

GESTÃO INTEGRADA EM OPERAÇÕES DE LIMPEZA INDUSTRIAL DE PEÇAS METÁLICAS

FONTES, T. E DÍNIS, A.

Universidade Fernando Pessoa. Praça 9 de Abril, 349. 4249-004 Porto

SUMÁRIO

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

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

PALAVRAS CHAVE: gestão integrada, limpeza industrial, desgorduramento, lavagens, tratamentos de superfície

I - INTRODUÇÃO

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

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

Dada a representatividade do sector dos tratamentos de superfície na economia nacional, assim como as elevadas quantidades de resíduos sólidos e efluentes líquidos gerados e sua

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

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

potencial toxicidade, foi efectuada uma exaustiva pesquisa bibliográfica, consultadas entidades e visitadas empresas por forma a desenvolver uma abordagem integrada em torno da actividade de limpeza industrial de peças.

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

II - TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE

O sector metalúrgico e metalomecânico abrange os sub-sectores da indústria metalúrgica de base, fabricação de máquinas e equipamentos, fabricação de material de transporte e fabricação de produtos metálicos. Responsável por cerca de 5% do emprego e do Valor Acrescentado Bruto (VAB) da economia Portuguesa, o sector metalúrgico e metalomecânico concentra-se essencialmente nos distritos do Porto, Braga, Aveiro, Lisboa, Leiria e Setúbal. Cerca de 97% das empresas empregam menos de 100 trabalhadores sendo este sector responsável pela existência de 19 183 empresas e 181 171 postos de trabalho em 1997. Com uma facturação global de 2 524 milhões de contos e 674 milhões de contos de VAB (dados de 1997), os principais parceiros comerciais são a Espanha, Alemanha, França, Reino Unido e Itália (EUROPÁGINAS, 2001).

Segundo uma classificação do Instituto Nacional de Estatística, (Gonçalves *et al.*, 1989), o sector dos tratamentos de superfície engloba as empresas metalúrgicas e metalomecânicas dos ramos da indústria básica de ferro e aço e de metais não ferrosos, cutelarias, fabricação de aparelhos de rádio, televisão e material de telecomunicações, mobiliário metálico e acessórios, louça metálica, pregos, parafusos e artigos de arame, latoaria e embalagens metálicas e outros produtos metálicos.

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

III - LIMPEZA INDUSTRIAL DE PEÇAS

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

1. AVALIAÇÃO TÉCNICA

1.1. CLASSIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE LIMPEZA

Os processos de limpeza são aplicados numa elevada variedade de indústrias nomeadamente na indústria metalomecânica no sector dos tratamentos de superfície para remoção de sujidades como sólidos, óleos, gorduras, etc.. As exigências que se colocarem às peças desgorduradas são muito variadas mas elas dependem essencialmente da natureza da impureza a remover, da superfície a tratar e do nível de limpeza que se pretende para a peça (International Labour Office, 1983). De acordo com Ganier *et al.* (1995), o desgorduramento é uma operação de preparação de superfície destinada a garantir uma realização óptima de operações tais como o controlo, fabricação, protecção contra a corrosão, pintura, revestimento da superfície, etc., sobre as peças de materiais metálicos ou plásticos, de formas e dimensões muito variadas e fabricadas em série. A selecção da operação de limpeza (desgorduramento, lavagem e secagem) adquire nesta perspectiva uma importância extrema, o que tem incrementado nos últimos anos o desenvolvimento de novos métodos.

Os métodos de limpeza implicam geralmente a utilização de solventes que durante o processo estão na base de diversos problemas ambientais, nomeadamente no que diz respeito às emissões gasosas. A limpeza com solventes orgânicos minerais, desengorduramento em fase orgânica, realiza-se devido ao poder de solubilidade dos óleos (Ganier *et al.*, 1995). Estes solventes, apesar de não inflamáveis, possuem propriedades narcóticas e tóxicas (Rodrigues *et al.*, 1999). Na limpeza a vapor o solvente líquido é aquecido acima do ponto de ebulição passando à fase de vapor. A condensação do vapor na superfície a limpar forma gotas transmitindo as impurezas para o solvente (US-EPA, Federal Facilities Enforcement Office, 1996). Na limpeza em ambiente fechado as peças são colocadas numa sala fechada e depois da limpeza completa o vapor de solvente é capturado com um *chilling* e com adsorção com carvão activado.

