificados e que são periodicamente inspeccionados como partes integrantes de um plano de manutenção.

Passo 3

- Proceder a inspeções e programas de testes regulares.
- Ter planos de emergência para o caso de ocorrência de incidentes, os quais devem conter:
 - Planta das zonas de maior incidência;
 - Procedimentos de emergência para os casos de derrames de produtos químicos e óleos;
 - Inspeções aos dispositivos de retenção;
 - Definição de linhas mestras para a gestão de resíduos, nomeadamente para o controlo de resíduos provenientes de derrames;
 - Identificação de equipamento apropriado e assegurar que o mesmo se encontra disponível e em boas condições de funcionamento;
 - Garantia que os colaboradores estão sensibilizados para este tipo de problemas e treinados para lidar com potenciais situações de derrames e acidentes;
 - Identificação das regras e responsabilidades das pessoas envolvidas.

- **Armazenamento de químicos e substratos (Código BREF STM – 5.1.2.1.)**

Ver MTD específicas para a etapa de preparação de superfícies por decapagem/ MTD transversais à etapa de preparação de superfícies, mais adiante apresentadas.

- **Implementação de sistemas de agitação de banhos (Código BREF STM – 5.1.3.)**

Ver MTD específicas para a etapa de preparação de superfícies por decapagem/ MTD transversais à etapa de preparação de superfícies, mais adiante apresentadas.

- **Aquecimento de soluções (Código BREF STM – 5.1.4.2.)**

Quando se utilizam resistências eléctricas para o aquecimento de soluções directamente nas tinas dos banhos é aconselhado verificar manualmente ou automaticamente se as mesmas se encontram completamente submersas. Caso fiquem segmentos fora dos banhos a probabilidade de incêndio é elevada.

- **Redução de perdas de calor (Código BREF STM – 5.1.4.3.)**

No sentido de evitar perdas de calor é aconselhado:

- Procurar oportunidades de recuperação de calor;
- Reduzir a quantidade de ar extraído através das soluções aquecidas. Melhorar a gama de operação dos banhos em termos de concentração e temperatura;
- Isolar as soluções aquecidas por uma ou mais das seguintes técnicas:
 - Utilizar tinas de duplo casco;
 - Utilizar tinas pré-isoladas (as tinas têm duas comportas que se abrem quando entram as suspensões/tambores nos banhos e que se fecham após a entrada ou saída dos mesmos);

- Utilizar esferas de polipropileno na superfície dos banhos sempre que possível. Há situações em que tal não é possível, tais como:
 - ★ quando os substratos a tratar são tão pequenos e leves que ao entrarem em contacto com as esferas podem cair das suspensões;
 - ★ quando as peças são tão grandes que podem ficar presas entre as bolas e a tina, dificultando a sua entrada nos banhos (ex. carcaças de automóveis);
 - ★ quando as bolas interferem com o tratamento na tina.

Não é aconselhável utilizar agitação em banhos aquecidos onde a consequente evaporação faz aumentar os consumos energéticos.

- **Refrigeração (Código BREF STM – 5.1.4.4.)**

Sempre que é necessário baixar a temperatura de operação deve ter-se em conta:

- Não descer demasiadamente a temperatura;
- A refrigeração deve ser efectuada com água a circular em circuito fechado;
- Nos casos em que é necessário reduzir o volume de banho para efectuar a adição de químicos pode-se complementar a refrigeração deixando que o excesso de energia proveniente dos banhos seja dissipado por evaporação;
- É preferível instalar, sempre que possível, um evaporador do que um refrigerador por questões de consumos energéticos;
- Os sistemas de refrigeração devem ser projectados, localizados e mantidos em espaços abertos como meio de prevenção e transmissão da Legionella.

