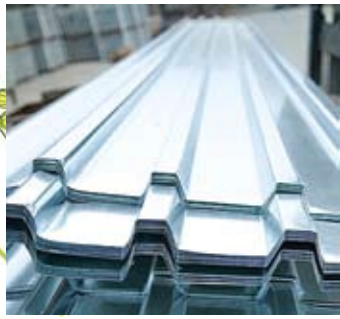
AEP
CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA

sustentabilidade
responsabilidade social
ambiente
ambiente
energia
eco-eficiência
desenvolvimento sustentavel

# BenchMark A+E

eficiência energética
diversificação
ambiente
energia
inovação
eco-eficiência
energia



# Manual de Produção + Limpa

• Indústria Metalomecânica

AEP
CÂMARA
DE COMÉRCIO
E INDÚSTRIA

# Manual de Produção + Limpa

## • Indústria Metalomecânica

## 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 da Indústria Metalomecânica

**Projecto**
BenchMark A+E

**Tiragens**
100 exemplares

**ISBN**
978-972-8702-68-7

**Depósito Legal**
338675/12

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/produtividade, energia, ambiente e responsabilidade social.

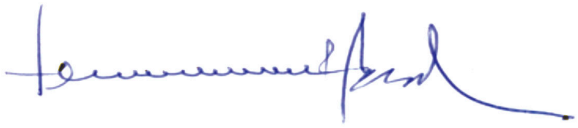
Umas das mais recentes iniciativas foi o Projecto **"BenchMark A+E"** que teve como objectivo potenciar a competitividade das empresas, principalmente das PME, mediante um conjunto integrado de acções colectivas que pretenderam sensibilizar os empresários para as vantagens que a adopção das melhores 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 da Indústria Metalomecânica**".

Este documento, com especificidades e aplicações nos distintos sectores da Indústria Metalomecânica, constitui uma preciosa fonte de informações e orientações para técnicos, empresários e todos os interessados na implementação de medidas ecologicamente correctas nas unidades fabris, usufruindo da consequente 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** ..... **9**

**2. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR DA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA** ..... **10**

**3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO** ..... **22**

3.1. Introdução ..... 22

3.2. Processos de fabrico ..... 22

3.3. Factores de influência nos processos de transformação de metais ..... 37

3.4. Fluidos de corte ..... 40

*3.4.1. Composição e classificação dos fluidos de corte* ..... 42

*3.4.2. Aditivos dos fluidos de corte e suas funções* ..... 44

*3.4.3. Controlo de fluidos de corte* ..... 45

**4. ASPECTOS E IMPACTES AMBIENTAIS** ..... **48**

4.1. Identificação, avaliação e classificação dos aspectos ambientais ..... 48

4.2. Aspectos ambientais associados à indústria metalomecânica ..... 50

*4.2.1. Etapas específicas do processo de fabrico* ..... 51

*4.2.2. Serviços de apoio ou suporte ao processo de fabrico* ..... 52

*4.2.3. Aspectos ambientais do processo de maquinagem* ..... 53

**5. INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL** ..... **59**

**6. PRODUÇÃO + LIMPA** ..... **62**

6.1. Consumo de matérias-primas e auxiliares ..... 67

*6.1.1. Modificação do produto* ..... 69

*6.1.2. Substituição da matérias-primas* ..... 70

*6.1.3. Implementação de novas tecnologia* ..... 72

*6.1.4. Implementação de boas práticas de gestão dos fluidos de corte novos e degradados* ..... 76

*6.1.5. Controlo de qualidade na recepção de matérias-primas e auxiliares* ..... 81

*6.1.6. Implementação de Boas Práticas de armazenagem e manuseamento de materiais* ..... 83

6.2. Consumo de água e emissão de águas residuais ..... 84

*6.2.1. Instalação do contadores/caudalímetros* ..... 86

*6.2.2. Identificação e prevenção de fugas de água* ..... 87

*6.2.3. Redução do consumo de água nas operações de refrigeração* ..... 88

*6.2.4. Implementação de tecnologias de tratamento das águas residuais* ..... 89

*6.2.5. Utilização de águas pluviais* ..... 90

6.3. Resíduos ..... 92

*6.3.1. Elaboração de um estudo de minimização de resíduos* ..... 97

*6.3.2. Implementação das melhores técnicas disponíveis (MTD) para a gestão e valorização das aparas* ..... 106

*6.3.3. Avaliação da possibilidade de criar subprodutos derivados de resíduos gerados* ..... 107
*6.3.4. Implementação de um sistema de gestão integrada dos resíduos produzidos* ..... 110

6.4. Emissões atmosféricas ..... 115

6.5. Energia ..... 117
*6.5.1. Promoção de uma gestão eficaz da energia na empresa – Implementação de um sistema de monitorização de energia* ..... 119
*6.5.2. Promoção de uma gestão eficaz da energia na empresa – Implementação de um sistema de monitorização de energia segundo a norma ISO 50 001* ..... 121
*6.5.3. Definição de índices de eficiência energética* ..... 123
*6.5.4. Optimização da contratação e facturação energéticas* ..... 124
*6.5.5. Optimização das condições de aquisição e de operação de motores eléctricos* ..... 125
*6.5.6. Selecção da utilização dos combustíveis* ..... 129
*6.5.7. Promoção da economia de energia nas instalações de ar comprimido* ..... 130
*6.5.8. Promoção da economia de energia nas instalações de geração de vapor* ..... 132
*6.5.9. Racionalização do consumo de energia nos sistemas de iluminação* ..... 135
*6.5.10. Racionalização do consumo de energia no processo produtivo* ..... 138

6.6. Ruído e vibrações ..... 139

**7. MELHORES TÉCNICAS DISPONÍVEIS PARA A VALORIZAÇÃO DAS APARAS ..... 141**

7.1. Introdução ..... 141

7.2. Melhores técnicas disponíveis ..... 142

7.3. Recomendações para a correcta gestão das aparas ..... 148

**8. BIBLIOGRAFIA ..... 149**

# Índice de figuras


Figura 1 Distribuição percentual do número de empresas pelos sectores da Indústria Metalomecânica, em 2009 ..... 14

Figura 2 Distribuição percentual das empresas da Indústria Metalomecânica por tipologia, em 2009 ..... 15

Figura 3 Distribuição percentual das empresas da Indústria Metalomecânica por localização geográfica, em 2009 ..... 15

Figura 4 Evolução histórica da Indústria Metalomecânica, quanto ao número de empresas, período 2007-2009 ..... 17

Figura 5 Distribuição percentual do número de trabalhadores por sector da Indústria Metalomecânica, em 2009 ..... 18

Figura 6 Evolução histórica da Indústria Metalomecânica, quanto ao número de trabalhadores, no período 2007-2009 ..... 19

Figura 7 Distribuição percentual do volume de negócios pelos sectores da Indústria Metalomecânica, em 2009 ..... 20

Figura 8 Evolução histórica da Indústria Metalomecânica, quanto ao volume de negócios, no período 2007-2009 (valores em milhões de euros) ..... 21

Figura 9 Factores que condicionam a maquinagem ..... 37

Figura 10 Maquinabilidade relativa dos materiais mais comuns ..... 38

Figura 11 Fluxo de entradas e saídas por actividade da organização ..... 49

Figura 12 Indicadores de desempenho ambiental ..... 59

Figura 13 Esquema da Produção + Limpa ..... 62

Figura 14 Fluxo de *inputs* e *outputs* a ter em consideração na Produção + Limpa ..... 63

Figura 15 Etapas para a implementação da Produção + Limpa ..... 66

Figura 16 Instruções para sensibilização na detecção de fugas ..... 87

Figura 17 Princípios da hierarquia de gestão dos Resíduos ..... 94

Figura 18 Árvore de decisão para a distinção entre resíduos e subprodutos ..... 108

Figura 19 Resumo dos critérios que permitem determinar em que momento é que certos tipos de sucata metálica deixam de constituir resíduo, publicados no Regulamento (UE) n.º 333/2011 do Conselho, de 31 de Março de 2011 ..... 109

Figura 20 Esquematização de um Parque de Resíduos ..... 113

Figura 21 Esquematização de um Parque exclusivamente para Resíduos Perigosos ..... 114

Figura 22 Sistema de modificação de Energia ..... 119

Figura 23 Ciclo PDCA ..... 121

# Índice de quadros

Quadro 1 Composição da Indústria Metalomecânica nacional, segundo a CAE Rev.3..... 11
Quadro 2 Números da Indústria Metalomecânica, em 2009..... 21
Quadro 3 Correlação entre as propriedades dos fluidos de corte e a acção desejada..... 41
Quadro 4 Características dos fluidos oleosos..... 42
Quadro 5 Características dos fluidos à base de água..... 43
Quadro 6 Aditivos dos fluidos de corte e suas funções..... 44
Quadro 7 Principais parâmetros de controlo analítico dos óleos de corte..... 46
Quadro 8 Principais parâmetros de controlo analítico dos fluidos de corte aquosos..... 47
Quadro 9 Aspectos significativos das principais problemáticas associadas ao uso de fluidos de corte..... 56
Quadro 11 Exemplo de indicadores de desempenho ambiental..... 61
Quadro 12 Vantagens da implementação de técnicas de Produção + Limpa..... 65
Quadro 13 Principais resíduos produzidos na Indústria Metalomecânica..... 93

# 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 congregue 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 sua produção 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. Dentre eles, é possível citar a redução ou eliminação do uso de matérias-primas tóxicas, aumento da eficiência no uso de matérias-primas, água ou energia, redução na produção 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 ao 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.

O Manual de Produção + Limpa do Sector da Metalomecânica foi estruturado em 8 capítulos. Inicia-se com a descrição do sector na qual são apresentados alguns dados socioeconómicos. Em seguida, apresentam-se os processos produtivos, com as etapas genéricas e as entradas de matérias-primas e auxiliares e saídas de produtos, efluentes e resíduos. No capítulo seguinte faz-se uma abordagem aos aspectos ambientais das actividades do sector. Por último são apresentadas várias medidas de produção limpa e boas práticas ambientais.

A AEP – Associação Empresarial de Portugal não pretende, de modo algum, que as ideias vertidas neste manual esgotem este 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 da Metalomecânica.

# 2. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR DA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

A Indústria Metalomecânica caracteriza-se pela sua heterogeneidade, uma vez que integra um conjunto deveras alargado de actividades industriais e uma enorme diversidade de produtos.

Acumula características muito particulares, uma vez que grande parte das actividades que o compõem produzem bens de suporte à produção dos demais sectores (bens intermédios) e/ou bens duradouros para consumo final.

Pela sua natureza, ocupa uma posição central no crescimento económico das economias modernas, dado o seu papel no desenvolvimento e difusão de novas tecnologias.

O mercado mundial ligado às actividades nucleares da Indústria Metalomecânica é colossal, sendo fortemente polarizado pela procura de bens duradouros (nomeadamente automóveis) e de bens de capital. Trata-se de um sector claramente liderado pelo mundo desenvolvido, apesar de se verificar alguma deslocação do seu centro de gravidade para as economias emergentes da Ásia (nomeadamente China e Índia).

A inovação assume uma grande importância na Indústria Metalomecânica e apresenta contornos muito particulares, dado o papel que as questões ligadas ao desenvolvimento de produtos complexos e à monopolização da oferta nele assumem. Dada a natureza dos seus produtos, o sector é muito sensível à evolução da economia mundial, exibindo comportamentos pró-cíclicos muito exacerbados face à evolução da produção agregada dos países.

A Indústria Metalomecânica caracteriza-se por uma forte intensidade exportadora e é responsável por uma fatia muito significativa do comércio internacional, quer no que respeita ao comércio "norte-norte", quer no que respeita ao comércio "norte-sul".

A Indústria Metalomecânica posiciona-se actualmente numa situação positiva de crescimento ao beneficiar da crescente procura por parte de economias emergentes como o Brasil e a China, bem como da retoma de indústrias de que depende em grande medida como o sector automóvel e o das energias renováveis.

Nenhum mercado é tão representativo da retoma da Indústria Metalomecânica como o da Alemanha que registou, no primeiro trimestre deste ano, um crescimento das encomendas de 130% em relação ao período homólogo de 2010. Este crescimento aliado a uma crescente procura interna da Alemanha beneficia os países vizinhos como a França, Dinamarca e Hungria, impulsionando o crescimento dessa indústria nesses mercados - uma realidade que pode, da mesma forma, ser vista como uma oportunidade para outros países da Zona Euro como Portugal. Atendendo a dados da *Eurofer*, a produção Europeia da Indústria Metalomecânica irá crescer 8,2% em 2011 depois de uma subida já registada de 9,7% em 2010.

A aposta na inovação e diferenciação, na competitividade, valor e na reorientação dos modelos de negócio apresenta-se como a resposta sustentada aos desafios da globalização, através do desenvolvimento de soluções inovadoras baseadas nos resultados da I&D e da integração e convergência de novas tecnologias (TIC, nano tecnologias, novos materiais, mecatrónica, electrónica, biotecnologia).

O surgimento de lógicas virtuosas de eficiência colectiva e de reforço da *clusterização* e da concentração empresarial num contexto de grande diversidade sectorial, característico da Metalomecânica, será fundamental para o sucesso do sector.

Em Portugal, segundo os dados mais recentes disponibilizados pelo INE – Instituto Nacional de Estatística, referentes ao ano de 2009, a Indústria Metalomecânica era composta por 16 107 empresas, que empregavam 148 997 trabalhadores e geravam um volume de negócios na ordem dos 12 876 milhões de euros. Analisando a sua preponderância na Indústria Transformadora portuguesa, o tecido empresarial da Indústria

Metalomecânica correspondia a 22% das empresas a operar na Indústria Transformadora, a 21% do pessoal ao serviço e a 18% do volume de negócios.

A mancha geográfica que define a Indústria Metalomecânica estende-se a litoral, entre o Minho e a Península de Setúbal, com maior relevância para sete NUTS III fortemente industrializadas do nosso país: Grande Porto, Baixo Vouga, Grande Lisboa, Entre Douro e Vouga, Península de Setúbal, Pinhal Litoral e Ave.

A distribuição territorial parece delimitar dois *clusters* de base regional: um em torno do Grande Porto/Baixo Vouga e outro em torno da Grande Lisboa/Península de Setúbal.

A caracterização da Indústria Metalomecânica implica o reconhecimento da diversidade de actividades que a constituem e que são verdadeiramente transversais a toda a economia nacional.

A Indústria Metalomecânica portuguesa engloba um grande número de actividades, que se passam a enunciar, de acordo com a Classificação das Actividades Económicas, CAE Rev.3, estipulada pelo Decreto-Lei n.º 381/2007, de 14 de Novembro:

**Quadro 1 – Composição da Indústria Metalomecânica nacional, segundo a CAE Rev.3**

| CAE | ACTIVIDADE |
|---|---|
| *25* | *Fabricação de produtos metálicos, excepto máquinas e equipamentos* |
| **251** | **Fabricação de elementos de construção em metal** |
| 25110 | Fabricação de estruturas de construções metálicas |
| 25120 | Fabricação de portas, janelas e elementos similares em metal |
| **252** | **Fabricação de reservatórios, recipientes, caldeiras e radiadores metálicos para aquecimento central** |
| 25210 | Fabricação de caldeiras e radiadores para aquecimento central |
| 25290 | Fabricação de outros reservatórios e recipientes metálicos |
| **253** | **Fabricação de geradores de vapor (excepto caldeiras para aquecimento central)** |
| 25300 | Fabricação de geradores de vapor (excepto caldeiras para aquecimento central) |
| **254** | **Fabricação de armas e munições** |
| 25401 | Fabricação de armas de caça, de desporto e defesa |
| 25402 | Fabricação de armamento |
| **255** | **Fabricação de produtos forjados, estampados e laminados; metalurgia dos pós** |
| 25501 | Fabricação de produtos forjados, estampados e laminados |
| 25502 | Fabricação de produtos por pulverometalurgia |
| **256** | **Tratamento e revestimento de metais; actividades de mecânica geral** |
| 25610 | Tratamento e revestimento de metais |
| 25620 | Actividades de mecânica geral |
| **257** | **Fabricação de cutelaria, ferramentas e ferragens** |
| 25710 | Fabricação de cutelaria |
| 25720 | Fabricação de fechaduras, dobradiças e de outras ferragens |
| 25731 | Fabricação de ferramentas manuais |
| 25732 | Fabricação de ferramentas mecânicas |
| 25733 | Fabricação de peças sinterizadas |
| 25734 | Fabricação de moldes metálicos |

| CAE | ACTIVIDADE |
|---|---|
| **259** | **Fabricação de outros produtos metálicos** |
| 25910 | Fabricação de embalagens metálicas pesadas |
| 25920 | Fabricação de embalagens metálicas ligeiras |
| 25931 | Fabricação de produtos de arame |
| 25932 | Fabricação de molas |
| 25933 | Fabricação de correntes metálicas |
| 25940 | Fabricação de rebites, parafusos e porcas |
| 25991 | Fabricação de louça metálica e artigos de uso doméstico |
| 25992 | Fabricação de outros produtos metálicos diversos, n. e. |
| *28* | *Fabricação de máquinas e de equipamentos, n. e.* |
| **281** | **Fabricação de máquinas e de equipamentos para uso geral** |
| 28110 | Fabricação de motores e turbinas, excepto motores para aeronaves, automóveis e motociclos |
| 28120 | Fabricação de equipamento hidráulico e pneumático |
| 28130 | Fabricação de outras bombas e compressores |
| 28140 | Fabricação de outras torneiras e válvulas |
| 28150 | Fabricação de rolamentos, de engrenagens e de outros órgãos de transmissão |
| **282** | **Fabricação de outras máquinas para uso geral** |
| 28210 | Fabricação de fornos e queimadores |
| 28221 | Fabricação de ascensores e monta-cargas, escadas e passadeiras rolantes |
| 28222 | Fabricação de equipamentos de elevação e de movimentação, n.e. |
| 28230 | Fabricação de máquinas e equipamento de escritório, excepto computadores e equipamento periférico |
| 28240 | Fabricação de máquinas-ferramentas portáteis com motor |
| 28850 | Fabricação de equipamento não doméstico para refrigeração e ventilação |
| 28291 | Fabricação de máquinas de acondicionamento e de embalagem |
| 28292 | Fabricação de balanças e de outro equipamento para pesagem |
| 28293 | Fabricação de outras máquinas diversas de uso geral, n.e. |
| **283** | **Fabricação de máquinas e de tractores para a agricultura, pecuária e silvicultura** |
| 28300 | Fabricação de máquinas e de tractores para a agricultura, pecuária e silvicultura |
| **284** | **Fabricação de máquinas-ferramentas, excepto portáteis** |
| 28410 | Fabricação de máquinas-ferramentas para metais |
| 28490 | Fabricação de outras máquinas-ferramentas |
| **289** | **Fabricação de outras máquinas e equipamento para uso específico** |
| 28910 | Fabricação de máquinas para a metalurgia |
| 28920 | Fabricação de máquinas para as indústrias extractivas e para a construção |
| 28930 | Fabricação de máquinas para as indústrias alimentares, das bebidas e do tabaco |
| 28940 | Fabricação de máquinas para as indústrias têxtil, do vestuário e do couro |
| 28950 | Fabricação de máquinas para as indústrias do papel e do cartão |
| 28960 | Fabricação de máquinas para as indústrias do plástico e da borracha |
| 28991 | Fabricação de máquinas para as indústrias de materiais de construção, cerâmica e vidro |
| 28992 | Fabricação de outras máquinas diversas para uso específico, n. e. |
| *29* | *Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis* |
| **291** | **Fabricação de veículos automóveis** |
| 29100 | Fabricação de veículos automóveis |

| CAE | ACTIVIDADE |
|---|---|
| **292** | **Fabricação de carroçarias, reboques e semi-reboques** |
| 29200 | Fabricação de carroçarias, reboques e semi-reboques |
| **293** | **Fabricação de componentes e acessórios para veículos automóveis** |
| 29310 | Fabricação de equipamento eléctrico e electrónico para veículos automóveis |
| 29320 | Fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis |
| ***30*** | ***Fabricação de outro equipamento de transporte*** |
| **301** | **Construção naval** |
| 30110 | Construção de embarcações metálicas e estruturas flutuantes, excepto de recreio e desporto |
| 30112 | Construção de embarcações não metálicas, excepto de recreio e desporto |
| 30120 | Construção de embarcações de recreio e desporto |
| **302** | **Fabricação de material circulante para caminhos-de-ferro** |
| 30200 | Fabricação de material circulante para caminhos-de-ferro |
| **303** | **Fabricação de aeronaves, de veículos espaciais e equipamento relacionado** |
| 30 300 | Fabricação de aeronaves, de veículos espaciais e equipamento relacionado |
| **304** | **Fabricação de veículos militares de combate** |
| 30400 | Fabricação de veículos militares de combate |
| **305** | **Fabricação de equipamento de transporte, n. e.** |
| 30910 | Fabricação de motociclos |
| 30920 | Fabricação de bicicletas e veículos para inválidos |
| 30990 | Fabricação de outro equipamento de transporte, n. e. |

Como se pode ver, a Indústria Metalomecânica portuguesa é composta por quatro sectores base, que são os que correspondem a uma Classificação de Actividades Económicas (CAE) de dois dígitos, a saber:

- *CAE 25 - Fabricação de produtos metálicos, excepto máquinas e equipamentos*
- *CAE 28 - Fabricação de máquinas e de equipamentos, n. e.*
- *CAE 29 - Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis*
- *CAE 30 - Fabricação de outro equipamento de transporte*

No âmbito destes quatro sectores encontram-se os vinte e um subsectores (código CAE de três dígitos) e as sessenta e duas actividades económicas (código CAE de cinco dígitos) que compõem a Indústria Metalomecânica nacional.

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

- **Número de Empresas:** 16 107
- **Pessoal ao Serviço:** 148 997
- **Volume de Negócios:** 12 876 345 145 €

**EMPRESAS**

Analise-se agora a preponderância dos sectores e das diferentes actividades económicas no seio da Indústria Metalomecânica, recorrendo ao gráfico apresentado na figura 1:

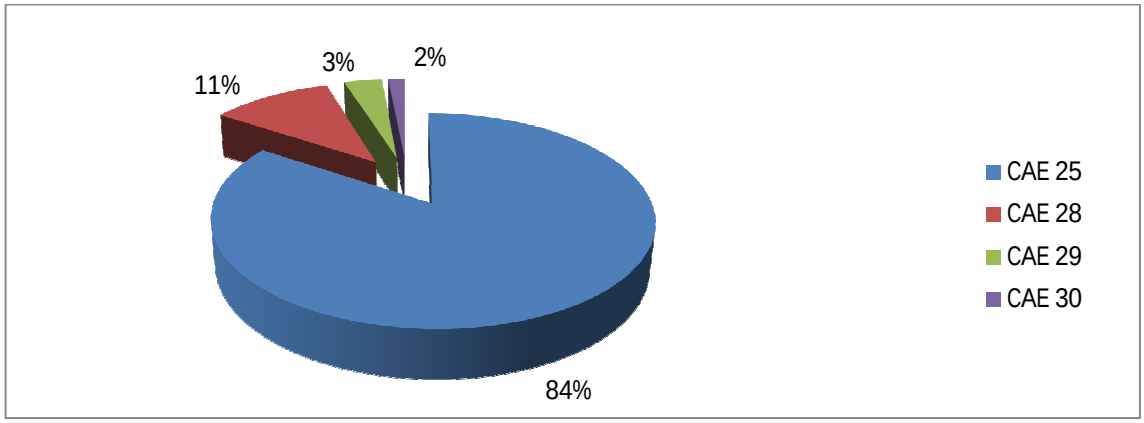



**Figura 1 – Distribuição percentual do número de empresas pelos sectores da Indústria Metalomecânica, em 2009**

**Fonte: Instituto Nacional de Estatística**

Como se vê, cerca de 84% das empresas que constituem a Indústria Metalomecânica nacional operam na CAE 25 – Fabricação de produtos metálicos, excepto máquinas e equipamentos.

Em valores absolutos, isto é o mesmo que dizer que das 16 107 empresas que exercem a sua actividade na Indústria Metalomecânica, 13 589 pertencem à CAE 25.

As actividades que mais contribuem para esta realidade são a Fabricação de portas, janelas e elementos similares em metal (CAE 25 120), em que operam 4 397 empresas, as Actividades de mecânica geral (CAE 25 620), em que operam 2 932 empresas e a Fabricação de outros produtos metálicos diversos, n.e. (CAE 25 992), em que operam 1 566 empresas.

A CAE 28 – Fabricação de máquinas e de equipamentos, n.e., é o segundo sector mais representativo quanto ao número de empresas (11% ou 1 740 empresas), seguindo-se a CAE 29 – Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis (3% ou 540 empresas) e, finalmente, a CAE 30 – Fabricação de outro equipamento de transporte (2% ou 238 empresas).

Qualificando o tecido empresarial da Indústria Metalomecânica, 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 84% (13 497 empresas) do total de empresas presentes na Indústria Metalomecânica. 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 2 141 empresas de metalomecânica 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 409 empresas e, por fim, as empresas de grande dimensão (com uma força de trabalho superior a 250 pessoas), que são apenas 60.

A estrutura da Indústria Metalomecânica, em termos da dimensão das empresas, encontra-se representada na figura seguinte.

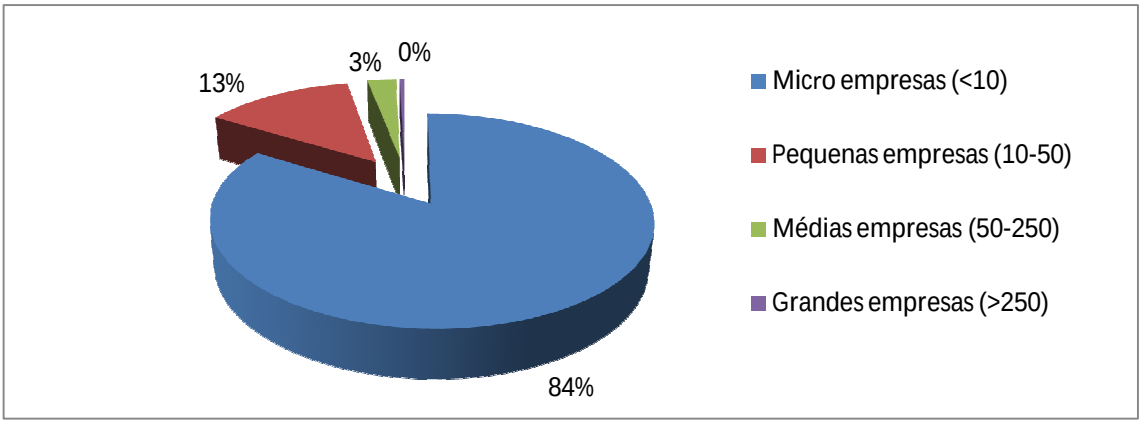



**Figura 2 – Distribuição percentual das empresas da Indústria Metalomecânica por tipologia, em 2009**

**Fonte: Instituto Nacional de Estatística**

Prestando atenção agora à distribuição geográfica das empresas da Indústria Metalomecânica, 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, conclui-se que esta é uma actividade mais estabelecida nas regiões norte e centro do país, espaço onde operam cerca de 70% das empresas da Indústria Metalomecânica.

De facto, estas duas regiões concentram a grande maioria das empresas da Indústria Metalomecânica, mas a região de Lisboa assume também particular relevância em alguns dos seus sectores como é o caso na Fabricação de máquinas e de equipamentos, n.e. (CAE 28), em que assume uma representatividade de 28% ou na Fabricação de outro equipamento de transporte (CAE 30), onde é, inclusivamente, a área com maior representatividade, uma vez que aí operam 32% das empresas do sector, em grande medida devido à preponderância da construção naval naquela região.

A região de Lisboa é também preponderante na fabricação de caldeiras, fabricação de armas e munições, fabricação de outras máquinas para uso geral ou na fabricação de veículos automóveis. Adicionalmente, a região do Alentejo assume alguma relevância na fabricação de veículos automóveis e na fabricação de aeronaves, de veículos especiais e equipamento relacionado.

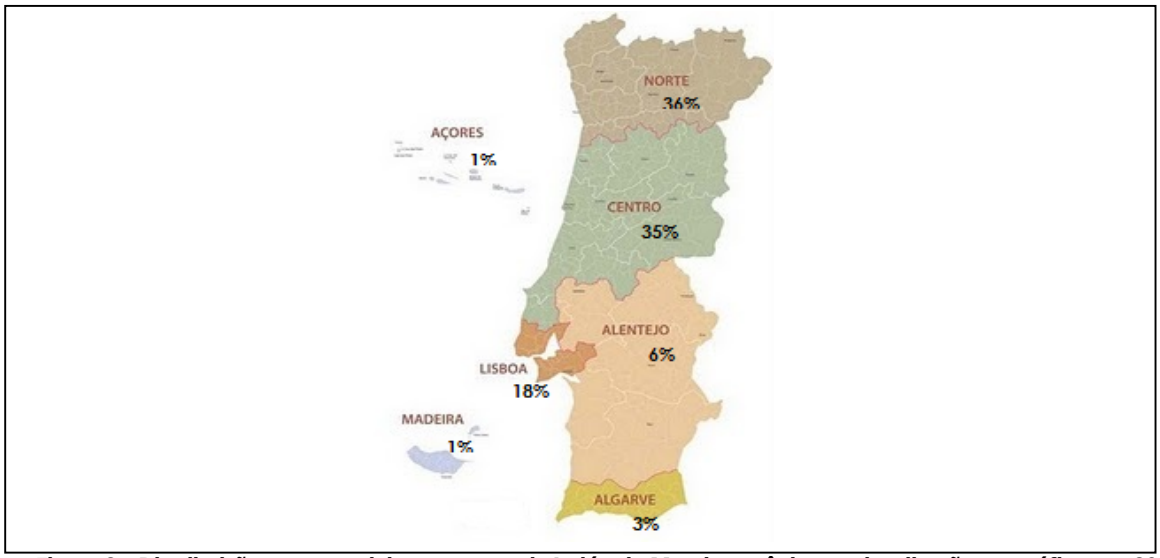



**Figura 3 – Distribuição percentual das empresas da Indústria Metalomecânica por localização geográfica, em 2009**

***Fonte: Instituto Nacional de Estatística***

As áreas geográficas de maior concentração da Indústria Metalomecânica nacional são as regiões do Grande Porto, Grande Lisboa e Baixo Vouga, assumindo também a Península de Setúbal relevância em termos da CAE 30 - Fabricação de outro equipamento de transporte.

Analisando em termos históricos a evolução da Indústria Metalomecânica e dos seus sectores, é notória uma quebra acentuada no número de empresas de ano para ano: Se em 2009, o INE registava 16 107 empresas a operar na Indústria Metalomecânica, recuando até 2007 encontram-se 17 964 empresas, o que revela uma queda superior a 10% em apenas dois anos, correspondendo a um saldo negativo de mais de 1 857 empresas.

Esta queda no número de empresas da Indústria Metalomecânica reflectiu-se em todos os seus sectores, com quedas entre os 10% e os 12% para o período em análise, com excepção da Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis (CAE 29), que decresceu apenas 2%, em termos do número de empresas.

Das 62 actividades económicas que compõem a Indústria Metalomecânica nacional, apenas 13 escapam a esta tendência, a saber:

- ✓ CAE 25 733 - Fabricação de peças sinterizadas
- ✓ CAE 25 210 - Fabricação de caldeiras e radiadores para aquecimento central
- ✓ CAE 25 290 - Fabricação de outros reservatórios e recipientes metálicos
- ✓ CAE 25 300 - Fabricação de geradores de vapor (excepto caldeiras para aquecimento central)
- ✓ CAE 25 502 - Fabricação de produtos por pulverometalurgia
- ✓ CAE 25 910 - Fabricação de embalagens metálicas pesadas
- ✓ CAE 28 222 - Fabricação de equipamentos de elevação e de movimentação, n.e.
- ✓ CAE 28 490 - Fabricação de outras máquinas-ferramentas, n.e.
- ✓ CAE 28 960 - Fabricação de máquinas para as indústrias do plástico e da borracha
- ✓ CAE 29 100 - Fabricação de veículos automóveis
- ✓ CAE 30 111 - Construção de embarcações metálicas e estruturas flutuantes, excepto de recreio e desporto
- ✓ CAE 30 300 - Fabricação de aeronaves, de veículos espaciais e equipamento relacionado
- ✓ CAE 30 990 - Fabricação de outro equipamento de transporte, n.e.