Outra técnica utilizada na limpeza de emulsões usa solventes orgânicos dispersos num meio aquoso com o auxílio de um agente emulsionante - desengorduramento aquoso. Esta técnica baseia-se em processos físico-químicos complexos: molhagem da superfície metálica, descolagem da sujidade, fragmentação, dispersão e peptidização da sujidade e saponificação dos lubrificantes (CETIM, 1999a). Os riscos para a saúde são relativamente baixos podendo contudo existir substâncias orgânicas perigosas. Não existe risco de incêndio devido à não utilização de substâncias inflamáveis.

Outros processos como a limpeza por ultra-sons, sob vácuo, a laser, com plasma, com esferas de gelo ou por jacto carbónico surgem no sentido da eliminação de solventes.

1.2. PRODUTOS

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

Os solventes utilizados para desengorduramento têm origens diversas com diversos tipos de características e propriedades. Segundo Rodrigues *et al.* (1999), um solvente deve possuir as seguintes características: ser estável, barato e estar facilmente disponível no mercado, ser não inflamável, ser efectivo na remoção de todos os tipos de óleos, gorduras e ceras, ser não tóxico, ter baixa viscosidade e tensão superficial para facilitar a penetração efectiva das gorduras, ser de fácil separação da matéria extraída, ter elevada percentagem de recuperação, ser não corrosivo para com os metais mesmo para elevadas temperaturas e ser de fácil evaporação/regeneração.

Devido aos riscos para a saúde e para o ambiente, a tendência actual tem sido a substituição dos produtos solventes por produtos de limpeza aquosos. Estes produtos não provocam a destruição da camada de ozono e não contêm compostos orgânicos voláteis (COV's). Os produtos aquosos podem incorporar constituintes tais como: agentes molhantes, agentes emulsionantes, agentes saponificantes, agentes complexantes, aceleradores, e outros aditivos como anti-espuma ou inibidores de corrosão (CETIM, 1999a). Cada componente de um produto aquoso tem uma função e efeitos específica da forma como o contaminante é removido. Os produtos aquosos podem dividir-se, em função do pH e da concentração, em alcalinos e ácidos de acordo com a Tabela III.1..

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

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

1.3. PROCESSOS

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

A lavagem permite a eliminação de fluídos aderentes às peças, a refrigeração das peças (ex.: antes do controlo dimensional) ou o reaquecimento de forma a facilitar a secagem (CETIM, 1999a). A limitação da contaminação de banhos a jusante com os produtos constituintes do banho de desengorduramento poderá ser efectuado por meio de lavagens estáticas ou em cascatas.

Existem diferentes técnicas de secagem: ao ar ambiente, com ar quente, por injeção de ar comprimido, sob vácuo, etc. sendo a seleção da técnica importante para a optimização da eficiência do processo, nomeadamente no caso particular dos painéis (CETIM, 1999a).

A manutenção dos banhos de desengorduramento permite o reajuste de concentração (produto, água) e a eliminação de impurezas por processos de decantação, desoleadores, ultra/micro-filtração, centrifugação, etc.. A

monitorização pode ser efectuada por via visual, medição de pH, concentração do banho de acordo com as instruções do fornecedor e o teor em óleos.

Na Tabela III.2. são apresentados os principais meios de trabalho nos processos de limpeza em função do tipo de processo utilizado, solventes ou aquosos, e da temperatura da operação, frio ou quente.

Tabela III.2. – Meios de trabalho para desengorduramento industrial (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

		Características						
		Esquema	Forma de trabalho	Modo de agitação	Secagem	Observações		
Operações a frio com solventes	Manual		imersão, com pincel ou trincha, com tecido, por escorrência	manual	local arejado, insuflagem de ar a baixa pressão	exaustão dos vapores e névoas e utilização de solventes de baixa toxicidade		
	Sistemas abertos		imersão ou aspersão	rotação, tipo pistão, ultra-sons		exaustão dos vapores e névoas		
	Sistemas fechados		imersão ou aspersão					
Operações a quente com solventes clorados	Máquinas abertas		imersão ou em fase de vapor	rotação, tipo pistão, ultra-sons	permanência na zona fria (junto ao condensador)	risco de emissões de vapores de solventes, devido à agitação e entrada e saída de peças,	monitorização da estabilidade do solvente	
	Máquinas encapsuladas					condução das emissões para o exterior		
	Máquinas de cuba fechada				por circulação de ar ou sob vácuo	emissões gasosas pouco significativas e destilação e reciclagem do solvente		
	Máquinas estanques					adsorção dos vapores de solventes em carvão activado, e recuperação do solvente		
Operações a quente com solventes não clorados	Sistemas abertos		imersão	rotação, tipo pistão, ultra-sons	circulação de ar quente ou sob vácuo	emissões gasosas pouco significativas e destilação e reciclagem de solventes		
	Sistemas encapsulados		imersão ou aspersão			ao ar ambiente ou em cuba específica, com ar ambiente ou ar quente	condução das emissões para o exterior através de chaminé	
	Máquina de cuba fechada		imersão/aspersão/fase de vapor			dispositivo de cobertura nos períodos de paragem, sistemas de ventilação no posto de trabalho		
Operações em fase aquosa	Mono-cuba		imersão ou aspersão	rotação	ar ambiente ou em cuba específica	-		
	Mono-cuba fechada			rotação/injecção ar comprimido		circulação de ar quente ou sob vácuo	-	
	Multi-cubas		imersão ou imersão+aspersão	rotação ou por ultra-sons	ao ar ambiente ou em cuba específica, com ar quente	funcionamento em contínuo		
	Túneis							aspersão