- **Redução do consumo de água (Código BREF STM – 5.1.5.1.)**

É aconselhada a monitorização de todos os pontos de consumo de água e a recuperação da água por uma das seguintes técnicas:

- Regeneração por permuta iónica;
- Regeneração por osmose inversa.
- Utilizar técnicas de lavagem como as mencionadas mais adiante, nas MTD específicas para a etapa de preparação de superfícies por decapagem/ MTD transversais à etapa de preparação de superfícies;
- Reduzir a viscosidade dos banhos;
- Reduzir a concentração de químicos nos banhos ou usando banhos que trabalham a concentrações mais baixas;
- Adicionar agentes molhantes;
- Assegurar que os produtos químicos constituintes dos banhos não excedem em concentração o valor superior da gama de operação óptima;
- Assegurar que a temperatura está de acordo com a gama de operação do banho, bem como a condutividade da água.

- **Redução de arrastes** (Código BREF STM – 5.1.5.2. e 5.1.5.3.)

Ver MTD específicas para a etapa de preparação de superfícies por decapagem/ MTD transversais à etapa de preparação de superfícies, mais adiante apresentadas.

- **Reutilização de materiais e gestão de resíduos** (Código BREF STM – 5.1.6., 5.1.6.1., 5.1.6.2., 5.1.6.4 e 5.1.6.5.)

A melhor técnica é actuar ao nível da prevenção e redução, sendo de extrema importância reutilizar, reciclar e recuperar os resíduos produzidos.

É aconselhado prevenir as perdas de materiais não os sobre-doseando. Este objectivo pode ser alcançado da seguinte forma:

- Monitorizar a concentração de químicos nos processos;
- Registrar e utilizar valores de referência;
- Reportar os desvios dos valores de referência aos responsáveis e utilizar acções correctivas no sentido de manter os banhos dentro das gamas de produção.

Após a aplicação das técnicas acima citadas é necessário actuar ao nível da reciclagem. Para isso deve-se:

- Identificar e separar todos os tipos de resíduos, incluindo a separação das águas residuais.
- Recuperar ou reciclar metais das águas residuais através de técnicas como a electrólise ou a permuta iónica associadas a sistemas em circuito fechado;
- Reutilizar os materiais externamente, quando a qualidade e a quantidade produzida o permite, como por exemplo utilizar a suspensão de hidróxido de alumínio proveniente de processos de tratamento de superfícies para precipitar os fosfatos dos efluentes finais;
- Recuperar materiais e metais externamente, sempre que possível.

Há ainda técnicas para a optimização do uso de matérias-primas, nomeadamente no que diz respeito à electrodeposição. Assim, nos casos em que a eficiência anódica é superior à catódica e a concentração do metal aumenta constantemente, aconselha-se controlar a concentração do metal de acordo com a electroquímica do processo, através de:

- Dissolução externa do metal, por electrodeposição com ânodos inertes, nomeadamente nas zincagens alcalinas não cianetadas;
- Substituição de alguns ânodos solúveis por ânodos de membrana com circuitos extra e separados de corrente eléctrica e controlo, sempre que possível;
- Utilização de ânodos insolúveis sempre que a técnica seja adequada e o permita.

- **Manutenção dos banhos** (Código BREF STM – 5.1.7.)

Ver MTD específicas para a etapa de preparação de superfícies por decapagem/ MTD transversais à etapa de preparação de superfícies, mais adiante apresentadas.

- **Emissões para a água por “desperdício”** (Código BREF STM – 5.1.8.)

Aconselha-se:

- Minimizar os fluxos e materiais a tratar, reduzindo os consumos de água em todos os processos (há situações pontuais em que isto pode ser limitado devido à concentração elevada de aniões de difícil tratamento);

- Testar, identificar e separar os fluxos problemáticos. Sempre que uma instalação projecta alterar os tipos e as fontes de produtos químicos é necessário testá-los de modo a estudar a influência nos efluentes a tratar. Se os testes indicam que a solução deve ser rejeitada ou indicam que é necessário alterar os processos de tratamento de efluentes, então é necessário identificar, separar e tratar os fluxos que poderão causar problemas quando combinados com outros fluxos, como por exemplo os que contêm óleos e gorduras, cianetos, nitratos, cromatos com Cr(VI), agentes complexantes e cádmio;
- Monitorizar e descarregar as águas residuais de acordo com os tratamentos adequados a cada tipo de ETAR, em contínuo ou por “batch”.
- **Substituição e/ou controlo de substâncias nocivas** (Código BREF STM – 5.2.5., 5.2.5.1., 5.2.5.2., 5.2.5.3., 5.2.5.4., 5.2.5.5., 5.2.5.6. e 5.2.5.7.)