As actividades em que o número de empresas mais diminuiu no período em análise foram a Fabricação de motores e turbinas, excepto motores para aeronaves, automóveis e motociclos (CAE 28 110), Fabricação de máquinas e equipamento de escritório, excepto computadores e equipamento periférico (CAE 28 230), Fabricação de máquinas de acondicionamento e de embalagem (CAE 28 291) e a Construção de embarcações de recreio e de desporto (CAE 30 120).

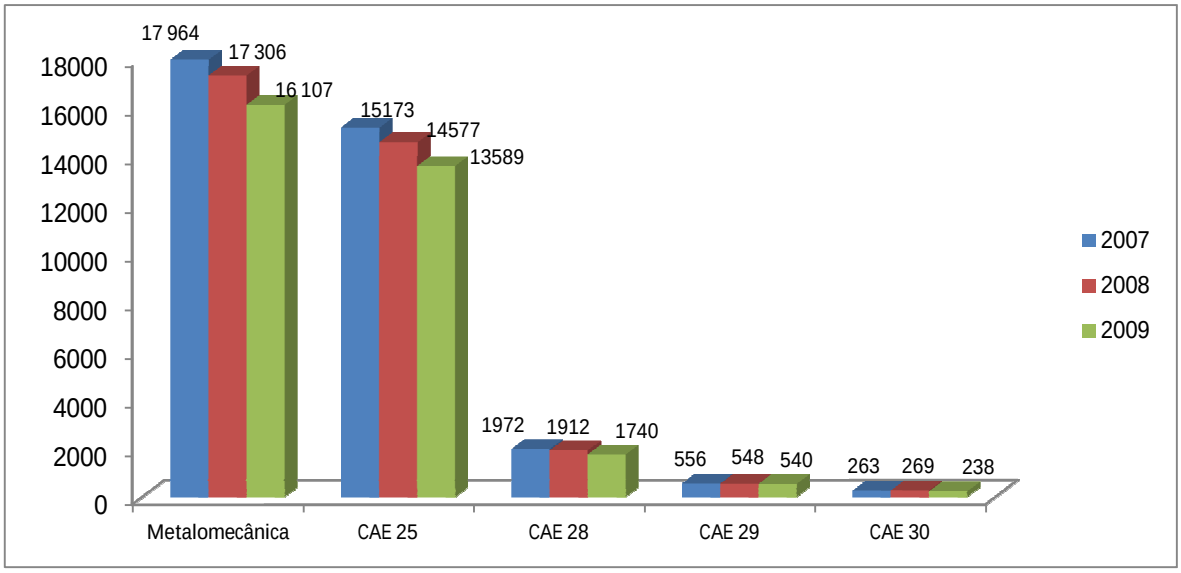



**Figura 4 - Evolução histórica da Indústria Metalomecânica, quanto ao número de empresas, período 2007-2009**

***Fonte: Instituto Nacional de Estatística***

## TRABALHADORES

Relativamente ao número de trabalhadores, a situação não apresenta grandes diferenças comparativamente à distribuição sectorial que se registava em termos do número de empresas, continuando a CAE 25 – Fabricação de produtos metálicos, excepto máquinas e equipamentos, a ser a mais representativa, empregando mais de 60% dos trabalhadores da Indústria Metalomecânica, em grande medida devida ao peso das actividades da Fabricação de estruturas de construções metálicas (CAE 25 110), Fabricação de portas, janelas e elementos similares em metal (CAE 25 120), Actividades de mecânica geral (CAE 25 620), Fabricação de moldes metálicos (CAE 25 734) e Fabricação de outros produtos metálicos diversos, n.e. (CAE 25 992), que empregam mais de 64 000 pessoas.

No entanto, o equilibro altera-se, comparativamente à distribuição sectorial em termos do número de empresas, com a CAE 29 - Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis, que representa apenas 3% das empresas da Indústria Metalomecânica e que assume aqui um peso superior a 20%, em termos do número de trabalhadores ao serviço, como se pode ver na figura seguinte.

Grande parte da força de trabalho da CAE 29 está dedicada à Fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis (CAE 29 320), uma vez que aí exercem funções mais de 18 000 pessoas.

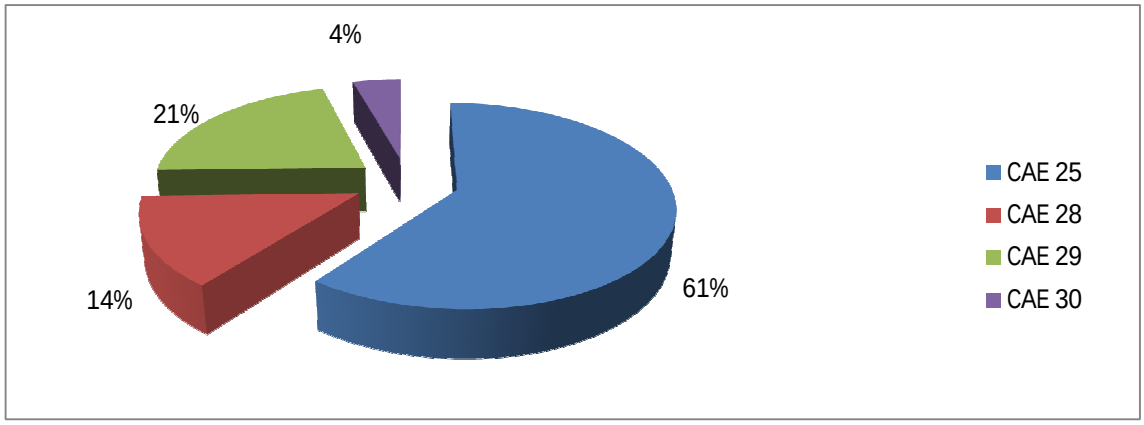



**Figura 5 – Distribuição percentual do número de trabalhadores por sector da Indústria Metalomecânica, em 2009**

***Fonte: Instituto Nacional de Estatística***

Se as micro empresas são a tipologia com maior preponderância na Indústria Metalomecânica, em termos de emprego a força de trabalho distribui-se de um modo mais uniforme pelas diferentes tipologias. De facto, 22% dos trabalhadores exerciam actividade em micro empresas em 2009, enquanto 30% faziam-no em empresas de pequena dimensão, 25% em empresas de média dimensão e os restantes 23% em empresas de grande dimensão.

No entanto, analisando os sectores que compõem a Indústria Metalomecânica, encontramo-nos perante realidades muito distintas, uma vez que a CAE 25 - Fabricação de produtos metálicos, excepto máquinas e equipamentos, "impulsiona" a preponderância das micro empresas no conjunto da Indústria Metalomecânica, enquanto a CAE 29 - Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis, faz o mesmo relativamente às grandes empresas.

Em termos da dispersão geográfica dos trabalhadores, 43% das pessoas ao serviço na Indústria Metalomecânica em 2009, estavam fixadas na região norte do país e 32% na região centro.

Analisando em termos históricos a evolução da Indústria Metalomecânica e dos seus sectores, é notória uma quebra acentuada no número de trabalhadores, tal como acontecera já relativamente ao número de empresas, de ano para ano: Se em 2009, o INE registava 148 997 trabalhadores a laborar na Indústria Metalomecânica, recuando até 2007, esse valor atingia os 162 416, o que é revelador de uma descida de cerca de 8% no número de trabalhadores.

Esta queda no número de trabalhadores da Indústria Metalomecânica reflectiu-se em todos os seus sectores, sendo menos notória na CAE 25 - Fabricação de produtos metálicos, excepto máquinas e equipamentos, que prescindiu apenas de cerca de 3% da sua força de trabalho entre 2007 e 2009. O sector da Fabricação de máquinas e de equipamentos, n.e. (CAE 28) perdeu 18% da força de trabalho, a Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis (CAE 29), perdeu 13% e a Fabricação de outro equipamento de transporte (CAE 30) perdeu 15%.

Esta queda reflectiu-se igualmente na esmagadora maioria das 62 actividades que compõem a Indústria Metalomecânica, sendo que as excepções foram maioritariamente na CAE 25, com algumas actividades a aumentarem o seu efectivo, como foi o caso na Fabricação de estruturas de construções metálicas, na Fabricação de caldeiras e radiadores para aquecimento central, na Fabricação de outros reservatórios e recipientes metálicos, na Fabricação de armas de caça, de desporto e defesa, na Fabricação de produtos de arame, ou na Fabricação de material circulante para caminhos-de-ferro.

Em termos reais, esta descida levou ao desaparecimento efectivo de 13 419 postos de trabalho na Indústria Metalomecânica, entre 2007 e 2009, correspondendo à extinção de 3 108 postos de trabalho na CAE 25, 4 712 postos de trabalho na CAE 28, 4 519 postos de trabalho na CAE 29 e 1 080 postos de trabalho na CAE 30.

A figura seguinte ilustra a evolução do emprego na Indústria Metalomecânica e seus sectores no período compreendido entre os anos de 2007 e 2009.

Como se pode ver, existe realmente um decréscimo entre 2007 e 2009, mas, no entanto, a Indústria Metalomecânica aumentou a sua força de trabalho em 2008, face a 2007, particularmente no sector da Fabricação de produtos metálicos, excepto máquinas e equipamentos (CAE 25) e da Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis (CAE 29).

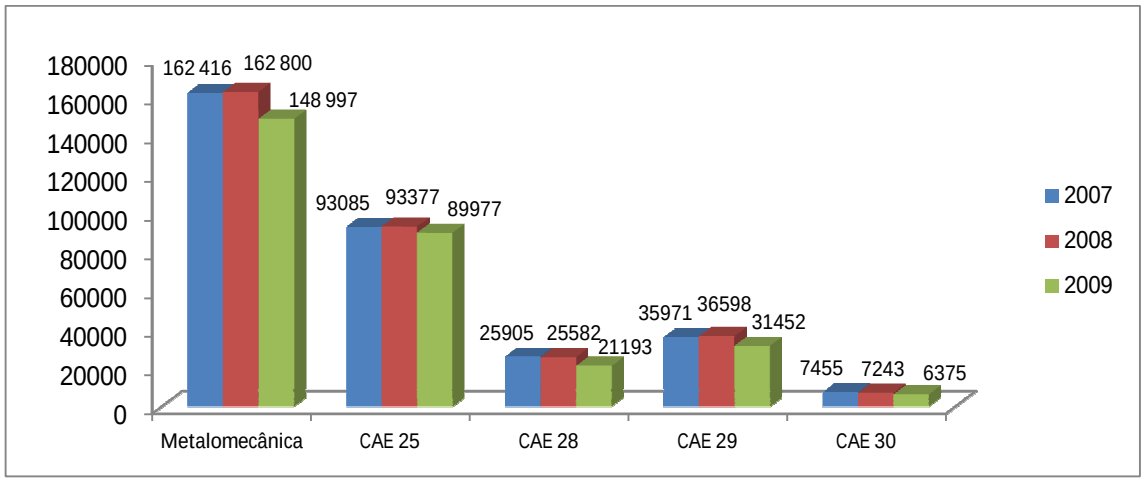



**Figura 6 – Evolução histórica da Indústria Metalomecânica, quanto ao número de trabalhadores, no período 2007-2009**

***Fonte: Instituto Nacional de Estatística***

## VOLUME DE NEGÓCIOS

Relativamente ao volume de negócios, mais uma vez a CAE 25 - Fabricação de produtos metálicos, excepto máquinas e equipamentos, assume a maior representatividade, contribuindo com 5 851 milhões de euros para um volume de negócios total de 12 876 milhões de euros, registado pela Indústria Metalomecânica, em 2009.

No entanto, e tal como havia já acontecido face ao número de trabalhadores, a CAE 29 - Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis, apesar de representar apenas 3% das empresas da Indústria Metalomecânica, assume uma preponderância de 37% no volume de negócios da Indústria Metalomecânica, contribuindo com 4 778 milhões de euros, em 2009.

As actividades da Indústria Metalomecânica a gerar maiores volumes de negócios foram a CAE 29 320 - Fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis (2 389 milhões de euros), a CAE 29 100 - Fabricação de veículos automóveis (1 714 milhões de euros), a CAE 25 110 - Fabricação de estruturas de construções metálicas (1 440 milhões de euros) e a CAE 25 120 - Fabricação de portas, janelas e elementos similares em metal (1 008 milhões de euros).

Em termos relativos, a CAE 25 é representativa de 45% do volume de negócios registado pela Indústria Metalomecânica em 2009, a CAE 28 de 15%, a CAE 29 de cerca de 37% e a CAE 30 de 3%, como se pode comprovar pela análise da figura seguinte.

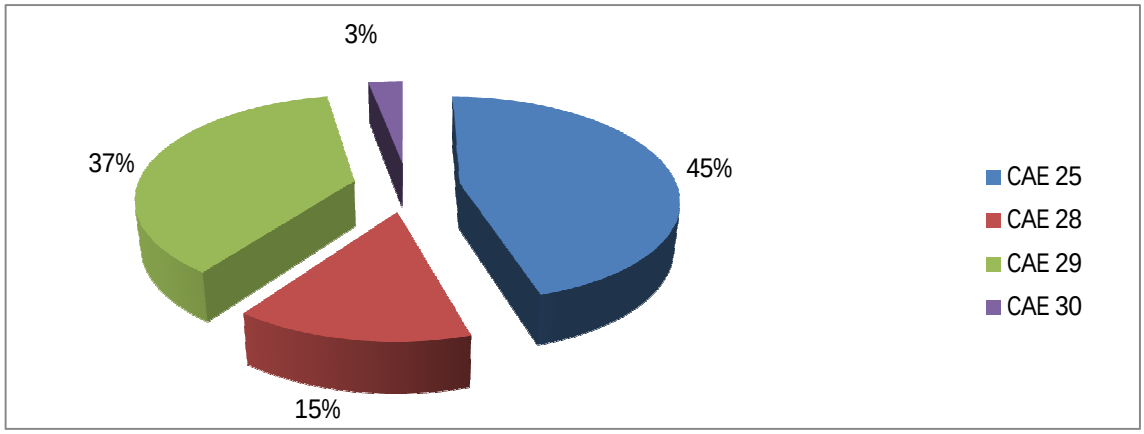



**Figura 7 – Distribuição percentual do volume de negócios pelos sectores da Indústria Metalomecânica, em 2009**

**Fonte: Instituto Nacional de Estatística**

Quanto à distribuição do volume de negócios pelas diferentes tipologias empresariais, as empresas de grande dimensão são as maiores geradoras de riqueza, sendo portanto, as que mais contribuem para o volume de negócios apresentado pela Indústria.

De facto, em 2009, as empresas de grande dimensão, ou seja, com uma força de trabalho superior a 250 trabalhadores, geraram mais de 4 700 milhões de euros, enquanto as empresas de média dimensão atingiram um volume de negócios de cerca de 3 600 milhões de euros, as empresas de pequena dimensão chegaram aos 2 900 milhões de euros e as micro empresas contabilizaram cerca de 1 500 milhões de euros. No total, as empresas de grande e média dimensão foram responsáveis por 65% do volume de negócios gerado pela Indústria Metalomecânica.

Em termos geográficos, a região norte do país é a que contribui com a maior parte do volume de negócios gerado, sendo responsável por 4 771 265 054 € dos 12 876 345 145 € gerados em 2009, ou seja, 37% do volume de negócios da Indústria Metalomecânica no seu conjunto.

As regiões do centro e Lisboa assumem também grande relevância, tendo gerado, em 2009, 3 916 milhões de euros e 3 689 milhões de euros, respectivamente. As regiões do Alentejo, Algarve, Madeira e Açores contribuem com cerca de 4% do volume de negócios da Indústria Metalomecânica.

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, registam-se descidas no volume de negócios de todos os sectores que compõem a Indústria Metalomecânica nacional

De facto, no período analisado, regista-se uma quebra de cerca de 19% no volume de negócios da Indústria Metalomecânica, o correspondente a mais de 3 017 milhões de euros.

As maiores quedas registaram-se na CAE 28130 - Fabricação de outras bombas e compressores, que registou uma queda de cerca de 90% no volume de negócios em apenas dois anos, na CAE 28 230 - Fabricação de máquinas e equipamento de escritório, excepto computadores e equipamento periférico (perto de 70%), na CAE 28 222 - Fabricação de equipamentos de elevação e de movimentação, n.e., na CAE 28 910 - Fabricação de máquinas para a metalurgia e na CAE 28 240 - Fabricação de máquinas-ferramentas portáteis com motor (cerca de 50%), na CAE 28 210 - Fabricação de fornos e queimadores, na CAE 28 920 - Fabricação de máquinas para as indústrias extractivas e para a construção e na CAE 29 310 - Fabricação de equipamento eléctrico e electrónico para veículos automóveis (mais de 40%).

Os sectores da Fabricação de máquinas e de equipamentos, n.e. (CAE 28), Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis (CAE 29) e Fabricação de outro equipamento de transporte (CAE 30), viram os seus volumes de negócios retrair 29%, 25% e 24%, respectivamente, enquanto a Fabricação de produtos metálicos, excepto máquinas e equipamentos (CAE 25) parece ter sentido menos a crise, tendo registado uma descida de 9% para o mesmo período.

De salientar o crescimento nos volume de negócios da CAE 28 950 - Fabricação de máquinas para as indústrias do papel e do cartão (1813%), CAE 25210 - Fabricação de caldeiras e radiadores para aquecimento central (73%) e da CAE 25 401 - Fabricação de armas de caça, de desporto e defesa (29%). A figura seguinte ilustra a evolução do volume de negócios na Indústria Metalomecânica e seus sectores, no período 2007-2009.

**(valores em milhões de euros)**

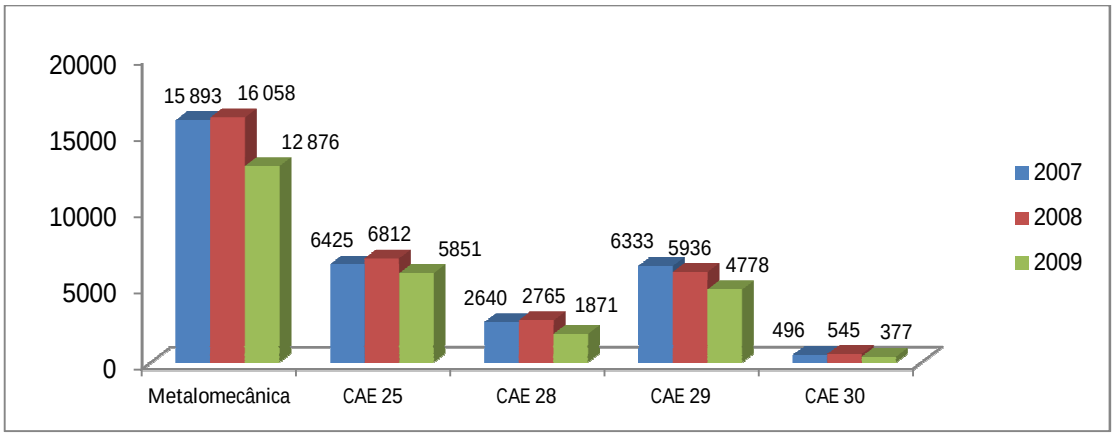



**Figura 8 – Evolução histórica da Indústria Metalomecânica, quanto ao volume de negócios, no período 2007-2009**

***Fonte: Instituto Nacional de Estatística***

## NÚMEROS DO SECTOR

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

Como se pode ver, a CAE 25 - Fabricação de produtos metálicos, excepto máquinas e equipamentos, é aquela onde mais empresas operam, onde mais trabalhadores cumprem funções e a que apresenta maiores volumes de negócios, valor acrescentado e produção.

De salientar, no entanto, a dimensão proporcional da CAE 29 - Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis, que representa apenas 3,3% das empresas da Indústria Metalomecânica mas emprega 21,1% dos trabalhadores e gera um volume de negócios correspondente a 37,1% do volume de negócios da Indústria Metalomecânica no seu conjunto.

Em 2009, havia 16 107 empresas a operar na Indústria Metalomecânica, empregando 148 997 pessoas, enquanto o volume de negócios atingiu os 12 876 milhões de euros, o VAB os 2 007 milhões de euros e a produção os 12 389 milhões de euros.

**Quadro 2 – Números da Indústria Metalomecânica, em 2009**

| CAE | Empresas | | Pessoal Serviço | | Volume Negócios | | VAB | | Produção | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N.º | % | N.º | % | € | % | € | % | € | % |
| 25 | 13 589 | *84,4* | 89 977 | *60,4* | 5 850 612 229 | *45,4* | 2 006 886 909 | *55,0* | 5 563 356 903 | *44,9* |
| 28 | 1 740 | *10,8* | 21 193 | *14,2* | 1 870 587 942 | *14,5* | 561 836 305 | *15,4* | 1 737 227 467 | *14,0* |
| 29 | 540 | *3,3* | 31 452 | *21,1* | 4 777 688 486 | *37,1* | 931 069 492 | *25,5* | 4 707 317 895 | *38,0* |
| 30 | 238 | *1,5* | 6 375 | *4,3* | 377 456 488 | *3,0* | 149 509 434 | *4,1* | 380 820 241 | *3,1* |
| **TOTAL** | **16 107** | ***100*** | **148 997** | ***100*** | **12 876 345 145** | ***100*** | **3 649 302 140** | ***100*** | **12 388 722 506** | ***100*** |

***Fonte: Instituto Nacional de Estatística***

# 3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

## 3.1. Introdução

O sector do metal compreende um conjunto de actividades que, de uma maneira geral, podem ser agrupadas em quatro categorias, em função da fase do processo metalúrgico em que se produzem, a saber:

- **Indústria básica metalúrgica**

Esta categoria compreende as actividades de siderurgia e aciaria, que consistem basicamente na extracção de materiais e numa primeira transformação em forma de metal puro ou liga que se utiliza como matéria-prima em fases posteriores.

- **Primeira transformação metalúrgica**

Este grupo inclui, principalmente, os processos de fundição e forja, dos quais se obtêm peças metálicas com uma determinada geometria e composição, através do uso de moldes adequados.

- **Fabricação de produtos intermédios**

As duas principais técnicas usadas nesta fase são a conformação e a maquinagem.

São aplicadas à maior parte dos produtos obtidos na primeira transformação metalúrgica, obtendo-se as peças finais.

- **Acabamento de peças**

Esta categoria engloba os tratamentos térmicos (têmpera, recozimento, etc.) e os tratamentos superficiais (desengorduramento, decapagem, galvanização, etc.), a que são submetidas as peças já transformadas para lhes proporcionar características de resistência, dureza e aspectos específicos.

**Os processos descritos no presente manual são os que se desenvolvem na fase de fabricação de produtos intermédios.**

A preparação e tratamento de superfícies é objecto de uma abordagem noutro manual, intitulado “Manual de Produção + Limpa no Sector do Tratamento de Superfícies".

## 3.2. Processos de fabrico

Os processos utilizados no fabrico de produtos intermédios, conforme descrito no § 3.1., podem apresentar diferenças significativas, em função do tipo de produtos fabricados. No entanto, podemos dividir as operações de fabrico deste sector, em:

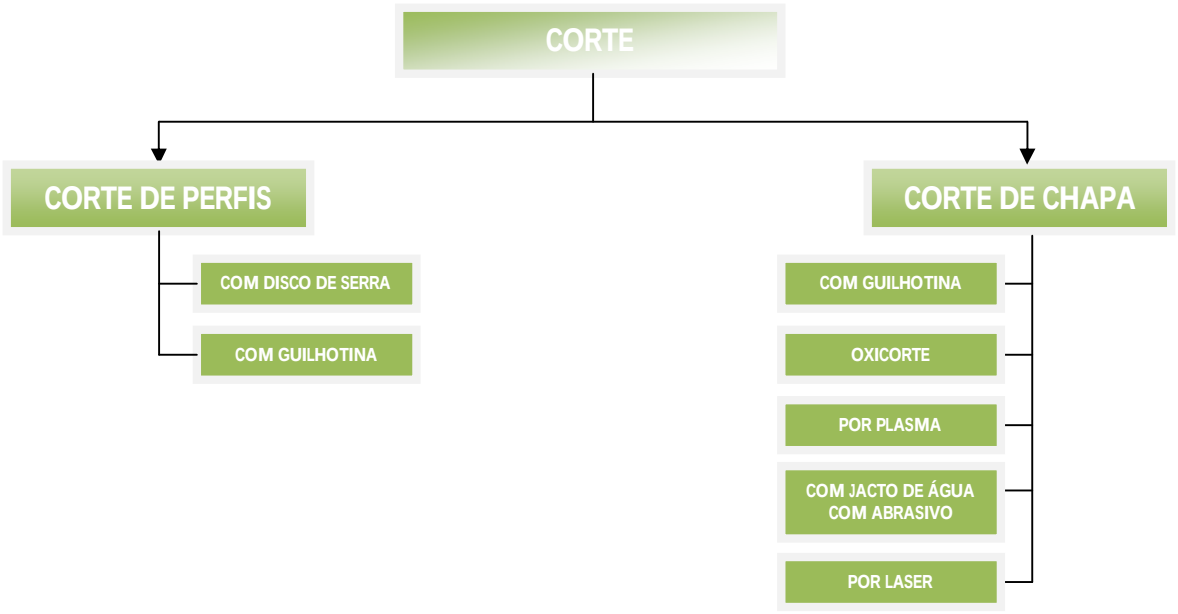
- CORTE
- MAQUINAGEM
- CONFORMAÇÃO
- SOLDADURA

De seguida, apresenta-se uma descrição mais detalhada dessas operações de fabrico, com base na informação recolhida do Guia Técnico "Sector da Metalurgia e Metalomecânica", publicado pelo INETI em Novembro de 2000 e no site https://sites.google.com/a/catim.pt/metalopedia.

## CORTE

Existem dois grandes grupos de tipos de corte:

- Corte de perfis
- Corte de chapa



## CORTE DE PERFIS

Pode ser executado para acerto de comprimentos com:

**Disco de serra**

**Guilhotina**

não necessitando, neste último caso, de fluido de corte.

## CORTE DE CHAPA

Quando o contorno é recto e a forma convexa, o corte de chapa pode também ser feito com guilhotina. Com contornos mais complicados, requer-se outro tipo de tecnologias como o oxicorte, corte por plasma, por laser e por jacto de água com abrasivo. Todas estas tecnologias podem envolver a utilização de comando numérico, o que permite optimizar a utilização da chapa e eliminar os erros de traçagem.

### COM GUILHOTINA

As guilhotinas são máquinas ferramentas para corte de chapas ou lâminas de metal. O seu modo de funcionamento é muito simples: uma lâmina desce de encontro a outra lâmina (a contra lâmina) e por cisalhamento, a chapa metálica é cortada.

Esta máquina é utilizada principalmente para acertar o comprimento ou largura de uma peça.

### OXICORTE

Este é o melhor processo de corte térmico para chapas de aço ligado e de não ligado na gama de espessuras de 3 a 30 mm. O consumo de energia é pequeno. A maior parte do calor é produzido por meio da reacção exotérmica do oxigénio com o aço a cortar. O equipamento é de fácil instalação.

## POR PLASMA

O corte por plasma é um processo de fusão, no qual o material metálico é fundido pelo jacto de plasma, sendo a junta de corte removida por jacto de ar. Também são utilizados gases de corte de efeito oxidante e gases com injecção suplementar de água.

O consumo de energia é relativamente elevado, porque o material tem de ser fundido numa junta larga. Os gases utilizados nas aplicações de corte por plasma são o argon, o hidrogénio e o azoto

O corte por plasma com injecção de água é indicado para o corte de aços de construção e de CrNi. O bom arrefecimento e a elevada velocidade de corte reduzem o empeno por acção do calor desenvolvido. Assim, as superfícies do corte são de aspecto metálico, mostram boa qualidade e regularidade. O uso de água reduz o impacto ambiental, cheiros, poeiras, ruído, sendo a emissão de radiações UV absorvida.

Todos os materiais condutores podem ser cortados por plasma. A qualidade do corte depende do tipo de material e do sistema de corte por plasma utilizado.

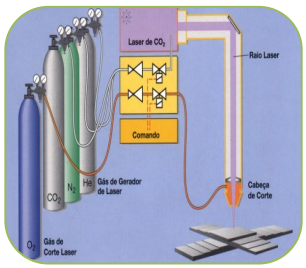
## POR JACTO DE ÁGUA

Existe uma grande variedade de materiais onde os processos de corte térmico não são aplicáveis por razões de ordem técnica e/ou económica. Tipicamente, o corte por jacto de água permite cortar uma grande variedade de metais e suas ligas como bronze, cobre, alumínio, aço macio e aço inoxidável.

O material é cortado pela acção de um jacto de água de alta pressão, podendo também conter um abrasivo para facilitar a operação. Esta tecnologia permite uma grande exactidão de corte e uma boa qualidade superficial. Outras características vantajosas resultantes da sua aplicação são material não ser afectado pelo calor e não serem necessárias operações de acabamento, sendo mantida a integridade estrutural do material.

## CORTE POR LASER

O laser é uma fonte de radiação visível que emite luz coerente monocromática. Para o corte de materiais é preferido o laser de $CO_2$. A radiação laser é obtida por intermédio de uma mistura de dióxido de carbono, azoto e hélio que é excitada electricamente, sendo o gás de corte o oxigénio.

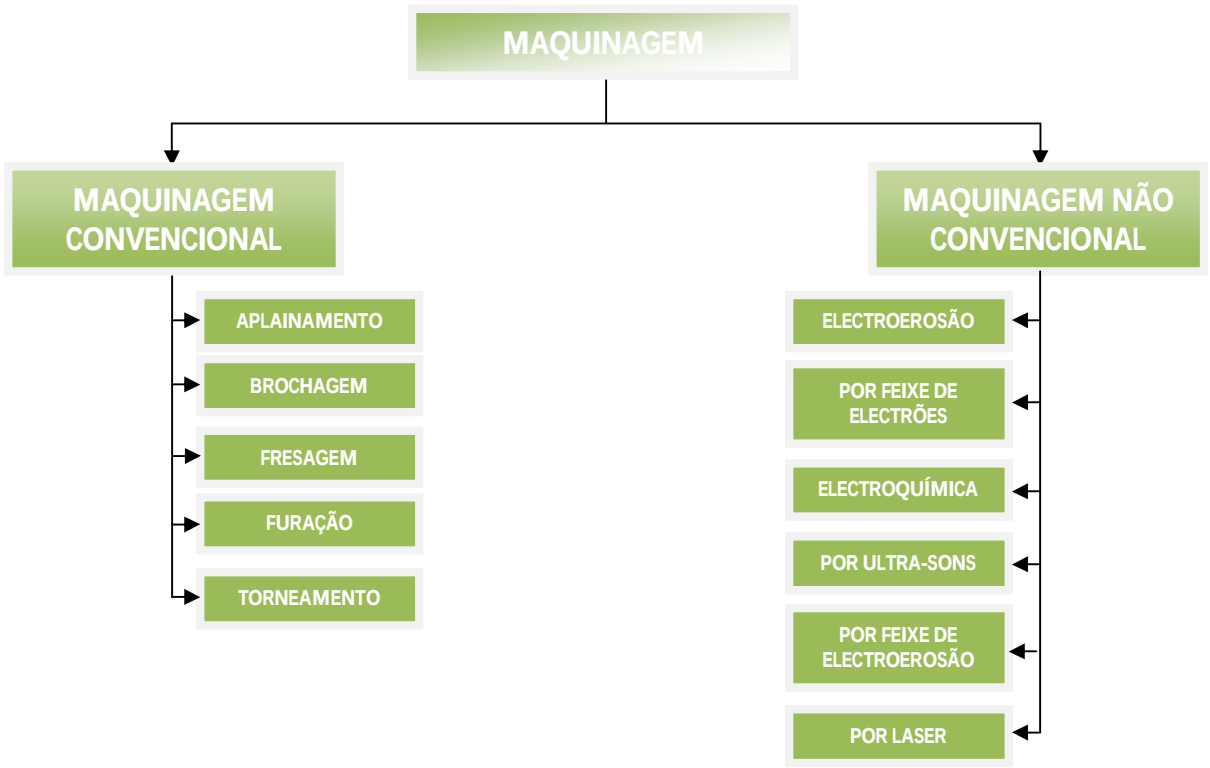



Com uma lente na cabeça de corte, o feixe é focado sobre a superfície do material a cortar.