1.4. ASPECTOS A CONSIDERAR NA CONCEPÇÃO DE UM SISTEMA DE LIMPEZA

A limpeza é uma etapa intermédia no processo de fabrico da indústria metalomecânica permitindo garantir a qualidade das operações posteriores e, conseqüentemente, do produto final. O processo de limpeza pode ser avaliado tendo em conta uma análise das necessidades e das soluções possíveis (AEROSPATIALE & CETIM, 1998). Deverá ter-se em conta as características da peça a limpar: dimensões, material, geometria, quantidade/cadência, etc.; nível de qualidade exigido ao estado superficial; natureza das impurezas; operações a montante e a jusante; orientações preferenciais dos processos a implementar; tempos de secagem exigidos; condicionantes ambientais e de higiene e segurança; nível de automatismo; descrição dos meios de limpeza existentes; e condicionantes económicas.

Consoante o nível de limpeza exigido (limpeza de manutenção, entre operações, de preparação da superfície ou para uso específico) deverá ser seleccionado um método de controlo mais ou menos exigente. A análise do nível de limpeza deverá ter também em conta a compatibilidade das famílias químicas com o tipo de nível de limpeza seleccionado. O conhecimento da natureza dos poluentes que recobrem as peças é fundamental para a escolha das famílias de desengordurantes. Estas substâncias apresentam-se sob a forma de misturas ou sobreposição de diferentes sujidades que podem reagir quimicamente entre elas e/ou com o material de suporte.

A ligação do material constituinte da peça é necessária para determinar a compatibilidade ou incompatibilidade química e/ou física do agente desengordurante. A selecção do processo deverá ter em conta as características da produção e o tipo de desengordurantes utilizados de forma a que o sistema seja eficiente e funcione nas devidas condições de segurança.

A avaliação técnica global de cada família química é realizada efectuando-se a síntese das avaliações parciais.

2. RISCOS INDUSTRIAIS

O empregador tem a obrigação de assegurar a segurança e saúde dos trabalhadores. Para a avaliação dos riscos deve-se estruturar a operação tendo em conta os procedimentos de manutenção e limpeza e as observações efectuadas devem ser confrontadas com disposições legais e técnicas tendo em conta os Princípios Gerais de Prevenção de Riscos. Não deverá esquecer-se que é na fase de projecto que os problemas de conforto e da prevenção dos riscos profissionais devem ser equacionados (Fonseca *et al.*, 1998).

2.1. SAÚDE

O Decreto-Lei n.º 441/91, de 14 de Novembro, estabelece o regime jurídico de enquadramento da segurança, higiene e saúde no trabalho reconhecendo dois direitos fundamentais: o direito à saúde no local de trabalho e o direito à participação dos trabalhadores e seus representantes na prevenção dos riscos profissionais.

Em actividades industriais a utilização de químicos necessita da identificação e quantificação dos riscos associados a fim de definir um nível admissível de exposição e adequadas medidas de prevenção. A avaliação dos riscos é efectuada com base nos resultados de estudos experimentais e estudos clínicos e epidemiológicos dos indivíduos expostos. Para que ocorra risco é necessário, além da exposição ao tóxico, a absorção de uma quantidade suficiente para desenvolver um efeito nocivo. Distinguem-se dois grupos de parâmetros a ter em consideração: os níveis de resposta biológica e os níveis de exposição (AEROSPATIALE & CETIM, 1998).