É aconselhada redução da utilização de substâncias nocivas sempre que possível, nomeadamente:

- EDTA: substituir, por exemplo, por substâncias biodegradáveis, sempre que possível. No entanto, nos casos em que tal não se possa aplicar deve-se minimizar o seu consumo ao absolutamente necessário poupando simultaneamente o consumo de água e assegurando que as águas residuais que contêm esta substância são tratadas segundo técnicas adequadas, como por exemplo através da utilização de radiação ultra violeta e peróxido de hidrogénio.
- Banhos de zinco cianetado: Sempre que possível, substituir a zincagem cianetada por:
 - Zincagem alcalina: espessura da camada metálica obtida mais uniforme;
 - Zincagem ácida: excelente eficiência energética, muito aplicada na zincagem brilhante decorativa.
- Cobre cianetado: substituir por cobre ácido ou pirofosfato de cobre, excepto para “strike plating” em ligas ferrosa, ligas de zinco e ligas de alumínio.
- Cádmio: o processo de cadmiagem deve ser efectuado em sistema de circuito fechado, devendo a deposição de cádmio ser efectuada separadamente em áreas de retenção e a monitorização das emissões para a água deve ser efectuada separadamente.
- Cromagem decorativa: ver MTD específicas do processo de cromagem, adiante apresentadas.
- Conversão crómica e acabamentos fosfocromados: consultar as MTD específicas para o processo de passivação e fosfatação que se encontram descritas mais adiante.

MTD ESPECÍFICAS

⇒ ***MTD referenciadas no BREF STM como sendo indicadas/aplicáveis na etapa de preparação de superfícies por processos químicos***

- **Prolongamento do tempo de vida dos banhos**
 - Onde o consumo de ácido é elevado deve-se tentar prolongar a vida dos banhos. Actualmente não existem técnicas específicas para prolongamento das soluções de pickling, no entanto há práticas que devem ser tomadas em consideração:
 - Utilizar dois decapantes consecutivos;
 - Efectuar diluições parciais dos banhos em vez de abate total

- Sistemas de cascata: implementação de sistemas de cascata (3 estágios)
Este sistema é em tudo idêntico às cascatas de água mas neste caso, a solução é decapante. Pode ser aplicável a materiais cuja decapagem seja efectuada com ácido clorídrico.
- Diálise por difusão:
Separa os ácidos dos metais contaminantes através de um gradiente de concentração entre dois compartimentos de solução (água desionizada e ácido contaminado) que são separados através de uma membrana de permuta aniónica.

Esta técnica difere das outras técnicas em que são utilizadas membranas (electrodiálise, osmose inversa) pelo facto de não utilizar um potencial eléctrico ou pressão através da membrana.

Aplicável para ácido clorídrico, sulfúrico, nítrico e sistemas como: (HNO₃/HF), (HCl/H₂SO₄).
- Electrólise
Caso específico: Recuperação do cobre.
 - Na decapagem do cobre, este pode ser recuperado através da electrólise.
 - Neste tipo de recuperação electrolítica, o ânodo da célula deve ser insolúvel.
 - Os cátodos são normalmente folhas ou partículas feitas do metal a recuperar.
 - As condições de operação variam em função do metal a recuperar.

⇒ **MTD referenciadas no BREF STM como sendo indicadas/aplicáveis na etapa de preparação de superfícies por processos químicos: substituição e alternativas para processos químicos**

● **Substituição e alternativas para processos desengordurantes (Código BREF STM – 5.2.7.)**