O raio laser é ideal para cortar materiais metálicos e não metálicos de pequena espessura. É o processo de corte térmico com maior qualidade e precisão. Apenas com máquinas que operam com controlo numérico é possível alcançar uma elevada velocidade e precisão de corte, sem defeitos e com pouca rugosidade. Com esta tecnologia é igualmente possível cortar chapas de grandes dimensões, de formas complexas e constituídas por materiais de alta resistência, dificilmente estampáveis.

## + MAQUINAGEM

As operações de maquinagem podem ser identificadas como se indica de seguida:



## MAQUINAGEM CONVENCIONAL

Processo mecânico pelo qual a peça resultante é produto de um processo de remoção de material.

### APLAINAMENTO

Processo de maquinagem em que se utiliza um equipamento denominado plaina, cuja função é cortar material utilizando uma ferramenta de corte, para remover as irregularidades duma superfície, tornando-a assim plana.

### BROCHAGEM

Processo de maquinagem em que o corte é feito por uma ferramenta chamada buril, cuja função é entalhar ou cortar o metal a ser maquinado.

### FRESAGEM

Processo de maquinagem em que se remove material, neste caso metal, da superfície de uma peça, tendo como objectivo dar à peça uma forma e acabamento específicos.

### FURAÇÃO

Processo de maquinagem em que se pretende abrir, alargar ou acabar furos em peças.

## TORNEAMENTO

Processo de maquinagem pelo qual, utilizando ferramentas de um só gume, se podem criar formas de revolução interiores ou exteriores. A peça a ser torneada roda e a ferramenta de corte move-se transversalmente ao longo de dois eixos de movimento, de modo a produzir diâmetros e profundidades precisas.

## MAQUINAGEM NÃO CONVENCIONAL

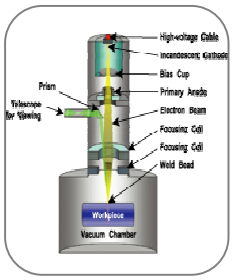
Maquinagem em que se utiliza uma fonte de energia não tradicional, mais especificamente química, eléctrica ou térmica, ao invés da energia mecânica usada tradicionalmente. Aplica-se quando os metais a serem trabalhados são de maquinabilidade dificultada, como é o caso dos aços temperados, carbonetos sinterizados, ferros fundidos brancos e cerâmicos.

## ELECTROEROSÃO

Processo de maquinagem não tradicional em que uma descarga eléctrica é utilizada, de modo a provocar o arranque de material nas peças entre as quais se faz essa mesma descarga. A corrente utilizada tem elevada frequência e situa-se aproximadamente entre 100Hz e 500kHz.

Este processo tem interesse quando nos deparamos com aplicações que utilizam materiais difíceis de maquinar, ou seja que têm elevada dureza, ou quando se pretende obter elevado pormenor, tornando inexequível o corte por arranque de apara, seja por fresagem, torneamento ou outro.

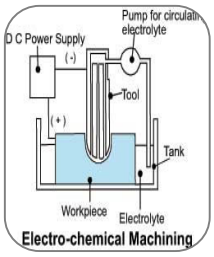
## POR FEIXE DE ELECTRÕES




Processo de maquinagem em que o corte é feito pela utilização de um feixe de electrões focalizado, a elevada velocidade e em condições de vácuo. Os electrões são descarregados na peça e a energia cinética resultante é transformada em calor, provocando então a vaporização da zona de material na qual foram descarregados os electrões.

O feixe de electrões é emitido pela extremidade de um filamento extremamente fino, feito de Tungsténio e aquecido a uma temperatura aproximada de 2500ºC, em condições de vácuo. O vácuo garante uma melhor focalização do feixe de electrões. Este processo aplica-se quando se pretende maquinar orifícios ou ranhuras, que compreendem alguns décimos de milímetro, em materiais como aços macios, temperados, inoxidáveis, alumina, ligas refractárias e cristais de quartzo.

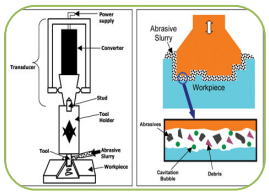
## ELECTROQUÍMICA




Processo de maquinagem em que a remoção de material se efectua através de um processo electroquímico. Neste processo é utilizado um electrólito e também uma corrente eléctrica, de modo a provocar a ionização e remoção do metal da superfície da peça a ser maquinada.

Tem como base a dissolução anódica numa célula electrolítica, em que a peça funciona como o ânodo e a ferramenta funciona como o cátodo.

## POR ULTRA-SONS




Processo de maquinagem em que um líquido, com partículas abrasivas misturadas, flui entre uma peça e uma ferramenta em vibração. É utilizado essencialmente para executar furos e baseia-se no princípio da vibração longitudinal de uma ferramenta, de forma análoga à do furo a executar.

Por aplicação de pressão da ferramenta contra a peça, o contacto entre ambas é assegurado pelo líquido contendo partículas de material abrasivo em suspensão.

## POR LASER

Processo de maquinagem em que se utiliza um dispositivo, o laser, que emite uma radiação luminosa, por intermédio do bombeamento feito por uma fonte de energia adequada ao meio activo usado. O meio, escolhido de modo a haver uma emissão estimulada de fotões, pode ser sólido, líquido ou gasoso, e as partículas estimuladas podem ser átomos, iões ou moléculas.

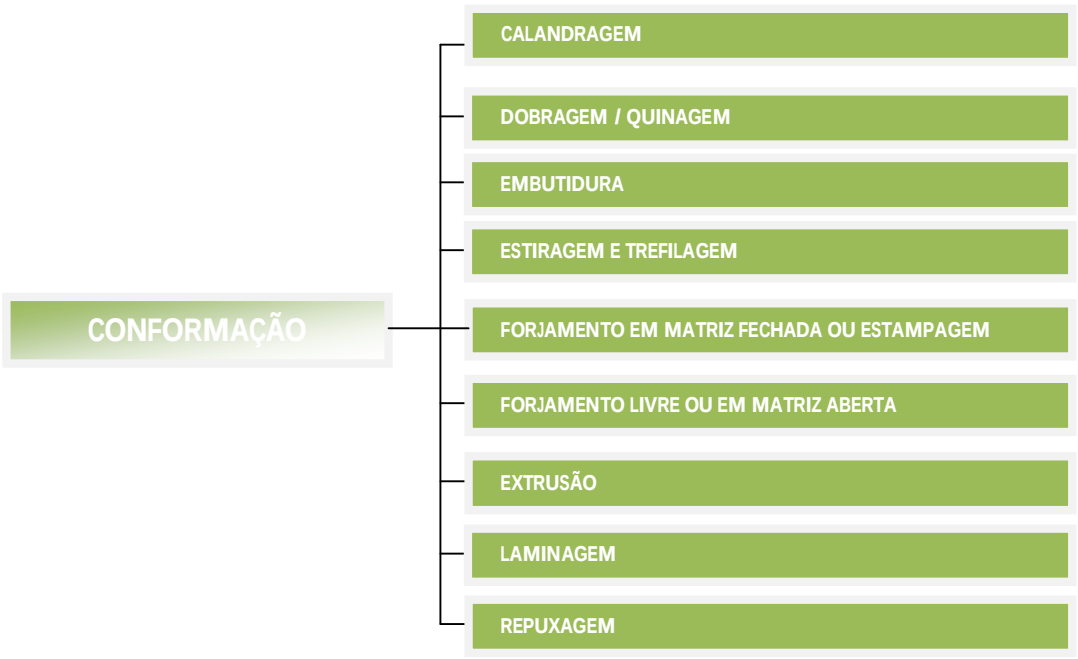
É ainda necessário ao meio activo acrescentar "um sistema óptico adequado, a cavidade ressonante, constituída por dois espelhos, posicionados nas extremidades do meio activo e coaxial com ele, perpendicularmente à direcção em que o feixe é emitido" (Davim, 1995). O feixe mais utilizado no corte é o de dióxido de Carbono, $CO_2$, devido à potência associada. Neste método, o material é fundido e vaporizado através do feixe Laser e "a ferramenta de corte propriamente dita é a camada em fusão a elevada temperatura, já que a mesma provoca a fusão do material sólido e o expulsa". (Davim, 1995).

## + CONFORMAÇÃO

A conformação é um processo mecânico onde se obtêm peças através da compressão de metais sólidos em moldes, utilizando a deformação plástica de matéria-prima para o preenchimento das cavidades dos moldes.

O processo pode ou não ser executado com o aquecimento da matéria-prima, para facilitar o processo ou para modificar as características da peça final.

A conformação inclui vários processos, conforme indicado de seguida.




### CALANDRAGEM

Processo de conformação pelo qual se dá forma a chapas e/ou laminados de metal, pela passagem entre rolos, conferindo-lhes assim curvatura, espessura constante e um acabamento de qualidade.

## DOBRAGEM / QUINAGEM

Processo de conformação em que se provoca a flexão da peça, fazendo com que esta dobre em torno de uma ferramenta adequada.

## EMBUTIDURA

Processo de conformação pelo qual, com auxílio de um punção ou estampo, se empurra uma chapa plana, de modo a que esta entre na cavidade da matriz, obtendo assim peças em forma de recipiente.

## ESTIRAGEM E TREFILAGEM

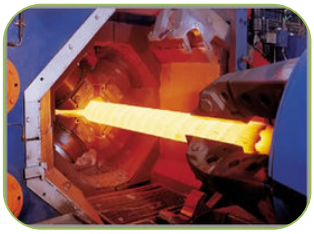
Processo de conformação pelo qual, por tracção, se reduz a secção transversal de uma barra, fio ou tubo, "puxando-se" a peça através de uma ferramenta própria denominada fieira, calibrada e com forma de canal convergente.

## FORJAMENTO EM MATRIZ FECHADA OU ESTAMPAGEM

Processo de conformação em que, através de ferramentas adequadas à prensa, se submete o material ao processo de moldagem de formas, fazendo com que o mesmo assuma o contorno ou perfil da ferramenta de trabalho. Posteriormente remove-se a rebarba resultante do processo.

## FORJAMENTO LIVRE OU EM MATRIZ ABERTA

Processo de conformação, em geral a quente, em que por compressão se obriga a matéria-prima a assumir a forma, contorno ou perfil da ferramenta conformadora, chamada matriz ou estampo. Por forjamento a frio produzem-se parafusos, porcas e engrenagens, entre outros.



## EXTRUSÃO

Processo de conformação, a frio ou a quente, em que a peça é forçada através da matriz conformadora, gerando uma redução da secção transversal da peça. A secção transversal da peça extrudida será constante, visto que a geometria da matriz se mantém constante durante o processo.

## LAMINAGEM

Processo de conformação em que se faz com que o material a ser laminado passe através do espaçamento entre dois cilindros em rotação, provocando alteração (normalmente redução) da secção transversal do material. Também designado como laminação.

## REPUXAGEM

Processo de conformação pelo qual um disco em chapa é apertado pelo centro, entre um mandril solidário com a árvore do torno e um encostador ligado ao contraponto, fazendo com que o conjunto gire.

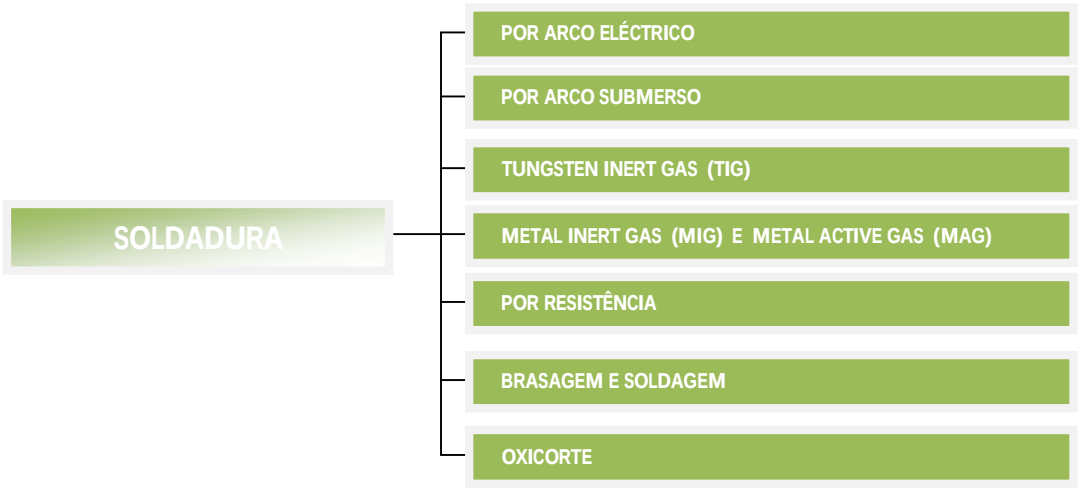
Simultaneamente, com uma ferramenta adequada, a chapa é deformada contra o mandril. O equipamento utilizado neste processo chama-se torno de repuxar.

## + SOLDADURA

A soldadura destina-se a unir peças, de um modo permanente, através da fusão na zona de contacto do metal das peças ou de um material adicionado (solda). Os diferentes processos de soldadura manual podem distinguir-se de uma maneira muito geral, quer pela fonte de energia utilizada para fundir o metal a soldar e o metal de adição, quer pela técnica como o metal em fusão é protegido da oxidação por acção do ar ambiente.

No entanto, pode afirmar-se que todos os processos de soldadura se completam entre si, incluindo os processos de soldadura automática.

Apresentam-se de seguida os diferentes processos de soldadura.

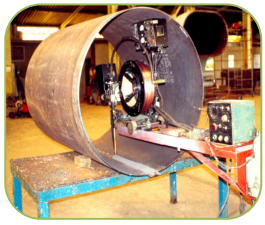



### POR ARCO ELÉCTRICO

Processo de soldadura por fusão, em que um arco eléctrico estabelecido entre o eléctrodo e a peça provoca a fusão dos metais, resultando na deposição do metal proveniente dessa mesma fusão.

Pode utilizar-se corrente contínua ou corrente alternada, e eléctrodos consumíveis ou não consumíveis. O arco eléctrico é uma corrente eléctrica no ar ou noutro gás que tem uma função protectora.

### POR ARCO SUBMERSO



Processo de soldadura em que o arco eléctrico que se estabelece entre um eléctrodo e uma peça se encontra submerso sob uma camada de fluxo granular e fusível, cuja função é proteger a operação da contaminação atmosférica.

É um processo automático, de elevada produtividade, sendo comummente usado na indústria, tanto em corrente contínua como alternada.

## TUNGSTEN INERT GAS (TIG)

Processo de soldadura em que se utiliza um eléctrodo não consumível de Tungsténio, e em que um arco eléctrico se forma entre o eléctrodo e as peças a unir. A soldadura, mais especificamente o arco eléctrico e a zona de fusão, é protegida por um gás inerte, como o Árgon, dos riscos de contaminação atmosférica.

Visto o eléctrodo ser não consumível, é ainda necessário adicionar ao processo um metal de adição.

## METAL INERT GAS (MIG) E METAL ACTIVE GAS (MAG)

Processo de soldadura por arco eléctrico entre uma peça e um eléctrodo, em que se utiliza um gás, ou mistura de gases, inerte ou activo, para protecção da zona de soldadura.

No processo MIG utiliza-se um gás inerte como o Árgon ou Hélio.

No processo MAG utiliza-se um gás activo, usualmente $CO_2$. É um processo aplicável à maioria dos metais usados, como os aços, o alumínio, cobre, entre outros. Utiliza-se corrente contínua, sendo a peça o pólo negativo e o eléctrodo o pólo positivo.

## POR RESISTÊNCIA

Processo em que as superfícies a unir são aquecidas pela utilização da resistência eléctrica do material que as constitui. Essa geração de calor provoca o contacto entre as superfícies das duas peças ou, consoante o caso, entre mais do que duas superfícies metálicas.

É um processo de elevada eficiência mas de aplicação relativamente limitada. Na indústria utilizam-se três variantes deste processo: soldadura por pontos, soldadura por roletes e soldadura topo a topo.

## BRASAGEM E SOLDAGEM

Na Brasagem, a ligação estabelecida entre dois elementos metálicos é efectuada por meio de um metal de adição, que se encontra no estado líquido e cuja temperatura de fusão é superior a 450ºC e inferior à temperatura de fusão dos materiais base, sendo que os metais base não comparticipam na constituição da junta.

Por sua vez, a Soldagem é uma Brasagem fraca, em que a temperatura de fusão do metal de adição é inferior a 450ºC. Normalmente, o metal de adição penetra por capilaridade entre as superfícies das peças a unir: o aquecimento uniforme das superfícies deve ser promovido, já que o mesmo provoca a dilatação das capilaridades existentes nas superfícies a unir, resultando numa melhor inclusão do metal.

## OXICORTE

Técnica auxiliar à Soldadura na qual se procede ao corte de metais, com vista a preparar as bordas das partes a soldar no caso da espessura das mesmas assim o justificar.

O processo de corte utiliza uma reacção química, em que o metal previamente aquecido (através de uma chama oxiacetilénica) é cortado por oxidação rápida numa corrente de Oxigénio puro.

Se os metais a serem cortados forem resistentes à oxidação, então há que adicionar pós de Ferro à corrente de Oxigénio, para facilitar o processo. É utilizado principalmente no corte de aços ao Carbono e de aços de baixa liga, com adição de pós de Ferro no caso dos aços inoxidáveis e dos ferros fundidos, pelo motivo anteriormente referido.

## 3.3. Factores de influência nos processos de transformação de metais

Poucas actividades industriais apresentam um leque de possibilidades técnicas e operacionais tão amplo como o processo de transformação de metais. Cada processo opera em condições específicas definidas por múltiplos factores de índole produtiva e tecnológica.

A implementação de quaisquer medidas de melhoria deverá ter em conta a natureza da operação no seu sentido mais profundo, valorizando todos os factores que definem o processo.

O impacte ambiental do processo não é uma excepção e qualquer medida de redução ou prevenção do mesmo deverá basear-se numa análise prévia das condicionantes do sistema produtivo considerado.

De seguida, apresentam-se de forma esquemática, as variáveis que influem de forma mais significativa na melhoria ambiental de um sistema de maquinagem:

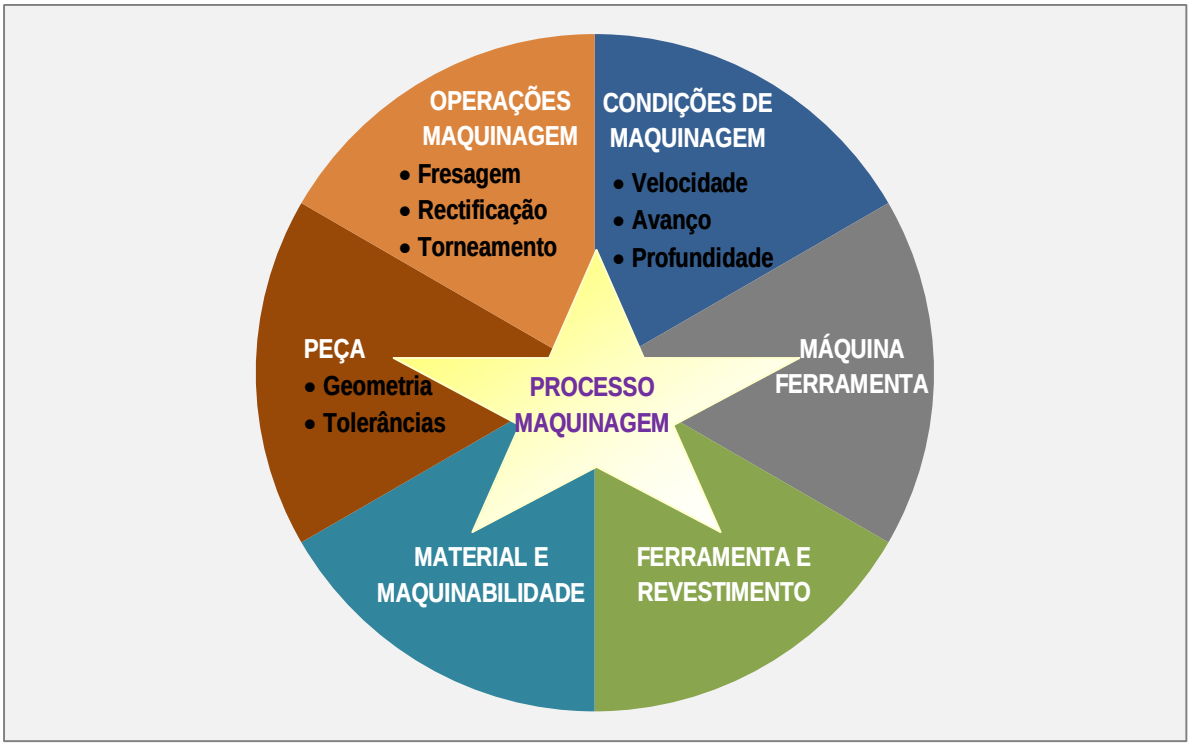



**Figura 9 – Factores que condicionam a maquinagem**

***Fonte: Libro Blanco para la minimización de residuos y emissiones. Mecanizado del Metal, IHOBE, S.A.***

- ***PEÇA***

*Geometria da peça*

As operações de transformação necessárias e as máquinas em que estas devem ser executadas são condicionadas pela geometria da peça. Em alguns casos, será necessária a execução de operações de desbaste. Noutras situações serão necessárias operações de acabamento para assegurar determinado grau de precisão.

*Tolerância da peça*

Quando é necessária uma elevada precisão dimensional ou de forma, as deformações térmicas devidas à energia calorífica libertada na operação de corte, podem introduzir tolerâncias na peça. Nessas situações, o uso de fluido de corte será inevitável para evitar estas deformações.

### *MATERIAL E MAQUINABILIDADE*

As propriedades metalotécnicas (dureza, estrutura, pressão específica de corte, etc.) condicionam a maquinabilidade do material, influenciam o equilíbrio energético da operação e, em consequência, estabelecem diferentes condições de trabalho. Existe um parâmetro denominado "Índice de Maquinabilidade" que quantifica esta propriedade.

Alguns materiais como o ferro fundido cinzento, são transformados a seco, embora outros, como o aço, ligas de alumínio, cobre, magnésio ou titânio, normalmente necessitam do uso de fluidos lubrificantes. Não obstante, o desenvolvimento tecnológico dos processos, sobretudo em termos de ferramentas, está a possibilitar reduzir ou eliminar o uso de fluidos de corte durante a maquinagem de alguns materiais que *a priori* necessitem da sua presença.

Em geral, pode dizer-se que à medida que as condições de maquinagem se tornam mais extremas, torna-se cada vez mais necessário o uso de fluidos de corte.

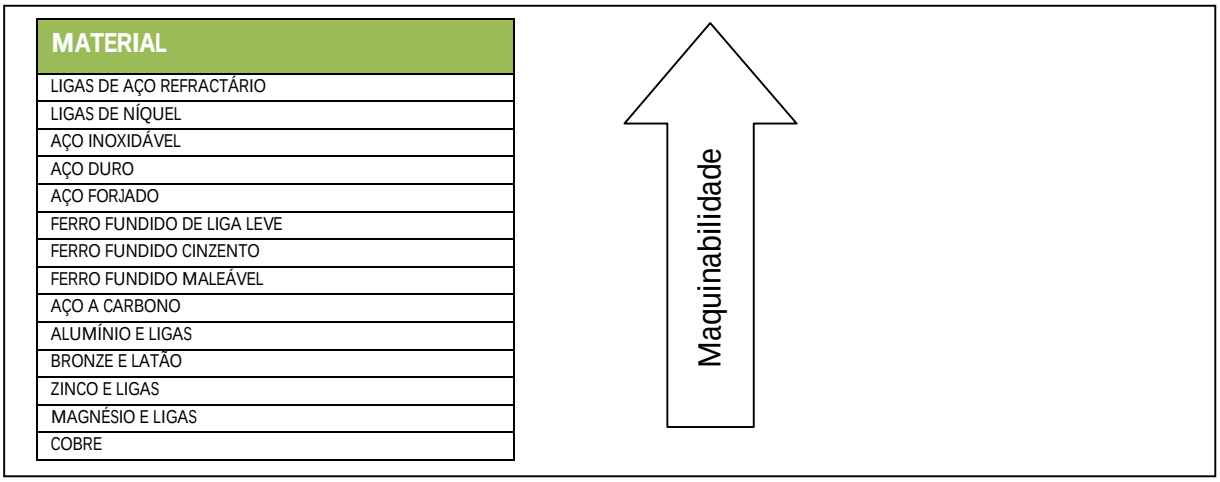



**Figura 10 – Maquinabilidade relativa dos materiais mais comuns**

***Fonte: Libro Blanco para la minimización de residuos y emissiones. Mecanizado del Metal, IHOBE, S.A.***

### *MÁQUINA-FERRAMENTA*

A máquina-ferramenta é um elemento que condiciona profundamente o processo de maquinagem. Na máquina, o fluido de corte, para além de refrigerar e lubrificar a zona de transformação, refrigera diversos componentes que proporcionam a necessária estabilidade térmica. A redução ou eliminação do fluido de corte, bem como o uso de fluidos menos poluentes, exige adaptações na máquina-ferramenta para evitar os efeitos prejudiciais derivados de possíveis deformações térmicas e ataques na pintura, sistema de juntas, etc. Em máquinas novas esta deformação pode ser evitada, tendo-as em conta na fase de concepção ou compensando-as através de algoritmos apropriados implementados no CNC da máquina-ferramenta. Outros aspectos como a eliminação de aparas da zona de corte, ou a colocação de barreiras anti-respingas, estão condicionados pela máquina utilizada e deverão adaptar-se às modificações realizadas no processo.

### *FERRAMENTA DE CORTE E SEUS REVESTIMENTOS*

A redução ou eliminação do uso de fluido de corte exige que se repensem as funções da ferramenta. Para garantir o rendimento da mesma devem optimizar-se a adaptação geométrica à peça e a capacidade para superar o *stress* térmico, seleccionando em primeira instância o material que é fabricado (aço rápido, metal duro, cermet, cerâmica, entre outros) e posteriormente, aspectos como o revestimento.

Embora o desenvolvimento de revestimentos duros anti-desgaste seja anterior à tomada de consciência sobre a produção limpa nos processos de maquinagem, assumem um papel activo no momento de implementação dos processos de maquinagem a seco.

Assim, vêm sendo desenvolvidos novos revestimentos, com a função adicional de reduzir a fricção entra aparas e ferramenta, através de uma camada lubrificante combinada com a camada dura necessária, reduzindo assim o calor gerado e salvaguardando a vida útil da ferramenta.

Actualmente, a utilização deste tipo de revestimentos está a implantar-se cada vez mais. Acertar na combinação adequada do tipo de revestimento para determinado processo ou material, será fundamental para garantir uma produção económica e de qualidade.

### *TIPO DE OPERAÇÃO*

O tipo de operação executada é um dos factores que define com maior relevância as condições de maquinagem. As operações de desbaste, requerem normalmente o uso de fluidos de corte aquosos, uma vez que estes actuam prioritariamente nas funções de refrigeração e de retirada das aparas produzidas (fresagem, torneagem). Nas operações de acabamento, usam-se preferencialmente óleos de corte (aparafusamento, brochado, trituração), que oferecem melhorias no processo de lubrificação e, portanto, do acabamento superficial obtido.

### *CONDIÇÕES DAS OPERAÇÕES DE MAQUINAGEM*

Os processos são concebidos com o objectivo prioritário de maximizar a produção. Este objectivo passa por utilizar a maior velocidade de avanço e profundidade de corte possíveis, sempre em compatibilização com o adequado rendimento da ferramenta. A redução do uso de fluido de corte ou a sua eliminação total põe como desafio determinar que condições do processo podem ser readaptadas para que se mantenham os rácios produtivos desejados.

# 3.4. Fluidos de corte

Durante o processo de corte de metais, o efeito produzido pelas ferramentas de corte e a resistência do metal a ser cortado, geram uma grande quantidade de calor, em função da intensidade da fricção entre a ferramenta e a peça a maquinar.

Este calor deve ser controlado de forma eficaz a fim de evitar o reaquecimento da ferramenta, pois de outra forma conduziria à sua rápida deterioração, assim como a um acabamento superficial defeituoso da peça trabalhada. Os fluidos de corte evitam esse problema devido à sua função refrigerante e lubrificante.

Os mesmos circulam nas máquinas-ferramenta desde os seus depósitos até ao ponto de contacto entre a peça e a ferramenta, sendo depois recirculados ao circuito.

Na bibliografia, esses produtos recebem o nome genérico de "óleos de corte" (*cutting oils*). No entanto, alguns destes produtos não contêm óleo mineral na sua composição. Assim, as designações de "fluidos de corte" (*cutting fluids*) ou "fluidos de maquinagem" (*metalworking fluids*) são as mais adequadas.

***PRINCIPAIS FUNÇÕES DOS FLUIDOS DE CORTE***

- **Lubrificação:** Reduz a energia necessária para vencer as forças do atrito e melhora o acabamento superficial ao facilitar o deslize entre a borda da ferramenta e a superfície da peça. A lubrificação é um requerimento prioritário nas operações de acabamento em que não se alcançam níveis térmicos importantes ou não se retira grande quantidade de material excedente.
- **Refrigeração:** Mitiga o desequilíbrio térmico do sistema gerado durante o processo pela fricção entre a peça e a ferramenta, evitando a deterioração prematura da última.
- **Remoção de material excedente:** O material excedente (aparas) tende a acumular-se nas imediações da área de corte, dificultando a correcta transformação da peça e a dissipação natural do calor.
- **Melhoria do acabamento da peça.**
- **Redução do desgaste das ferramentas.**
- **Proteção contra a corrosão:** Proteger a máquina, a ferramenta, a peça e as aparas.

A natureza da operação específica estabelece o perfil de necessidades do processo de transformação, recolhendo em maior ou menor medida, requerimentos dos três âmbitos referidos.

Os fluidos de corte têm evoluído ao longo do tempo em paralelo aos processos de transformação. Inicialmente, correspondiam a uma forma simples de água misturada com uma quantidade variável de antioxidante. Utilizavam-se de forma habitual nas operações de perfuração, tendo passado a chamar-se vulgarmente "óleos perfurantes", estendendo-se esta acepção até aos dias de hoje, apesar da composição dos actuais fluidos de corte pouco ter a ver com aquela simples receita inicial.

A evolução dos fluidos de corte baseou-se maioritariamente na potenciação das suas propriedades de melhoria através da adição de diversos compostos químicos. Estes aditivos garantem óptimas condições de transformação em processos cada vez mais extremos e com requerimentos superiores.

No quadro seguinte, apresenta-se a correlação entre as propriedades dos fluidos de corte e a acção desejada.

**Quadro 3 – Correlação entre as propriedades dos fluidos de corte e a acção desejada**

| Propriedades dos fluidos de corte | Acção desejada |
|---|---|
| Anticorrosivas | Proteger a peça, a ferramenta e os componentes da máquina contra a corrosão. |
| Antioxidantes | Evitar a oxidação prematura do fluido devido à acção das elevadas temperaturas e do forte arejamento às quais é submetido. |
| Antidesgastante | Reforçar as propriedades lubrificantes do óleo mineral. |
| Antiespumantes | Evitar a formação de espuma que possa impedir a visão da operação ou influir negativamente sobre o efeito de refrigeração mediante bolhas de ar na área de corte ou fraca transferência de calor durante a operação de maquinagem. |
| Anti-solda ou EP (Extrema Pressão) | Resistir às elevadas pressões de corte quando o poder lubrificante e os aditivos antidesgaste não são suficientes. |
| Alta capacidade de humidificação | Fazer com que a superfície da peça, a ferramenta e as aparas sejam rapidamente molhadas pelo fluido, influenciando directamente a capacidade de refrigeração. |
| Ausência de odores | Assegurar que o meio ambiente onde a operação é executada esteja livre de odores fortes e/ou desagradáveis. |
| Ausência de precipitados sólidos ou de qualquer outra natureza | Garantir a livre circulação do fluido pelo sistema e assegurar o livre e preciso movimento dos elementos da máquina. |
| Alta capacidade de absorção de calor – a refrigeração é influenciada pela (o):<br>• Viscosidade<br>• Calor específico<br>• Condutibilidade térmica<br>• Vapor latente de vaporização (fluidos aquosos) | Remover o calor gerado durante a operação de corte, para prolongar a vida útil das ferramentas e garantir a precisão dimensional das peças por meio da redução de distorções térmicas. |
| Lavabilidade – propriedade influenciada pela:<br>• Viscosidade<br>• Tensão superficial<br>• Facilidade de decantação das aparas | Remover aparas e poeira produzidas durante o corte para evitar quebra da ferramenta e danos da peça. |
| Viscosidade adequada | Ser suficientemente baixa para assegurar fácil circulação pela máquina, manter um jacto de fluxo contínuo na área de corte e permitir rápida decantação das aparas e outros resíduos.<br>Ser suficientemente elevada em alguns casos em que se deseja maior grau de lubrificação. |
| Estabilidade | Assegurar que o produto seja homogéneo ao chegar à área de trabalho. |
| Transparência | Permitir a observação da área de corte. |
| Compatibilidade como meio ambiente | Compatibilidade com a saúde humana.<br>Compatibilidade com os componentes da peça.<br>Compatibilidade com o metal que está a ser maquinado.<br>Ser de fácil eliminação e gestão, evitando danos ao meio ambiente. |

***Fonte: Adaptado de Runge e Duarte, 1990***

## 3.4.1. Composição e classificação dos fluidos de corte

Os fluidos de corte são formulados com uma base de óleo mineral, vegetal ou sintético. São de alta qualidade e estabilidade, de diversas viscosidades e agregam aditivos para garantir as propriedades referidas no ponto anterior.