Os níveis de resposta biológica são caracterizados pelas propriedades toxicológicas intrínsecas e pela natureza dos organismos alvo. É indispensável estudar as diferentes formas de toxicidade tais como: efeitos cancerígenos e genotóxicos, efeitos na reprodução, organotoxicidade (efeitos sobre os organismos alvo), efeitos locais (irritação), toxicidade aguda e destino da toxicidade dentro do organismo (toxicocinética). O estado físico-químico, a velocidade de penetração, a quantidade introduzida no organismo, as exposições anteriores e a interacção com outros químicos, são aspectos considerados no estudo dos níveis de exposição.

As doenças profissionais são consequência de graves deficiências do processo produtivo, cujas causas são necessárias apurar de forma a implementar medidas preventivas. Apesar de tudo, a consciência do risco pelo trabalhador, quando não são tomadas as medidas de prevenção, conduzem frequentemente ao acidente. A Lei n.º 100/97, de 13 de Setembro, aprova o regime jurídico dos acidentes de trabalho e das doenças profissionais, e encontra-se regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 143/99 de 30 de Abril.

De forma a minimizar os riscos para a saúde humana os trabalhadores deverão abster-se de fumar e comer na zona de trabalho, deverão ser formados e informados sobre as operações a executar no seu posto de trabalho e para os riscos e medidas preventivas e deverá ser realizada vigilância médica periódica (Gonçalves *et al.*, 1989).

2.2. HIGIENE E SEGURANÇA

2.2.1. RISCOS MECÂNICOS E ELÉTRICOS

Segundo Fonseca *et al.* (1998), o risco mecânico é condicionado essencialmente pelos seguintes factores: forma, posição, massa, estabilidade, velocidade, aceleração, etc..

A Directiva 98/37/CE, vulgarmente denominada de Directiva “Máquinas”, estabelece as exigências essenciais de segurança e saúde aplicáveis às máquinas de forma a que essas considerações sejam ponderadas na fase de concepção dos equipamentos. Na aquisição de “máquinas novas”, o empregador deve ter em atenção a existência da “Marcação de segurança CE”, declaração de conformidade CE e o manual de instruções redigido em português, onde se prevejam os riscos e a formação dos respectivos operadores. Relativamente às “máquinas antigas”, ou “máquinas em 2ª mão”, o empregador deve ter em atenção as prescrições mínimas de segurança e de saúde definidas nas directivas comunitárias sobre “Equipamentos de Trabalho”. Para a certificação da sua máquina o fabricante deverá de acordo com a Directiva 98/37/CE verificar se esta cumpre os requisitos essenciais de segurança e saúde aplicáveis, constituir um Dossier Técnico de Fabrico, emitir a Declaração CE de Conformidade e fazer a aposição de marcação CE na máquina.

Segundo Fonseca *et al.* (1998), para a instalação da máquina deve-se ter em conta: dimensionamento do posto de trabalho e espaços mínimos. A concepção dos postos de trabalho seguros e eficientes tendo em conta a adaptação do trabalho ao homem deve ter em conta as tarefas a desempenhar, posturas do trabalhador, disposição e dimensionamento do posto de trabalho, localização dos comandos, localização dos meios de sinalização e visualização e a existência de obstáculos dificultando o alcance ou a visão.

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

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

2.2.2. RUÍDO

Na concepção de novos locais de trabalho deverá elaborar-se um programa de medidas técnicas de forma a reduzir a emissão e propagação de ruído ou a exposição dos trabalhadores. A produção de ruído na fonte pode ser reduzida pela utilização de máquinas e equipamentos pouco ruidosos, dimensionamento e acabamentos à máquina, escolha dos materiais, aplicação de silenciadores e atenuadores sonoros, manutenção regular dos equipamentos, utilização de ventiladores mais silenciosos ou colocação de silenciadores nas condutas dos sistemas de ventilação, redução dos choques entre os componentes das máquinas (Macedo, 1988).

No sentido de se prevenirem os riscos causados pelo ruído, o Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro aprova o Regulamento Geral do Ruído. Segundo este diploma, as empresas instaladas em zonas industriais, deverão efectuar uma avaliação do ruído com a empresa parada e em funcionamento e a diferença da avaliação não poderá exceder os 5 dB(A) no período diurno e 3 dB(A) no período nocturno. Os projectos que estão sujeitos a avaliação de impacto ambiental são apreciados quanto ao cumprimento do regime previsto no presente diploma no âmbito dessa avaliação.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 72/92, de 28 de Abril, se o valor do nível sonoro contínuo equivalente (Leq) exceder os 90 dB(A) e não for possível, através do recurso a medidas visando os equipamentos, as instalações e organização do trabalho, atenuar a severidade do ruído, as entidades fiscalizadoras imporão, para uso dos trabalhadores, a adopção de protecção individual. Deverão ser realizados testes audiométricos na admissão do trabalho, e a intervalos regulares, de forma a detectar trabalhadores com problemas auditivos.