1. É sugerido que os operadores definam em conjunto com os seus fornecedores qual o desengordurante que melhor se adapta às necessidades da instalação considerando:
 - A eficiência do desengordurante em função do tipo de impureza gordurosa existente no processo produtivo do operador;
 - A implementação de produtos mais amigos do ambiente.
2. Nos casos em que as quantidades de óleos e gorduras a remover são avultadas utilizar previamente métodos físicos como:
 - Centrifugação;
 - Ar laminado;
 - Remoção manual, como alternativa em último recurso.
3. Opções de desengordurantes:
 - Substituir os desengordurantes cianetados por produtos alternativos, sempre que possível. Os casos em que tal não for possível devem ficar devidamente fundamentados.
 - Substituição de desengordurantes à base de solventes por produtos alternativos, tais como solventes aquosos.
 - Nos solventes aquosos minimizar os consumos dos produtos químicos de formulação de banho e a energia consumida, utilizando métodos de prolongamento de vida dos mesmos.
 - Para operações de desengorduramentos cuja exigência da limpeza seja de excelência deve-se recorrer à combinação de técnicas como aplicação de acção electrolítica, multi-estágios, gelo seco e aplicação de ultra-som.

⇒ *MTD referenciadas no BREF STM como sendo indicadas/aplicáveis na etapa de preparação de superfícies por processos químicos: manutenção e prolongamento da vida de banhos*

- **Manutenção e prolongamento da vida de banhos desengordurantes** (Código BREF STM – 5.2.8.)

Prolongar o tempo de vida médio dos banhos utilizando uma técnica, ou combinação de técnicas, como:

- Filtração com filtros de celulose;
- Separação mecânica;
- Separação por gravidade;
- Eliminação de emulsões por adição de químicos;
- Separação estática;
- Desengorduramento biológico;
- Centrifugação;
- Filtração por membrana;
- Desengorduramentos multi-estágios;
- Desengorduramentos electrolíticos;
- Desengorduramentos em cascata.

⇒ *MTD referenciadas no BREF STM como sendo indicadas/aplicáveis na etapa de preparação de superfícies por decapagem: MTD transversais à etapa de preparação de superfícies*

- **Redução do consumo de água na lavagem** (Código BREF STM – 5.1.5.4.)

- Lavagens em cascata em contracorrente: a primeira lavagem pode ser reincorporada no banho do processo;
- Lavagens estáticas múltiplas: a primeira lavagem pode ser reincorporada no banho do processo;
- Duas lavagens estáticas seguidas de uma lavagem corrente com água em recirculação;
- Lavagens multi-cascata externas: em casos em que o espaço da instalação é diminuto para este tipo de lavagens é acoplado um sistema externo de tinas que proporcionam este tipo de lavagem.
- Implementação de sistema de pré-lavagem.
- Lavagem por spray: pode ser efectuada de duas formas. Por cima do banho de solução ou numa tina vazia independente

- **Agitação dos banhos** (Código BREF STM – 5.1.3.)

A agitação dos banhos do processo, assegura a renovação da solução sobre a superfície a tratar.

A agitação pode ser promovida por:

- » Processos hidráulicos;
- » Agitação mecânica dos substratos;
- » Agitação por introdução de ar a baixa pressão.

- **Redução de arrastes (Código BREF STM – 5.1.5.3.)**

Em caso de linhas com tambor:

- Construir os tambores com materiais hidrófobos.
- Assegurar que os orifícios de drenagem são suficientes para assegurar uma boa drenagem.
- Inspeccionar os tambores de forma a verificar se os orifícios não se encontram obstruídos.
- Rotação do tambor intermitente.
- Lçar lentamente o tambor de modo a maximizar o tempo de drenagem ou escorrimento.
- Ajustar os rebordos das tinas de modo a que os escorridos voltem para o banho do processo.
- Sempre que possível, inclinar o tambor a partir de uma extremidade.

- **Armazenamento apropriado dos substratos a tratar (Código BREF STM – 5.1.2.1.)**

Prevenir a degradação dos substratos:

- Diminuir os tempos de armazenamento dos substratos;
- Medir a corrosão do meio envolvente através da medição da humidade, temperatura e composição;
- Utilizar um revestimento ou embalagem que previna a corrosão.