A composição exacta dos fluidos e seus aditivos nem sempre é detalhada com clareza nas fichas de dados de segurança do produto e varia em função da finalidade da aplicação e do material a ser trabalhado.

Os fluidos de corte dividem-se quimicamente em dois grandes grupos:

- ***Óleos de corte ou fluidos oleosos***

  São óleos integrais isentos de água. Não são corrosivos e mantêm-se limpos, podendo ser utilizados por largo período de tempo.

**Quadro 4 - Características dos fluidos oleosos**

| TIPO | CARACTERÍSTICAS |
|---|---|
| **Base mineral** | São óleos derivados do petróleo de base parafínica e com baixo nível de carbonos aromáticos, para não causar danos à saúde do operário. |
| **Base sintética (ésteres)** | São obtidos por síntese química a partir de moléculas provenientes do petróleo; apresentam maior durabilidade, sendo provenientes de uma película lubrificante muito mais resistente, suportam temperaturas superiores, reduzem a fricção; no entanto, necessitam de aditivos adequados relativamente aos de base mineral. |
| **Base vegetal (ésteres gordurosos saturados e não saturados)** | São óleos mais ecológicos, tendo a desvantagem de oxidarem rapidamente; possuem uma significativa mistura de componentes que podem apresentar, com o uso contínuo, mau odor ou crescimento biológico. |
| **Mistura** | Mistura de óleos sintéticos e minerais para dar maior compatibilidade e eficácia aos aditivos. |

**Fonte: Gobierno de Santa Fé, Centro de Actividade Regional para a Produção Limpa (CAR/PL)**

Os refrigerantes não solúveis em água não são adequados para a maquinagem de alta velocidade devido a problemas ambientais tais como fumo e a sua regulação. Assim, estes refrigerantes são utilizados para fresagem e desbaste, onde as velocidades de corte são relativamente baixas. São também utilizados para a perfuração de buracos profundos com brocas canhão, as quais requerem uma viscosidade moderada para obter uma boa lubrificação e evacuação de aparas.

- ***Emulsões / Fluidos de corte à base de água***

  Os fluidos de corte aquosos são concentrados que são posteriormente diluídos com água, no momento da sua utilização, nas proporções indicadas pelo fabricante.

**Quadro 5 - Características dos fluidos à base de água**

| TIPO | CARACTERÍSTICAS |
|---|---|
| **Emulsões** (compostos misturados com água em diversas concentrações, de aspecto leitoso) | São uma mistura de óleos, minerais ou vegetais, de alta qualidade, com viscosidades diversas que formam emulsões leitosas de bom poder lubrificante, mas muito susceptíveis a deterioração biológica.<br>Utilizam-se na protecção de superfícies metálicas, gerando a nível superficial uma camada protectora anticorrosiva; e em operações de alta velocidade, devido à grande capacidade de refrigeração que possuem. |
| **Fluidos sintéticos "verdadeiros"** (base polímero) | Estes fluidos não formam emulsões mas sim soluções químicas verdadeiras, sendo assim denominados de "sintéticos verdadeiros".<br>Contêm óleos minerais sintéticos, aditivos e entre 50% a 75% de água.<br>A sua principal vantagem é a capacidade de não absorverem os óleos contaminantes das máquinas e possuírem excepcional resistência biológica.<br>A principal desvantagem destas soluções é o facto de precipitarem resíduos cristalinos de sais gerados pela evaporação da água nas condutas por onde circulam.<br>São preferencialmente utilizados em tarefas em que a função refrigerante e a protecção antioxidante são prioritárias, tais como na rectificação. |
| **Fluidos semi-sintéticos** | Possuem uma maior percentagem de óleo mineral que lhes permite maior capacidade lubrificante e, consequentemente, perdem a capacidade de repelir outros óleos.<br>Apresentam o aspecto de uma emulsão leitosa ou transparente, de acordo com a taxa de óleo mineral/emulsionante adoptada.<br>O seu uso estende-se a operações em que tanto a lubrificação como a refrigeração são importantes (perfuração, fresagem, etc.). |
| **Fluidos sintéticos de base vegetal ou de base éster** | São fluidos em que a base mineral foi totalmente substituída por uma base vegetal ou éster (sintética) e formam emulsões semelhantes aos fluidos semi-sintéticos.<br>Susceptíveis a contaminação por outros óleos de base mineral.<br>Apresentam excelentes propriedades lubrificantes, sendo adequados para a maioria das operações de corte, garantindo alta performance e elevada qualidade de acabamento superficial mas apresentam maior tendência para a geração de espuma que os fluidos semi-sintéticos ou sintéticos verdadeiros. |

***Fonte: Gobierno de Santa Fé, Centro de Actividade Regional para a Produção Limpa (CAR/PL)***

## *3.4.2. Aditivos dos fluidos de corte e suas funções*

Os aditivos melhoram as propriedades dos fluidos ou atribuem-lhes novas características como por exemplo:

- A modificação de uma propriedade física (pressão de trabalho do fluido, viscosidade);
- Aquisição de um efeito químico benéfico (anticorrosivo, antioxidante).

Em detalhe, os aditivos e as suas funções são apresentados no quadro seguinte:

**Quadro 6 - Aditivos dos fluidos de corte e suas funções**

| ADITIVOS | COMPOSTOS QUÍMICOS | FUNÇÃO |
|---|---|---|
| **Antioxidantes** | Nitrito de sódio, alcanolaminas. | Proteger os fluidos de corte contra a acção agressiva da atmosfera. |
| **Emulsionantes** | Catiónicos, aniónicos (sulfatos, oleados, resinados), não iónicos (dietanolamina, trietanolamina, poliglicoléter, alilfenol, alquilglicones). | Estabilizar a emulsão. |
| **Inibidores de corrosão** | Aminas, boratos, nitratos e mercaplobenzotiazol. | Proteger a peça e a ferramenta. |
| **Biocidas** | Formaldeído, fenóis, triazinas, isotiazolinas, cresoles, boratos. | Impedir o desenvolvimento de microrganismos no fluido. |
| **Aditivos de extrema pressão** | Parafinas cloradas, compostos clorados, sulfurados e fosfatados, óleos e gorduras minerais, álcool. | Formar uma camada intermédia entre duas superfícies metálicas, melhorando a lubrificação e evitando o desgaste. |
| **Hidratantes ou estabilizantes** | Álcool, fosfatos, poliglicoles. | Estabilizar o concentrado. |
| **Antiespumantes** | Silicone, ésteres gordos, hidrocarbonetos de alto peso molecular. | Evitar a formação de espuma. |
| **Complexantes** | Compostos orgânicos diversos (EDTA). | Eliminar e prevenir a formação de incrustações. |

***Fonte: Gobierno de Santa Fé, Centro de Actividade Regional para a Produção Limpa (CAR/PL)***

## *3.4.3. Controlo de fluidos de corte*

O controlo analítico dos parâmetros que governam o processo de degradação e contaminação dos fluidos de corte aquosos, é o mecanismo mais eficaz para prolongar a vida útil do fluido em uso.

É fundamental a elaboração e implementação de um plano de controlo, ferramenta destinada a planear e dimensionar idealmente um plano de manutenção dirigido a manter o fluido de corte em condições ideais de uso.

Como foi referido anteriormente, os fluidos de corte dividem-se em:

**Fluidos de Corte**
- **Óleos de corte**
- **Fluidos de corte aquosos / emulsões à base de água**

➢ **Óleos de Corte**

Os óleos de corte não sofrem processos graves de degradação tal como acontece com os fluidos de corte aquosos, embora as suas propriedades se modifiquem à medida que se prolonga o seu uso. As causas directas deste fenómeno são:

- *Fadiga térmica*: Os hidrocarbonetos e outros elementos adicionais degradam-se por efeito das altas temperaturas alcançadas durante a maquinagem.
- *Reacções químicas*: A presença de elementos externos ao fluido de corte como aparas metálicas, óleos hidráulicos, etc., supõe uma via de entrada de elementos com os quais o óleo reage quimicamente modificando a sua composição e estrutura.

PERÍODO DE VIDA ÚTIL DOS ÓLEOS DE CORTE

Os óleos de corte podem alcançar períodos de utilização superiores a 8 anos com uma correcta aplicação de um plano de controlo e manutenção.

No quadro seguinte constam os parâmetros de maior relevância no controlo de um óleo de corte.

**Quadro 7 - Principais parâmetros de controlo analítico dos óleos de corte**

| Parâmetro | Tempo estimado por medição | Valor limite recomendado | Método de medição | Medidas correctivas |
|---|---|---|---|---|
| ***Viscosidade*** | 10-30 min | Variação 15% sobre valor inicial | Viscosímetro | Adequar condições de fornecimento ou substituir o fluido |
| ***Índice de acidez*** | 20-30 min | Incremento 1-1,5 mg KOH/g | Avaliação | Adicionar neutralizadores |
| ***Corrosão do cobre*** | Variável | Incremento 1 unidade | Teste específico | Analisar a natureza dos produtos corrosivos e actuar em conformidade |
| ***Água*** | 5-10 min<br>30-60 min | 0,1 % em peso | Avaliação Karl-Fisher<br>Destilação | Filtros de desumidificação |
| ***Espectro infravermelho*** | 30 min | Grandes variações sobre espectro inicial | Espectrofotómetro IV | Variáveis segundo a natureza das modificações do espectro |
| ***Insolúveis*** | Variável | 1 % | Gravimetria | Filtrado |
| ***Análise de aditivos*** | Variável | < 50% do valor inicial | Variável em função da natureza do aditivo | Variável em função da natureza do aditivo |

***Fonte: Libro Blanco para la minimización de residuos y emissiones. Mecanizado del Metal, IHOBE, S.A.***

A periodicidade com que se deve realizar este controlo analítico dependerá da taxa de renovação do óleo de corte na instalação. Esta por sua vez depende da maior ou menor quantidade de perdas que se produzam por salpicos, arrastos, captação de óleo pelos elementos de filtragem, etc. Como aproximação, aconselha-se realizar a citada análise a cada três meses nos casos da taxa de renovação ser mínima, ou seja, que praticamente não existam perdas e a adição periódica de óleo de corte seja em quantidade pequena em comparação com o volume total contido na instalação. No caso oposto, aconselha-se fazer esta análise a cada seis meses, quando a quantidade que se vai repondo na instalação periodicamente, para compensar as perdas, seja considerável.

- **Fluidos de corte aquosos / emulsões aquosas**

Estes fluidos de corte, pela sua natureza maioritariamente aquosa, degradam-se se não receberem o cuidado necessário. É prática comum descarregar o fluido, fazendo coincidir a sua substituição com paragens de manutenção e limpeza ou utilizá-lo até à degradação irreversível, sem realizar controlo ou ter qualquer cuidado.

Conhecer a qualidade do fluido de corte permite-nos informação de alto valor acrescentado que racionalizará o seu uso e proporcionará critérios para a aplicação de medidas correctivas destinadas a prolongar a sua vida útil.

**Causas de degradação de um fluido de corte aquoso**

Entre as causas principais deste fenómeno encontram-se:

*Desenvolvimento e proliferação de microrganismos*

Bactérias, fungos e leveduras metabolizam os componentes do fluido de corte aquoso, modificando e degradando a sua estrutura química. Este fenómeno é favorecido pela presença de partículas sólidas e óleos.

*Reacção química com partículas metálicas*

As lamas e aparas, ao entrar em contacto com o fluido, oxidam-se parcialmente degradando o fluido de corte. Este fenómeno é favorecido pelas altas temperaturas de operação.

*Fadiga térmica*

Na zona de conformação alcançam-se temperaturas elevadas que catalisam mudanças na estrutura físico-química do fluido de corte.

De toda a série de factores enunciados, o que mais influência tem na degradação das propriedades e constituintes do fluido é o desenvolvimento de "vida" no seio deste. Os microrganismos crescem no fluido de corte às custas de obterem energia degradando (catabolisando) e consumindo as moléculas daqueles compostos mais facilmente biodegradáveis presentes no mesmo. Esta actividade leva à perda de constituintes importantes da formulação inicial do fluido de corte.

Os principais parâmetros de controlo para detectar e prevenir este fenómeno estão descritos no quadro seguinte.

**Quadro 8 - Principais parâmetros de controlo analítico dos fluidos de corte aquosos**

| Parâmetro | Tempo estimado por medição | Intervalo usual de aplicação<br>◊ variação de 0,5% | Método de medição | Periodicidade | Medidas correctivas |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Concentração*** | 5-10 min | 2-10 % (segundo a aplicação)<br>◊ Variação de 0,5 % segundo o produto | Refractómetro | 1 medição/dia | Adicionar concentrado ou água desmineralizada de acordo com as necessidades |
| ***Valor pH*** | 1-5 min | ◊ Variação evidente (±1) | Papel indicador de pH | 1 medição/dia | Medir outros parâmetros associados para concretizar possíveis medidas |
| ***Óleos livres*** | Variável | O mais baixo possível limitado pela capacidade de emulsão do produto | Análises específicas | Quinzenal | Adequar medidas de manutenção |
| ***Concentração de microrganismos*** | Variável | $<10^5$ germes m/l<br>◊ $10^6$ germes m/l | Kit de detecção rápida<br>Análises específicas | Quinzenal | Ajustar concentração de biocida ou substituir o fluido de corte |
| ***Condutividade*** | 1-5 min | 100-1000 µs<br>◊ <5000 µs | Condutivímetro | Mensal | Analisar metais pesados tóxicos e no caso da concentração ser superior aos limites estabelecidos, substituir o fluido de corte |
| ***Teor de nitritos*** | 15 min - Variável | 0-10 mg/l<br>◊ > 20 mg/l | Análise específica<br>Kit de detecção rápida | Mensal | Analisar nitrosaminas e no caso de o resultado ser positivo, substituir o fluido de corte |
| ***Teor de biocida*** | Variável | Segundo o composto<br>◊ Variação evidente | Análises específicas | Mensal | Ajustar a dosagem |

***Fonte: Libro Blanco para la minimización de residuos y emissiones. Mecanizado del Metal, IHOBE, S.A.***

É vital fazer um registo físico da evolução dos parâmetros e chegar a consenso com o fornecedor das medidas correctivas aplicáveis, sobretudo naqueles casos com medições com menor periodicidade (pH, concentração, concentração de microrganismos e óleos livres).

O controlo analítico do fluido de corte não é um objectivo em si mesmo mas uma ferramenta destinada a melhorar as condições de uso do mesmo.

# 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 a Indústria Metalomecânica associada **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:

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 14001:2006)

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.

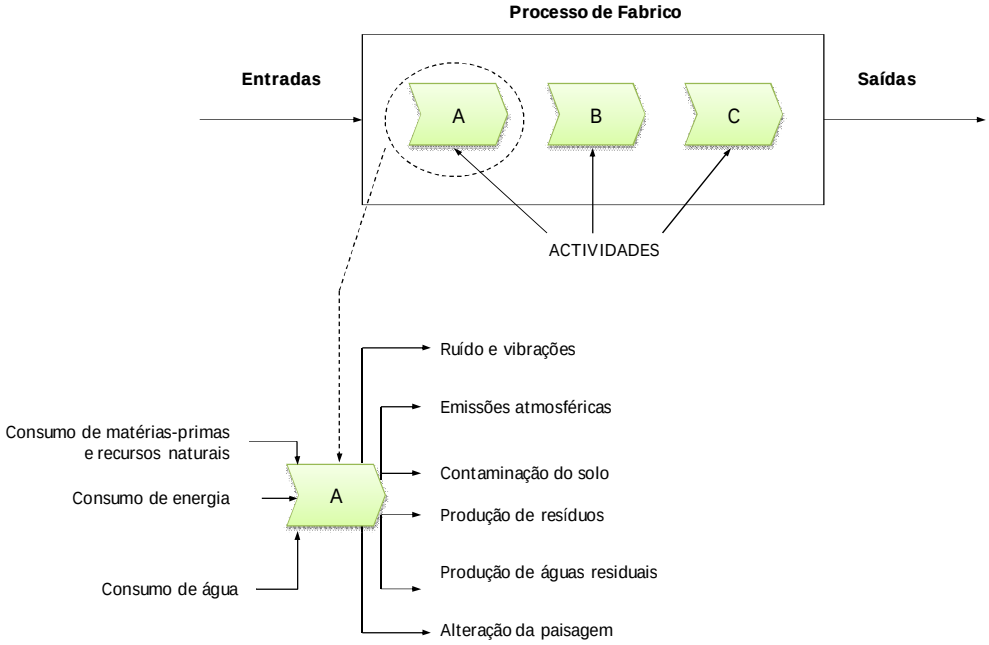



**Figura 11 – Fluxo de entradas e saídas por actividade da organização**

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 poucos frequentes;
- Emergência (E): situação que não deve ocorrer (ex: derrames, incêndios).

## 4.2. Aspectos ambientais associados à indústria metalomecânica

Em maior ou menor grau, todos os processos do sector da metalomecânica apresentam problemas de poluição. Merecem especial atenção os processos que impliquem o uso de substâncias altamente tóxicas ou cancerígenas, como são os processos de desengorduramento com solventes orgânicos.

Os principiais aspectos ambientais que se encontram no sector da metalomecânica são o consumo de recursos (matérias-primas, água e energia), a geração de resíduos sólidos e líquidos e o ruído; em menor grau, encontram-se os efluentes aquosos e as emissões atmosféricas.

Como a maioria dos processos utilizam fluidos de corte e/ou lubrificantes, o consumo destes e a sua gestão são, possivelmente, os aspectos ambientais mais relevantes.

A electricidade é utilizada em todos os processos, tanto na maquinagem e conformação, como nos processos de electroerosão, vibroabrasão e desengorduramento.

O consumo de água deve-se fundamentalmente à formulação de fluidos de corte e, em menor proporção, à utilizada nos processos de vibroabrasão, electroerosão e nos processos de soldadura através de arco de plasma.

Os poluentes principais nos efluentes aquosos provenientes dos processos de vibroabrasão e soldadura são os contaminantes metálicos.

As emissões atmosféricas da Indústria Metalomecânica não são um dos aspectos ambientais mais relevantes; no entanto, algumas emissões podem ser significativas a nível local, como é o caso dos solventes orgânicos, provenientes das operações de desengorduramento, aerossóis contendo fluidos de corte e/ou óleos lubrificantes, provenientes das operações de maquinagem ou conformação.

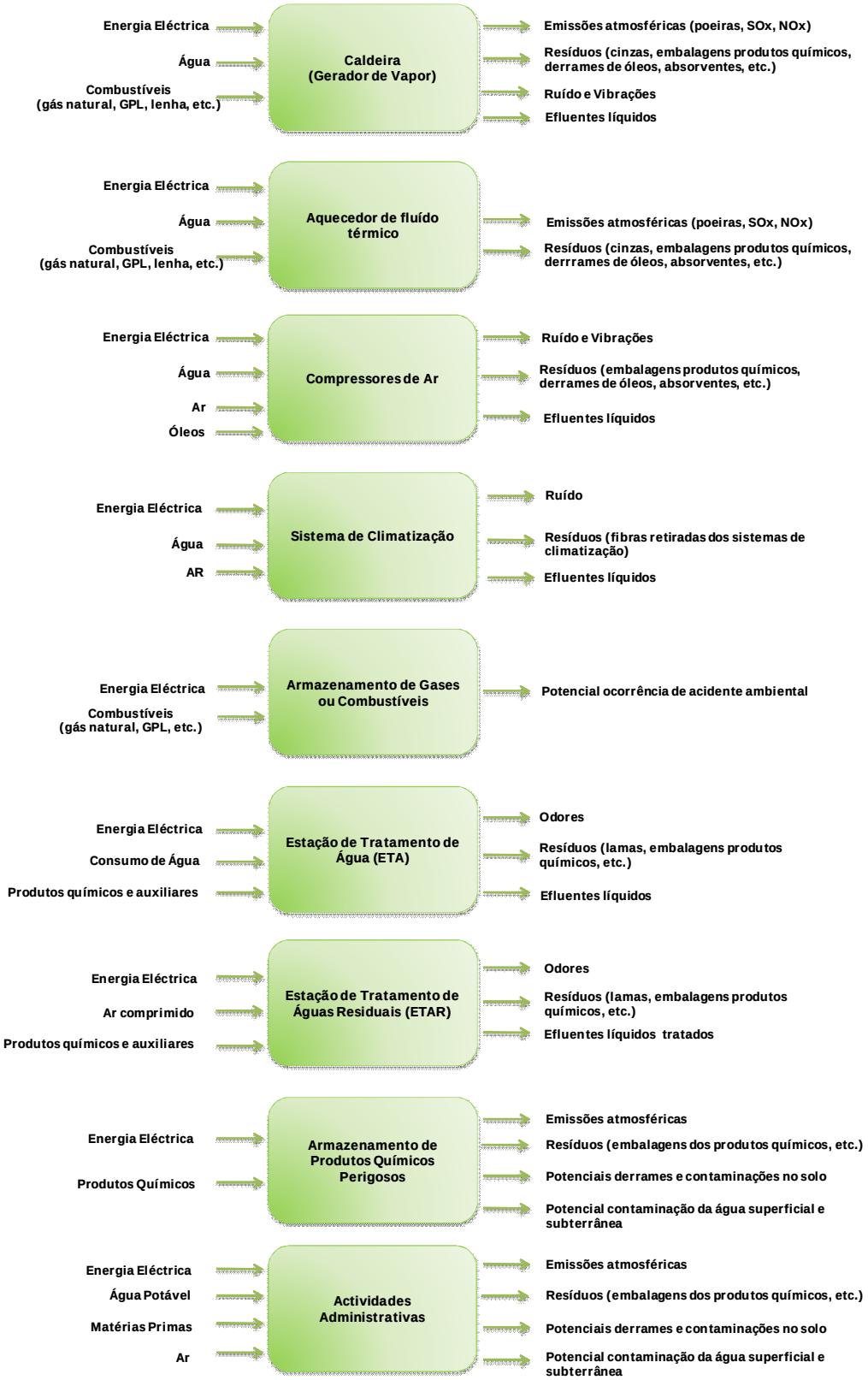
Nos processos de preparação mecânica de superfícies a seco, geram-se emissões de partículas, como resultado da combinação de abrasivos e partículas metálicas. Também os processos de soldadura produzem emissões de gás, provenientes dos gases utilizados (acetileno, árgon, propano, etc.) e os próprios gases de combustão (monóxido e dióxido de carbono, óxidos de nitrogénio, óxidos de enxofre, etc.).

# 4.2.1. Etapas específicas do processo de fabrico

Nos diagramas seguintes estão identificados os fluxos de entradas e fluxos de saída para algumas etapas do processo de fabrico.

# 4.2.2. Serviços de apoio ou suporte ao processo de fabrico

Nos diagramas seguintes estão identificados os fluxos de entradas e fluxos de saída para as áreas de apoio ou suporte aos processos produtivos.



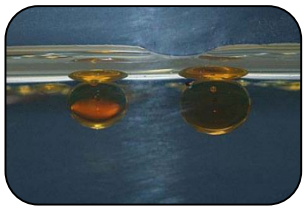
# *4.2.3. Aspectos ambientais do processo de maquinagem*

Um dos processos utilizados na indústria metalomecânica e que merece particular atenção do ponto de vista ambiental é a maquinagem.

**ASPECTOS AMBIENTAIS DO PROCESSO DE MAQUINAGEM**

- RESÍDUOS DE FLUIDO DE CORTE DEGRADADO
- FUGAS E SALPICOS
- APARAS, LIMALHAS E OUTRAS PARTÍCULAS FERROSAS E NÃO FERROSAS
- LAMAS METÁLICAS
- NÉVOAS E OUTRAS EMISSÕES AMBIENTAIS
- CONTAMINAÇÃO DA ÁREA INSDUSTRIAL
- UTILIZAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS
- RESÍDUOS DIVERSOS DO PROCESSO

## RESÍDUOS DE FLUIDO DE CORTE DEGRADADO



Os resíduos de fluido de corte degradado, em consonância com as matérias-primas que maioritariamente predominam nas suas formulações, podem ser classificados em **resíduos de fluido de corte aquosos ou de óleo de corte**. A diferença da sua natureza físico-quimica condicionará tanto a produção de resíduos como as alternativas de gestão dos mesmos.

Os fluidos de corte transformam-se em resíduos quando a sua natureza física e química se degrada de tal maneira que não podem cumprir as funções básicas para que foram feitos: lubrificar, refrigerar e limpar a área de maquinagem.

### ☐ *RESÍDUOS DE FLUIDO DE CORTE AQUOSO*

Devido à sua natureza orgânica dispersa em meio aquoso, a acção bacteriana pode ser considerada como a principal causa de degradação do fluido. As bactérias anaeróbicas reproduzem-se rapidamente neste meio, estando o seu crescimento favorecido pela presença de partículas sólidas e óleos livres provenientes do ambiente industrial. Os primeiros representam um suporte físico ideal para a sua propagação enquanto que os óleos livres, ao disporem-se na camada superficial do fluido, impedem a sua oxigenação e geram as condições de anaerobiose ideais para o seu desenvolvimento.

Outros factores derivados da fadiga que o fluido suporta durante o processo de maquinagem, contribuem para a degradação do mesmo.

Os principais riscos ambientais associados à sua geração e gestão estão directamente relacionados com a sua natureza, pois são totalmente dispersáveis em qualquer ambiente aquoso. Este factor, facilita a transmissão a este meio, de todos os elementos contaminantes presentes na sua composição: óleos, metais pesados, etc.

### ☐ *RESÍDUOS DE ÓLEO DE CORTE*

Estes tipos de produtos não apresentam solubilidade em meio aquoso, aspecto que limita o seu impacte ambiental. Contudo, ainda apresentam um alto potencial nocivo. Por um lado, parte dos seus contaminantes pode solubilizar-se na água quando se produz um contacto prolongado, e por outro, em meio aquoso dificultam a oxigenação, pois localizam-se na parte superior do fluido.

O quadro seguinte resume as características contaminantes dos dois tipos de resíduos:

**Quadro 9 - Contaminantes mais habituais dos fluidos de corte degradados**

| PRODUTO DE ORIGEM | CONTAMINANTES HABITUAIS | DISPERSÃO NO MEIO AQUOSO | RISCOS CARACTERÍSTICOS | EXPECTATIVAS MÁXIMAS DE VIDA ÚTIL DO FLUIDO DE CORTE |
|---|---|---|---|---|
| **Fluido de corte aquoso** | • Metais pesados<br>• Nitritos<br>• Aminas<br>• Derivados do boro<br>• Hidrocarbonetos solubilizados<br>• Óleos livres<br>• Fenóis<br>• Partículas metálicas | Total | • Contaminação aquosa e de solos<br>• Riscos de saúde ocupacional | 2 – 3 anos |
| **Óleo de corte** | • Metais pesados<br>• Parafinas cloradas<br>• Óleos com enxofre, fósforo e sulfoclorados<br>• Partículas metálicas<br>• Compostos policíclicos | Limitada | • Contaminação aquosa e de solos<br>• Riscos de saúde ocupacional<br>• Inflamibilidade | 8 – 10 anos |

**Fonte: Libro Blanco para la minimización de residuos y emissiones. Mecanizado del Metal, IHOBE, S.A.**

## FUGAS E SALPICOS

Independentemente da natureza do fluido de corte, uma das vias mais directas de contaminação do meio são as fugas, salpicos e derrames. Apesar de que *a priori* poder subestimar-se a sua importância devido à baixa intensidade com que se manifestam, em todos os casos, a sua persistência acaba por converte-los num dos factores com maior impacte no meio ambiente mas também, com maior margem de melhoria.

### ☐ *FUGAS*

As fugas dos sistemas de fornecimento de fluido de corte devem-se habitualmente a falhas no cumprimento do plano de manutenção do sistema. Podem produzir-se ao longo de toda a extensão do circuito de fluxo do fluido de corte, aspecto este que propicia que algumas vezes a sua presença seja detectada visualmente quando o impacte no meio ambiente é um facto consumado.

### ☐ *SALPICOS*

As altas velocidades de processamento, a ausência de carenagem e as tendências das condições de operação, facilitam a projecção do fluido de corte. Este fenómeno supõe uma sujidade do ambiente imediato da área de processamento e tudo o que ali se encontra. Os salpicos são mais comuns nas máquinas simples que não têm carenagem, enquanto que a maioria das máquinas modernas já vem equipada com elementos de retenção.

Este fenómeno acontecerá com maior intensidade quanto menor for a viscosidade e a aderência do fluido ao metal. O óleo de corte tem uma maior tendência a ficar impregnado na peça ou ferramenta que um fluido de corte de base aquosa, limitando assim os salpicos.

## APARAS, LIMALHAS E OUTRAS PARTÍCULAS FERROSAS E NÃO FERROSAS

Os arrastos estão favorecidos pelas estruturas cada vez mais complexas de peças e aparas e pelo próprio posionamento da peça durante o processo. Os arrastos têm maior preponderância quanto maior é a oleosidade do fluido pelo que este fenómeno, de maneira oposta aos salpicos, tem especial relevância com a utilização de óleos de corte.

**A importância dos arrastos**

Os arrastos são fenómenos inerentes ao processo de maquinagem. Embora sejam evitáveis, existem medidas de remediação que combinadas, podem reduzir o seu impacto até 90% do valor inicial.

O destino do fluido de corte arrastado é muito variado.

Os mais habituais:

- Acumulam-se nos banhos de desengorduramento após a passagem das peças pelos mesmos, reduzindo drasticamente a sua eficiência e duração.
- Lixiviam nos parques de armazenamento de peças e aparas. Este fenómeno é mais importante em condições de intempérie onde a chuva potencia o seu efeito.
- Mancham as zonas de manipulação e/ou trânsito de peças e aparas gerando um importante risco de saúde ocupacional e ambiental, requerendo o uso de mangueiras e água e outras medidas de limpeza para a sua retirada.

Em todos os casos, o destino final do fluido supõe uma dispersão no ambiente de trabalho, como passo prévio a um possível impacto no meio ambiente adjacente.

## NÉVOAS E OUTRAS EMISSÕES AMBIENTAIS

As comummente conhecidas "névoas de óleo" são uma das problemáticas ambientais com maior impacto na saúde laboral. A alta velocidade de rotação da máquina e/ou ferramenta e a pressão do fluido de corte, propiciam a formação de gotas microscópicas de fluido de corte que se dispersam no ambiente de trabalho.

A problemática ambiental em ambos os casos, está associada ao potencial de ingestão pela via respiratória de compostos que tragam riscos para a saúde.

De forma esquemática, o quadro seguinte apresenta os aspectos mais significativos das problemáticas ambientais associadas ao uso do fluido de corte.