2.2.3. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

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

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

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

2.2.4. AMBIENTES TÉRMICOS

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

Os sistemas de iluminação deverão ser reguláveis possibilitando o controlo da radiação solar, devem ser instaladas câmaras de transição para os trabalhadores sujeitos a mudanças bruscas de temperatura e instalação de resguardos para protecção contra as radiações intensas de calor. Os equipamentos expostos a elevadas temperaturas devem estar protegidos termicamente, evitando qualquer contacto accidental. Deverão verificar-se periodicamente os níveis de iluminação, utilizar o tipo de luz mais apropriado para o trabalho a efectuar, evitar a utilização no mesmo local de mais de um tipo de luz, estabelecer um plano de manutenção para as limpezas e substituições simultâneas, limpar e pintar periodicamente os locais de trabalho e as máquinas, manter uma tenção correcta nos terminais das lâmpadas e utilizar lâmpadas de alto rendimento.

As situações de *stress* térmico deverão ser controladas tendo em conta a temperatura dos banhos.

2.2.5. RISCOS QUÍMICOS

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

Deverão manter-se quantidades de materiais em stock a níveis mínimos evitando degradações e material fora de uso, o pavimento deve ser lavável e resistente a ácidos, com estrados, onde se desloquem os trabalhadores, com fácil escoamento de líquidos, devem ser instaladas bacias de retenção para recuperação dos produtos químicos e evitar acidentes; deverão avaliar-se os produtos químicos utilizados e tentar substituir os perigosos; e deverão ser utilizados equipamentos de protecção individual (EPI).

Relativamente aos riscos de incêndio e explosão os trabalhadores deverão estar informados quanto ao tipo de extintor a utilizar e modo de funcionamento, participando para isso em sessões de treino de forma a que cada membro da equipa conheça bem a sua função e reaja com calma em caso de alerta (Miguel, 2000). As saídas de emergência devem estar assinaladas e desobstruídas, conduzindo para zonas de segurança em que a sua distribuição e dimensão deverá ter em conta o equipamento, dimensão do local de trabalho e número de máximo de trabalhadores (Fonseca *et al.*, 1998). Deve evitar-se a existência de depósitos de produtos inflamáveis provisórios no interior da unidade.

2.3. AMBIENTE

A actividade de limpeza gera diversos tipos de produtos para o ambiente: emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos contaminados e consumos energéticos (Tabela III.3.).

Tabela III.3. - Principais aspectos ambientais na actividade de limpeza industrial de peças.

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

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

2.3.1. EMISSÕES GASOSAS

As principais emissões devem-se à evaporação de químicos dos processos de limpeza com solventes e emulsões (Auder Lda *et al.*, 2000). As emissões poderão ser provocadas pela volatilização dos solventes durante o armazenamento, perdas e fugas durante a utilização, mas também devido à ventilação directa de vapores.

A política de gestão da qualidade do ar define instrumentos de controlo da poluição, sendo o principal diploma legal o Decreto-Lei n.º 352/90, de 9 de Novembro. Relativamente à poluição atmosférica provocada por estabelecimentos industriais estão definidas normas de emissão de poluentes em fontes fixas e obrigatoriedade de autocontrolo, condições de realização e altura e aspectos construtivos das chaminés.

A legislação refere que a descarga de poluentes atmosféricos dos estabelecimentos industriais deverá ser efectuada através de chaminés com vista à salvaguarda da saúde e do ambiente, pelo que é recomendável proceder a uma monitorização dos contaminantes no ar interior de modo a avaliar a eficiência dos sistemas de ventilação/exaustão. A empresa deve assegurar que o autocontrolo de emissões seja efectuado através da amostragem de poluentes de acordo com os métodos fixados pelos normativos legais em vigor.

A diminuição do teor de COV's deverá ter em conta a Directiva 1999/13/CE, de 11 de Março, transposta pelo Decreto-Lei n.º 242/2001, de 31 de Agosto. Esta Directiva estabelece valores limite diferentes, consoante o processo fabril em questão. Para além disso, refere a necessidade de estabelecer um Plano de Gestão de Solventes, dependente do consumo anual destes produtos. O Plano de Gestão de Solventes tem como objectivo estimar o fluxo de solventes, minimizar os riscos para a saúde pública e os efeitos das emissões dos solventes para o ambiente e posicionar a instalação industrial no sentido do cumprimento dos requisitos legais (CETIM, 1999b).