- **Controlo e manutenção de banhos (Código BREF STM – 5.1.7.)**

Para remoção de partículas suspensas nas soluções dos banhos relativamente concentrados estão disponíveis as técnicas:

- Filtração;
- Filtração por membranas (micro, ultra e nanofiltração);
- Técnicas de absorção;
- Cristalização;
- Evaporação atmosférica natural e/ou assistida;
- Evaporação por vácuo;
- Electrólise;
- Electrólise por membrana;
- Permuta iónica – resinas;
- Permuta iónica – líquido/líquido;
- Electro-desionização;
- Resinas ácidas para retardação;
- Osmose inversa;
- Diálise por difusão;
- Electrodíalise.

⇒ ***Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) específicas para a cromagem***

- **Cromagem decorativa (Código BREF STM – 5.2.5.7.1.)**

- Para fins decorativos aconselha-se a substituição da utilização de cromo hexavalente por:

» *Revestimentos com cromo trivalente:*

Nos casos em que os requisitos de resistência à corrosão são muito elevados podem-se conseguir resultados satisfatórios aumentando a espessura da camada de níquel depositada por baixo ou através de uma passivação orgânica. Para este efeito existem dois tipos de banhos:

1. Banhos com Cr(III) à base de cloretos: trabalham a concentrações aproximadas dos 20g/l. Os ânodos aplicados para funcionamento do banho são de grafite e pelo facto dos cloretos atacarem a grafite são pouco duradoiros.

Têm sido relatados problemas relacionados com a reprodutibilidade do acabamento em termos de cor, no entanto este problema pode ser solucionado com aplicação de técnicas como a filtração com carbono e permuta iónica e a minimização de contaminações com soluções provenientes dos banhos anteriores. Este tipo de banho não pode ser aplicável para cromagem dura;

2. Banhos com Cr(III) à base de sulfatos: neste tipo de banhos a concentração em Cr metálico ronda os 6 a 8%.

Devido à temperatura de trabalho do banho (cerca de 55°C) há perdas por evaporação que podem ser compensadas pela adição de banho recuperado. Os ânodos utilizados neste tipo de banhos são insolúveis e como tal muito duradoiros. Em termos de cor os resultados apresentam maior reprodutibilidade do que o banho proposto em 1;

» *Revestimentos isentos de crómio.*

Existem já muitos processos alternativos para este tipo de revestimentos decorativos, inclusivamente alguns para a cromagem dura.

- Pode haver casos em que a cromagem com crómio hexavalente para fins decorativos, não pode ser substituída, nomeadamente por requisitos impostos pelo cliente da instalação relativamente à cor, requisitos de elevada resistência à corrosão, dureza e resistência ao desgaste.
- Não é considerada como sendo MTD a substituição da cromagem hexavalente para o revestimento em larga escala de bobines de aço.
- Quando ocorre a substituição de banhos com crómio hexavalente por banhos com crómio trivalente há a considerar a eventual presença de agentes complexantes que podem interferir com o processo de tratamento de efluentes líquidos.

● **Cromagem com crómio hexavalente (Código BREF STM – 5.2.5.7.2.)**

Nos casos em que o revestimento é feito com Cr(VI) aconselha-se a redução de emissões para o ar utilizando uma, ou a combinação das técnicas:

- Cobrir a tina do banho, manualmente ou mecanicamente, durante a deposição, especialmente quando os tempos de deposição são longos;
- Utilizar extracção de ar com condensação dos vapores no evaporador para o sistema em circuito fechado de recuperação de materiais. Algumas substâncias que possam interferir com a operação de deposição do metal podem ter que ser removidas dos condensados antes da reutilização, ou removidas durante a manutenção dos banhos;
- Nas instalações novas, ou naquelas que estejam em reestruturação da linha de produção, é aconselhado que, se os substratos a tratar tiverem uniformidade suficiente em termos de tamanho, se encapsule a linha de produção ou, pelo menos, o tanque de deposição;
- Operar os banhos com Cr(VI) em circuito fechado para que os PFOS e o Cr fiquem retidos no banho.

● **Outras MTD a considerar**

Num processo de cromagem para além destas MTD devem ainda ser consideradas as MTD relativas aos processos de Preparação de Superfícies, anteriormente referidas.