**Quadro 10 – Aspectos significativos das principais problemáticas ambientais associadas ao uso dos fluidos de corte**

| PROBLEMÁTICA AMBIENTAL | ORIGEM | EFEITOS ASSOCIADOS | REPRESENTATIVIDADE SOBRE O TOTAL (%) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | FLUIDO CORTE AQUOSO | ÓLEO DE CORTE |
| **Arrastes** | • Geometria complexa das peças e aparas<br>• Incorrecto posicionamento da peça na operação de maquinagem<br>• Oleosidade do fluido de corte<br>• Incorrecta calibração do arraste mecânico da apara (draga) | • Redução da eficiência do banho de desengorduramento<br>• Contaminação das áreas de trasfega e de armazenamento das peças e aparas<br>• Elevado consumo de fluido de corte<br>• Riscos de saúde ocupacional associados à dispersão do fluido de corte | 30-35 | 30-50 |
| **Salpicos** | • Altas velocidades de maquinagem<br>• Condições de fornecimento do fluido de corte: quantidade, pressão e direccionamento | • Contaminação da área de processo<br>• Riscos de saúde ocupacional associados à dispersão do fluido de corte | 30-40 | 1-5 |
| **Fugas** | • Inexistência ou incorrecta implantação do plano de manutenção do sistema | • Riscos de saúde ocupacional associados à dispersão do fluido de corte<br>• Contaminação do ambiente industrial | 30-40 | 1-5 |
| **Névoas** | • Altas velocidades do processo<br>• Elevada pressão do fluido de corte | • Riscos de saúde ocupacionals de ingestão por via respiratória | 1 | 4 - 6 |
| **Resíduos de fluidos de corte** | • Degradação físico-química por acção bacteriana<br>• Contaminação do ambiente com substâncias não desejadas<br>• Degradação físico-química por fadiga do produto | • Sobrecusto da aquisição de fluido de corte | 15 -25 | 40 - 65 |

***Fonte: Libro Blanco para la minimización de residuos y emissiones. Mecanizado del Metal, IHOBE, S.A.***

## APARAS E LAMAS METÁLICAS

São compostas pelo material excedente obtido durante o processamento das peças. Apresentam-se convencionalmente na forma de aparas e lamas metálicas que apresentam um grau variável de impregnação de fluido de corte.

### ☐ *APARAS*

Geram-se como material excedente nos processos de maquinagem que utilizam ferramentas de geometria definida. A sua formação e estrutura deverão ser objecto de estudo pois trazem informação referente à execução das operações.

### ☐ *LAMAS*

São geradas nos processos de maquinagem que usam ferramentas de geometria não definida. A sua composição é uma mistura de composição variável de pequenas partículas metálicas arrancadas da peça, fluido de corte e material abrasivo. Neste caso, não existe o conceito de arraste e o fluido de corte é mais um componente da massa residual obtida.

**Composição das lamas metálicas**

As lamas geradas nos processos de maquinagem contêm fluido de corte, numa percentagem que pode chegar a 50% do peso, e o seu tamanho médio de partícula é muito inferior a qualquer tipo de apara.

A composição estimada, em peso, deste tipo de resíduos é a seguinte:

Conteúdo em metal ..... 10-90%
Material abrasivo.....2-75%

**Conteúdo do fluido de corte:**

Aquoso.....1-20%
Óleo de corte.....15-50%

***Fonte: Libro Blanco para la minimización de residuos y emissiones. Mecanizado del Metal, IHOBE, S.A.***

O impacto deste tipo de resíduos no sistema de fornecimento de fluido de corte supõe, em primeira instância, um aumento do consumo de fluido de corte e a necessidade de os submeter a um correcto processo de gestão.

## CONTAMINAÇÃO DA ÁREA INDUSTRIAL

Na grande maioria das empresas que utilizam fluido de corte ocorrem episódios de contaminação da área de trabalho. As razões são várias: gotejamento directo do fluido de corte arrastado nas peças e aparas, salpicos, manipulação de peças, preparação e/ou transvase do fluido de corte, etc.

Este fenómeno ganha especial importância no parque de armazenamento de aparas e sucata pois a natureza do produto leva geralmente a que estejam associadas deficientes condições de armazenamento.

Em qualquer caso, o solo é um ambiente que favorece a dispersão dos contaminantes: Ao ar livre estes são arrastados pela água da chuva, passando a contaminar as linhas de água, enquanto em locais cobertos esta função é realizada pelo tráfego humano típico de toda a actividade industrial e a necessária limpeza da envolvente. Esta última actividade acaba por gerar um volume importante de águas oleosas capazes de ter impacte negativo no ambiente.

## UTILIZAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS

Tal como já foi referido, todo o fluido de corte inclui na sua formulação componentes químicos que melhoram as suas propriedades, designados normalmente por aditivos.

Estes compostos são escolhidos a partir de um amplo leque de possibilidades entre os quais se encontram alguns que contêm substâncias que supõem algum risco para o meio ambiente ou saúde e segurança no trabalho, ou que são precursoras de alguma substância que o seja.

O utilizador de um fluido de corte que contenha uma ou várias substâncias com estas características, deparar-se-á por um lado com os possíveis riscos de saúde ocupacional associados à sua manipulação e uso, e por outro lado, à gestão dos resíduos que se produzem no final da vida útil do produto.

Por outro lado, a mistura do fluido de corte com materiais diversos utilizados noutras fases do processo produtivo, pode ser uma agravante na problemática ambiental do sistema.

A mistura de fluidos desengordurantes clorados, produtos inflamáveis ou dotados de elementos de toxidade contrastada, aumentará sua perigosidade requerendo meios especiais para o seu controlo e tratamento.

## RESÍDUOS DO PROCESSO DE MAQUINAGEM

De seguida, apresenta-se uma abordagem aos resíduos que apesar de não serem gerados directamente a partir do processo de maquinagem, podem ser produzidos noutros processos colaterais como a manutenção e limpeza dos sistemas.

### ☐ *FILTROS*

Este tipo de resíduos tem origem basicamente nos sistemas de manutenção do fluido de corte que utilizam filtros descartáveis e de filtros de sistemas de aspiração localizada “antinévoas”. No primeiro caso, os filtros contêm lamas abrasivas e pequenas aparas retidas devido a estarem completamente empapados no fluido filtrado; os filtros “antinévoas” estão moderadamente contaminados com contaminantes que foram aspirados.

### ☐ *ÁGUAS OLEOSAS DE LIMPEZA*

Este resíduo é gerado no uso de água durante a limpeza das áreas afectadas por fugas e salpicos de máquinas. Com o objectivo de aumentar a capacidade de limpeza utilizam-se detergentes e desengordurantes.

A sua produção pode ser reduzida aplicando algumas das seguintes medidas:

- Utilizando detergentes não tóxicos de alta eficiência.
- Utilizando meios absorventes de uso múltiplo (esponjas e outras fibras reutilizáveis).
- Limitando o uso indiscriminado de água.

# 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."*

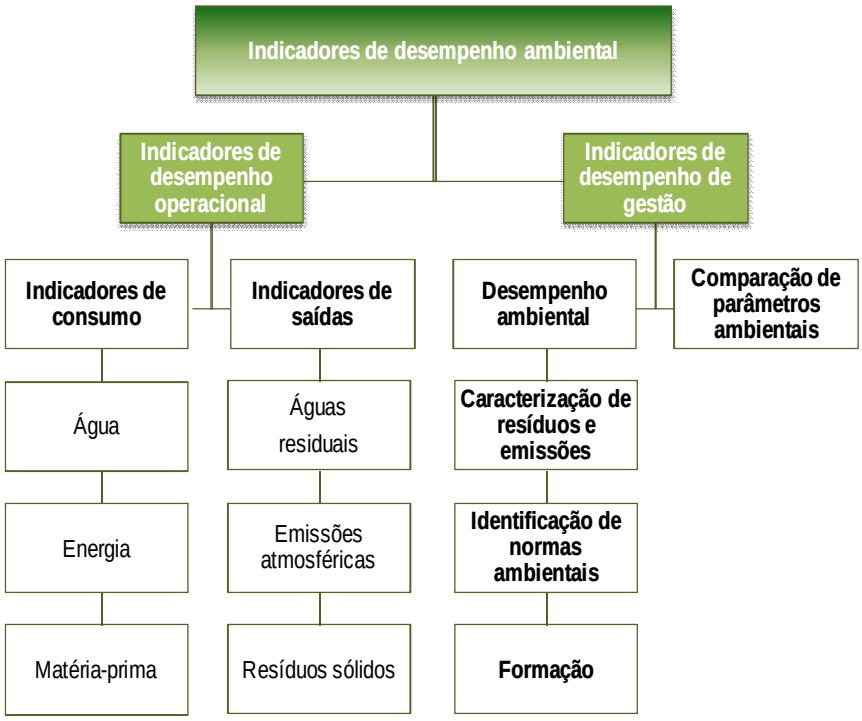
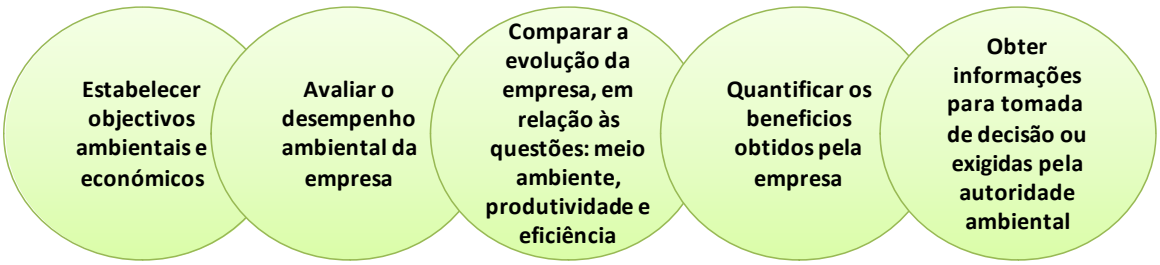



**Figura 12 – Indicadores de desempenho ambiental**

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 + 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 encaixar-se no que necessita. De qualquer forma, os indicadores seleccionados devem ser:

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

**Quadro 11- 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 + 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.

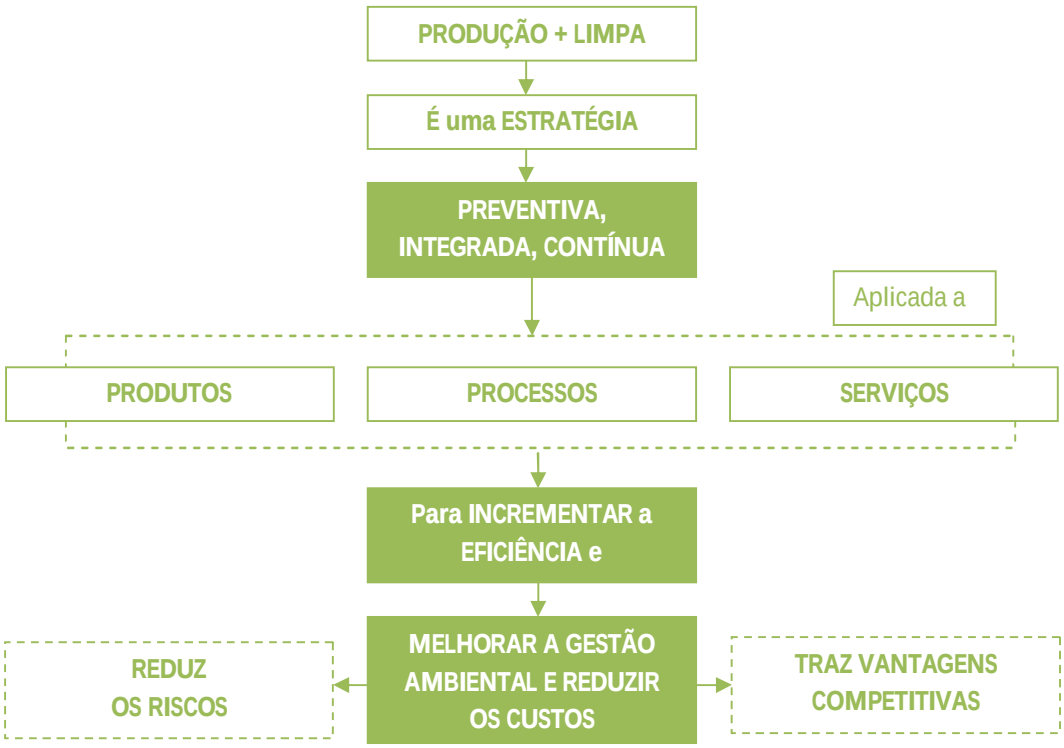



**Figura 13 – Esquema da Produção + Limpa**

## 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;
- Direcciona-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, as pessoas (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.

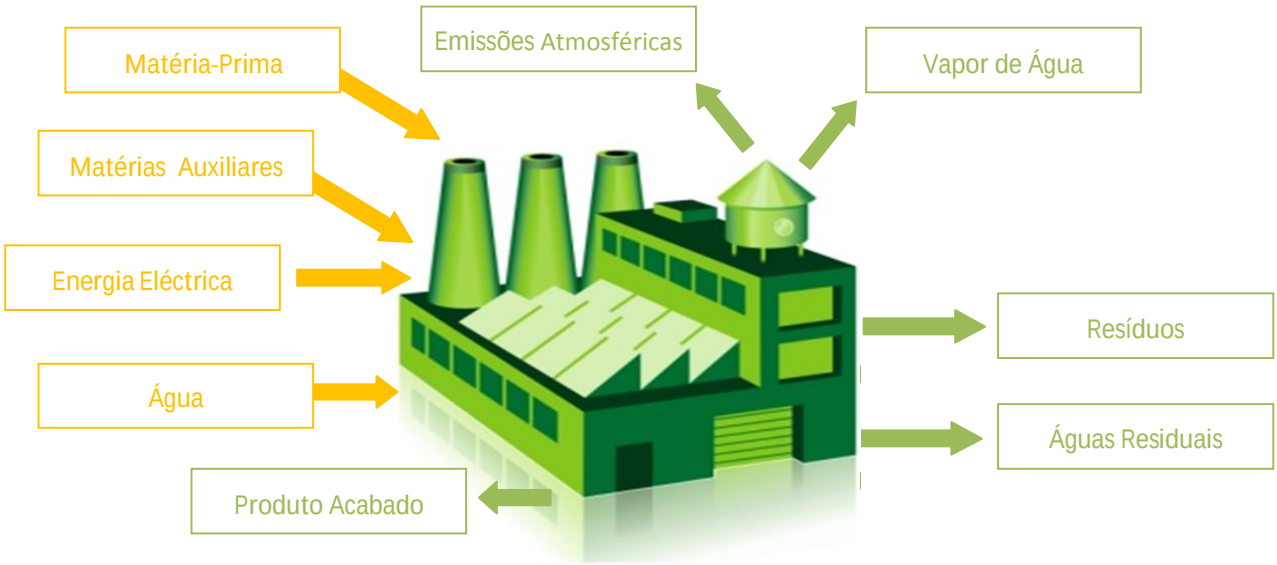



**Figura 14 – Fluxo de *inputs* e *outputs* a ter em consideração na Produção + Limpa**

## 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 12 – Vantagens da implementação de técnicas de Produção + Limpa**

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

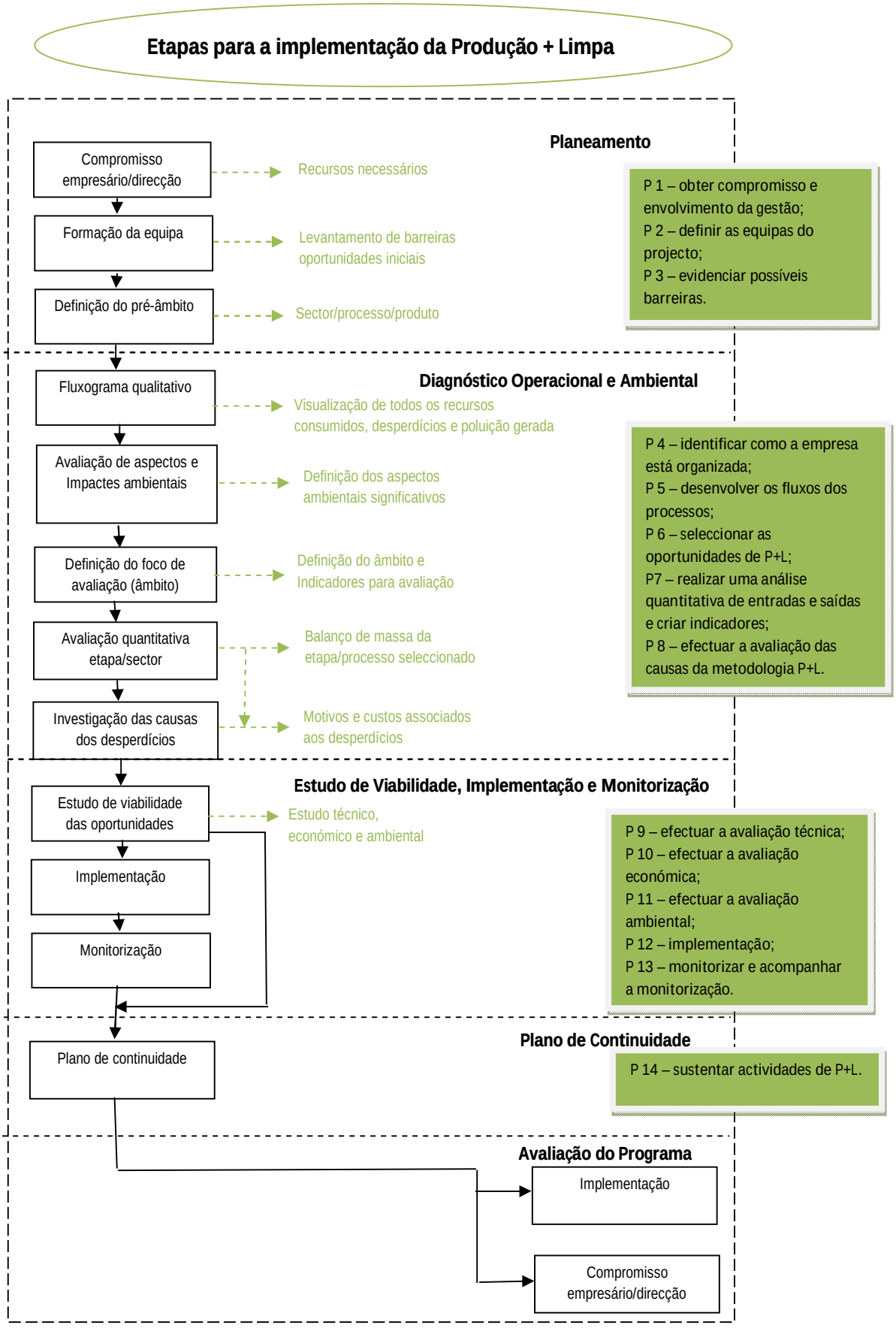
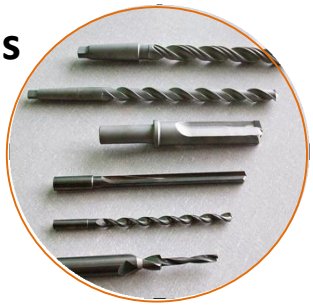



**Figura 15 – Etapas para a implementação da Produção + Limpa**

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, energia, ruído e vibrações**, algumas medidas que poderão ser implementadas no âmbito da Produção + Limpa.

## 6.1. Consumo de matérias-primas e auxiliares



As matérias-primas e auxiliares utilizadas na indústria metalomecânica são múltiplas e variadas. A principal fonte de poluição é a perda de matérias-primas e auxiliares.

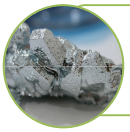
Dada a importância destas perdas do ponto de vista ambiental, é importante tecer algumas considerações sobre elas.

As matérias-primas e auxiliares consumidas nos processos produtivos da indústria metalomecânica podem classificar-se nos seguintes grupos:

- **Solventes**
  São utilizados fundamentalmente para operações de desengorduramento. Perdem-se por evaporação, uma vez que são muito voláteis, por arrastamento das peças e, uma vez gastos, convertem-se em resíduos que devem ser geridos de uma maneira ambientalmente adequada.
- **Fluidos de corte (óleo de corte puro, fluido aquoso em emulsão, fluidos aquosos em dissolução, etc.)**
  A sua função é a lubrificação, refrigeração e limpeza da zona de trabalho. Perdem-se através de respingas durante o processo de maquinagem e por se agarrarem a peças metálicas e aparas.
- **Ferramentas de corte**
  São utilizadas para modificar a forma, dimensão e grau de acabamento superficial das peças. Através da acção da ferramenta de corte são retiradas camadas superficiais das peças que são transformadas em aparas, o que, naturalmente, produz alterações na forma e dimensão da peça objeto de trabalho.
- **Tensioactivos e outros aditivos**
  Utilizados no processo de vibroabrasão para melhorar a superfície.
- **Abrasivos (molas, discos, fitas, panos, escovas, massa de polimento, granalha, ...)**
  São constituídos por grãos de material abrasivo, de dureza e tamanho convenientes, geralmente aglomerados com um material aglutinante. Perdem-se por desgaste ou rotura.
- **Eléctrodos (cobre electrolítico, grafite, bronze, à base de cobre e tungsténio)**
  Fazem o papel de ânodo nos processos de maquinagem por electroerosão. A sua função é o arranque de material através de descargas eléctricas. Desgastam-se pelo uso.
- **Líquido dieléctrico**
  Meio não condutor onde são imersos os eléctrodos e as peças a maquinar por electroerosão. São consumidos por arrastamentos e esgotamento.
- **Gases (acetileno, árgon, propano, propeno, monóxido e dióxido de carbono, hidrogénio, oxigénio, nitrogénio, gás natural e gases de combustão)**
  Utilizam-se no processo de corte por soldadura (oxicorte e plasma).
- **Álcalis (soda, potássio, cal)**
  Utilizam-se como reactivo de ajuste de pH no tratamento de águas residuais provenientes da vibroabrasão.
- **Ácidos (clorídrico, sulfúrico, nítrico)**
  Utilizam-se como reactivo de ajuste de pH no tratamento de águas residuais.

Seguidamente são elencadas algumas boas práticas e medidas preventivas, que permitem a racionalização da qualidade e quantidade de matérias-primas e auxiliares consumidas nos processos de fabrico da indústria metalomecânica.

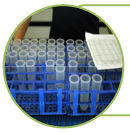
MODIFICAÇÃO DO PRODUTO



SUBSTITUIÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS

IMPLEMENTAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS

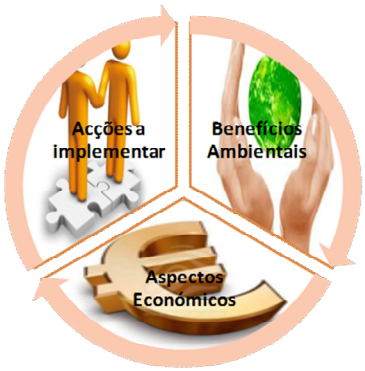
IMPLEMENTAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS DE GESTÃO DOS FLUIDOS DE CORTE NOVOS E DEGRADADOS



CONTROLO DE QUALIDADE NA RECEPÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS E AUXILIARES

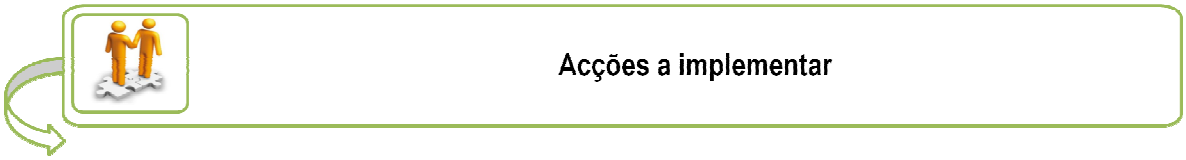
IMPLEMENTAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS DE ARMAZENAGEM E MANUSEAMENTO DE MATERIAIS

As medidas referidas são desenvolvidas nos subcapítulos seguintes, efectuando-se em todos os casos uma descrição das **acções a implementar**, **benefícios ambientais** e **aspectos económicos** envolvidos.



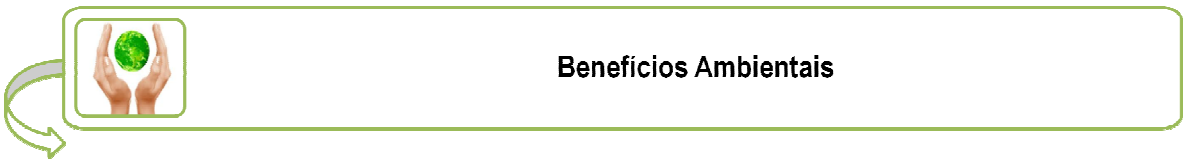
## 6.1.1. Modificação do produto

Neste subcapítulo, incluem-se as alternativas que pressupõem uma readaptação dos produtos fabricados, tendo em conta os recursos (água, energia, materiais) necessários e os impactes ambientais gerados, desde a fabricação do produto até à sua deposição final.




✓ **Redesenho da peça**

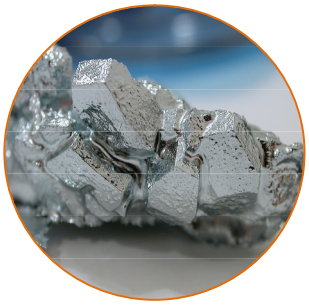
Esta acção consiste em optimizar o desenho da peça com o objectivo de conseguir que a sua geometria ofereça possibilidades de minimização de arraste de fluido de corte. Isto consegue-se evitando rebordos e cantos desnecessários na morfologia da peça, que favorecem a retenção do fluido.




- **Redução do impacte ambiental derivado da manipulação de peças e aparas impregnadas de fluido de corte**
- **Redução do impacte ambiental proveniente das operações de desengorduramento das peças (consumo de água e desengordurantes, tratamento da solução desengordurante)**
- **Redução da quantidade de fluido de corte consumido**
- **Redução da quantidade de fluido de corte degradado produzido (resíduos)**

- **Investimento em I&D para o redesenho da peça**
- **Redução dos custos de consumo em fluido de corte e operações de desengorduramento**
- **Redução dos custos de gestão dos fluidos de corte degradados (resíduos)**

## *6.1.2. Substituição de matérias-primas*



Esta medida consiste na substituição de determinadas matérias-primas por outras menos contaminantes ou perigosas para o meio ambiente.

**Acções a implementar**

✓ **Substituição dos fluidos de corte por outros menos contaminantes**

Para minimizar o impacte derivado do uso de fluidos de corte, podem utilizar-se fluidos com uma composição menos nociva e mais respeitosa do meio ambiente. Estes consistem em fluidos de corte biodegradáveis, fluidos com aditivos especiais que minimizam a formação de poeiras de óleo ou fluidos isentos de compostos tóxicos (aminas, enxofre, cloro, fenol, silicone). Esta medida pode ser aplicada, por exemplo, nas operações de torneamento e fresagem. (Fonte: CAR/PL).

✓ **Substituição dos produtos de desengorduramento por outros menos perigosos**

Existem agentes de desengorduramento que, devido à sua perigosidade ou problemática ambiental, devem ser substituídos por outros mais respeitosos do meio ambiente e da saúde das pessoas. O exemplo mais frequente são os solventes halogenados, especialmente os clorados que, devido à sua eficácia, são utilizados nas operações de limpeza, sendo tóxicos devido à emissão de compostos orgânicos voláteis (COV) e pela geração de efluentes residuais clorados. Estes agentes podem ser substituídos por hidrofluoroeteres (HFE), misturas à base de p-cimeno ou soluções aquosas de detergentes alcalinos. Relativamente a estes últimos, os desengordurantes que contêm derivados de EDTA, NTA e similares, também podem ser problemáticos devido aos elevados custos de tratamento das águas residuais que geram, pelo que podem ser substituídos por gluconato de sódio.

(Fonte: CAR/PL).

✓ **Minimização das sobras de material**

Através da optimização das dimensões da matéria-prima inicial, é possível minimizar a quantidade de material excedente na forma de restos de peças, sucata e aparas. Para isso, é conveniente utilizar um material de partida o mais próximo possível do tamanho final da peça e em caso de fabricação de peças ocas, partir de material já oco, em vez de perfurá-lo posteriormente. Adicionalmente, uma calibragem adequada das prensas utilizadas no processo de corte das placas, permite também reduzir o volume gerado. (Fonte: CAR/PL).

## Benefícios Ambientais

- **Melhoria da qualidade do ambiente de trabalho**
- **Redução da carga contaminante dos resíduos gerados**
- **Redução da quantidade de fluido de corte consumido**
- **Redução de resíduos metálicos (aparas, sucata) produzidos**
- **Redução da quantidade de matéria-prima consumida**
- **Eliminação das emissões de COV**

## Aspectos Económicos

- **Redução dos custos de aquisição dos fluidos de corte**
- **Redução dos custos de aquisição de matéria-prima**
- **Redução dos custos de gestão dos resíduos**
- **Eventual aumento dos custos com desengordurante alternativo**

## *6.1.3. Implementação de novas tecnologias*

Tendo em conta os problemas ambientais e de saúde para os operários em contacto com os fluidos de corte, deve prestar-se especial atenção à eliminação dos fluidos de corte dos processos produtivos e à substituição das suas bases lubrificantes por outras biodegradáveis, não tóxicas e amigas do meio ambiente.

Actualmente, a terminologia "biodegradável" inclui óleos vegetais, éteres de poliglicol e ésteres sintéticos, e entre os ésteres diesteres, ésteres de poliol e esteres de fosfato.

De facto, a maquinagem a seco ou com estes fluidos de corte alternativos, converteu-se em tema prioritário de investigação nos países da UE, onde os custos de gestão dos resíduos encarecem notoriamente os processos de fabricação com fluidos convencionais. A maioria da investigação tem sido feita na Alemanha, liderada por empresas tão significativas como Bosch, BMW ou Mercedes-Benz. Sem dúvida, a procura da sociedade pelo respeito para com o ambiente, afecta também a indústria, através de uma pressão ainda incipiente mas em crescimento, sendo conveniente iniciar um processo de actualização dos sistemas produtivos, face a novas exigências.

**Acções a implementar**

- ✓ **Análise técnica, económica e ambiental das novas tecnologias a seguir indicadas**
  - Maquinagem a seco.
  - Técnicas de mínima lubrificação (MQL).
  - Utilização de gases refrigerantes.
  - Processo *coldcut.*
  - Depósito centralizado de abastecimento de fluidos de arrefecimento e lubrificação.
  - Carenagem das máquinas.

**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 no processo existente;
- Experiencias 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:**

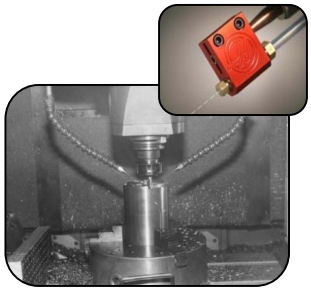
- O investimento necessário;
- Os custos operacionais e receitas do processo existente e os custos operacionais e receitas projectadas das acções a serem implementadas;
- A poupança da empresa com a redução/eliminação de coimas.

Apresenta-se de seguida uma breve descrição de cada uma das novas tecnologias especificadas:

### Maquinagem a seco

A supressão do fluido de corte das operações de mecanização permite eliminar os impactes ambientais derivados do seu uso. Esta alternativa implica a adopção de medidas adequadas que assumam as funções que realiza o fluido de corte (lubrificação, refrigeração do sistema e arrastamento do material excedente).

### Técnicas de mínima lubrificação (MQL)



O fluido de corte nas operações de maquinagem reduz-se consideravelmente mediante a aplicação, por gotas e aerossóis, da mínima quantidade necessária, garantindo um nível adequado de lubrificação. Desta maneira, o fluido de corte acrescentado é consumido sem gerar resíduos e unicamente se produz uma ligeira película deste fluido na peça, que melhora a sua gestão e manipulação. Existem três alternativas para a sua aplicação: sistemas de pulverização a baixa pressão, sistemas de injecção sem ar e sistemas de pulverização de alta pressão.

**TÉCNICAS DE MQL**

- **Sistemas de pulverização de baixa pressão**

  O fluido de corte é introduzido numa corrente de ar a baixa pressão e transmite-se à superfície da peça em forma de mistura.

  Esta técnica é utilizada habitualmente com fluidos de corte aquosos. O grau de dosagem disponível é pouco preciso.

- **Sistemas de injecção sem ar**

  O fluido de corte é aplicado sobre a superfície do metal através de bombas doseadoreas que não necessitam de ar para impulsionar o fluido.

- **Sistemas de pulverização a alta pressão**

  Nestes sistemas, o fluido de corte desloca-se através de uma bomba até ao bico de pulverização, onde se mistura com o ar comprimido, que é fornecido em separado. Assim, as quantidades de ar e fluido de corte podem ajustar-se independentemente. A mistura coaxial no bico evita a possível formação de névoas.