De forma a limitar as emissões e recuperar os solventes emitidos, podem ser utilizadas diversas técnicas cuja eficiência depende do tipo de solvente e da configuração dos postos de limpeza. Para limitar as emissões de COV's, é importante aplicar regras de boas práticas tais como: instalação de coberturas automáticas em tinas de desengorduramento com solventes orgânicos; o dispositivo de condensação de vapores de solventes deve ser correctamente dimensionado; a aspiração deve ser moderada, de forma a captar apenas os vapores que saem naturalmente das cubas; as superfícies abertas devem ser limitadas ao mínimo; deve-se evitar a libertação de vapores durante as operações de carga e descarga; e mover lentamente as peças na cuba (Lloret *et al.*, 1996).

2.3.2. ÁGUAS DE ABASTECIMENTO

A quantidade de água consumida é determinada a partir de um estudo de manutenção de banhos. A utilização de medidores de caudal instalados nas linhas de abastecimento de água limpa aos tanques de lavagem permitem quantificar as taxas de utilização, identificando os consumos excessivos que podem ainda ser regulados através da instalação de reguladores de caudal, controlo da condutividade ou temporizadores (Auder Lda *et al.*, 2000).

A configuração óptima de lavagem depende da taxa de evaporação, caudal de arrasto, qualidade da água na lavagem final, custos dos produtos químicos, custos de recuperação recorrendo a tecnologias alternativas, custo da água e tratamento das águas residuais e rejeição de lamas. Na lavagem em contracorrente a água é introduzida no último tanque de lavagem que transborda até alcançar o primeiro, enquanto que as peças se movem no sentido contrário reduzindo desta forma os consumos de água. A lavagem em cascata reutiliza a água de lavagem através da utilização de diversas tinas que exigem um menor grau da qualidade da água. Na lavagem com chuveiro ou pulverização são utilizados chuveiros por cima dos banhos processuais que permitem recuperar o arrasto.

Além do consumo de água existe a possibilidade de efectuar poupanças de matérias primas e auxiliares. Existem, segundo Peneda *et al.* (1997), duas técnicas de reaproveitamento: técnicas com retorno que concentram águas de lavagem e retornam uma solução concentrada ao processo de lavagem; e técnicas sem retorno que recuperam metais e outros produtos utilizados fora do processo.

A captação de águas está sujeita a notificação à Direcção Regional de Ambiente ou a licenciamento das utilizações do domínio hídrico quando os meios excedam a potência de 5 cv ou o furo ou poço tenha uma profundidade superior a 20 metros.

2.3.3. EFLUENTES LÍQUIDOS

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

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

As descargas de efluentes industriais deverão respeitar as normas de qualidade devendo adoptar-se medidas internas tais como a escolha de processos de fabrico pouco poluentes a implementação de técnicas de reciclagem, de recuperação e de regeneração dos banhos saturados e das águas de lavagem e a optimização da gestão integrada dos diversos tipos de água de lavagem do processo fabril. As normas sectoriais prevalecem sobre as normas gerais de descarga de águas residuais para os parâmetros de qualidade contemplados na referida Portaria, sendo para os outros parâmetros considerado o disposto no Decreto-Lei n.º 236/98.

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

Segundo Auder Lda *et al.* (2000), a maioria dos métodos para a redução do arrasto são baratos e o retorno do investimento é rápido. A formação do arrasto pode ser minimizada através do controlo das características das soluções processuais, optimização da colocação das peças nos suportes e remoção das peças com recurso a equipamentos mecânicos.

2.3.4. RESÍDUOS

Os resíduos sólidos resultantes do tratamento de águas residuais, resíduos não destiláveis e fluídos de maquinaria podem também gerar-se em operações de limpeza, por exemplo, quando as soluções de limpeza se tornam ineficientes e são substituídas.

Uma adequada gestão de resíduos, implica a manutenção de um registo actualizado com os quantitativos de resíduos gerados, caracterização, destino final, frequência de recolha e transporte.

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

O registo de movimentos de óleos usados referido no Decreto-Lei n.º 88/91, de 23 de Fevereiro, deve obedecer aos modelos publicados na Portaria n.º 240/92, de 25 de Março, devendo ser preenchidos trimestralmente pelos detentores, recolhedores e utilizadores.