⇒ **Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) específicas para o processo de zincagem cianetada (Código BREF STM – 5.2.5.4.)**

Sempre que possível, substituir a zincagem cianetada por:

- Zincagem alcalina: espessura da camada metálica obtida mais uniforme;
- Zincagem ácida: excelente eficiência energética, muito aplicada na zincagem brilhante decorativa.

⇒ **Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) específicas para o processo de anodização (Código BREF STM – 5.2.11.)**

1. Aconselha-se a recuperação de calor das soluções aquecidas por uma das técnicas:

- O calor das soluções de selagem pode ser utilizado para aquecer a água necessária para a formação de novo banho, através de um permutador de calor;
- Utilizar bolas de polipropileno, espalhando-as sobre a superfície livre das soluções aquecidas de modo a reduzir a evaporação das soluções.

2. Aconselha-se a recuperação das soluções cáusticas sempre que:

- Exista um elevado consumo de soluções cáusticas;
- Não se utilizem aditivos para inibir a precipitação da alumina.

3. Não utilizar lavagens em circuito fechado com permuta iónica.

4. Utilizar tensoactivos isentos de PFOS.

⇒ **Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) específicas para os processos de passivação e fosfatação (Código BREF STM – 5.2.5.7.3.)**

• **Conversão crómica**

– É aconselhada a substituição de passivadores com Cr(VI) por passivadores isentos de crómio ou passivadores com Cr(III), sempre que possível. A passivação tem como objectivo, não só aumentar o grau de protecção contra a corrosão, como também conferir determinadas cores de acabamento como o amarelo, azul (transparente), preto, castanho e verde oliva. No entanto, nem todos os passivadores quando substituídos por passivadores isentos de crómio ou por passivadores com Cr(III) oferecem a mesma resistência à corrosão. Dependendo dos requisitos do cliente (cor e resistência à corrosão) os passivadores com Cr(VI) poderão, ou não, ser substituídos.

– É aconselhada a recuperação crómio hexavalente em soluções concentradas e muito caras como a passivação a preto (que contém prata na sua formulação). Podem ser aplicadas técnicas como permuta iónica e electrólise por membrana.

• **Acabamentos fosfocromados (Código BREF STM – 5.2.5.7.4.)**

Os acabamentos fosfocromados e alguns selantes podem conter Cr(VI) na sua formulação base, por isso aconselha-se a substituição destes produtos por outros que não contenham Cr(VI), sempre que possível. Existem processos alternativos à base de silanos, zircónio e titânio.

8. BIBLIOGRAFIA

- (1) Guia Técnico – Sector dos Tratamentos de Superficie – INETI, Lisboa 2000;
- (2) Ministério de Industria y Energía, Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación - Metalurgia del aluminio, s.d.;
- (3) Ministério de Industria y Energía, Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación - Sector de Galvanización, s.d.;
- (4) Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL), Alternativas de prevención de la contaminación en el sector de tratamiento de superficies, 2000;
- (5) Vitor Magueiro *et al*, Medidas de eficiência energética aplicáveis à industria portuguesa: um enquadramento tecnológico sucinto, ADENE, 2010;
- (6) Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, Tratamiento de Superfícies, 2001;
- (7) IHOBE, Libro blanco para la minimización de residuos e emisiones, 1997;
- (8) Comision Nacional Del Medio Ambiente - Guía para el control y prevención de la contaminación industrial, 2000;
- (9) Ministerio De Medio Ambiente Y Medio Rural Y Marino, Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de Sector de Tratamiento de Superfícies Metálicas Y Plásticas, 2009;
- (10) Apicer / CTCV – Manual de Boas Práticas na Utilização Racional de Energia e Energia Renováveis;
- (11) Recet / Cartif – Guia de Boas Práticas de Medidas de Utilização Racional de Energia e Energias Renováveis;
- (12) Guia Metodológico Sectorial – Sector dos Tratamento de Superficie de Metais – IA/UA.

AEP - Associação Empresarial de Portugal
Av. Dr. António Macedo
4450-617 Leça da Palmeira
T: +351 229 981 541
F: +351 229 981 771
cjbile@aeportugal.com
www.aeportugal.pt