- **Utilização de gases refrigerantes**

  Outra alternativa que pode ser utilizada como apoio à maquinagem a seco é a aplicação adicional de gases. Por exemplo, o ar é um lubrificante limite efectivo. Poder-se-á melhorar a capacidade de refrigeração do ar, através do seu arrefecimento. Gases como o árgon, hélio e nitrogénio, são por vezes utilizados para prevenir a oxidação da peça e as aparas; no entanto, o seu elevado custo geralmente não os torna rentáveis para aplicação na produção.

  Como alternativa a este sistema, alguma documentação revela o desenvolvimento de uma técnica diferente, que através da ionização de ar pressurizado aplicado na zona de corte, pretende conseguir as mesmas propriedades de que gozam os fluidos de corte; o ar e a pressão cumprem com as funções de refrigeração e a sua ionização com as funções de lubrificação, através da oxidação produzida na área local de maquinagem.

- **Processo *coldcut***

  O sistema *coldcut* pretende eliminar a utilização de óleos de corte, fluidos de corte, etc., através da sua substituição por ar frio e muito pequenas quantidades de lubrificantes de base vegetal/sintética não perigosos e com tendência a biodegradarem-se. Esta tecnologia aumenta a produtividade do processo, a vida da ferramenta de corte, as tolerâncias e a redução das temperaturas das máquinas.

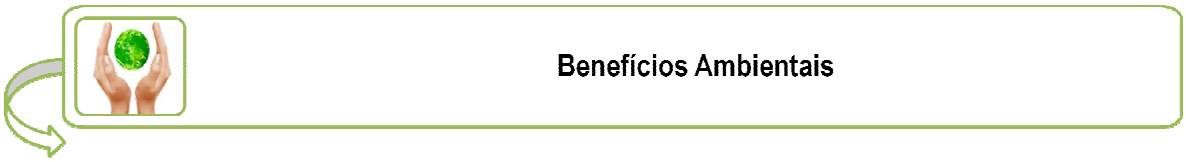
  Este sistema utiliza o ar frio e um sistema de aplicação do lubrificante de alta pressão. O ar frio substitui a água ou óleo utilizados como refrigerantes. Estima-se que este processo possa acarretar uma redução no uso de óleos de corte e fluidos de corte de cerca de 98% e a eliminação dos que são particularmente tóxicos.

- **Depósito centralizado de abastecimento de fluidos de arrefecimento e lubrificação**

  Consiste no abastecimento de fluido às diferentes máquinas e ferramentas através de um único depósito, em vez de se utilizarem múltiplos depósitos individuais por máquina, reduzindo assim o tempo de controlo e manutenção do fluido.

- **Carenagem das máquinas**

  Esta alternativa consiste na colocação de barreiras na maquinaria, com o objectivo de impedir as projecções de fluido de corte para o exterior da área de mecanização. A tipologia de carenagem varia em função da estrutura da máquina, podendo utilizar-se cortinas, carenagens plásticas ou metálicas e telas rígidas.



## Benefícios Ambientais

- **Eliminação/redução dos fluidos de corte**
- **Melhoria do ambiente de trabalho**
- **Redução da contaminação do piso industrial**
- **Redução da necessidade de limpeza das peças no fim dos processos de maquinagem**
- **Melhoria da qualidade dos resíduos metálicos (aparas, sucata), em virtude da ausência de fluido de corte**

## Aspectos Económicos

- **Eliminação/redução dos custos com o consumo de fluidos de corte e gestão dos fluidos de corte degradados**
- **Eliminação/redução dos custos das operações de limpeza**
- **Investimento em novos equipamentos**

## *6.1.4. Implementação de boas práticas de gestão dos fluidos de corte novos e degradados*

As boas práticas de gestão dos fluidos de corte consistem em mudanças de gestão operacionais, controlo e organização dos processos e actividades industriais, assim como na actuação do pessoal laboral da empresa, tendo como objectivo a minimização da produção de resíduos e emissões.

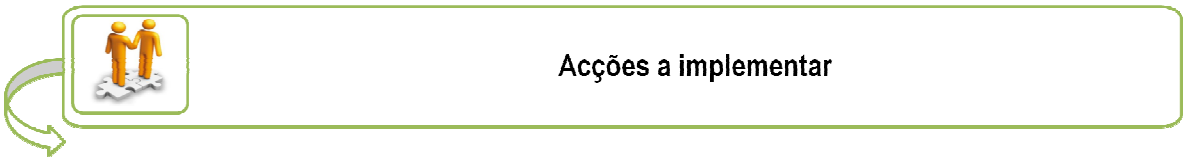
Caracterizam-se pela aplicação simples e a baixo custo, uma vez que apenas exigem um envolvimento e mudança de atitude de todos os operadores.

Devido às características inerentes ao processo de maquinagem, as propriedades dos fluidos de corte vão diminuindo (fenómeno conhecido como *stress* mecânico), ao mesmo tempo que aparece uma série de contaminantes que reduzem ainda mais as suas propriedades e rendimento.

Os fluidos de corte perdem então as suas propriedades, dando origem a óleos de corte/fluidos oleosos degradados e a emulsões/soluções degradadas.

**Óleos de corte ou fluidos oleosos integrais degradados –** ao serem submetidos a altas temperaturas nas operações de maquinagem, sofrem reacções de oxidação e polimerização, formando uma mistura complexa de compostos orgânicos e outros elementos contaminantes resultantes do desgaste dos metais. Além do fluido base (mineral, sintético ou vegetal) com aditivos que compõem até 65% do fluido degradado, aparecem outros contaminantes, numa proporção de 35% da composição como água, restos de aditivos como fenóis, compostos de zinco, cloro e fósforo, ácidos orgânicos ou inorgânicos, bem como qualquer outro composto que por qualquer motivo fique misturado com esses óleos.

**Emulsões e soluções degradadas –** além da fadiga térmica e das reacções químicas, a perda de qualidade é agravada pela presença de microrganismos que metabolizam os componentes do fluido, modificando a sua estrutura química. A presença de sólidos faz com que aumente ainda mais a proliferação destes microrganismos e, por consequência, a degradação do fluido. Três tipos de microrganismos são frequentemente encontrados nas emulsões: bactérias, algas e fungos. Podem ser combatidos com bactericidas e fungicidas, em quantidades restritas pois os mesmos têm solubilidade limitada na água.




✓ **Estabelecimento de um plano de controlo dos fluidos de corte**

Esta alternativa consiste no controlo periódico de um conjunto de parâmetros que definem a qualidade do fluido utilizado nos processos de maquinagem de metais e, portanto, informa sobre o seu estado de degradação e contaminação, com o objectivo de executar as medidas correctivas mais adequadas. Os parâmetros a controlar variam segundo a natureza do fluido (óleo de corte, fluido de corte aquoso, emulsões de laminagem, etc.).

### ✓ Concepção e execução de um plano de manutenção do circuito de abastecimento do fluido de corte

A medida consiste em estabelecer um controlo adequado e metódico do circuito de abastecimento de fluido de corte e das suas condições de armazenagem, com o objectivo de prevenir fugas que possam contaminar o solo industrial.

Adicionalmente, o plano de manutenção pode ser complementado com o controlo de juntas e condutas do circuito de abastecimento de outros óleos (lubrificantes, óleo hidráulico) para evitar as fugas destes e, em consequência, a contaminação do fluido de corte.

### ✓ Compatibilização dos constituintes do fluido de corte

A implementação desta alternativa baseia-se na aplicação de dois tipos de práticas:

A primeira consiste em homogeneizar o uso de fluidos de corte no processo, até alcançar a utilização do menor número possível de compostos diferentes.

A segunda medida requer a adequada selecção de produtos como lubrificantes ou óleos hidráulicos, para que a sua influência no fluido de corte, em caso de fuga, seja mínima. Para estes últimos é necessário considerar a capacidade de flutuabilidade e mistura dos referidos produtos, com o objectivo de prevenir a incidência no fluido de corte e favorecer a sua eliminação.

### ✓ Desinfecção do circuito de abastecimento dos fluidos de corte

Para além de um controlo periódico da qualidade do fluido com o objectivo de alargar a sua vida útil, é necessário proceder à sua substituição por um fluido novo, quando este perde as suas propriedades. Aproveitando o momento de alteração do fluido de corte gasto, podem ser aplicados produtos como biocidas e fungicidas no circuito de abastecimento, para eliminar os possíveis microrganismos que possam estar presentes.

### ✓ Arejamento dos fluidos de corte

Esta prática consiste em permitir periodicamente o acesso de oxigénio ao compartimento onde se encontra localizado o fluido. Este arejamento pode ser conseguido através da aplicação directa de oxigénio ou accionando o sistema de bombeamento dos circuitos de abastecimento do fluido de corte em períodos de descanso, se bem que o efeito conseguido neste caso é de menor intensidade.

### ✓ Optimização do posicionamento da peça durante a maquinagem

Consiste em colocar a peça durante o processo de maquinagem, para que se reduza ao máximo a retenção de fluido de corte no seu interior, evitando deste modo parte das perdas de fluido de corte por arrastamento.

### ✓ Optimização das condições de aplicação dos fluidos de corte

Para garantir um nível adequado de qualidade no processo, deve rever-se a pressão, direcção e caudal a que se aplica o fluido de corte. Uma redução da pressão de abastecimento até ao valor mínimo que assegure a qualidade do processo e uma correcta direcção do fluido permitem minimizar o risco de respingas e formação de poeiras.

## ✓ Instalação de unidades de manutenção dos fluidos de corte

A manutenção e acondicionamento do fluido de corte repercutem-se directamente na sua vida útil. Os elementos estranhos presentes no seu seio deverão ser retirados, pois não só limitam a qualidade e o desempenho do mesmo, como também aceleram a sua degradação. Dentro do conceito de "elemento estranho" incluem-se de forma genérica:

- Sólidos
  - Elementos metálicos (lamas e aparas)
  - Pó e partículas do ambiente
  - Papel (papel, pontas, plásticos,...)
- Líquidos
  - Óleos hidráulicos
  - Óleos de guias
  - Óleos de lubrificação

Existe um amplo leque de equipamentos e sistemas capazes de limitar a presença de elementos indesejados que representem um risco de grande importância para a estabilidade e durabilidade do fluido de corte.

A seguir e a partir de uma classificação baseada na capacidade separadora, são comentados e comparados os equipamentos mais comuns disponíveis actualmente no mercado.

**Separadores de óleo**

*Skimmer/raspador superficial*: Um elemento mecânico realiza um varrimento superficial do fluido de corte retirando o óleo acumulado na superfície. Existem múltiplas variações deste equipamento: de cinta, de disco, de tubo flexível, etc., mas todos condicionam a sua eficácia e grau de flutuabilidade e separabilidade prévia do óleo em meio aquoso. São versáteis mas de eficácia limitada.

*Separador coalescente:* Instalado em *by-pass* ou em linha, separa em contínuo o óleo não emulsionado. De pouca versatilidade, oferece uma eficácia alta.

*Separador centrifugo de duas fases*: Através da aplicação de aceleração centrífuga, força-se a separação do óleo. O rendimento deste tipo de equipamentos maximiza-se disposto em *by-pass* em depósitos centralizados de fornecimento. O seu rendimento é muito alto, estando disponíveis em formato móvel.

**Separadores de sólidos**

*Depósito de decantação:* Trata-se de um elemento simples destinado a facilitar a decantação natural das partículas proporcionando o tempo adequado de repouso. O fundo está desenhado de maneira que as lamas possam ser extraídas facilmente (fundos cónicos, etc.) ou dotado de limpadores de fundo que facilitam esta função. A sua eficácia é limitada mas a sua simplicidade e baixos requisitos, tornam-nos atractivos em determinadas ocasiões.

*Hidrociclones:* Actuam como separadores centrífugos, provocando movimentos de turbilhão no fluido e forçando a decantação das partículas. A granulometria separável está limitada, pelo que pode ser necessário realizar uma filtração adicional. A sua eficácia aumenta à medida que diminui a viscosidade do fluido.

*Separadores magnéticos:* Utilizam-se para extrair as aparas e as lamas ferromagnéticas de pequena dimensão. As impurezas passam através do campo de atracção magnético sendo retidas no suporte físico do mesmo.

*Filtros de cinta*: Habitualmente de papel, dispõem de um determinado tamanho do poro consoante o mínimo de partículas que se deseje separar. Existem diversas alternativas: simples (de gravidade), de pressão negativa, pressão excessiva, etc. Se não utilizam meios filtrantes reutilizáveis, geram material de desperdício que tem de ser tratado como resíduo.

*Filtro de areia lavável*: O grau de separação do filtro alcança o mícron e está isento de meios auxiliares. Requer uma manutenção exaustiva para manter o grau de limpeza requerida no meio filtrante.

**Separação conjunta de sólidos e óleos**

Enquanto a acção combinada das alternativas comentadas nos pontos anteriores, pode supor uma solução para a retirada dos sólidos e dos óleos não desejados presentes no fluido de corte, existem equipamentos especialmente desenhados para poder realizar esta função num único passo.

*Instalações de flutuação:* separam sólidos e óleos através da injecção de finas bolhas de ar no seio do fluido de corte. O ar na sua ascensão arrasta o óleo e partículas de pequeno tamanho até à parte superior do fluido donde são retiradas por um limpador. Disponíveis tanto em unidade móvel como fixa. Apresenta limitações associadas ao tamanho das partículas que podem ser separadas.

*Clarificador de lamelas*: O fluxo graduar-se-à correctamente de forma a que se separem as partículas de material sólido e o óleo que flutua. Requer um alto nível de regulação que condiciona a sua eficácia.

*Centrifugas de três fases:* Dispondo de uma terceira fase adicional em relação ao descrito no ponto anterior, separam também as partículas de material sólido. São equipamentos relativamente caros e tecnicamente complexos. Contudo, oferecem o maior grau de eficácia entre todas as alternativas. Estão disponíveis em formatos móveis.

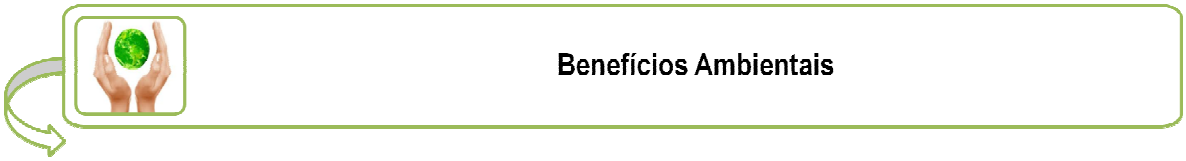
### ✓ Concepção, implementação e manutenção de um procedimento que assegure uma gestão ambientalmente correcta dos fluidos de corte degradados

O procedimento deve assegurar o cumprimento dos seguintes requisitos:

- Armazenagem dos fluidos de corte degradados de forma segura, em local acessível para recolha, em recipientes adequados, resistentes e devidamente identificados;
- Implementação das medidas necessárias para evitar que o fluido de corte degradado venha a ser contaminado por produtos químicos, combustíveis, solventes e outras substâncias, salvo as decorrentes da sua normal utilização;
- Entrega dos fluidos de corte degradados a operadores de gestão licenciados;
- Garantia de que os fluidos de corte degradados são submetidos a operações de valorização.

✓ **Implementação de um plano de formação para os trabalhadores**

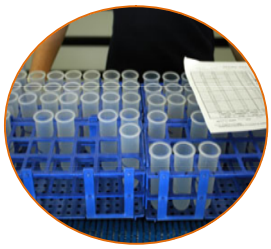
Os planos de formação baseiam-se na consciencialização sobre a problemática ambiental associada à utilização de fluidos de corte, com o objectivo de dotar os trabalhadores com competências que lhes permitam identificar e reconhecer os impactes ambientais relacionados com o seu posto de trabalho e adquirirem conhecimento das instruções e procedimentos adequados para os minimizar.




- **Redução do consumo de fluidos de corte**
- **Redução da contaminação do piso industrial**
- **Redução da quantidade de fluidos de corte degradados produzidos**

- **Redução dos custos de aquisição de fluidos de corte**
- **Redução dos custos de gestão dos fluidos de corte degradados**
- **Investimento em equipamentos**
- **Investimento em formação dos trabalhadores**

## 6.1.5. Controlo de qualidade na recepção de matérias-primas e auxiliares



O controlo de qualidade das matérias-primas é um factor determinante em qualquer empresa metalomecânica. 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.

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 consideradas aceitáveis. Essa medida exige a formação de pessoal para a realização de testes analíticos e procedimentos operacionais que garantam a 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 método 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**
- ✓ **Ministrar formação aos operadores**

### Benefícios Ambientais

- ⇘ **Redução do consumo de matérias-primas, água e energia**
- ⇘ **Redução da quantidade/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 matérias-primas, água e energia**
- **Redução dos custos de gestão do resíduos produzidos**
- **Custo de equipamentos para testes**
- **Investimento em recursos humanos**

## 6.1.6. *Implementação de boas práticas de armazenagem e manuseamento de materiais*

O correto armazenamento e manuseamento das matérias-primas, matérias auxiliares e produtos acabados favorece a redução de perdas deses componentes: Assim sendo, descrevem-se seguidamente alguns exemplos de medidas que podem ser tomadas nos equipamentos e que contribuirão para uma P+L.

### Acções a implementar

- ✓ **Elaborar, documentar, implementar e manter um procedimento que assegure a armazenagem e manuseamento em condições adequadas**

  O procedimento deve definir as boas práticas relativas às condições de manuseamento, acondicionamento e armazenagem de matérias-primas, matérias auxiliares e produtos acabados.

  Deve também ser feita uma abordagem à metodologia de monitorização dessas boas práticas.

### Benefícios Ambientais

- **Redução do consumo de matérias-primas**
- **Redução na quantidade e/ou perigosidade dos resíduos gerados**
- **Redução das emissões atmosféricas**
- **Redução no consumo de recursos (água, energia)**
- **Redução da contaminação das águas residuais**

### Aspectos Económicos

- **Redução dos custos de aquisição de matérias-primas e auxiliares**
- **Redução dos custos com o consumo de água e energia**
- **Redução dos custos com a gestão de resíduos e/ou produtos defeituosos**

# 6.2. Consumo de água e emissão de águas residuais

O consumo de água gerado na Indústria Metalomecânica é importante pelo facto de que é o principal constituinte dos fluidos de corte aquosos. Estas emulsões são utilizadas para refrigerar as zonas de fricção entre a peça e a ferramenta de corte nas operações de maquinagem com arranque de aparas.

**Águas de Processo**

A seguir descrevem-se as operações onde existe consumo de água:

- **Formulação de fluidos de corte aquosos**

  Na formulação de fluidos de corte aquosos utiliza-se entre 95% e 97% de água.

- **Processos de vibroabrasão**

  Nestes processos utiliza-se uma mistura com tensioactivos e outros aditivos para limpar as peças, rebarbar ou polir melhorando desta forma a superfície das peças.

- **Refrigeração de banhos de desengorduramento**

  Os banhos de desengorduramento com solventes orgânicos dispõem de um sistema de refrigeração para evitar aquecimentos e facilitar a recuperação dos solventes, constituído por serpentinas através das quais circula água fria. O maior consumo devido a esta operação produz-se quando o circuito de refrigeração trabalha em circuito aberto e a água, saída das serpentinas, é descarregada. Os circuitos fechados, onde a água arrefece através de torres de refrigeração, consomem muito menos água, mas têm outros aspectos ambientais associados entre os quais se encontra o risco de *legionella*.

- **Água de limpeza**

  Os consumos de água de limpeza são inferiores aos existentes nas operações descritas anteriormente. No entanto, não devem ser desprezados, pois as águas de limpeza originam águas residuais que apresentam, por vezes, importantes concentrações de contaminantes.

**Águas Residuais**

Os diferentes tipos de Águas Residuais que se produzem na Indústria Metalomecânica são os seguintes:

→ **Águas de processo contaminadas**

Trata-se de águas procedentes dos processos de vibroabrasão ou corte por plasma que, quando se esgotam, podem ser descarregadas (após tratamento prévio para cumprir a legislação em vigor) ou geridas como um resíduo perigoso através de um operador licenciado.

→ **Águas de refrigeração contaminadas**

São as águas dos circuitos de refrigeração dos banhos de desengorduramento com solvente. Quando se trabalha em circuito fechado, a descarga é proveniente das purgas. Estas purgas podem apresentar algum problema de contaminação devido aos reagentes que se adicionam à água para prevenir corrosão, incrustações e contaminação bacteriana.

→ **Águas de limpeza contaminadas**

São as águas residuais produzidas nas operações de manutenção e limpeza de derrames e fugas.

A racionalização do consumo de água pode conduzir a **poupanças muito significativas**, não só no **gasto deste bem escasso**, mas também, **traduzindo-se em benefícios económicos/financeiros quantificáveis.**

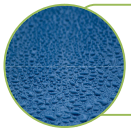
Seguidamente são descritas boas práticas e medidas preventivas do consumo de água e produção de águas residuais para a Indústria Metalomecânica e que contribuirão para uma produção mais limpa neste Sector.

INSTALAÇÃO DE CONTADORES/CAUDALÍMETROS

IDENTIFICAÇÃO E PREVENÇÃO DE FUGAS DE ÁGUA

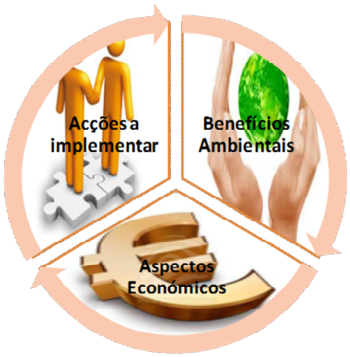
REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS OPERAÇÕES DE REFRIGERAÇÃO

IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUAIS



UTILIZAÇÃO DE 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. Instalação de contadores/caudalímetros

Como ponto de partida para uma racionalização do consumo de água é essencial medir e controlar a água nos processos através de contadores ou caudalímetros para quantificar o fluxo de água consumida. Assim sendo deverão ser implementadas as acções a seguir descritas.

### Acções a implementar

- ✓ **Instalar contadores ou caudalímetros para quantificar o caudal de água consumida**
- ✓ **Registar periodicamente a leitura de dados. O registo destes elementos constituirá a base para determinar a quantidade de água consumida na empresa e a quantidade de águas residuais geradas e promover a redução do consumo**

### Benefícios Ambientais

- ⇘ **Racionalização do consumo de água**
- ⇘ **Redução da quantidade de águas residuais produzidas**

### Aspectos Económicos

- ⇘ **Investimento inicial na aquisição do equipamento contadores/caudalímetros**
- ⇘ **Redução do custo de abastecimento e de lançamento de águas residuais**

## 6.2.2. Identificação e prevenção de 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 com 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, sempre que necessário e incluir a rede de distribuição e equipamentos das instalações sanitárias e cozinha/refeitório**
- ✓ **Criar instruções que sensibilizem todos os colaboradores para a identificação e sinalização de fugas e a obrigatoriedade de reportar esta informação ao encarregado responsável pela manutenção das instalações**

  Na figura 16, apresenta-se, um exemplo de cartaz afixado numa instalação fabril com a alerta para este tipo de situação.

**Figura 16 – Instrução para sensibilização na detecção de fugas**

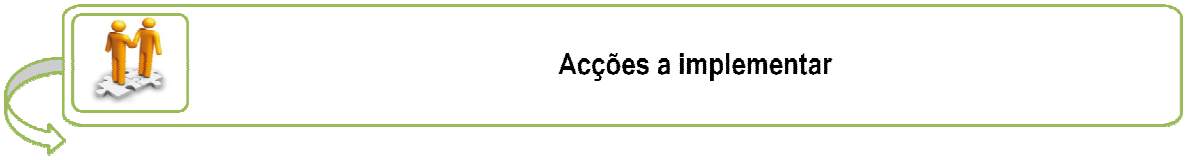
### Benefícios Ambientais

- ↘ **Redução do consumo de recursos naturais (água)**
- ↘ **Redução de impactes ambientais originados pelas fugas de água**

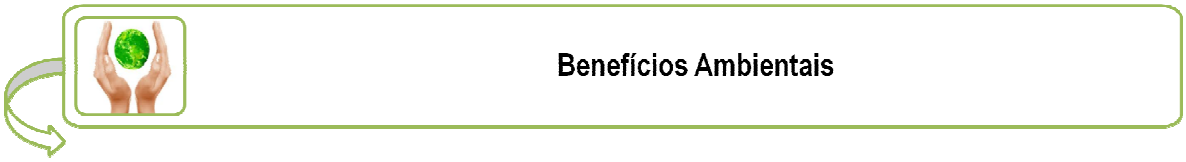
- **Investimento na revisão do sistema hidráulico e reparações nas edificações**
- **Redução do custo de abastecimento de água**
- **Redução do custo de gestão das águas residuais produzidas**

## *6.2.3. Redução do consumo de água nas operações de refrigeração*

Atendendo ao seu conteúdo energético, a água proveniente de arrefecimentos de não contacto pode ser aproveitada noutras operações. Seguidamente são apresentadas algumas medidas de P+L para redução do consumo de água nas operações de refrigeração.




- ✓ **Recircular a água no próprio equipamento, por meio de sistema de refrigeração em circuito fechado**
- ✓ **Reutilizar a água de refrigeração em processos que não exijam água potável**
- ✓ **Sempre que a água proveniente de sistemas de refrigeração não circule em circuito fechado, pode ser aproveitada atendendo ao seu conteúdo energético**




- **Redução do consumo de água**
- **Redução do consumo de energia**
- **Optimização da operação da estação de tratamento de águas residuais**

**Aspectos Económicos**

- **Custos com a implementação de um sistema de segregação das águas residuais, assim como com a aquisição de tanques de armazenamento para as águas residuais a reutilizar**
- **Redução do custo de captação de água e de tratamento de águas residuais**
- **Redução dos custos energéticos**

## *6.2.4. Implementação de tecnologias de tratamento das 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**

  Os processos de tratamento devem ter em conta as cargas poluentes existentes e os requisitos a cumprir em função do meio onde vão ser descarregadas (meio hídrico, colector municipal).

.

**Benefícios Ambientais**

- **Redução da contaminação da água (carga orgânica, agentes químicos, etc.)**
- **Cumprimento de legislação em vigor relativa às descargas de efluentes industriais**

**Aspectos Económicos**

- **Custos com a aquisição e manutenção dos equipamentos para tratamento das águas residuais**
- **Poupanças com a possibilidade de reaproveitamento de águas tratadas**
- **Eliminação dos custos com coimas associadas à descarga de efluentes não cumprindo os valores limite de emissão**

## *6.2.5. Utilização de águas pluviais*

As águas resultantes da chuva podem ser utilizadas em algumas das actividades da Indústria Metalomecânica. Seguidamente destacam-se algumas acções que contribuirão para uma produção + limpa.

**Acções a implementar**

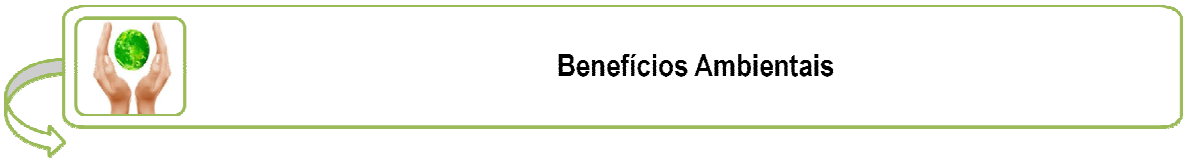
✓ **Utilização de águas pluviais nas actividades da Indústria Metalomecânica**

As águas pluviais provenientes do(s) telhado(s), do(s) pavilhão(ões), industrial(ais) e área(s) administrativa(s), deverão ser recolhidas e armazenadas em cisternas.

Deverá ser elaborado um estudo que permita identificar a possibilidade de utilização das águas pluviais em algumas actividades da indústria metalomecânica, nomeadamente, em certas etapas do processo, em operações de lavagem, em instalações sanitárias e rega de espaços verdes.

✓ **Utilização de águas pluviais no conforto interno de ambiente**

As águas de chuva, provenientes dos telhados do(s) pavilhão(ões) industrial(is) e área(s) administrativa(s) deverão ser armazenadas e utilizadas nos sistemas de refrigeração de telhados de pavilhões industriais, usando aspersores em circuito fechado.



## Benefícios Ambientais

- **Redução do consumo de recursos naturais (água)**
- **Melhoria do conforto térmico do ambiente de trabalho**

## Aspectos Económicos

- **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

A produção de resíduos no sector da metalomecânica é um aspecto ambiental de grande relevância, atendendo a que a maior parte são resíduos perigosos.

A quantidade de resíduos sólidos produzidos depende do tipo de indústria, da peça que se processa e da tecnologia empregue no processo.

O destino destes resíduos, convenientemente separados, deve ser a sua valorização e reutilização, sempre que seja possível, através de um gestor autorizado de resíduos perigosos ou não perigosos.

Os resíduos gerados classificam-se em:

- Equiparáveis a resíduos domésticos;
- Industriais não perigosos;
- Industriais perigosos.

➢ **Resíduos equiparáveis a resíduos domésticos**

Estes resíduos são provenientes das actividades administrativas, refeitórios e instalações sanitárias. Entre eles incluem-se: papel e cartão, restos de alimentos, latas, garrafas de vidro, plásticos, etc.

➢ **Resíduos industriais não perigosos**

Os resíduos característicos da actividade são diversos tipos de aparas (isentas de substâncias perigosas), peças defeituosas, restos de metais, como aço, bronze ou alumínio; como também PVC, metacrilatos (acrílico) e polímeros fluorados (teflon).

Geram-se também resíduos de óculos e telas protectoras, recipientes de produtos não perigosos, embalagens (grandes quantidades de plástico, cartão, madeira), panos e roupa não contaminados com produtos perigosos e ferramentas fora de uso.

➢ **Resíduos perigosos**

Os principais resíduos perigosos produzidos no processo de maquinagem são:

- *Fluidos de corte degradados e contaminados*

  Ao serem submetidos a altas temperaturas nas operações de corte, os fluidos sofrem reacções de oxidação e polimerização, formando uma mistura complexa de componentes orgânicos e outros elementos contaminantes resultantes do desgaste dos metais.

  Para além do fluido de corte degradado (mineral, sintético ou vegetal), geram-se outros contaminantes tais como fenóis, compostos de zinco, cloro e fósforo ou ácidos orgânicos e inorgânicos
- *Emulsões e soluções degradadas e contaminadas*

  A perda de qualidade dos fluidos advém da fadiga térmica e das reacções químicas, agravando-se pela presença de microrganismos que metabolizam os seus componentes, modificando a sua estrutura química.

A presença de sólidos faz aumentar a proliferação destes microrganismos e, por conseguinte, a degradação do fluido.
Três tipos de microrganismos são frequentemente encontrados nas emulsões: bactérias, algas e fungos. Podem ser combatidos com bactericidas e fungicidas, em quantidades restringidas, pela sua limitada solubilidade na água.

- *Outros fluidos e lamas*
  Paralelamente aos restos de fluido de corte degradado e contaminado, geram-se outros resíduos como: restos de líquidos oleosos, líquidos ou lamas com metais, serrim impregnado com fluido de corte, águas oleosas de limpeza das instalações, máquinas e ferramentas.

- *Aparas e outros elementos impregnados*
  Não menos importante são os volumes de aparas e partículas metálicas impregnadas de fluido de corte, como também roupa, panos, materiais absorventes e papel, empapados em produtos contaminantes.

- *Outros resíduos*
  Geram-se igualmente, em menor escala, restos de outros produtos contaminantes tais como recipientes vazios de fluido de corte e outros lubrificantes, filtros contaminados, resíduos da manutenção da maquinaria (espumas, aerossóis, solventes) e resíduos dos processos de soldadura.