As operações de armazenamento, tratamento, valorização e eliminação de resíduos são estabelecidas pelo Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro, regulamentado pela Portaria n.º 961/98, de 10 de Novembro, devendo estar autorizadas pelo Ministério do Ambiente. A Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio, fixa as regras a que está sujeito o transporte de resíduos a nível nacional determinando que se efectue acompanhado por guias específicas. No caso do transporte de resíduos perigosos, deverá ser cumprido o disposto no Regulamento Nacional de Transportes de Mercadorias por Estrada (Portaria n.º 1196-C/97, de 24 de Novembro).

2.3.5 ENERGIA

Segundo o Centro para a Conservação de Energia (1997), para cada equipamento consumidor intensivo de energia é necessário efectuar um balanço de massa e energia por forma a comparar com os valores nominais do processo e determinar as possíveis melhorias a efectuar.

No caso da limpeza são normalmente utilizadas caldeiras para aquecimento dos banhos e secagem das peças. Para se atingir um elevado rendimento térmico, a quantidade de ar para combustão deve ser apenas a necessária para assegurar a combustão completa. Qualquer caldeira em que se verifique a presença de quantidades significativas de gases de combustíveis nos gases de exaustão deve, segundo Carvalhido (2000), ser reajustada

imediatamente e os tubos de fumo das caldeiras devem ser limpos com regularidade para minimizar a elevação da temperatura dos gases de exaustão.

3. AVALIAÇÃO ECONÓMICA

Devido aos elevados custos do equipamento e do tempo necessário para o colocar em operação, as alterações nos métodos de produção e nos produtos ocorre gradualmente, pelo que se devem incluir as medidas de segurança na fase de concepção e instalação.

As consequências económicas directas e/ou indirectas ao nível da saúde, consistem na limitação das emissões e da exposição (protecções colectivas e protecções individuais), acidentes de trabalho (protecção nas máquinas), vigilância médica e do nível de exposição (vigilância médica, metrologia e biometrologia) e riscos de aparecimento de patologias (arrumação ou alteração do posto de trabalho, doenças profissionais, etc.). O emprego de técnicas de ventilação representa os principais custos relativos à higiene e segurança. Os custos suplementares respeitantes às instalações de armazenagem de produtos (ex.: local adaptado, bacia de retenção, temperatura, etc.), manutenção mecânica e eléctrica dos equipamentos, limpeza, EPI, etc..

As entidades patronais são obrigadas a transferir a responsabilidade pela reparação de acidentes de trabalho para a empresa seguradora, salvo se lhes for reconhecida capacidade económica para, por conta própria, cobrir os respectivos gastos. Os custos segurados referem-se aos custos directos, salários, assistência médica, medicamentos, indemnizações, prémios de seguro, etc.. Os custos não segurados são custos indirectos que estão a cargo da empresa associados com o tempo para socorrer o acidentado, investigar as causas do acidente, retomar o ritmo normal do trabalho, reparar equipamentos, baixas de produtividade, perdas de produtos, reintegração do acidentado, reparação de equipamentos, substituição do acidentado, imagem da empresa, etc..

As substâncias utilizadas geram resíduos de naturezas diversas. Segundo Peneda (1996), os resíduos constituem perdas significativas em termos financeiros, degradam o ambiente e têm elevados custos sociais. Os custos de eliminação dependem do tipo de resíduo, composição, quantidade, transporte, tratamento, etc.. O tratamento de emissões gasosas implica investimentos muito elevados e custos muito onerosos das amostragens pelo que se deverão optar por sistemas de limpeza fechados e estudar a possibilidade de substituir os produtos utilizados por outros menos poluentes. Relativamente às águas e consagrando o princípio do utilizador-pagador e do poluidor-pagador o Decreto-Lei n.º 47/94, de 22 de Fevereiro, define o cálculo da taxa de utilização de captação de água e de rejeição de águas residuais. O cumprimento das normas de descarga implicam um investimento em equipamentos/tecnologia de tratamento e manutenção ou pagamento de uma taxa de tratamento a uma entidade externa o que pode por vezes implicar um pré-tratamento do efluente. Os custos energéticos dependem do tempo de funcionamento do equipamento, afinamento da queimador, iluminação, etc..

Os custos da empresa em boas práticas e tecnologias de PML, têm de ser encarados como investimentos, já que o objectivo é a redução dos riscos ao nível da saúde, segurança e ambiente, tendo em conta aspectos técnicos e o cumprimento dos normativos legais de forma a alcançar a ecoeficiência do processo traduzindo-se isto por Qualidade Total.

IV - CONCLUSÃO

A limpeza aquosa mostra-se em geral mais vantajosa relativamente à limpeza com solventes devido à diminuição dos riscos. No desenvolvimento de novas técnicas e produtos de limpeza, apesar de apresentarem novas vantagens, os industriais mostram-se ainda cépticos a implementá-las no tecido industrial.

A selecção das técnicas de limpeza deverá ter em conta o tipo de impureza a retirar, o processo e o nível de limpeza exigido à peça. Uma das questões fundamentais reside na escolha dos produtos químicos, questão essencial para a eficiência do processo, mas que também constitui uma das principais causas de risco ou dano. A perigosidade do químico obriga ao nível dos sistemas de higiene e segurança industrial, à instalação de bacias de retenção, sistemas de ventilação, EPI, etc., e, em termos ambientais, à instalação de sistemas de tratamento de gases e efluentes líquidos e maiores dificuldades na gestão de resíduos.

Devem ser implementadas medidas preventivas para melhoria das condições de trabalho de forma a evitar os riscos profissionais. A viabilidade e adequação das medidas devem ser analisada individualmente, pois as opções podem não ser exequíveis tecnicamente. O desenvolvimento sustentável ao nível industrial só será possível com a integração das componentes qualidade, saúde, higiene, segurança e ambiente tendo em conta aspectos técnicos, regulamentares e económicos. A implementação de um Sistema de Gestão Integrado com base em normas de qualidade (ISO 9000), normas ambientais (ISO 14 000 e Regulamento EMAS) e normas de higiene e segurança (OHSAS 18 000) em que a adopção de elevados padrões de qualidade ambiental permite às empresas assegurarem novas vantagens, hoje reconhecidas por clientes e consumidores cada vez mais exigentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEROSPATIALE & CETIM (1998). *Guide de choix et d'utilisation des solvants et dégraissants industriels*. França, CETIM.
- AUDER LDA LDA, EURISKO, GIBB & IDICT (2000). *Manual de Boas Práticas Ambientais e Energéticas - Indústria Metalúrgica e Metalomecânica*. Porto, AEP.
- CARVALHIDO, A. (2000). *Utilização Racional de Energia (URE) - Manual de Procedimentos para PME's*. Braga, AIMinho.
- CENTRO PARA A CONSERVAÇÃO DA ENERGIA (1997). *Manual do Gestor de Energia*, Centro para a Conservação da Energia.
- CETIM (1999a). *Dégraisser les pièces mécaniques en toute sécurité et dans le respect de l'environnement*. França, CETIM.
- CETIM (1999b). *Comment réaliser un plan de gestion des solvants utilisés pour le dégraissage des pièces mécaniques?*. França, CETIM.
- EUROPÁGINAS, (2001). *Anuário - Metalurgia & Metalomecânica*. Porto, EUROPÁGINAS.
- FONSECA, A., RODRIGUES, M. F., PINA, J. S. E BAPTISTA, M. A. (1998). *Concepção de locais de trabalho - Guia de apoio*. Lisboa, IDICT.
- GANIER, M., MALOSSE, R. & THOMAS, R. (1995). *Guide des technologies "propres" et des filières de traitement des déchets - Industries mécaniques*. França, CETIM.
- GONÇALVES, O. M., CAPELA, M. F. E TELES, A. M. (1989). *Condições de trabalho em indústria de tratamentos de superfície metálica no concelho do Porto e Maia (Avaliação e prevenção)*. Porto, Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge.
- INTERNATIONAL LABOUR OFFICE (1983). *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. Génova, Volume I, pp. 598-600.
- MACEDO, R. (1988). *Manual de Higiene do Trabalho na Indústria*. Lisboa, Fundação Caloust Gulvenkian.
- MIGUEL, A. (2000). *Manual de Higiene e Segurança no Trabalho*. Porto, Porto Editora.
- PENEDA, C., ROCHA, C., VENTURA, F. & GOMES, J. (1997). *Produção Mais Limpa em Tratamentos de Superfície*. Lisboa, INETI.
- PENEDA, M. (1996). *Produção Mais Limpa - Dos sintomas às causas, um investimento rentável*. Lisboa, INETI.
- RODRIGUES, F., SOUSA, J. P., TELO, E., GONÇALVES, G., ALEIXO, I., VICENTE, F. & GONÇALVES, I. C. (1999). *Riscos dos processos de electrodeposição - Manual de prevenção*. Lisboa, IDICT.
- US-EPA, FEDERAL FACILITIES ENFORCEMENT OFFICE (1996). *Pollution Prevention and Clean Air Act: Benefits Opportunities for Federal Facilities*, Volume II, n.º EPA/300/B-96/009B.

AGRADECIMENTOS

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