**Quadro 13 – Principais resíduos produzidos na Indústria Metalomecânica**

| RESÍDUOS | LER |
|---|---|
| **RESÍDUOS DE MOLDAGEM E DO TRATAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DE SUPERFÍCIES DE METAIS E PLÁSTICOS:** | **12** |
| ***Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos:*** | **12 01** |
| Aparas e limalhas de metais ferrosos | 12 01 01 |
| Poeiras e partículas de metais ferrosos | 12 01 02 |
| Aparas e limalhas de metais não ferrosos | 12 01 03 |
| Poeiras e partículas de metais não ferrosos | 12 01 04 |
| Aparas de matérias plásticas | 12 01 05 |
| Óleos minerais de maquinagem com halogéneos (excepto emulsões e soluções) | 12 01 06 (*) |
| Óleos minerais de maquinagem sem halogéneos (excepto emulsões e soluções) | 12 01 07 (*) |
| Emulsões e soluções de maquinagem com halogéneos | 12 01 08 (*) |
| Emulsões e soluções de maquinagem sem halogéneos | 12 01 09 (*) |
| Óleos sintéticos de maquinagem | 12 01 10 (*) |
| Ceras e gorduras usadas | 12 01 12 (*) |
| Resíduos de soldadura | 12 01 13 |
| Lamas de maquinagem contendo substâncias perigosas | 12 01 14 (*) |
| Lamas de maquinagem não abrangidas em 12 01 14 | 12 01 15 |
| Resíduos de materiais de granalhagem contendo substâncias perigosas | 12 01 16 (*) |
| Resíduos de materiais de granalhagem não abrangidos em 12 01 16 | 12 01 17 |

| RESÍDUOS | LER |
|---|---|
| Lamas metálicas (lamas de rectificação, superacabamento e lixagem) contendo óleo | 12 01 18 (*) |
| Óleos de maquinagem facilmente biodegradáveis | 12 01 19 (*) |
| Mós e materiais de rectificação usados contendo substâncias perigosas | 12 01 20 (*) |
| Mós e materiais de rectificação usados não abrangidos em 12 01 20 | 12 01 21 |
| Outros resíduos não anteriormente especificados | 12 01 99 |
| **RESÍDUOS DE EMBALAGENS; ABSORVENTES, PANOS DE LIMPEZA, MATERIAIS FILTRANTES E VESTUÁRIO DE PROTECÇÃO NÃO ANTERIORMENTE ESPECIFICADOS:** | **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 nº 73/2011, de 17 de Junho, define **os Princípios da Hierarquia de Gestão de Resíduos, ilustrados na figura seguinte.**

**Figura 17 - 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, **aumenta-se a eco-eficiência e reduz-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 e rendibilidade;
    - 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 injecção 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 os 2º e 3º passos, procurar esgotar 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 à Indústria Metalomecânica e que contribuirão para uma produção mais limpa neste Sector.

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.

ELABORAÇÃO DE UM ESTUDO DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORES TÉCNICAS DISPONÍVEIS (MTD) PARA A GESTÃO E VALORIZAÇÃO DAS APARAS

AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE CRIAR SUBPRODUTOS DERIVADOS DE RESÍDUOS GERADOS

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS PRODUZIDOS

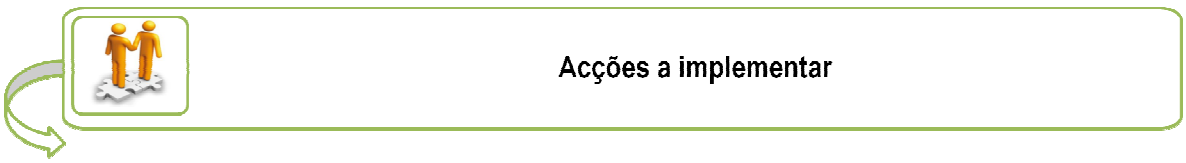
## *6.3.1. Elaboração de um estudo de minimização de resíduos*

A produção de resíduos constitui por si 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 publica, etc. 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 contêm.

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, proporcionado 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 de com 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:

- ☐ **Realização de uma auditoria de resíduos orientada para a redução.**
- ☐ **Plano de minimização propriamente dito.**

Descreve-se de seguida em detalhe cada uma destas fases.

☐ **Realização de uma 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.).<br>• Ajustar o balanço de matéria.<br>• Conhecer os resíduos que se geram (tipo, quantidade, fonte e causa de geração, etc.).<br>• Melhorar a qualidade dos produtos elaborados.<br>• Avaliar a produtividade da empresa.<br>• Aumentar os benefícios económicos.<br>• Aplicar um plano de segurança e higiene.<br>• 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, impacte 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 identificar 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:

| Processo com maior potencial para a implantação de boas práticas |
|---|
| • Processos *batch*.<br>• Processos pouco automatizados com maior componente humana e, portanto, com uma maior possibilidade de erro.<br>• 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.<br>• 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.<br>• Impacto das alterações na qualidade do produto.<br>• Flexibilidade do novo processo face à produção.<br>• Espaço necessário para os processos propostos de reciclagem, recuperação e tratamento.<br>• Tempo necessário para a instalação.<br>• Possível queda da produção durante o período de instalação.<br>• Tecnologia proposta suficientemente conhecida.<br>• Manutenção necessária e preparação do pessoal que vai realizá-la.<br>• Grau de especialização que devem ter os operários. Formação necessária.<br>• Implicações legais ou administrativas das mudanças e adaptação a futuras normas.<br>• 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 |
|---|
| • Impacte sobre o meio ambiente.<br>• Efeito sobre a saúde dos trabalhadores.<br>• Melhoria das condições laborais.<br>• Acidentes durante o transporte de resíduos.<br>• Escapes e fugas nos depósitos de armazenamento.<br>• Contaminação do solo e das águas.<br>• Impacto nas empresas ou habitações vizinhas.<br>• 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 detecta-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:

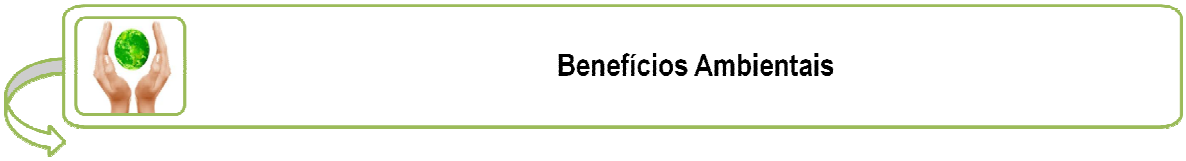
- Detectar desvios (custos, emissões, etc.) com respeito ao projecto original e tratar de corrigi-los.
- Justificar a eficácia dos investimentos realizados e prosseguir com os planos de redução.
- Manter a motivação de todos os empregados que podem ver os resultados do seu esforço.
- Realizar revisões 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/$m^2$ pintado). Estes registos são especialmente úteis para a redacção de relatórios públicos de

gestão ambiental da empresa, como a declaração ambiental do Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria (EMAS). Também devem ser controlados os possíveis impactes 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 importante 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 melhoría contínua estabelecida nos Sistemas de Gestão Ambiental (NP EN 14 001 e Regulamento EMAS).



## Benefícios Ambientais

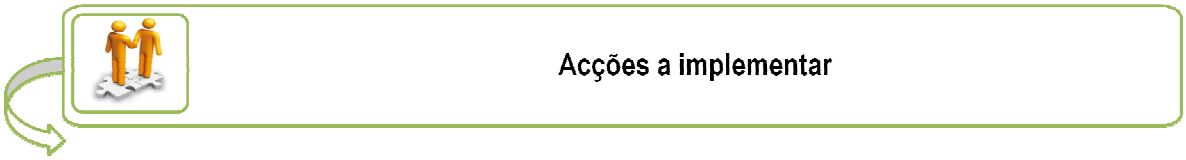
- **Maior conhecimento da situação ambiental da empresa**
- **Maior controlo no uso de matérias-primas**
- **Optimização dos processos produtivos, aumentando a sua eficiência**
- **Redução do consumo de recursos naturais**
- **Redução da quantidade e/ou perigosidade de resíduos produzidos;**
- **Minimização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

## Aspectos Económicos

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

## 6.3.2. Implementação das melhores técnicas disponíveis (MTD) para a gestão e valorização das aparas

As aparas são uma consequência das operações de maquinagem. Ainda que existam técnicas para evitar a sua produção, é impossível eliminá-las por completo, pelo que o seu correcto manuseamento deve ser uma preocupação de todas as indústrias de metalomecânica.

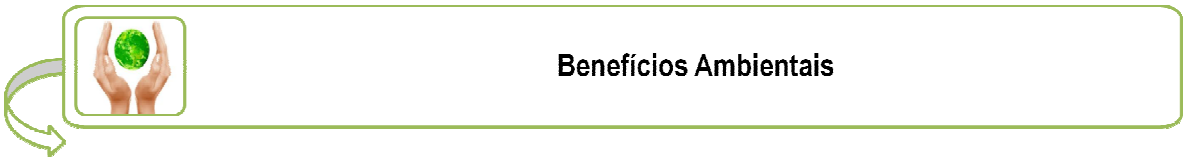



- ✓ **Elaborar, documentar, implementar e manter um procedimento que assegure uma gestão e valorização eficazes das aparas**

  O procedimento deve contemplar as melhores técnicas disponíveis (MTD), a saber:

  - Métodos adequados de gestão;
  - Armazenagem de aparas;
  - Valorização das aparas no processo metalúrgico;
  - Recomendações para a correcta gestão das aparas.

No capítulo 7 são apresentadas as melhores técnicas disponíveis aplicadas à gestão de aparas.




- **Redução da produção de resíduos perigosos (aparas contaminadas com fluído de corte**
- **Valorização das aparas como subproduto, reduzindo a exploração de recursos naturais**
- **Redução dos riscos de contaminação por fluídos de corte do piso industrial, águas superficiais e águas subterrâneas**

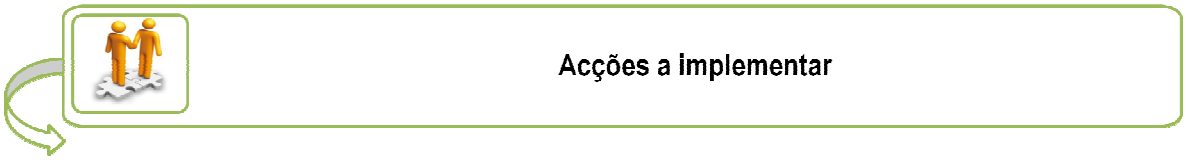
- **Melhoria da competitividade de empresas que optem por boas práticas ambientais na gestão de aparas**
- **Benefícios económicos pela correcta gestão e venda de aparas**
- **Redução no consumo de fluidos de corte, devido ao aproveitamento dos fluidos de corte provenientes do manuseamento das aparas**

## 6.3.3. Avaliação da possibilidade de criar subprodutos derivados de resíduos gerados

Nos processos industriais alguns tipos de resíduos podem retornar ao processo produtivo, ou servir como matéria-prima para outras indústrias, tornando-se uma fonte adicional de rendimento ao empresário, na primeira situação porque economiza na aquisição de matérias-primas e no segundo caso porque recebe pela venda dos subprodutos e evita os custos de transporte e deposição final dos resíduos.

Mas para que o resíduo possa ser considerado subproduto, tem de cumprir determinadas condições, a saber:

- Existir a certeza de posterior utilização da substância ou objecto;
- A substância ou objecto poder ser utilizado directamente, sem qualquer outro processamento que não seja o da prática industrial normal;
- A produção da substância ou objecto ser parte integrante de um processo produtivo; e
- A substância ou objecto cumprir os requisitos relevantes como produto em matéria ambiental e de protecção da saúde e não acarretar impactes globalmente adversos do ponto de vista ambiental ou da saúde humana, face à posterior utilização específica.




✓ **Saber se há subprodutos reconhecidos pela Agência Portuguesa do Ambiente considerados subprodutos na Indústria Metalomecânica**

Na ausência de critérios comunitários, para efeitos da aplicação do disposto anteriormente, a Autoridade Nacional de Resíduos (ANR) pode, depois de ouvidos os operadores económicos directamente interessados ou as suas estruturas representativas, definir os critérios que garantam o cumprimento das condições a verificar para que uma substância ou objecto seja considerado 'subproduto'. Deste modo, **para que determinada substância ou objecto possa ser considerado 'subproduto', os interessados, através das respectivas associações sectoriais ou individualmente, apresentam um pedido junto da ANR, o qual é decidido no prazo de 90 dias.**

Posteriormente, a ANR publicita no seu sítio na Internet os critérios que determinam o cumprimento das condições a verificar para que a substância ou objecto seja considerado 'subproduto', a lista dos interessados que obtiveram decisão favorável, bem como a informação relevante para a decisão adoptada.

Precedente à definição existente no actual Regime Geral de Gestão de Resíduos, foi emitida pela Comissão Europeia uma comunicação, a COM (2007) 59, "Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu relativa a resíduos e subprodutos, que auxilia na distinção entre resíduo e subproduto.

Assim sendo, além dos conteúdos integrantes do referido comunicado, no seu anexo I são apresentados alguns exemplos destinados a ilustrar casos em que os materiais podem ser classificados como resíduos ou subprodutos, e no anexo II é apresentada uma árvore de decisão para a distinção entre resíduos e subprodutos.

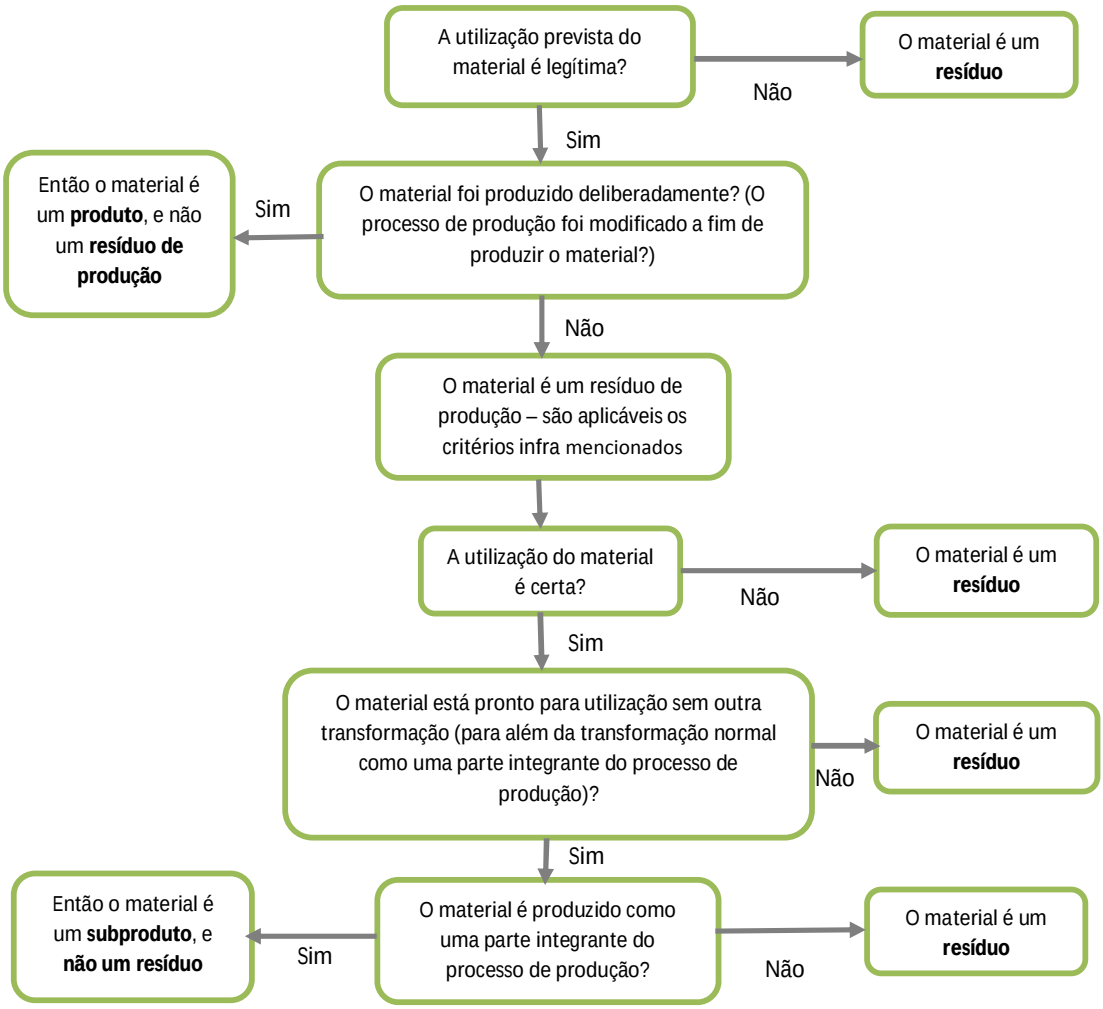



**Figura 18 – Árvore de decisão para a distinção entre resíduos e subprodutos**

### ➢ Fim do estatuto de resíduo

No artigo 44º-B do Decreto-Lei nº 178/06 de 5 de Setembro, republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/11 de 17 de Junho, são estabelecidos os critérios para que determinados resíduos deixem de ter o estatuto de resíduo.

**Fim do estatuto de resíduo**

**Pode aplicar-se a determinados resíduos quando tenham sido submetidos a uma operação de valorização**, incluindo a reciclagem, e satisfaçam critérios específicos a estabelecer nos termos das seguintes condições:

a) A substância ou objecto ser habitualmente utilizado para fins específicos;

b) Existir um mercado ou procura para essa substância ou objecto;

c) A substância ou objecto satisfazer os requisitos técnicos para os fins específicos e respeitar a legislação e as normas aplicáveis aos produtos; e

d) A utilização da substância ou objecto não acarretar impactes globalmente adversos do ponto de vista ambiental ou da saúde humana.

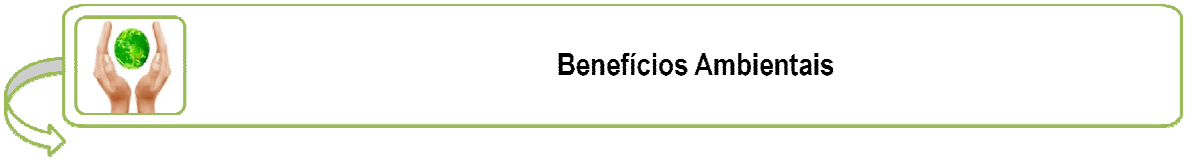
Os critérios para determinação do fim do estatuto de resíduo**,** podem ainda incluir valores limite para os poluentes e ter em conta eventuais efeitos ambientais adversos da substância ou objecto.

Quanto ao fim do estatuto de resíduo, a Comissão Europeia delegou a *Joint Research Centre – The Institute for Prospective Technological Studies* (JRC/IPTS) de definir critérios específicos para o estabelecimento do fim do estatuto de resíduo, pelo menos para agregados, papel, vidro, metal, pneus e têxteis. Já se encontra publicado o primeiro conjunto de critérios pelo Regulamento (UE) n.º 333/2011 do Conselho, de 31 de Março de 2011, que estabelece os critérios que permitem determinar em que momento é que certos tipos de sucata metálica deixam de constituir um resíduo.

Para melhor percepção e a título explicativo, os critérios para fim do estatuto do resíduo para a sucata de ferro e aço são resumidamente esquematizados na figura seguinte:

**Figura 19- Resumo dos critérios que permitem determinar em que momento é que certos tipos de sucata metálica deixam de constituir resíduo, publicados no Regulamento (UE) n.º 333/2011 do Conselho, de 31 de Março de 2011.**

**Nota:** Além dos critérios aplicáveis, a qualidade de cada remessa de sucata metálica deve ser sujeita a autocontrolo, por pessoal qualificado. Os requisitos de autocontrolo são também definidos no Regulamento.



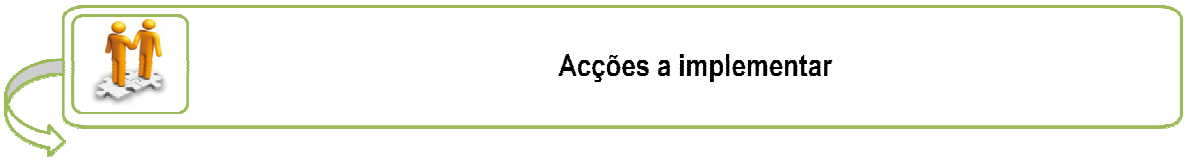

- **Redução do consumo de recursos naturais**
- **Redução da produção de resíduos**
- **Minimização dos desperdícios**

- **Diminuição dos custos com a gestão de resíduos**

## *6.3.4. 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.




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

  Deverá ser elaborado, documentado, implementado e mantido 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 (e.g. 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 incontroláveis 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 optimizar 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.

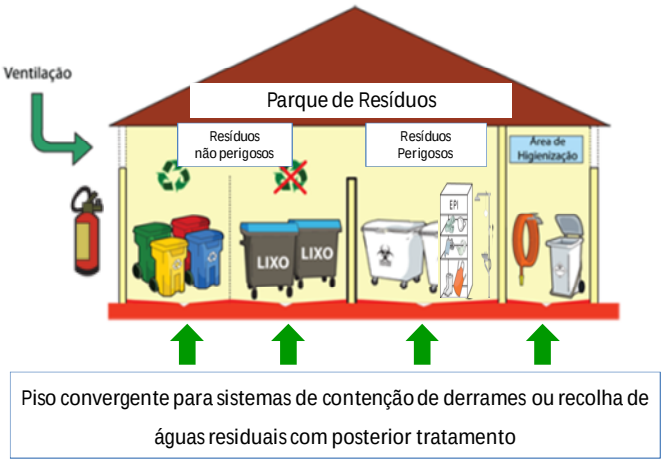



**Figura 20- Esquematização de um Parque de Resíduos**

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 21- Esquematização de um Parque exclusivamente para Resíduos Perigosos**

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

  Salvo raras excepções 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 o efeito pode traduzir-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 produzidos**
- **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

As emissões atmosféricas dizem respeito aos gases (dióxido de carbono, óxidos de azoto, dióxido de enxofre, etc.), partículas (inertes e metálicas) ou vapores (compostos orgânicos voláteis, vapor de água, etc.) provenientes de combustões, operações com desgaste de apara, processos, soldadura, entre outros, que são recolhidos na sua origem e conduzidos ao exterior através de fontes fixas e lançados na atmosfera.

As principais emissões atmosféricas produzidas no sector metalomecânico são:

- **Aerossóis e neblinas**

  São micro gotas de fluidos de corte ou de pasta de polir líquida, que se produzem durante as operações de maquinagem e polimento.

  A elevada velocidade de rotação alcançada pelas máquinas e/ou ferramentas, unida à pressão de abastecimento de fluido de corte, provocam a formação de gotas microscópicas ou aerossóis de óleos que se dispersam na atmosfera.

  Adicionalmente, o fluido de corte contém hidrocarbonetos que se podem volatilizar pelo calor absorvido durante o processo. Este fenómeno produz-se pela utilização de compostos alifáticos e naftalénicos.

  Em ambos os casos, existe um risco ambiental derivado da ingestão destas partículas por via respiratória, com o consequente perigo para a saúde.

- **Poeiras e partículas**

  Produzem-se em todos os processos de maquinagem. As operações de polimento mecânico também apresentam emissões de partículas provenientes dos abrasivos e do metal polido.

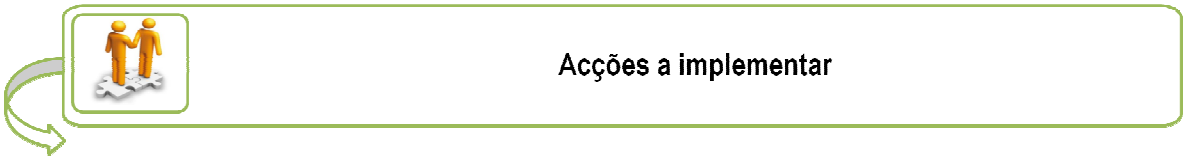
- **Gases de combustão**

  São os gases produzidos na combustão de gás nos processos de corte por soldadura.

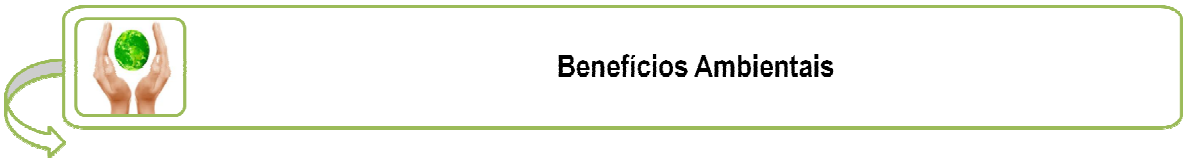
- **Emissões provenientes das operações de soldadura**

  As principais emissões dos processos de soldadura são:

  - Partículas de metal e óxidos de metais envolvidos na soldadura;
  - Compostos orgânicos voláteis (COV) de restos de operações anteriores, principalmente no caso de desengorduramento com solventes de cloro ou, se no metal existem restos de pintura ou gordura, provenientes de outras operações;
  - Óxidos de nitrogénio e dióxido de carbono, provenientes de combustões da soldadura oxiacetilénica ou caso se utilize nitrogénio e monóxido de carbono como atmosfera inerte na soldadura de aço;
  - Flúor; o flúor é um componente comum no revestimento de eléctrodos;
  - Ozono; pode ser gerado aquando da soldadura oxiacetilénica.




- ✓ **Instalação de sistemas de filtração para eliminação de partículas sólidas presentes no fluxo gasoso**
- ✓ **Instalação de equipamentos de remoção de $CO_2$, $NO_x$ e fluoretos**
- ✓ **Instalação de equipamentos de remoção de COV**
- ✓ **Instalação de equipamentos/tecnológias para remoção de ozono**




- ↘ **Minimização das emissões atmosféricas**

- ↘ **Investimento em equipamentos de depuração das emissões atmosféricas**

# 6.5. Energia

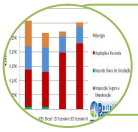
Nas actividades da Indústria Metalomecânica existem diferentes fontes de consumo de energia:

- **Energia utilizada nos processos de maquinagem e conformação**
  Supõe-se que entre 80 a 90% do total de electricidade consumida é utilizada nas máquinas existentes nos processos de maquinagem e conformação.
- **Energia utilizada nos processos de vibroabrasão**
  O consumo energético dependerá do número de cargas diárias e da duração destas.
- **Energia utilizada para o processo de electroerosão**
  Operação que consiste em arrancar partículas metálicas da superfície das peças através de descargas eléctricas.
- **Energia utilizada para o processo de desengorduramento**
- **Energia utilizada para iluminação, conforto e ventilação das áreas de trabalho**

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 da Indústria Metalomecânica e que contribuirão para uma P+L.

PROMOÇÃO DE UMA GESTÃO EFICAZ DE ENERGIA NA EMPRESA
Implementação de um sistema de monitorização da energia

PROMOÇÃO DE UMA GESTÃO EFICAZ DE ENERGIA NA EMPRESA
Implementação de um sistema de gestão de energia segundo a norma ISO 50001



DEFINIÇÃO DE ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

OPTIMIZAÇÃO DA CONTRATAÇÃO E FACTURAÇÃO ENERGÉTICAS

OPTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE AQUISIÇÃO E DE OPERAÇÃO DOS MOTORES ELÉCTRICOS

SELECÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS A UTILIZAR

PROMOÇÃO DA ECONOMIA DE ENERGIA NAS INSTALAÇÕES DE AR COMPRIMIDO

PROMOÇÃO DA ECONOMIA DE ENERGIA NAS INSTALAÇÕES DE GERAÇÃO DE VAPOR

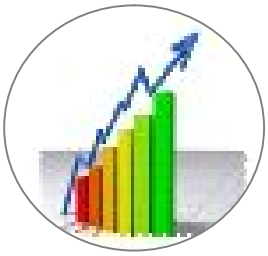
RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NO PROCESSO PRODUTIVO

Tal como nos subcapítulos anteriores do presente manual, os tópicos previamente 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. Promoção de uma gestão eficaz de energia na empresa (11)

### - Implementação de 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 com 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.

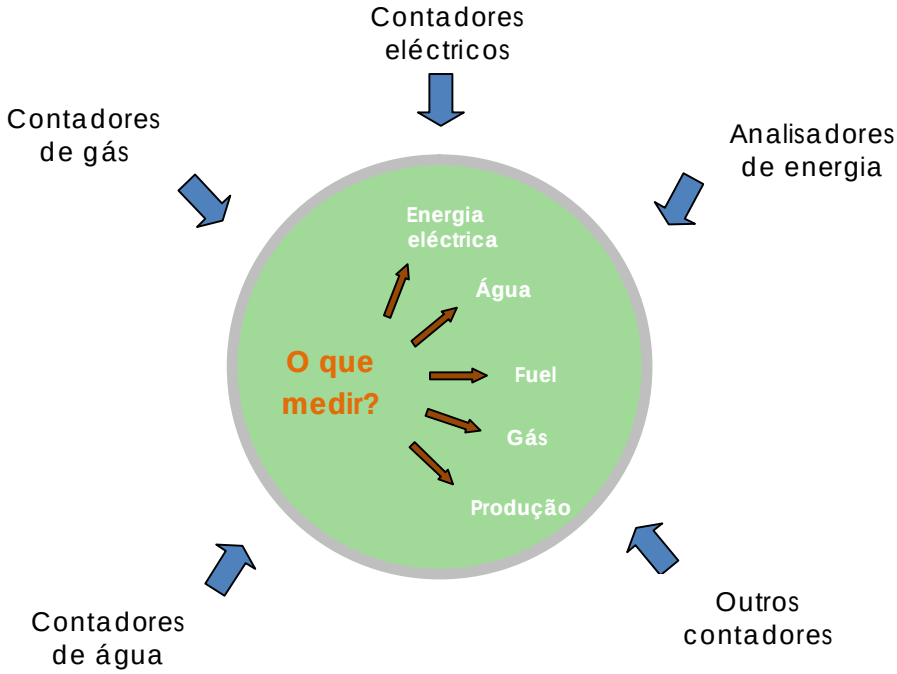
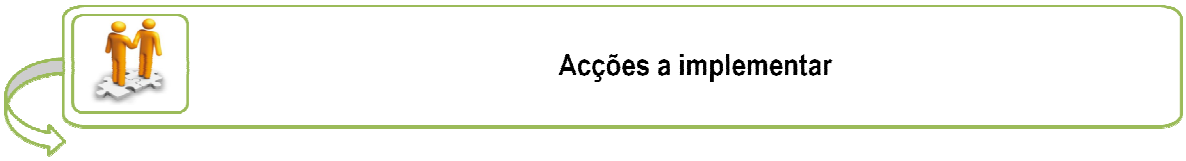



**Figura 22 – Sistema de modificação de Energia**

***Fonte: Adaptado de "Manual de Boas Práticas na utilização racional de energia e energias renováveis (APICER/CTCV)***



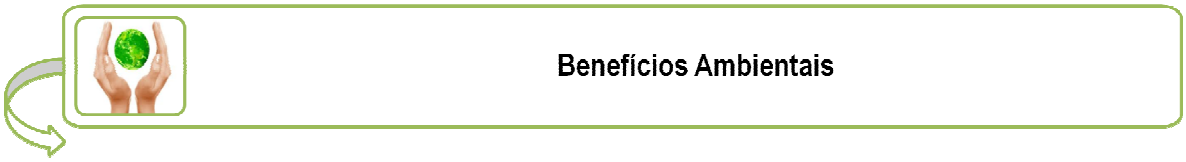
## Acções a implementar

- ✓ **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**
- ✓ **Promover o uso de energia de uma forma mais eficiente; para isso é necessário sensibilizar e formar colaboradores sobre 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 ($CO_2$)**

Aspectos Económicos

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

## 6.5.2. *Promoção de uma gestão eficaz de energia na empresa* [11]

### *– Implementação de um sistema de gestão de energia segundo a norma ISO 50001 –*

A norma ISO 50001, descreve os requisitos para que um sistema de gestão de energia de uma empresa possa ser implementado e certificado. Esta norma segue o ciclo de *Deming* PDCA:

- **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.

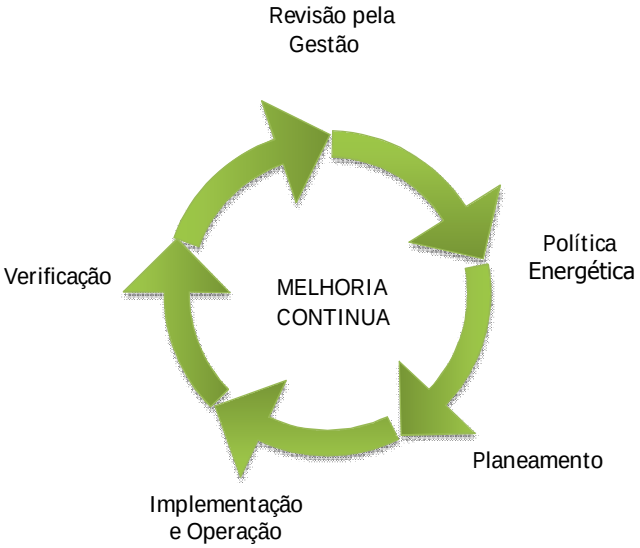
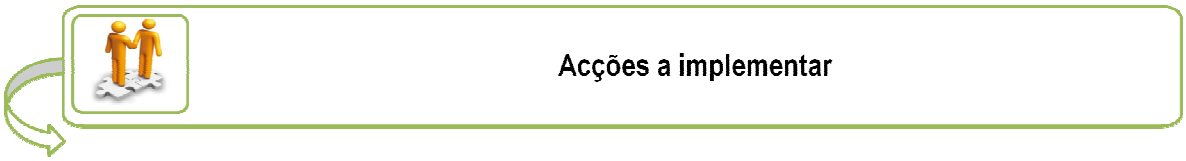



**Figura 23 – Ciclo PDCA**

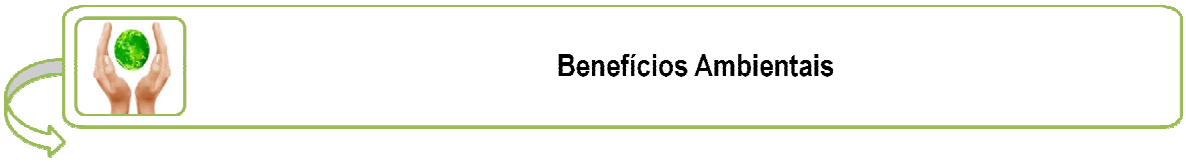
Por outras palavras, um SGE é um modelo que ajuda a sistematizar na definição das responsabilidades, a planear, a definir indicadores e objectivos, a monitorizar os consumos, a auditar os processos e a implementar medidas no sentido de corrigir situações que possam levar à redução dos consumos energéticos,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

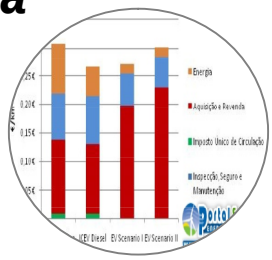
- ⇘ **Racionalização do consumo energético**
- ⇘ **Redução das emissões de gases com efeito de estufa ($CO_2$)**

### Aspectos Económicos

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

## 6.5.3. *Definição de índices de eficiência energética* (11)

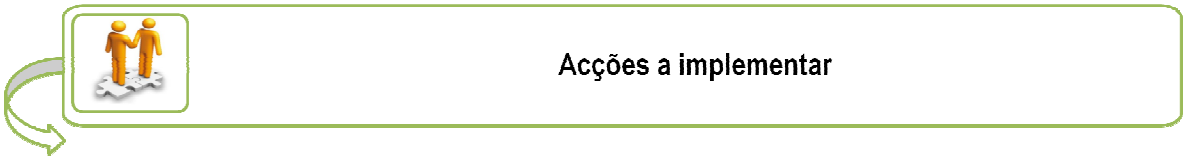
A elaboração de índices de eficiência energética e o cálculo de indicadores económicos, permitirão ter ferramentas adequadas para poder conhecer com pormenor o estado de cada processo e comparar com processos semelhantes em empresas análogas, e se necessário, adoptar medidas rectificadoras oportunas.



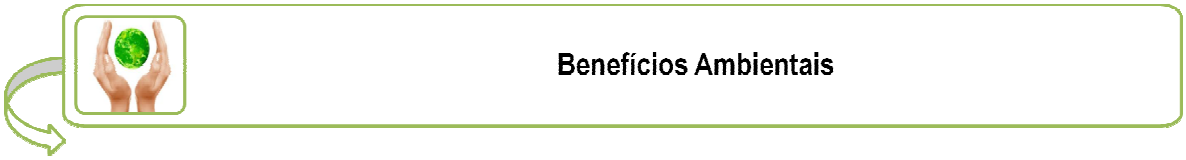
Dentro dos indicadores energéticos é possível fazer-se uma classificação entre indicadores absolutos e relativos:

- **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




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




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

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

## 6.5.4. *Optimização da 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-se 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. *Optimização das 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 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 uma mais adequada 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 maior eficiência, que actualmente podem apresentar rendimentos na ordem dos 96%, reduz as perdas e os custos de operação. Os motores mais eficiêntes, ainda que inicialmente pressuponham um maior investimento, permitem recuperá-lo em pouco tempo, reduzindo de forma global os custos de operação.
Apresentando ainda as seguintes 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.

✓ **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;

- ✓ **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 do motor**

  Tendo em vista eliminar sujidade, pó e objectos estranhos que impeçam o seu bom funcionamento deverá proceder-se periodicamente à limpeza do motor. A regularidade com que esta se realiza dependerá das condições em que o motor esteja a trabalhar, mas é recomendável desmontá-lo 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. Selecção dos 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.

### 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, deverá concentrar-se nos seguintes factores fundamentais**
  - **Disponibilidade:** os combustíveis são um factor de elevada procura na Indústria Metalomecânica e a sua disponibilidade intermitente dificulta por vezes um fornecimento regular;
  - **Distribuição e infra-estruturas:** em algumas zonas não existem as infra-estruturas necessárias ao transporte e distribuição de alguns dos combustíveis, como por exemplo no caso do gás natural;
  - **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 utilização 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 $SO_2$**
- **Redução das emissões de $CO_2$**
- **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. *Promoção da 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: projecto adequado, operação correcta e implantação de um programa de manutenção eficiente.

**Acções a implementar**

- ✓ **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 usem**

  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 ponto mais frio possível**

  No caso de se utilizar ar 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**
- ✓ **Assegurar-se de que os compressores não permanecem ligados em *stand-by***

Isto supõe um custo elevado. O seu funcionamento só deverá ser iniciado quando for 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 optimizar o funcionamento do compressor e evitar que opere com uma pressão de ar excessiva;

- ✓ **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%.

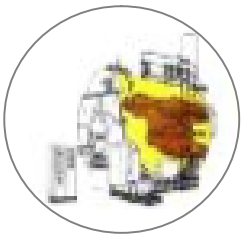
**Benefícios Ambientais**

- ⇘ **Redução do consumo de recursos naturais**
- ⇘ **Redução das emissões de gases com efeito de estufa**

**Aspectos Económicos**

- ⇘ **Redução dos custos de manutenção**
- ⇘ **Redução dos custos associados ao consumo de energia**

# 6.5.8. *Promoção da 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 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.

Indicam-se de seguida algumas das acções que são necessárias para optimizar a eficiência das caldeiras:

**Acções a implementar**

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

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

- ✓ **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 consequentemente 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.

  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 ($O_2$) através de sistemas de monitorização do nível de $O_2$ dos gases de combustão, que comparam os níveis reais de $O_2$ 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 $O_2$ esteja nos níveis requeridos. Isto minimiza a quantidade de excesso de ar dentro da caldeira, o que reduz as perdas pelos gases de combustão.

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

- ✓ **Se existirem várias caldeiras no sistema, instalar controles 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%.

### Benefícios Ambientais

- ↘ **Redução do consumo de recursos naturais**
- ↘ **Redução do consumo de energia**
- ↘ **Redução das emissões gasosas**

### Aspectos Económicos

- ↘ **Redução dos custos associados ao consumo de energia**

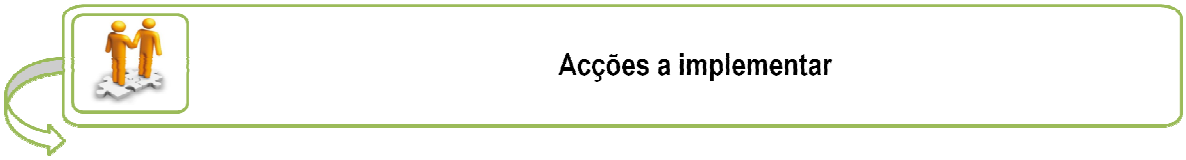
## 6.5.9. *Racionalização do consumo de energia nos sistemas de iluminação* [11]

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.



✓ **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.

✓ **Se não houver circunstância 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.

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; 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 funcionamento afins**

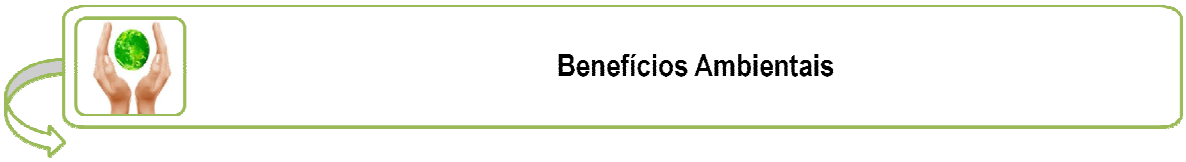
Podem adoptar-se critérios como horários, ocupação ou recorrência à luz natural. Comprovar que a referida distribuição está controlada através do número correcto de interruptores e/ou dos dispositivos de controlo adequados tais como programadores ou sensores de iluminação.

✓ **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 infra-vermelhos 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**




- **Redução do consumo do recurso energia**
- **Redução da emissão de gases com efeito de estufa**

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

## 6.5.10. Racionalização do consumo de energia no processo produtivo

A racionalização de energia no 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 na Indústria Metalomecânica.

### Acções a implementar

- ✓ **Priveligiar processos de produção contínuos, diminuindo assim as perdas de energia em arranques e paragens dos equipamentos**
- ✓ **Ajustar a produção aos momentos em que o custo de energia é menor**
- ✓ **Analisar o processo para detectar os pontos em que se perde energia e optimizar o processo**
- ✓ **Inspeccionar o equipamento existente em cada processo e compará-lo com a actualmente existente no mercado; analisar o investimento a realizar, assim como o período de retorno do investimento por máquinas com menores consumos ou rendimentos superiores**
- ✓ **Verificar o plano de manutenção das máquinas, já que em muitas ocasiões, uma manutenção deficiente leva a consumos superiores**

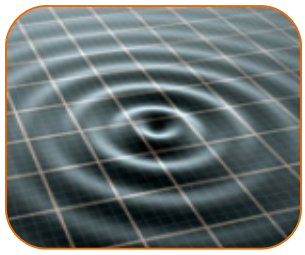
### Benefícios Ambientais

- ⇘ **Redução no consumo do recurso energia**
- ⇘ **Redução das emissões 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



A contaminação acústica é um aspecto ambiental bastante relevante no sector metalomecânico. O ruído de fluidos em movimento origina-se pelas variações temporais de pressão e velocidade dos fluidos. Os processos de combustão, os ventiladores e os sistemas hidráulicos são exemplos claros disto.

O ruído gerado mecanicamente é criado pela vibração dos componentes da máquina que vêem alterado o seu estado por forças dinâmicas geradas, por exemplo, por impactos ou massas desequilibradas. As vibrações transmitem-se às superfícies que irradiam ruído, tais como máquinas, utensílios de trabalho, etc.

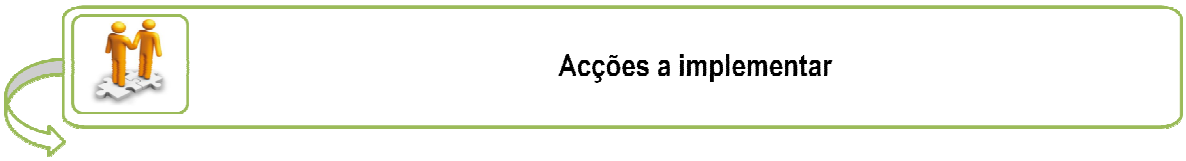
Os principais focos geradores de ruído presentes nas empresas do sector metalomecânico são os seguintes:

- Máquinas de estampagem;
- Máquinas de vibração;
- Motores de máquinas em geral;
- Maquinas de corte e maquinagem como: perfuradoras, esmeriladoras, trituradoras, tornos, etc.;
- Máquinas de lixagem/polimento;

Outros equipamentos auxiliares presentes na empresa com um elevado potencial de geração de ruído são:

- Motores localizados no exterior da empresa como: compressores, ventiladores, sistemas de refrigeração, etc.;
- Sistemas de transporte interno: carrinhos de mão, empilhadores;

Todos estes equipamentos apresentam elevados níveis de potência acústica, que podem ser transmitidos ao exterior da empresa, criando um impacto ambiental negativo. Isto agrava-se quando as portas da empresa estão abertas quando existem janelas ou clarabóias em mau estado, o que facilita a transmissão de ruído ao exterior.
O ruído deve ser reduzido aos níveis mais baixos possíveis, tendo em conta o progresso técnico, os processos produtivos, as tarefas e as medidas correctivas de ruído.




✓ **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 visa 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 para o 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. 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 TÉCNICAS DISPONÍVEIS PARA A VALORIZAÇÃO DAS APARAS

## 7.1. Introdução

As aparas são uma consequência das operações de maquinagem. Ainda que existam técnicas para evitar a sua produção, **é impossível eliminá-las por completo**, pelo que o seu correcto manuseamento deve ser uma preocupação em todas as empresas de metalomecânica.

No sector metalomecânico, a produção de aparas implica:

- A perda de um recurso;
- Custos operacionais associados ao seu manuseamento: recolha, transporte, limpeza e armazenagem;
- Se as aparas estiverem contaminadas com substâncias perigosas serão consideradas resíduos perigosos, pelo que devem ter uma gestão ambiental adequada.

Se as **aparas** forem **geridas da forma correcta**, é possível valorizá-las internamente (por exemplo, nos próprios fornos de fundição da empresa) ou **maximizar o seu valor numa eventual venda**, sendo que os custos operacionais associados à sua gestão são compensados pelos benefícios resultantes da sua valorização ou venda.

Uma vez que a principal forma de **aumentar o valor das aparas** produzidas no sector metalomecânico é reduzir a sua contaminação com outros metais, fluidos de corte ou água da chuva, a adopção de medidas nos processos de recolha, transporte, secagem e armazenagem, evita a mistura de aparas de diferentes metais e optimiza a separação do fluido de corte.

| **Balanço de uma manutenção adequada de aparas** | |
|---|---|
| VANTAGENS | BENEFÍCIOS |
| • Redução dos custos da eliminação das aparas como resíduos;<br>• Maximização da rentabilidade da venda das aparas, segundo o tipo de metal e as suas qualidades;<br>• Redução do risco de contaminação do solo industrial e das águas superficiais;<br>• Possibilidade de valorização das aparas. | • Aumento da rentabilidade do negócio, devido à redução dos custos de eliminação das aparas como resíduos;<br>• Aproveitamento como matéria-prima;<br>• Aumento dos benefícios económicos, através da venda das aparas;<br>• Minimização do espaço para armazenagem das aparas;<br>• Redução do consumo de fluido de corte, pela recuperação e reintrodução do fluido de corte retido nas aparas, no processo. |

# 7.2. Melhores técnicas disponíveis

As Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) para o manuseamento e valorização de aparas, serão as que permitem uma melhoria da eficiência produtiva e ambiental do sector metalomecânico.

A implementação das MTD descritas de seguida, pode ser considerada individualmente ou em conjunto:

- **MTD 1 - Recolha, transporte e secagem de aparas**
- **MTD 2 - Armazenagem de aparas**
- **MTD 3 - Valorização de aparas no processo metalúrgico**

- **MTD 1 - Recolha, transporte e secagem de aparas**

***Descrição***

Uma vez que não é possível eliminar por completo a produção de aparas nos processos metalomecânicos, é essencial adoptar medidas que optimizem o seu manuseamento, aumentando assim o seu valor potencial. As operações de recolha, transporte e secagem de aparas podem contribuir em grande medida para que se atinja esta meta.

A principal via para aumentar o valor das aparas geradas no sector da metalomecânica é reduzir e/ou evitar a contaminação com outros metais, fluidos de corte ou água da chuva. Assim, os princípios que se deverão ter em consideração nesta MTD são os seguintes:

- **Quantidade**

  Não é recomendável o transporte de quantidades muito pequenas, tendo em conta os custos associados. As aparas devem ser armazenadas (separadas por tipologias e cobertas) até que se atinja a quantidade óptima.

- **Tipos de metal**

  Os diferentes metais têm preços diferentes. Por exemplo, o bronze e o alumínio, têm valores de mercado superiores ao aço.

- **Pureza do metal**

  Uma vez misturados diferentes tipos de metais, torna-se difícil separá-los, ficando mais complicado o seu aproveitamento.

- **Contaminação com fluidos de corte**

  A mistura de aparas com fluido de corte dificulta, adicionalmente, o seu aproveitamento, podendo vir a ser rejeitadas pelos recuperadores de metais.

### *Métodos mais adequados de manuseamento*

As medidas a adoptar nas operações de recolha, transporte e secagem de aparas são as seguintes:

- **Retirada imediata das aparas das máquinas**

  As aparas podem ser recuperadas nas operações de maquinagem, de forma manual ou automática. O método utilizado depende geralmente do tipo das operações e das dimensões do equipamento utilizado.

  - **Recolha manual das aparas:** é a forma mais comum de recolha das aparas, especialmente em pequenas empresas. As aparas são retiradas da máquina no final de cada fase da produção, utilizando escovas e pás. Esta técnica é aplicável para brocas e zonas em que se produzam pequenas quantidades de aparas. Caso sejam maiores quantidades de aparas, ou o seu reduzido tamanho dificulte especialmente a recolha manual, esta pode ser complementada com um aspirador portátil, concebido para recolher aparas e fluidos de corte. Para garantir uma correcta separação das aparas dos diferentes metais, os recipientes de recolha de aparas devem ser esvaziados após cada uso.
  - **Recolha automática de aparas:** os métodos utilizados habitualmente são:
    - *Correia transportadora:* uma correia transportadora de aço recolhe as aparas e o fluido de corte é devolvido à máquina. Estes sistemas são usualmente altamente fiáveis e podem formar parte de um sistema modular com moinhos e centrífugas.
    - *Transportador de parafuso sem fim:* normalmente, forma parte da máquina.
    - *Transportador pneumático*: normalmente, utiliza-se um parafuso sem fim para alimentar o transportador pneumático, o que inclui um sistema de aspiração com um ventilador centrífugo. Estes sistemas dispõem de grande flexibilidade de colocação e podem transportar as aparas até 100 m. As aparas são recolhidas no ar através de um separador de ciclone e depositadas num contentor de aparas. É necessário utilizar um moinho de aparas para as triturar previamente.
    - *Transporte no fluido de corte*: em grandes oficinas, as aparas são transportadas a um sistema central de recolha de aparas pelo fluido de corte, que flui através de um sistema de tubagens. As aparas são retiradas do fluido de corte, utilizando recipientes ou um método similar.

- **Transporte de aparas (secas ou em recipiente estanque) até à área de armazenagem**

  Geralmente, as aparas são armazenadas de forma temporária em recipientes situados junto às máquinas para serem depositadas, posteriormente, nos contentores principais de armazenagem.

  Alguns sistemas de transporte de aparas, como por exemplo, os transportadores pneumáticos ou os sistemas de transporte em fluidos, transportam-nas directamente ao seu local de armazenagem final.

Os contentores de aparas que normalmente se utilizam são:

- **Pequenos contentores com rodas:** é frequente recomendar-se a sua utilização quando se geram pequenas quantidades de aparas, uma vez que se podem mover com facilidade, eliminado a necessidade de utilizar máquinas. Podem ser esvaziados rapidamente e eficazmente num contentor de maior dimensão, o que permite a imediata reutilização do contentor.

  Para separar o fluido de corte das aparas, os contentores devem dispor de uma malha na base, que deverá ter uma abertura inferior ao tamanho mais pequeno da apara (geralmente a partir de 3 mm, em intervalos de 5 ou 6 mm). Devem dispor de uma torneira para drenar o fluido ou esvaziar com uma pá, para aseegurar que o fluido permanece também separado.

- **Contentores grandes para empilhadores:** são grandes contentores que não são adequados para o transporte manual, mas que se podem mover através do recurso a empilhadores. São apropriados para operações que geram grandes quantidades de aparas ou aparas muito volumosas. A principal desvantagem deste tipo de contentor é que, qualquer líquido que seja separado, volta a misturar-se com as aparas no momento do despejo.

### Secagem de aparas

O conteúdo de fluidos de corte das aparas pode ser reduzido pelos seguintes processos:

- **Drenagem por gravidade:** quando as aparas são depositadas num recipiente ou contentor, parte do fluido de corte remanescente é drenado de forma natural pelo efeito da gravidade. Assim, são recomendadas as seguintes medidas:

  - Utilizar uma malha na base, que deverá ter uma abertura inferior ao tamanho da apara (geralmente, a partir de 3 mm, com intervalos de 5 ou 6 mm). A fim de obter uma óptima separação, deverá existir uma torneira para a drenagem do fluido de corte.
  - Retirar as aparas do contentor utilizando uma pá, em vez de despejar o contentor, para manter mais secas as aparas.
  - Utilizar um contentor com orifícios de drenagem, certificando-se que se mantém em posição vertical numa zona com retenção, para evitar a contaminação do piso ou das fontes de água próximas ao fluido de corte.

- **Centrifugação:** o fluido de corte separa-se das aparas, fazendo girar a mistura de aparas/fluido de corte. Existem máquinas automáticas de alimentação contínua, que normalmente depositam as aparas directamente num recipiente ou contentor e enviam o fluido de corte para limpeza e reciclagem.

  As aparas frisadas precisam de ser trituradas para o seu transporte, através de métodos pneumáticos, para posterior secagem através de centrifugação.

Quando a operação, devido às suas condições e ao tipo de material, tem tendência a formar aparas frisadas, utilizam-se ferramentas com determinada geometria, que permitem que a apara se vá quebrando, enquanto é arrancada da peça. Isto sucede tipicamente no torneamento, utilizando placas de geometria específica. Naturalmente, este tipo de ferramentas não pode ser aplicado a todas as operações de maquinagem.

- **Separação magnética:** este método é aplicável unicamente a aparas de aço. Utiliza-se para sistemas em que as aparas são transportadas pelo fluido de corte. As aparas são retiradas do fluido de corte através de um potente íman e, posteriormente, retiradas do íman por meios mecânicos. A técnica é utilizada principalmente para a reciclagem do fluido de corte.

| Balanço geral da aplicação da MTD 1 | |
|---|---|
| VANTAGENS | DESVANTAGENS/REQUISITOS |
| • Redução da presença de fluido de corte nas aparas produzidas desde 15-20% a 1-2%.<br>• Recuperação e reintrodução do fluido de corte retido nas aparas no processo.<br>• As aparas misturadas com fluido de corte deixam de ser geridas como resíduo perigoso e, portanto, poupa-se nos custos associados.<br>• Benefícios económicos na venda das aparas limpas resultantes. | • A correia transportadora de aparas e o transportador de parafuso sem fim não são adequados para aparas largas.<br>• As aparas frisadas requerem uma operação de trituração para o seu transporte, através de meios pneumáticos e, para sua posterior secagem, através da centrifugação. |

## MTD 2 - Armazenagem de aparas

### *Descrição*

A adequada armazenagem das aparas geradas no sector metalomecânico permite optimizar o seu posterior transporte e valorização.

Os princípios que deverão ser tomados em consideração para a implementação desta MTD são, em primeiro lugar, a necessidade de armazenagem das aparas até reunir uma quantidade óptima para proceder à sua recolha e transporte e, em segundo lugar, a separação das aparas por tipos de metal. Ambos os princípios contribuem para o aumento do valor das aparas como subproduto.

### *Métodos adequados de armazenagem*

A armazenagem de aparas pode contribuir em grande medida para optimizar o seu uso como subproduto, tendo em consideração os seguintes aspectos:

- As aparas armazenadas devem estar claramente etiquetadas ou identificadas com um código de cores definido por cada empresa. A separação dos diferentes tipos de metal é essencial para obter os maiores benefícios económicos possíveis das aparas;

- Estabelecer uma área coberta (será suficiente um telhado de chapa de ferro ondulado), reduzindo assim a contaminação da água da chuva.

  Isto é relevante caso as aparas tenham sido secas. Existem também coberturas para os contentores. Se necessário, podem usar-se lonas pesadas;

- A menos que se tomem medidas de protecção adequadas, a armazenagem de aparas, especialmente se estão contaminadas com fluidos de corte, pode levar à contaminação do solo ou de águas superficiais. Neste caso, a armazenagem deve cumprir com os requisitos estabelecidos pela legislação aplicável;

- Ter uma base contínua, impermeável, resistente estrutural e quimicamente aos resíduos;

- Contar com um perímetro fechado, no mínimo, com 1,80 m de altura, que impeça o livre acesso de pessoas e animais;

- Garantir a minimização da volatilização, o arrastamento ou a lixiviação e, em geral, qualquer outro mecanismo de contaminação do meio ambiente, que possa afectar a população;

- Ter uma capacidade de retenção de escorrências ou derrames não inferior ao volume do contentor de maior capacidade, nem a 20% do volume total dos contentores armazenados;

- Dispor de sinalização de acordo com os normativos aplicáveis;

- Recomenda-se, de qualquer forma, que a área protegida conte com uma bacia de retenção onde se possam recolher os fluidos arrastados pelas aparas. Deve verificar-se com regularidade o nível dos óleos e a bacia deverá ser esvaziada com frequência.

| Balanço geral da aplicação da MTD 2 | |
|---|---|
| VANTAGENS | DESVANTAGENS/REQUISITOS |
| • Aumento do valor potencial das aparas geradas;<br>• Redução do risco de contaminação do solo, de águas subterrâneas e de águas superficiais;<br>• Necessidade de espaço e adequação para o armazenamento de aparas. | • A correia transportadora de aparas e o transportador de parafuso sem fim não são adequados para aparas largas;<br>• As aparas frisadas requerem uma operação de trituração para o seu transporte, através de meios pneumáticos e para sua posterior secagem, através de centrifugação. |

## ✶ MTD 3 - Valorização das aparas no processo metalúrgico

### *Descrição*

A correcta gestão de aparas e sua posterior armazenagem em condições adequadas, permitem maximizar a rentabilidade na venda (para as empresas que não possuam fornos de fundição) ou da sua valorização no processo metalúrgico (para empresas que realizam fundição e maquinagem).

Em qualquer caso, a armazenagem de aparas requer um espaço que nem sempre está disponível.

Para além disso, se as aparas se oxidarem e se não estiverem convenientemente compactadas, podem originar problemas no forno de fundição e, portanto, o seu potencial valor de venda diminui.

### *Valorização das aparas*

Tanto para empresas que valorizem nas instalações as aparas, como para as que obtêm benefício económico da sua venda a outras empresas, pode ser muito interessante reduzir o volume que ocupam as aparas, de forma a optimizar a armazenagem e transporte, facilitando assim, a sua valorização no processo metalúrgico. Uma forma de reduzir este volume é manter as aparas no seu estado óptimo, através do uso de prensas de briquetagem.

A alimentação de um forno com pequenas partículas de aparas pode provocar problemas de emissão de partículas para a atmosfera ou a oxidação do metal (especialmente do ferro). Este problema pode ser superado, comprimindo as aparas a altas pressões, de forma a obter briquetes. Estes densos blocos de metal são mais adequados do que as aparas originais, na alimentação directa a um forno.

As briquetes, contrariamente às aparas soltas, protegem o metal contra a oxidação.

A oxidação das aparas soltas acontece aquando da sua armazenagem e também durante a sua carga em fornos de indução. O óxido de ferro é material perdido na fundição, evacuando-se junto com a escória. No forno, o óxido de ferro reduz-se mas à custa da fundição de energia. Esta redução tem que ser compensada com uma quantidade maior de coque.

As prensas podem processar aparas de aço, de fundição de ferro e de metais não ferrosos, assim como misturas de aparas metálicas e poeiras das operações de desbaste, formando briquetes de alta densidade. Podem implementar-se em equipamentos individuais ou dentro de instalações completas para o processamento de aparas metálicas (equipamentos para transporte, tremonhas e centrifugadoras). Estes equipamentos exercem pressões até 34 000 $N/cm^2$, embora existam versões que vão até 40 000 $N/cm^2$, para a fabricação de briquetes especialmente sólidas e densas.

As briquetes de ferro fundido cilíndricas têm um diâmetro de 155 mm e um comprimento ajustável entre 50 e 200 mm. Uma das características importantes é a alta densidade da briquete, de aproximadamente 5,5 $kg/dm^3$, o que se aproxima bastante do ferro fundido, com uma densidade de 7,2 $kg/dm^3$. Para além disso, não devem cair durante a sua armazenagem, transporte e descarga.

| Balanço geral da aplicação da MTD 3 | |
|---|---|
| VANTAGENS | DESVANTAGENS/REQUERIMENTOS |
| • Optimização do espaço destinado à armazenagem de aparas;<br>• Diminuição dos custos de armazenagem e transporte das aparas;<br>• Minimização da introdução de óxido, através das aparas nos fornos de fundição;<br>• Aumento da produtividade na fundição, pelo aproveitamento das aparas como subproduto. | • Largas distâncias entre o ponto de produção de aparas, a prensa e o forno de fundição. Encarece o transporte e, portanto, reduz os benefícios da valorização de aparas;<br>• Para que uma prensa seja economicamente rentável, requer um volume mínimo de aparas, que podem reunir-se numa só instalação ou através da associação de diversas empresas do sector. |

## 7.3. Recomendações para a correcta gestão das aparas

### O QUE FAZER

- Considerar as aparas como um subproduto de que se possa obter um benefício económico e não como um resíduo que acarreta um custo de gestão.
- Separar as aparas devidamente por tipos de metal, para obter a máxima rentabilidade na sua venda.
- Manter as aparas limpas de óleos de corte e outros agentes que as possam contaminar e dificultar a sua posterior valorização.
- Compactar as aparas através de uma prensa a fim de optimizar o espaço de armazenagem, o transporte e facilitar a sua introdução no forno de fundição.

### O QUE NÃO FAZER

- Misturar todos os tipos de aparas gerados, sem ter em conta diferenças de material como tamanho, conteúdo de metal, etc.
- Não secar as aparas nem recolher o fluido de corte retido nelas.
- Armazenar as aparas numa zona não pavimentada, sem cobertura e sem qualquer sistema de retenção, aumentando o risco de contaminação ao solo e às águas superficiais.

# 8. BIBLIOGRAFIA


(1) " Guia Técnico – Sector da Metalurgia e Metalomecânica"; INETI; Lisboa; 2000.

(2) "Guia para el Control y Prevencion de la Contaminacion Industrial- Taller Metalmecánico"; Comision Nacional de Medio Ambiente – Region Metropolitana; Santiago do Chile; 2001.

(3) "Las Buenas Prácticas Medioambientales En Metálmecánica"; Generalitat Valenciana – Conselleria de Medi Ambient.

(4) "Buenas Praticas en el Puesto de Trabajo en el Sector de Mecanizado" - AIMME

(5) "Manual de Buenas Práticas Ambientales en la Familia Professional: Fabricación de Equipos Electromecánicos"; Ministerio de Trabajo y asuntos sociales; Espanha.

(6) "Prevención de la Contaminación en el Subsector del Mecanizado del Metal"; Centro de Actividad regional para la Produción Limpia (CARL/PL),; Barcelona.

(7) "Evaluación de Riesgo Ambiental en el Sector Metalmecánico"; FEMEVAL – Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana.

(8) "Manual de solicitud de Autorización Ambiental Integrada: Aplicación a las Instalaciones que desarollan Actividades de Producción y Transformación de Metales"; Soproscan – Uniadad de Sostenibilidad de la Producción de Cantabria.

(9) "La eficiência energética en el sector metalmecánico – Guia de buenas prácticas"; FEMEVAL – Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana.

(10) "Mecanizado del Metal" – Libro Blanco para la minimización de residuos y emissiones, IHOBE, S.A.

(11) "Guia de Boas Práticas de Medidas da Utilização Racional de Energia (URE) e Energias Renováveis (ER)" – RECET/CARTIF, 2007

(12) "Manual de Boas Práticas na Utilização Racional de Energia e Energias Renováveis" – APICER/CTCV

(13) "Guia de Mejores Técnicas Disponibles para el Manejo y Valorización de Virutas en el Sector Metalmecanico", CPL/2011


**Sites consultados**


- www.linde.pt
- http://sites.google.com/a/catim.pt/metalopedia

AEP
CÂMARA
DE COMÉRCIO
E INDÚSTRIA

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

COMPETE
PROGRAMA OPERACIONAL FACTORES DE COMPETITIVIDADE

QREN
QUADRO
DE REFERÊNCIA
ESTRATÉGICO
NACIONAL
PORTUGAL 2007.2013

UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional