



INSTITUTO NACIONAL DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

GUIA TÉCNICO

SECTOR DA INDÚSTRIA MARÍTIMA

Lisboa

Setembro 2001

GUIA TÉCNICO SECTORIAL

SECTOR DA INDÚSTRIA MARÍTIMA

Elaborado no âmbito do
PLANO NACIONAL DE PREVENÇÃO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS (PNAPRI)

Sob a Coordenação de
José Miguel Figueiredo
(INETI)

Equipa de Trabalho do Sector da Indústria Marítima

Fátima Pedrosa
Lucinda Gonçalves
Paula Oliveira
Francisco Delmas
Cristina Diniz
(INETI)

Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial – INETI
Departamento de Materiais e Tecnologias de Produção - DMTP
Estrada do Paço do Lumiar, 1649-038 Lisboa
Tel. 21 716 51 41
Fax. 21 716 65 68

ÍNDICE GERAL

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE QUADROS	vi
AGRADECIMENTOS	vii
1.INTRODUÇÃO	1
2. OBJECTIVOS E METODOLOGIAS	2
3. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR	4
3.1. Indicadores Industriais e Distribuição Geográfica	4
4. PROCESSO PRODUTIVO	12
4.1. Tipo de Embarcações Construídas ou Reparadas	12
4.2. Tipo de Docas para a Construção e Reparação de Embarcações	13
4.3. Tipos de Operações Envolvidas na Construção e na Reparação de Embarcações	15
4.3.1. Construção de embarcações metálicas	26
4.3.2. Reparação de embarcações metálicas	30
4.3.3. Construção de embarcações de madeira	34
4.3.4. Reparação de embarcações de madeira	36
4.3.5. Construção de embarcações em fibra	38
4.3.6. Reparação de embarcações em fibra	39
5. RESÍDUOS INDUSTRIAIS	42
5.1 Resíduos no Sector da Indústria Marítima e sua Gestão Actual	42
5.2. Classificação e Quantificação dos Resíduos Industriais	45
6. POTENCIAL DE PREVENÇÃO DENTRO DO SECTOR	54
6.1 Tecnologias e Medidas de Prevenção Identificadas para o Sector	55

6.1.1. Controlo do consumo de água	59
6.1.2. Limpeza das docas e planos	60
6.1.3. Tecnologias e medidas de prevenção aplicadas à operação de decapagem	61
6.1.3.1. Substituição de uma decapagem em meio aquoso por uma decapagem a seco com granalha	61
6.1.3.2. Substituição da areia utilizada na decapagem por outros abrasivos de menor impacto ambiental	61
6.1.3.3. Utilização de granalha seca e calibrada	63
6.1.3.4. Substituição de uma decapagem com granalha por uma decapagem com jacto de água	64
6.1.3.5. Utilização de resíduos de granalha noutras industrias	65
6.1.4. Utilização de tecnologias mais avançadas nas operações de corte de chapa	65
6.1.5. Tecnologias e medidas de prevenção aplicadas aos processos de maquinagem	68
6.1.5.1. Medidas que permitem prolongar a vida dos fluidos	68
6.1.5.2. Regeneração de fluidos de corte	70
6.1.5.3. Utilização de fluidos sintéticos em substituição de outros fluidos	74
6.1.6. Tecnologias e medidas de prevenção aplicadas à operação de revestimento	74
6.1.6.1. Equipamentos alternativos de pintura em substituição do <i>spray</i> com ar comprimido	75
6.1.6.2. Revestimentos alternativos ao revestimento com tinta de base solvente	77
6.1.6.3. Métodos de reciclagem da água da cortina de pintura	79
6.1.7. Tecnologias e medidas de prevenção aplicadas à operação de lavagem de peças	81
6.1.7.1. Substituição de desgorduramentos com solventes por desgorduramentos químicos em fase aquosa	81
6.1.7.2. Tecnologias que permitem a regeneração dos banhos de desgorduramento	81
6.1.8. Tecnologias e medidas de prevenção aplicadas à construção de embarcações em fibra de vidro	83
6.1.8.1. Tecnologias de aplicação da resina com pistolas	83

6.1.8.2. Aplicação de resina com sistema de rolos em substituição da aplicação com pistolas de pressão	84
6.1.8.3. Substituição de resinas termoendurecíveis por resinas termoplásticas	84
6.1.9. Regeneração de solventes de limpeza	84
6.1.9.1. Regeneração de solventes por destilação	84
6.1.9.2. Regeneração de solventes por evaporação em vácuo	85
6.1.10. Tratamento final de linha de produtos oleosos	85
7. ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÒMICA E DOS BENEFÍCIOS AMBIENTAIS	86
7.1. Casos de Estudo de Tecnologias e Medidas de Potencial Aplicação: Descrição Técnica e Análise da Viabilidade	86
BIBLIOGRAFIA	110
Sites da Internet Relacionados com o Sector da Indústria Marítima	111
Lista Geral de Entidades, Instituições e Associações Nacionais e Sectoriais	112
NOTA SOBRE LEGISLAÇÃO	113

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.	
Figura 1	Distribuição percentual das empresas por subsector	5
Figura 2	Distribuição percentual dos trabalhadores por subsectores	5
Figura 3	Distribuição percentual das empresas por região	6
Figura 4	Distribuição percentual dos trabalhadores por região	6
Figura 5	Distribuição geográfica das empresas por subsector	7
Figura 6	Distribuição geográfica dos trabalhadores por subsector	8
Figura 7	Distribuição percentual das empresas por escalão de pessoal ao serviço	8
Figura 8	Distribuição percentual dos trabalhadores por escalão de pessoal ao serviço	9
Figura 9	Distribuição percentual das empresas por escalão de pessoal ao serviço para os vários subsectores	10
Figura 10	Distribuição percentual dos trabalhadores por escalão de pessoal ao serviço para os vários subsectores	10
Figura 11	Distribuição do volume de negócios por subsector	11
Figura 12	Esquema representativo dum operação de decapagem mecânica com indicação das principais entradas e saídas de materiais	18
Figura 13	Esquema representativo dum operação de decapagem química com indicação das principais entradas e saídas de materiais.	18
Figura 14	Esquema representativo da operação de lixagem com identificação das principais entradas e saídas de materiais	19
Figura 15	Esquema representativo dum operação de desengorduramento químico com indicação das principais entradas e saídas de materiais	20
Figura 16	Esquema representativo da operação de corte com indicação das principais entradas e saídas de materiais	21
Figura 17	Esquema representativo das operação de estampagem, calandragem e quinagem com indicação das principais entradas e saídas de materiais	23
Figura 18	Esquema representativo das operações de fresagem, e torneamento com indicação das principais entradas e saídas de materiais	23
Figura 19	Esquema representativo da operação de soldadura com indicação das principais entradas e saídas de materiais	24
Figura 20	Esquema representativo dum operação de pintura com tinta líquida por pulverização com indicação das principais entradas e saídas de materiais	26

Figura 21	Diagrama representativo do processo de construção de uma embarcação metálica	29
Figura 22	Diagrama representativo do processo de reparação de uma embarcação metálica	33
Figura 23	Diagrama representativo do processo de fabrico de uma embarcação em madeira	35
Figura 24	Diagrama representativo do processo de reparação de uma embarcação em madeira	37
Figura 25	Diagrama representativo do processo de fabricação de uma embarcação em fibra de vidro	40
Figura 26	Diagrama representativo do processo de reparação de uma embarcação em fibra de vidro	41

ÍNDICE DE QUADROS

	Pag.
Quadro 1 Correlação dos resíduos produzidos com a operação que os gera e a sua perigosidade por actividade	46
Quadro 2 Quantificação dos resíduos gerados anualmente por subsector	51
Quadro 3 Tecnologias e medidas de prevenção identificadas para o sector da Indústria Marítima	56
Quadro 4 Comparação das características técnico-económicas associadas às tecnologias de corte de chapa	67
Quadro 5 Comparação das características técnicas associadas às tecnologias de tratamento de emulsões	73
Quadro 6 Estimativa do investimento em função da capacidade para algumas tecnologias aplicáveis a uma operação de desengorduramento	82

AGRADECIMENTOS

Agradece-se a todas as pessoas e instituições que de alguma forma prestaram a sua colaboração para a elaboração deste Guia Técnico. Particularmente, agradece-se à associação do sector – Associação das Indústrias Marítimas (AIM) pela ajuda prestada e pelas sugestões de empresas a visitar.

Agradece-se ainda a todas as empresas que nos proporcionaram uma visita às suas instalações pela disponibilidade, pelo atendimento e pelos dados fornecidos.

Finalmente, agradece-se às empresas fornecedoras de equipamento e produtos químicos pelos dados e esclarecimentos fornecidos sobre as tecnologias por eles comercializadas.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem sido crescente a preocupação da opinião pública e das empresas face aos problemas de natureza ambiental. A aproximação à sustentabilidade do desenvolvimento económico só se consegue optimizando a utilização dos recursos, sejam energéticos ou materiais.

As empresas podem realizar benefícios de vária ordem, resultantes não só da diminuição do consumo de matérias primas, energia, água, mas também da redução de custos relacionados com o controlo da poluição gerada e, com a deposição ou transporte dos resíduos produzidos. Para além destes benefícios, as acções de carácter preventivo relativamente à poluição, dão às empresas uma melhor imagem pública, que se pode traduzir igualmente numa vantagem competitiva.

A Prevenção da Poluição implica, nomeadamente, a utilização criteriosa das matérias primas, a eficiente utilização energética e a reutilização, sempre que tecnicamente possível dos fluxos gerados durante o processo, em alternativa ao seu tratamento final. O Guia Técnico pretende, no essencial, ser uma ferramenta à disposição das empresas para que estas possam ponderar opções técnicas enquadradas na perspectiva da prevenção. Destas opções, são de esperar benefícios de ordem económica e ambiental.

As empresas devem pôr de lado a convicção de que a resolução dos problemas ambientais corresponde obrigatoriamente a custos adicionais sem contrapartidas compensadoras. Na realidade, existem à disposição tecnologias que, ao serem aplicadas a determinadas operações durante o processo de fabrico, resultam na redução de emissões poluentes através da redução da sua perigosidade e/ou do seu quantitativo, como resultado natural do aproveitamento mais eficiente dos fluxos do processo.

A decisão de implementar as medidas e/ou tecnologias de prevenção tem de partir obviamente dos industriais do sector. No entanto, a intervenção e o incentivo da Administração Pública pode ser fundamental para dinamizar estas tomadas de decisão, através de acções de esclarecimento e sensibilização, de transferência de tecnologia e de apoio financeiro às empresas, que na sua estratégia, pretendam incorporar soluções de produção eco-eficiente. Estas acções são de particular importância para as pequenas e médias empresas que constituem a grande maioria do tecido produtivo.

Através desta filosofia empresarial, as empresas privilegiam os factores de competitividade e assumem-se como agentes activos na protecção do ambiente. Na perspectiva da Prevenção da Poluição não há nenhuma contradição entre as questões económicas e as ambientais. Ambas contribuem em uníssono para a modernização e a qualidade.

2. OBJECTIVOS E METODOLOGIAS

O Guia Técnico Sectorial elaborado para o Sector da Indústria Marítima encontra-se inserido no Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais (PNAPRI) e tem os seguintes objectivos:

- Caracterizar a actividade industrial do sector a nível nacional, por subsector ou grupo de actividade industrial, tendo em conta os mercados, os processos produtivos e as tecnologias usadas, assim como o seu impacto ambiental;
- Apresentar uma estimativa credível das quantidades de resíduos geradas a nível nacional, partindo do conhecimento da quantidade e perigosidade dos resíduos produzidos por algumas empresas, extrapolando os valores obtidos para o total do sector;
- Consciencializar os industriais para as questões da Prevenção da Poluição e para a implementação de tecnologias mais limpas, como forma de as empresas obterem vantagens competitivas em mercados de exigência crescente;
- Apresentar as vantagens de natureza técnica, ambiental e/ou económica que advêm da aplicação das tecnologias ou das medidas de prevenção;
- Construir uma ferramenta de fácil consulta que contenha as medidas e tecnologias de prevenção aplicáveis, por operação, tendo sempre em conta os resíduos que previnem.

Pretendeu-se elaborar um documento de fácil consulta por parte dos industriais, que resumisse no essencial as melhores práticas, medidas e tecnologias, tendo em conta os aspectos técnicos e de natureza ambiental. A elaboração deste Guia envolveu um vasto trabalho de recolha e tratamento de informação diversa, proveniente de várias fontes, destacando-se algumas das empresas do sector contactadas para o efeito, a Associação Industrial e a Administração Pública. Foram igualmente efectuadas pesquisas bibliográficas em bases de dados nacionais e internacionais.

É importante referir que relativamente às emissões de poluentes para o ambiente, foram considerados como objecto das acções aqui propostas, não só os resíduos sólidos, líquidos e/ou semi-sólidos gerados na actividade industrial, mas também as águas residuais. Efectivamente, estando este Guia inserido no Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais, poder-se-ia admitir que as águas de processo não fossem aqui incluídas. Esta não foi, no entanto, a interpretação assumida, porque o tratamento em ETAR das águas residuais com carga poluente acaba por gerar lamas, que são efectivamente resíduos classificáveis segundo o Catálogo Europeu de Resíduos (CER). Assim sendo, as tecnologias de prevenção

aplicadas à redução da carga poluente e à quantidade de águas residuais acabam por ter implicação na quantidade e/ou na perigosidade dos resíduos gerados. As questões relativas às emissões gasosas ultrapassam efectivamente o âmbito deste Guia.

3. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR

3.1 Indicadores Industriais e Distribuição Geográfica

Portugal, graças à sua localização geográfica privilegiada, é um País com tradição no sector da Indústria Marítima, tendo-se desenvolvido ao longo da costa uma série de empresas dedicadas não só à reparação de embarcações, mas abrangendo de igual modo, a construção de variados tipos de embarcação, atingindo mesmo algumas das empresas um alto estatuto a nível internacional.

A Indústria Marítima engloba nos seus processos de fabrico actividades de outros sector industriais, possuindo uma grande componente de metalomecânica, de tratamentos de superfície e de carpintaria.

A actividade deste sector industrial baseia-se, de um modo geral, na construção e reparação naval, inserindo-se na classificação das actividades económicas (CAE) 351.

Pode considerar-se que a actividade deste sector é muito homogénea, diferenciando-se, essencialmente pelo tipo de material que constitui a embarcação, dando origem a embarcações metálicas, embarcações de madeira e embarcações em fibra de vidro.

A par da construção e da reparação de embarcações, existem empresas cuja actividade principal é o desmantelamento naval, o qual, embora não constitua um verdadeiro processo de fabrico, vai ser incluído, igualmente, na caracterização do sector. Sendo assim, pode considerar-se a existência de 4 subsectores:

- Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto, com a classificação CAE 35111
- Construção e Reparação de Embarcações Não Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto, com a classificação CAE 35112
- Desmantelamento Naval, com a classificação CAE 35113
- Construção e Reparação de Embarcações de Recreio e de Desporto, com a classificação CAE 35120

Segundo dados do Ministério do Trabalho e da Solidariedade (MTS) referentes a 1997, este sector é constituído por 564 empresas, que empregam cerca de 20 926 trabalhadores. Da totalidade somente 70 empresas estão filiadas na Associação das Indústrias Marítimas (AIM). É de salientar que a AIM considera exagerado o número de empresas do sector fornecido pelo MTS, no entanto esses valores são muito semelhantes aos do Instituto Nacional de Estatística (INE), o qual declara a existência de 522 empresas no sector. Tendo em conta que uma grande parte dos dados do INE são confidenciais, o que limitaria a caracterização do sector, optou-se pela utilização dos dados do MTS.

Como se ilustra na Figura 1, o subsector da Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto é largamente maioritário em número de empresas (61%), seguido do subsector da Construção e Reparação de Embarcações Não Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto e do subsector da Construção e Reparação de Embarcações de Recreio e de Desporto, ambas com cerca de 19%. Com menor expressão no tecido empresarial surge o subsector de Desmantelamento Naval, contribuindo com apenas 1% das empresas.

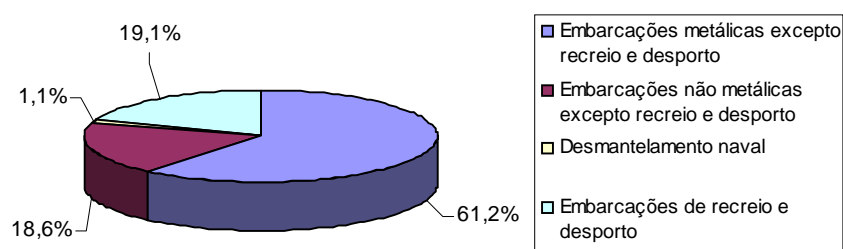


Figura 1 – Distribuição percentual das empresas por subsector

Relativamente ao número de trabalhadores do sector verifica-se, de igual modo, que é o subsector da Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto que emprega maior número de trabalhadores, cerca de 88% do total. Apesar de existirem sensivelmente o mesmo número de empresas nos subsectores de Construção e Reparação de Embarcações Não Metálicas Excepto de Recreio e de Desporto e no subsector de Construção e Reparação de Embarcações de Recreio e de Desporto, este último possui menos empregados ao seu serviço, sendo essas empresas na sua maioria de menor dimensão. Tal como seria de esperar, face ao diminuto número de empresas, o subsector de Desmantelamento Naval é aquele que emprega menos trabalhadores, como se pode verificar por análise da Figura 2.

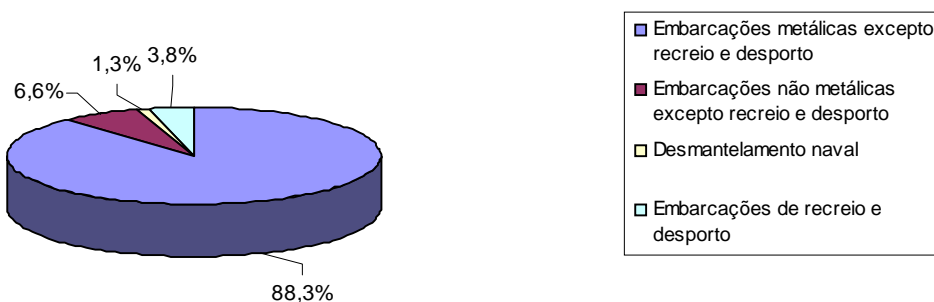


Figura 2 – Distribuição percentual dos trabalhadores por subsectores

No que respeita à distribuição geográfica das empresas, a grande maioria situa-se na região de Lisboa e Vale do Tejo, cerca de 54,4%, seguida da região Centro (16,7%), da região Norte (12,2%) e da região do Algarve (11,5%). As regiões do Alentejo, da Madeira e dos Açores, em conjunto, representam pouco mais de 5% do total de empresas existentes, como se pode observar pela análise da Figura 3.

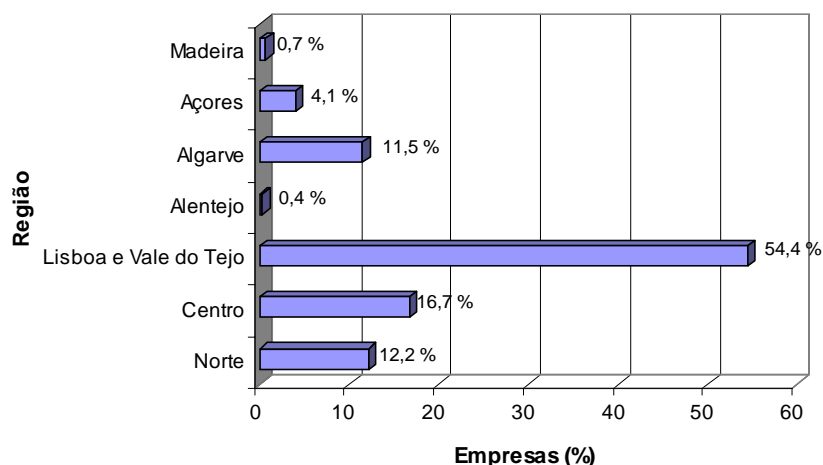


Figura 3 – Distribuição percentual das empresas por região

Na Figura 4 apresenta-se a distribuição percentual de trabalhadores por região, podendo verificar-se que esta segue, no essencial, a distribuição percentual das empresas para as mesmas regiões, exceptuando no caso da região Norte que, apesar de possuir menos empresas que a região Centro, emprega mais trabalhadores, o que leva a supor que as empresas sediadas na região Norte são em média de maior dimensão do que as empresas da região Centro

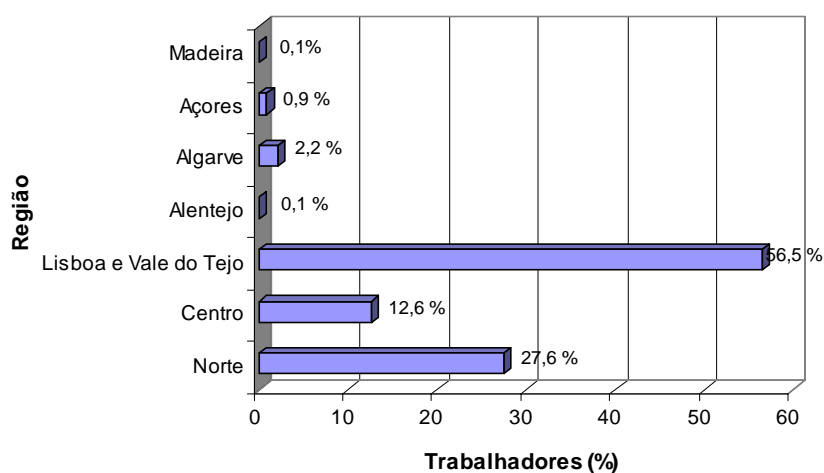


Figura 4 – Distribuição percentual dos trabalhadores por região

Da análise da Figura 5 constata-se que as empresas cuja actividade é o Desmantelamento Naval se situam na região de Lisboa e Vale do Tejo. A actividade de Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto está concentrada predominantemente na região de Lisboa e Vale do Tejo, onde operam cerca de 69,3% das empresas. As restantes empresas distribuem-se de um modo semelhante entre a região Centro, região Norte e região do Algarve. O subsector que apresenta uma maior homogeneidade em termos de distribuição geográfica de empresas por subsector é o de Construção e Reparação de Embarcações Não Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto.

A região de Lisboa e Vale do Tejo é aquela que apresenta maior incidência de empresas de Construção e Reparação de Embarcações de Recreio e de Desporto, logo seguida da região Centro. As regiões do Norte e do Algarve, em conjunto, abarcam cerca de 26% dessas empresas.

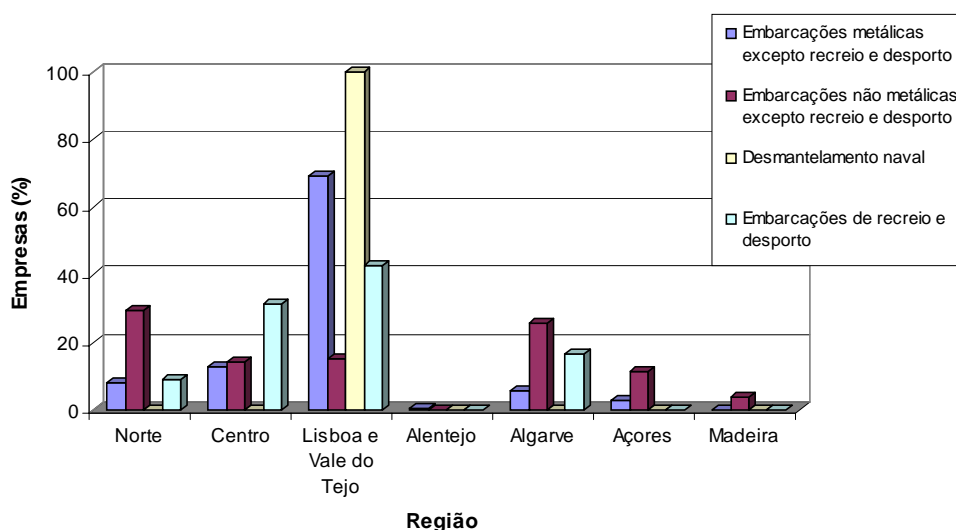


Figura 5 – Distribuição geográfica das empresas por subsector

A distribuição geográfica dos trabalhadores por subsector é muito semelhante à distribuição geográfica das empresas, com excepção do caso do subsector da Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto, em que a percentagem de trabalhadores da região Norte é superior à da região Centro, reflectindo o facto de as empresas sediadas na região Norte serem em média de maior dimensão do que as da região Centro (Figura 6)

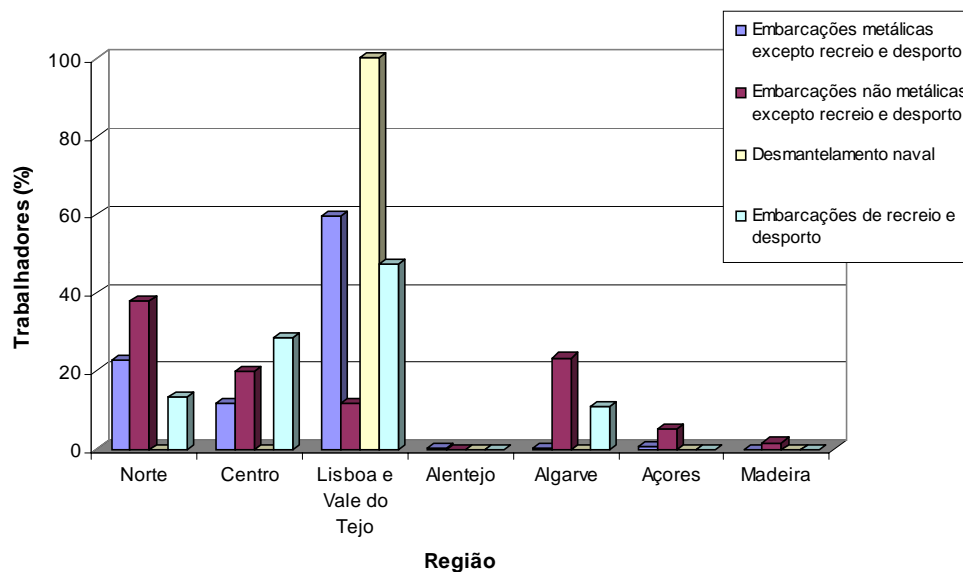


Figura 6 - Distribuição geográfica dos trabalhadores por subsector

Na Figura 7 encontra-se esquematizada a distribuição das empresas por escalão de trabalhadores. Pode constatar-se que o sector da Indústria Marítima é constituído predominantemente por empresas de pequena dimensão, cerca de 55,9% das quais empregam menos de 10 trabalhadores, seguido do escalão de 10-19 trabalhadores, que representa 20,9% das empresas, e do escalão 20-49 trabalhadores, com 14,7% de empresas. É de salientar a não existência de empresas no escalão de 500-999 trabalhadores. No entanto, cerca de 1,4% das empresas possuem uma força de trabalho superior a 1000 trabalhadores, correspondente ao subsector da Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto.

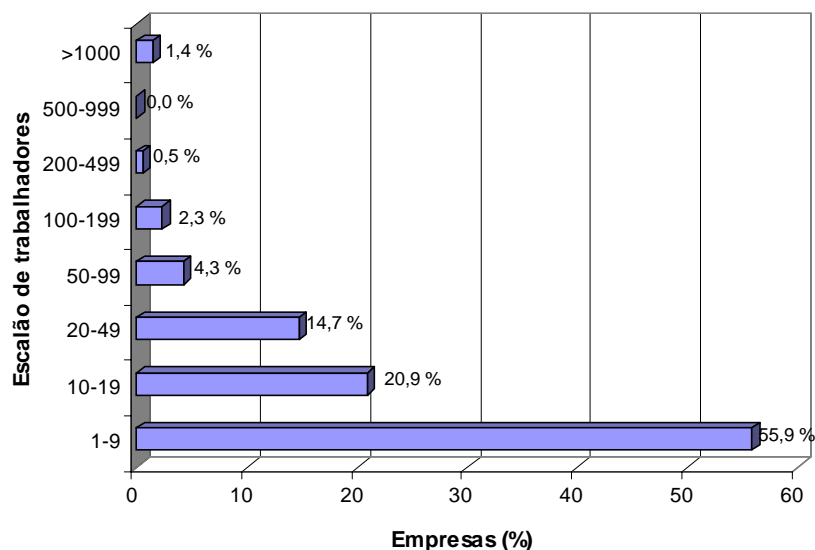


Figura 7 – Distribuição percentual das empresas por escalão de pessoal ao serviço

Tendo em conta a distribuição das empresas por escalão de pessoal ao serviço, era de esperar uma certa discrepância em termos da distribuição dos trabalhadores por este mesmo escalão; no entanto, tal não corresponde à realidade, exceptuando no escalão de mais de 1000 trabalhadores, que apesar de ter pouco peso em termos de empresas, emprega mais de metade do pessoal do sector (Figura 8). O escalão de pessoal ao serviço mais significativo em termos de distribuição de empresa, como já foi referido é o que emprega menos de 10 trabalhadores, no entanto em termos da percentagem de trabalhadores esse escalão possui um peso muito baixo, podendo dever-se esse facto a que a grande maioria das empresas com menos de 10 trabalhadores, correspondem na realidade a trabalhadores em nome individual.

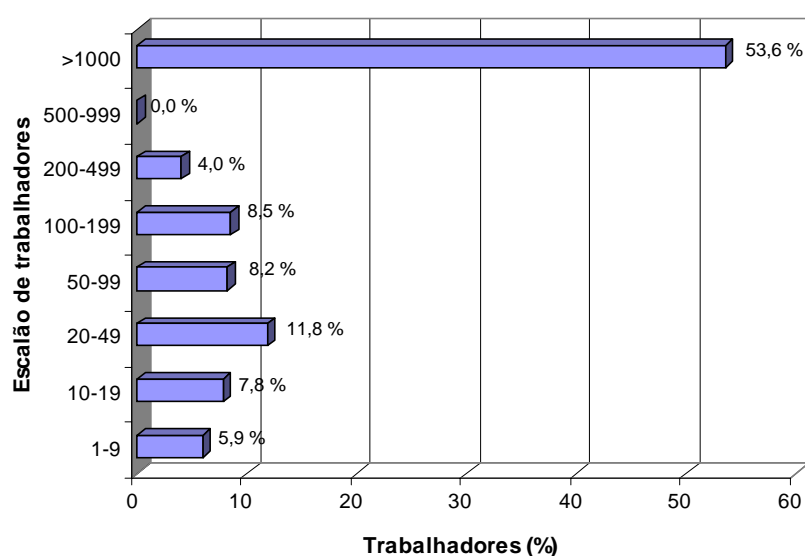


Figura 8 – Distribuição percentual dos trabalhadores por escalão de pessoal ao serviço

Das empresas que empregam menos de 10 trabalhadores, a grande maioria pertence ao subsector da Construção e Reparação de Embarcações de Recreio e de Desporto, seguindo-se o subsector da Construção e Reparação de Embarcações Não Metálicas Excepto de Recreio e de Desporto. O Desmantelamento Naval é efectuado por empresas de média dimensão, empregando entre 20-99 trabalhadores. As únicas empresas que empregam mais de 1000 trabalhadores pertencem ao subsector das Embarcações Metálicas, contribuindo com cerca de 60% dos trabalhadores desse subsector (Figura 9 e 10).

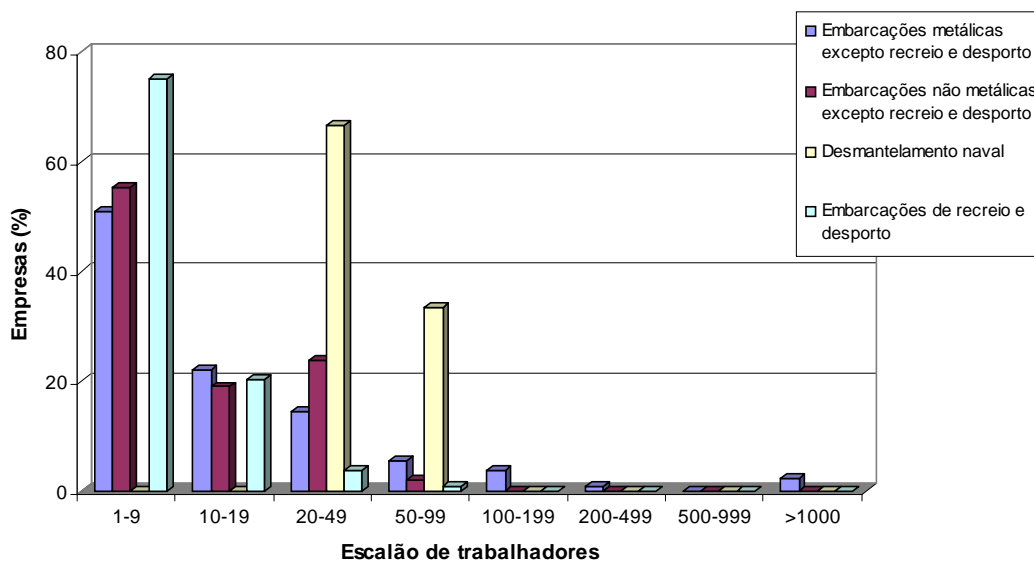


Figura 9 – Distribuição percentual das empresas por escalão de pessoal ao serviço para os vários subsectores

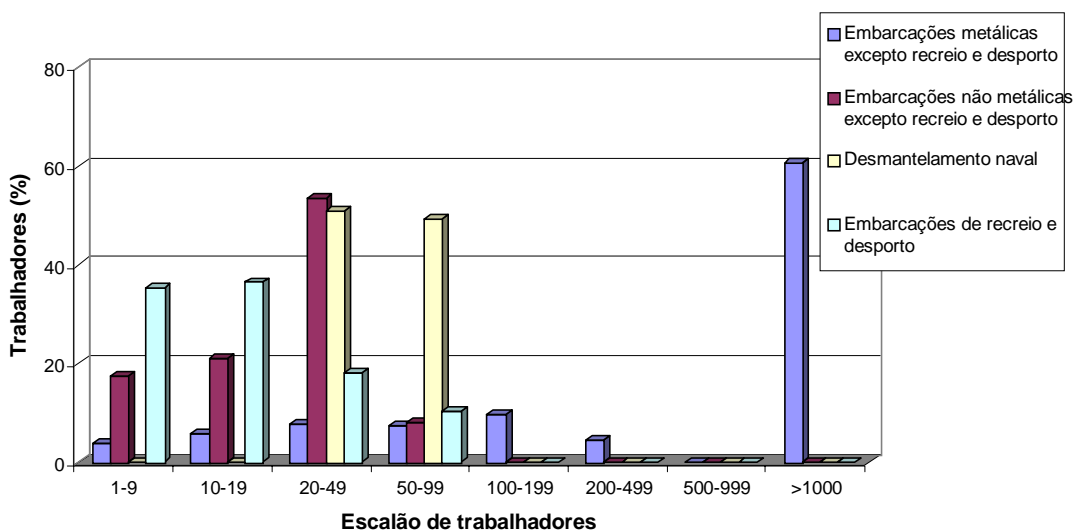


Figura 10 – Distribuição percentual dos trabalhadores por escalão de pessoal ao serviço para os vários subsectores

O volume de negócios realizado pelo sector da Indústria Marítima, de acordo com os dados recolhidos pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) referente ao ano de 1998 e a 232 empresas, totaliza cerca de 137 milhões de contos, dos quais 96,9% provêm do subsector da Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto, como se constata por análise da Figura 11. Como seria de esperar devido ao diminuto número de

empresas o subsector de Desmantelamento Naval é aquele que contribui menos para o volume de negócios do sector em geral, com apenas 0,1%.

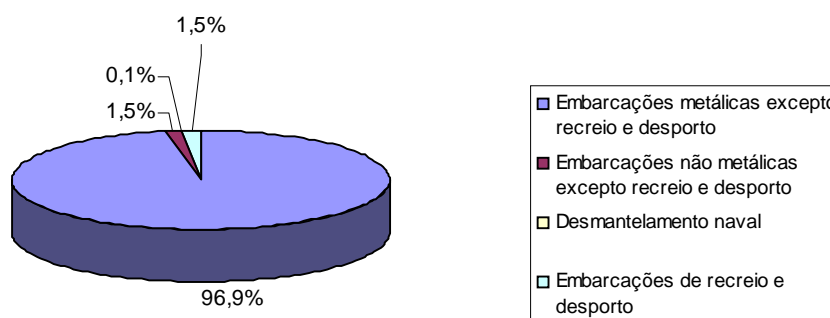


Figura 11 – Distribuição do volume de negócios por subsector

Relativamente ao subsector da Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto, a maior parcela de facturação não provém de vendas para o mercado nacional, mas sim das parcerias comerciais que as empresas nacionais estabelecem com a Alemanha, Espanha, Japão, Coreia e Noruega. Em termos de exportação, o principal mercado da Europa é a Alemanha, exportando-se também para alguns países do leste.

Actualmente são sentidas dificuldades em termos de comercialização no subsector de Construção e Reparação de Embarcações Não Metálicas Excepto de Recreio e de Desporto, principalmente no que se refere às embarcações em madeira. Esta crise está intimamente relacionada com a diminuição das cotas de pesca impostas pela União Europeia, existindo mesmo um incentivo ao “abate” de embarcações de pesca. Com o objectivo de contrariar a diminuição da facturação, muitas empresas de construção de embarcações em madeira, estão a alargar ou a pensar em alargar a sua actividade para a construção e reparação de embarcações em fibra de vidro.

4. PROCESSO PRODUTIVO

Os processos de fabrico que o sector da Indústria Marítima engloba são muito semelhantes entre si, podendo dividir-se em construção e reparação de: embarcações metálicas, embarcações em madeira e embarcações em fibra de vidro.

Neste capítulo mencionam-se alguns tipos de embarcações construídas e/ou reparadas no País, bem como o tipo de docas e sistemas de alagem mais utilizadas na construção e reparação de embarcações de pequeno, de médio e de grande porte.

Descrevem-se ainda a maioria das operações envolvidas na construção e reparação de embarcações, bem como os processos industriais.

4.1. Tipo de Embarcações Construídas ou Reparadas

Como foi referido anteriormente, a Indústria Marítima engloba essencialmente três tipos de actividades (construção, reparação e desmantelamento naval), cuja classificação se encontra dividida em quatro CAE's.

Cada um dos subsectores dedica-se a diferentes tipos de embarcação:

- **Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto**

Embarcações em aço: ferry-boat, porta-contentores, navios de carga, navios tanque, navios de guerra, fragatas, rebocadores, etc.

Embarcações em alumínio

- **Construção e Reparação de Embarcações Não Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto**

Neste subsector as embarcações são fundamentalmente em madeira e em fibra de vidro.

Embarcações em madeira: Traineiras, barcos de pesca de pequeno porte e embarcações consideradas como tradicionais (rabelos, moliceiro, saveiros, bateiras), etc.

Embarcações em fibra de vidro: Catamarans, fragatas da policia marítima.

➤ **Construção e Reparação de Embarcações de Recreio e de Desporto**

Nos tempos actuais, tem-se verificado uma tendência crescente para o desenvolvimento de embarcações cada vez mais rápidas, nomeadamente no campo desportivo, o que tem levado a um crescente aumento da construção de embarcações em fibra de vidro, em detrimento das embarcações tradicionalmente em madeira. No entanto, em Portugal, ainda se construi predominantemente em madeira.

Embarcações em madeira: Botes, barcos a remos de recreio.

Embarcações em fibra de vidro: Canoas, barcos a remos de competição, barcos de vela ligeira, veleiros, etc.

4.2. Tipo de Docas para a Construção e Reparação de Embarcações

Algumas das embarcações podem ser construídas ou reparadas num espaço coberto, no entanto, a maior parte possui dimensões que obrigam a que estas operações sejam efectuadas a céu aberto. Dependendo do tipo de reparação que a embarcação necessita, esta pode ser realizada dentro ou fora de água (doca seca).

Existem vários tipos de docas secas, das quais se vão mencionar as mais significativas, sendo necessário realçar que o tipo de doca ou os mecanismos utilizados para a remoção e a colocação das embarcações na água podem condicionar a quantidade de resíduos ou efluentes descarregados neste meio.

➤ Plataforma de construção:

Como o próprio nome indica as plataformas de construção são só utilizadas na construção de embarcações. Sendo a embarcação, após a sua conclusão, lançada à água de um modo longitudinal ou lateral, com a ajuda de mecanismos de elevação.

➤ Doca Seca:

A doca seca consiste numa construção em cimento cuja largura, comprimento e profundidade é suficiente para que uma embarcação possa entrar ou sair da doca flutuando.

Nos casos em que as embarcações necessitam de reparação, a doca possui água até ao nível do rio, permitindo deste modo a entrada da embarcação. Após a sua entrada as portas da doca (que estabelecem a ligação entre a doca e o rio) são hermeticamente fechadas, sendo a água

retirada da doca por um sistema de bombagem. Deste modo a embarcação fica assente no fundo da doca, mantendo o equilíbrio com o auxílio de apoios em madeira. O fundo da doca é construído de modo a permitir que o resto da água que não foi bombada vá para os canais de escoamento existentes nas laterais da doca, sendo bombada para fora da doca por bombas de menor potência.

Quando se pretende colocar a embarcação dentro de água, o sistema de bombagem começa a bombear água para dentro da doca, permitindo a certa altura que a embarcação comece a flutuar. Quando se estabelece o mesmo nível de água dentro e fora da doca, as portas são abertas e a embarcação pode sair.

Este tipo de docas podem ser utilizadas quer na reparação de embarcações quer na construção. Como é evidente, neste último caso, a doca tem de estar inicialmente sem água.

➤ Doca Flutuante:

A doca flutuante consiste numa plataforma construída em aço, que através do enchimento dos seus tanques de lastro (divisórias existentes dentro da plataforma que podem ser cheias de água) faz com que a doca submerja. Quando a plataforma está abaixo do nível da água a embarcação é posicionada sobre blocos na plataforma da doca. Após o esvaziamento dos tanques de lastro a doca flutuante levanta a embarcação acima do nível da água, podendo esta ser então reparada. Após a conclusão do trabalho a efectuar, procede-se à operação inversa, isto é, os tanques de lastro da doca são novamente cheios, ficando a doca abaixo do nível da água e a embarcação a flutuar.

A doca flutuante é utilizada geralmente na reparação de embarcações, sendo, por vezes, utilizada também na construção.

➤ Plano inclinado:

O plano inclinado é utilizado mais frequentemente para pequenas embarcações, em que as operações são efectuadas numa zona muito perto da água.

O plano inclinado é uma estrutura em cimento inclinada perpendicularmente à superfície da água, possuindo em toda a sua extensão um par de carris. Esse plano e respectivos carris vão até uma profundidade que permite docar a embarcação. A embarcação é retirada da água com o auxílio de um plataforma móvel que se movimenta sobre os carris, com a ajuda de um motor e de um sistema de roldanas colocadas no cimo do plano inclinado (que permite puxar a plataforma). A embarcação é colocada sobre a plataforma submersa e retirada da água.

As operações são realizadas acima da linha da água directamente na plataforma.

➤ Sistema elevatório

É o meio mais comum de levantar embarcações de pequeno porte.

Este sistema utiliza um elevador móvel, que através de duas “cintas” ajustáveis à embarcação (cintas estas que passam por baixo da embarcação) levantam a embarcação e movimentam-na até à área onde se vão processar as operações. Ai o equilíbrio da embarcação é mantido com a ajuda de blocos de madeira.

Este processo de elevação de embarcações utiliza-se, quer na construção, quer na reparação de embarcações de madeira e de fibra de vidro.

4.3. Tipos de Operações Envolvidas na Construção e na Reparação de Embarcações

Devido à especificidade e ao mercado restrito dos produtos produzidos, as embarcações só são fabricadas por encomenda, com excepção das embarcações de recreio e de desporto, as quais se destinam a um mercado mais alargado, devido ao tipo de funcionalidade que apresentam.

Uma empresa da Indústria Marítima pode desenvolver o seu próprio projecto da embarcação, através das especificações fornecidas pelo cliente (empresa ou armador), ou simplesmente construí-la a partir de um projecto pré-definido pelo cliente.

Em qualquer um dos casos, por detrás da construção ou mesmo da reparação de uma embarcação, existe sempre um grande trabalho de planeamento e de engenharia.

A construção e a reparação de embarcações têm em comum muitos dos processos industriais, aplicando-se, no essencial, as mesmas técnicas, as mesmas operações e utilizando-se as mesmas instalações. Estas actividades baseiam-se fundamentalmente na montagem de componentes, que devido à ausência de automatismos de algumas operações (principalmente na reparação) requer mão-de-obra especializada.

A maioria das operações envolvidas nos processos de fabrico são comuns a outros sectores industriais, tais como o sector da Metalurgia e Metalomecânica, o sector de Tratamento de Superfícies e o sector da Madeira.

Em termos gerais, as operações envolvidas na construção e reparação de embarcações podem ser divididas em sete grandes grupos:

- Processamento da matéria-prima ou preparação de superfícies;
- Corte;
- Maquinagem;
- Soldadura;
- Montagens ou reparação e substituição de componentes estruturais e/ou maquinaria nas embarcações;
- Aprestamento;
- Pintura.

Uma excepção a estas operações é a construção de embarcações em fibra de vidro, a qual possui características muito próprias, não só no processo de fabrico, mas principalmente na preparação das matérias-primas.

Destes sete grupo de operações, o processamento da matéria-prima, o corte, a maquinagem e a pintura são comum aos sectores industriais mencionados anteriormente.

De seguida apresentam-se, de um modo geral, as operações envolvidas na construção e na reparação de embarcações, sendo posteriormente, integradas nos respectivos processos de fabrico, de uma forma mais específica.

➤ **Preparação de Superfícies**

A **Preparação das Superfícies** é obrigatória em todos os casos em que as peças sejam submetidas a qualquer tipo de tratamento posterior. As operações correspondentes (como, por exemplo, o desengorduramento e/ou a decapagem e/ou lixagem) são praticadas quando se pretende remover camadas de sujidade, matéria orgânica ou óxidos metálicos, de modo a melhorar o contacto entre a superfície da peça e o revestimento posterior.

Uma adequada preparação das superfícies vai reflectir-se na qualidade e na durabilidade da pintura das embarcações, sendo a maioria das falhas prematuras da pintura devido à perda de adesão, causada pela deficiente preparação da superfície.

Na Indústria Marítima, dependendo da localização, do tipo de superfície a preparar e do tipo de contaminantes (óxidos, sujidade, poeiras, sais, tinta lascada, óleos e gorduras), utilizam-se diferentes técnicas de preparação da superfície, tais como:

- Decapagem mecânica e química;
- Lixagem; e,
- Desengorduramento (com detergentes, solventes e limpeza a vapor).

Decapagem

A decapagem visa eliminar as camadas de óxidos presentes na superfície das peças, de modo a que a posterior deposição de material constitua uma camada perfeitamente aderente e homogénea. Pode efectuar-se por via mecânica (por jacto de areia ou de granalha), por via química e por via electroquímica (catódica, anódica e por corrente alterna). No entanto, esta última via de decapagem, não é utilizada na Indústria Marítima.

Decapagem mecânica

A decapagem mecânica com abrasivo é o método mais comum de preparar a superfície, removendo parte dos contaminantes presentes (calamina, óxidos e resíduos de tinta) e permitindo à superfície adquirir alguma rugosidade de modo a melhorar a aderência da tinta.

A decapagem mecânica é empregue na construção de embarcações metálicas, na preparação das chapas de aço e no tratamento da estrutura de embarcações a serem pintadas (no caso de reparações).

Essa decapagem é efectuada manualmente pelos trabalhadores, geralmente a céu aberto, ou em cabines de decapagem com recuperação de granalha, quando as dimensões das peças o permitem. A granalha é projectada em média a uma velocidade de 130 m/s. e a uma pressão de 7 bar.

Apesar dos problemas ambientais e de saúde provocados pela utilização de areia nas decapagens (poeiras contendo sílica), o seu consumo ainda não foi totalmente banido. No entanto, tem-se verificado uma maior sensibilização dos industriais para esse facto, verificando-se a gradual substituição da areia por granalha de um subproduto da indústria do cobre (escória de cobre) e por granalha de aço. Na Figura 12 apresenta-se um exemplo esquemático da decapagem mecânica.

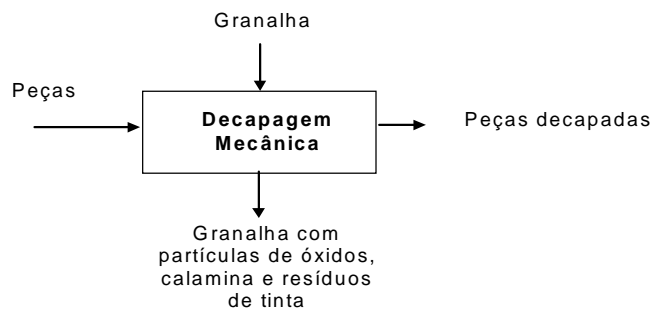


Figura 12 - Esquema representativo duma operação de decapagem mecânica com indicação das principais entradas e saídas de materiais

Decapagem química

A decapagem por acção química é, usualmente, utilizada nos aços e no cobre, recorrendo-se ao ácido sulfúrico, ao ácido clorídrico ou ao ácido nítrico. A decapagem do alumínio é realizada em meio alcalino com soda cáustica. Na Figura 13 apresenta-se um exemplo esquemático da decapagem química.

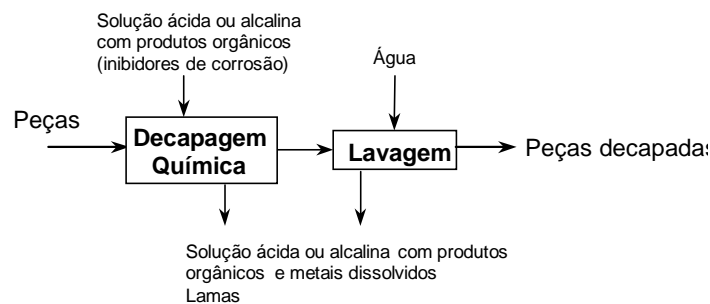


Figura 13 - Esquema representativo duma operação de decapagem química com indicação das principais entradas e saídas de materiais.

Na Indústria Marítima a decapagem química é o método utilizado para preparar a superfície de sistemas de tubagens, de pequenas peças e partes da embarcação. Antes da decapagem, as peças são lavadas com uma solução alcalina para remoção de óleos e gorduras.

Lixagem

A lixagem tal como a decapagem mecânica é uma operação integrada no início do processo, quando da preparação da peça ou da superfície para a pintura. Os métodos utilizados são mecânicos, podendo ser efectuados com lixas ou com escovas. A lixagem tem como objectivo desbastar a peça ou a superfície, retirando-lhe as contaminações ou conferir-lhe um aspecto ou rugosidade determinada. Na figura 14 apresenta-se um esquema exemplificativo duma operação de lixagem.

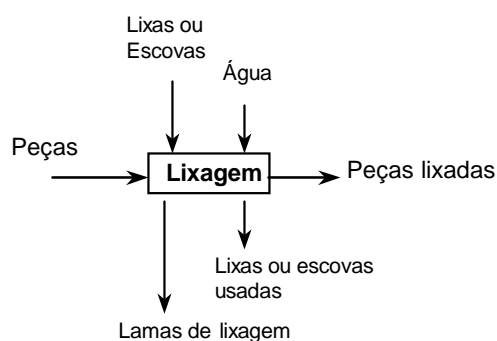


Figura 14 - Esquema representativo da operação de lixagem com identificação das principais entradas e saídas de materiais

A operação de lixagem é efectuada essencialmente nas reparações de embarcações em madeira e em embarcações em fibra de vidro, com vista a permitir não só eliminar impurezas como permitir uma melhor aderência da pintura.

No caso da reparação de embarcações metálicas a lixagem é uma técnica complementar ou alternativa à decapagem com granalha. É geralmente utilizada na preparação de superfícies de acesso difícil à decapagem com granalha ou em pequenas áreas a preparar. A preparação manual pode ser também utilizada em substituição da decapagem com granalha, acarretando no entanto a necessidade de mais mão de obra e mais tempo para a sua execução. Apesar destas desvantagens, a lixagem pode ser mais eficiente na remoção de óxidos e de tintas cuja composição contenha metais pesados.

As ferramentas manuais mais frequentemente utilizadas na preparação de superfícies metálicas são: escovas de aço, martelos lascantes, martelos de agulhas, raspadeiras, e outras ferramentas de impacto. Estas ferramentas são geralmente pneumáticas e não eléctricas, não existindo o problema de sobreaquecimento, nem o risco de ocorrerem choques eléctricos.

Desengorduramento de peças ou superfícies

Esta operação tem como objectivo retirar toda a gordura ou óleo existente na peça. Pode ser levada a cabo com métodos químicos ou electroquímicos, utilizando solventes orgânicos (clorados ou não), em fase líquida ou em fase vapor, ou soluções aquosas contendo sais alcalinos, produtos molhantes e aditivos. Os sistemas orgânicos podem trabalhar em circuito fechado com recuperação de solvente. Nos sistemas de desengorduramento em fase aquosa, são geradas grandes quantidades de resíduos líquidos carregados de contaminantes minerais e orgânicos susceptíveis de reutilização parcial, após tratamento para separação dos constituintes indesejáveis. O desengorduramento precede obrigatoriamente a decapagem ácida ou alcalina. A título exemplificativo apresenta-se na Figura 15 um diagrama esquemático do desengorduramento químico.

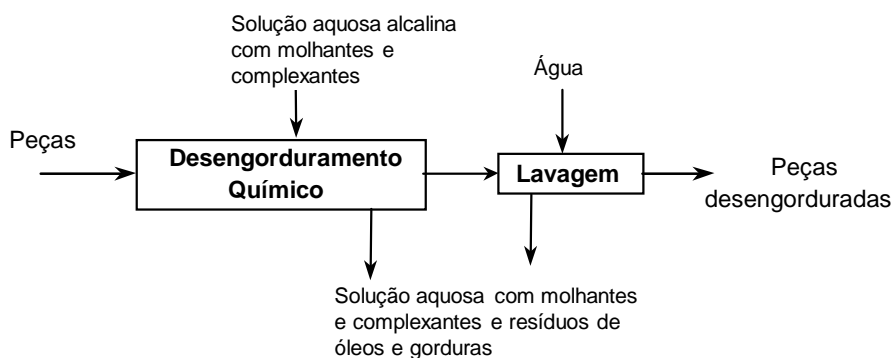


Figura 15 - Esquema representativo duma operação de desengorduramento químico com indicação das principais entradas e saídas de materiais

A operação de desengorduramento na Indústria Marítima resume-se à lavagem localizada de algumas zonas do casco e à lavagem de peças.

A ferrugem, incrustações de organismos marinhos, tintas envelhecidas, sais, óleos e gorduras são as substâncias que vulgarmente aparecem no casco das embarcações.

No caso da lavagem do casco a operação de desengorduramento é efectuada com o objectivo de retirar óleos e gorduras da superfície, utilizando-se água e um detergente alcalino. Esta operação é sempre localizada, efectuando-se só quando necessária e apenas nas zonas afectadas por algum tipo de gordura.

Como a lavagem de peças geralmente é processada fora da doca (retirando-se as peças da embarcação) podem ser utilizados outros produtos de limpeza, tais como solventes. Deste modo, não existe o perigo de contaminação do meio aquático pelos solventes, como sucederia se o desengorduramento fosse efectuado na doca.

Compostos inorgânicos como cloretos, sulfatos, óxidos, fluxo de solda não são removidos com solventes orgânicos. Tal como muitos solventes e agentes de limpeza alcalinos não podem ser utilizados na limpeza de bronze, alumínio e aço galvanizado, os quais são frequentemente utilizados nas embarcações.

Nos sistemas de desgorduramento em fase aquosa, são geradas grandes quantidades de resíduos líquidos carregados de contaminantes minerais e orgânicos susceptíveis de reutilização parcial, após tratamento para separação dos constituintes indesejáveis.

➤ Corte

No sector da Indústria Marítima existem dois grandes grupos de tipos de corte, o corte de metal e o corte de madeira.

Corte de perfis e de chapa metálica – O corte de perfis pode ser executado para acerto de comprimentos com disco de serra ou com guilhotina (neste último caso não necessita de fluido de corte). No corte de chapa quando o contorno é recto e a forma convexa, o corte de chapa pode também ser feito com guilhotina. Nos casos, em que os contornos são mais complicados, requer-se outro tipo de tecnologias como o oxicorte, corte por plasma, por laser ou por jacto de água com abrasivo. Todas estas tecnologias podem envolver a utilização de comando numérico, que permite otimizar a utilização da chapa e eliminar os erros de traçagem. Na Figura 16 está apresentado um diagrama esquemático da operação de corte seguida, eventualmente, de desgorduramento químico.

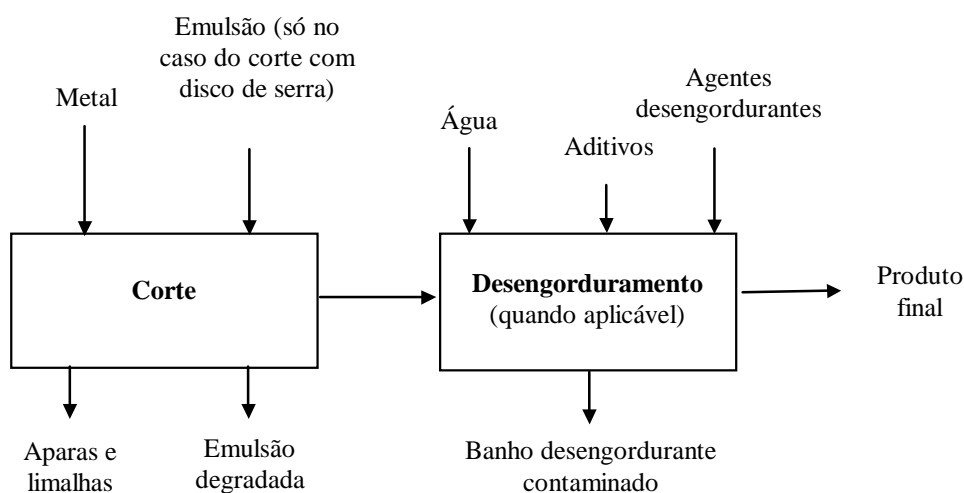


Figura 16 – Esquema representativo da operação de corte com indicação das principais entradas e saídas de materiais

Corte de toros e de pranchas de madeira – Neste grupo existem dois tipos de corte, o corte de toros em prancha utilizando serras verticais, e o corte de pranchas com serra de fita.

➤ Maquinagem

As operações de maquinagem são utilizadas na construção e reparação de embarcações metálicas. Essas operações permitem conferir às chapas e painéis a forma pretendida para a construção da estrutura da embarcação. As operações de maquinagem mais significativas para este fim são: estampagem, calandragem e quinagem. Efectuam-se, de igual modo, em menor escala, operações de fresagem e de torneamento.

Estampagem

Nesta operação, a chapa é deformada plasticamente por prensagem utilizando ferramentas com a geometria adequada a esse fim. Esta operação pode ser realizada tanto a frio como a quente, dependendo do tipo de material e do grau de deformação pretendido.

Em alguns casos, a chapa é engordurada previamente.

Calandragem

A calandragem é utilizada para dobrar chapa, sendo esta obrigada a passar pelo meio de uma série de cilindros, adquirindo progressivamente a curvatura desejada até ao caso extremo da formação de um cilindro.

Quinagem

A quinagem é um processo que permite formar quinas vivas ou dobrar uma peça de modo a que esta fique com um raio de curvatura muito pequeno. É sobretudo usada em chapa.

Os processos acima descritos têm uma sequência de operações muito semelhante, pelo que são apresentados esquematicamente através do mesmo diagrama de blocos na Figura 17.

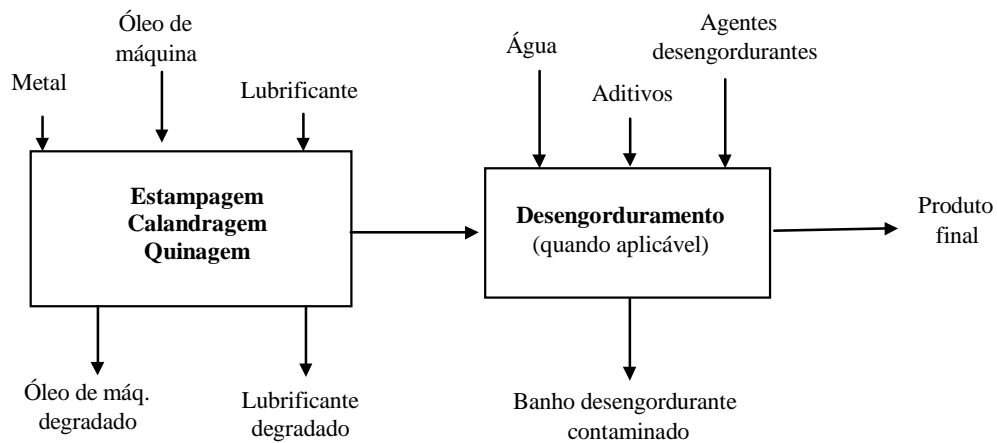


Figura 17 - Esquema representativo das operação de estampagem, calandragem e quinagem com indicação das principais entradas e saídas de materiais

Fresagem

A fresagem permite trabalhar uma peça, fazendo furos ou modificando-lhe a forma, através de fresas em rotação.

Torneamento

Processo em que a peça a trabalhar roda em torno do seu eixo estando a ferramenta cortante fixa e posicionada lateralmente.

Estes dois processos têm a uma sequência de operações idêntica, como tal são identificados no mesmo diagrama de blocos (Figura 21).

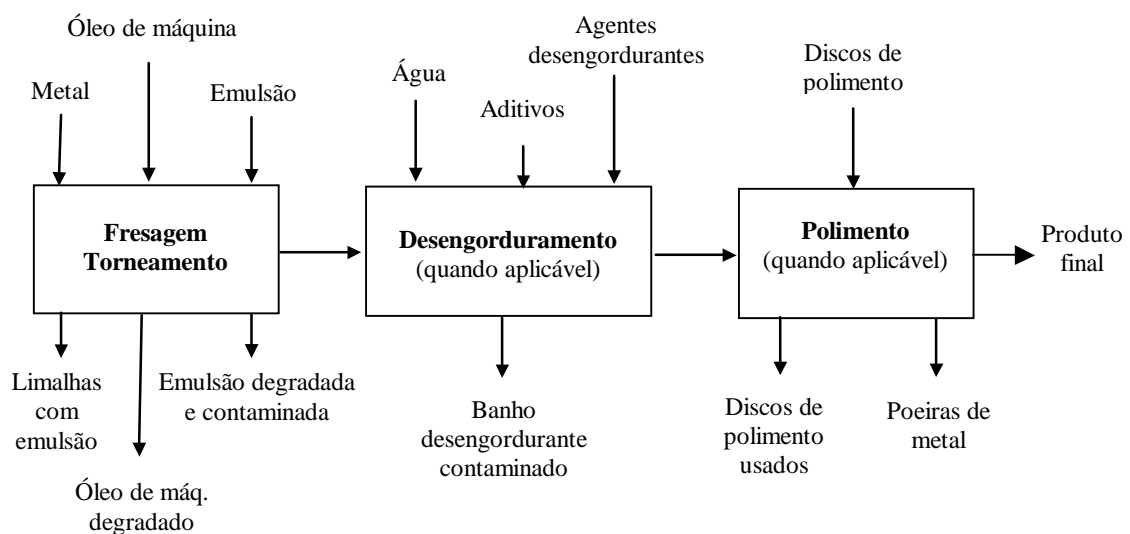
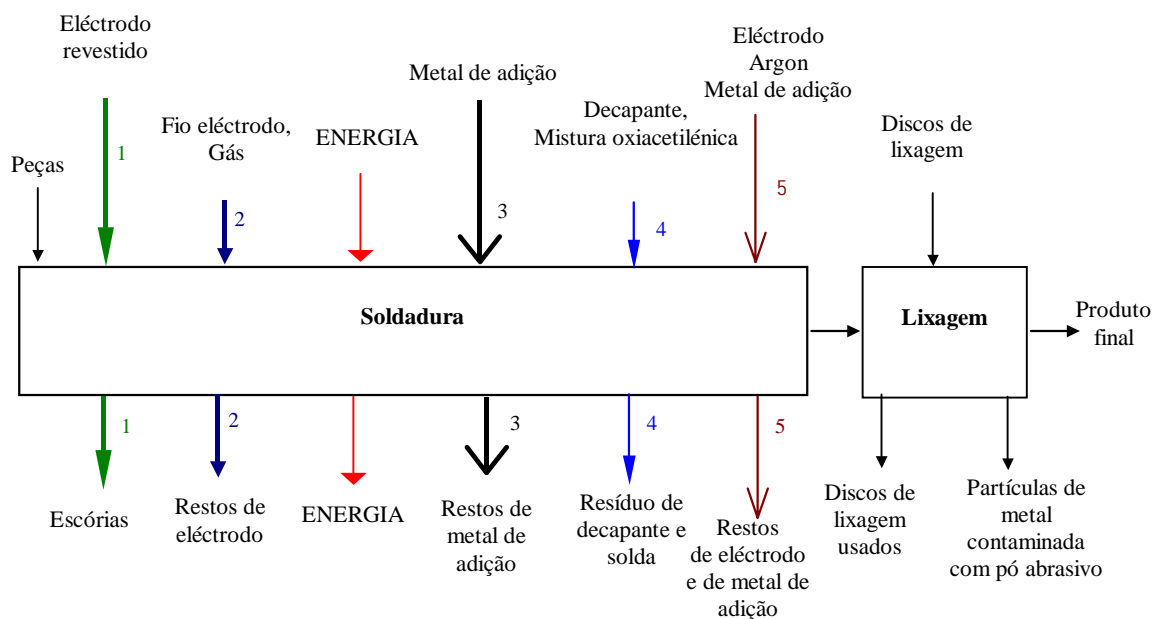


Figura 18 – Esquema representativo das operações de fresagem, e torneamento com indicação das principais entradas e saídas de materiais

➤ Soldadura

Os processos de soldadura destinam-se a unir peças de um modo permanente, através da fusão na zona de contacto do metal das peças ou de um material adicionado. Os diferentes processos de soldadura 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. O metal de adição pode estar na forma de eléctrodos revestidos, fio ou barra. A soldadura pode ser manual, semi-automática ou automática.

Os vários tipos de soldadura são representados conjuntamente no diagrama da Figura 19, em que setas de tipos e cores diferentes (identificadas por números diferentes) ilustram as entradas e saídas de cada tipo de operação, sendo a energia comum a todas elas.



1 – Soldadura com eléctrodo revestido

2 – Soldadura MIG-MAG

3 - Soldadura por brassagem

4 – Soldadura oxiacetilénica

5 – Soldadura TIG

Figura 19 - Esquema representativo da operação de soldadura com indicação das principais entradas e saídas de materiais

➤ Pintura

A escolha apropriada do sistema de pintura a aplicar nas embarcações é um factor essencial na construção e na reparação de embarcações, uma vez que a corrosão e a deteriorização associadas ao ambiente marinho têm efeitos determinantes sobre o tempo de vida das embarcações.

As características da tinta a aplicar depende do meio ao qual ela vai estar exposta, podendo variar de tintas à base de água até tintas epoxy de elevado desempenho. Além das condições de exposição, outros dos factores da escolha do sistema de pintura são: o grau de agressão ao meio ambiente, o tempo de secagem, o equipamento e o procedimento de aplicação da tinta.

No entanto, o estaleiro que está a proceder ao trabalho não pode escolher o tipo de tinta a aplicar, dependendo, em geral essa decisão do cliente ou do armador.

Regra geral existem 6 áreas distintas da embarcação que necessitam de uma protecção à base de tinta:

- Subaquática (casco);
- Linha de água;
- Estruturas exteriores acima do nível da água;
- Interior da embarcação e tanques;
- Hélice e ancora.

A tinta tipicamente utilizada nas embarcações é uma tinta anticorrosiva e antivegetativa. A antivegetativa é utilizada para prevenir que os organismos marinhos (fauna e flora) se agarrem aos cascos, através da libertação de pequenas quantidades de toxinas que inibem o crescimento da vida marinha no casco. Actualmente a tinta à base de estanho já não é utilizada devido aos inúmeros prejuízos que trazia para a vida marinha. Hoje em dia são utilizadas tintas contendo materiais bio-activos. As tintas anticorrosivas são à base de vinil, laca, uretano, ou mais recentemente à base de sistemas *epoxy*.

Nas embarcações metálicas aplica-se previamente um primário para evitar fenómenos de corrosão durante o processo de construção. Esta aplicação é efectuada sobre as chapas de aço, tubagem e sistemas de ventilação.

Muitos dos primários são orgânicos ou pastas inorgânicas à base de silicatos de zinco, formando-se em contracto com o aço, uma camada de óxido de zinco que impede o contacto do ar e da água com o aço.

Na Figura 20 apresenta-se um esquema exemplificativo duma operação de pintura com tinta líquida por pulverização.

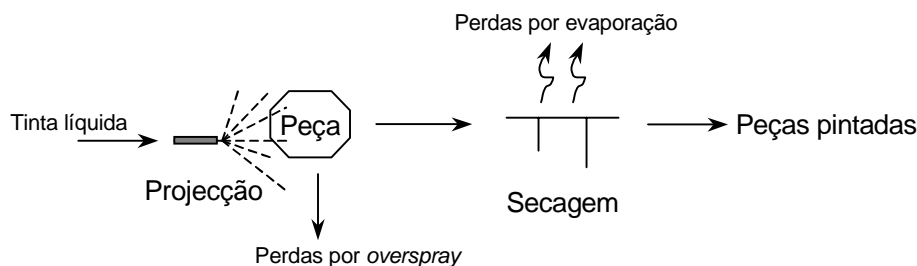


Figura 20 - Esquema representativo duma operação de pintura com tinta líquida por pulverização com indicação das principais entradas e saídas de materiais.

Descrevem-se de seguida os vários processos de fabrico existentes na Indústria Marítima, envolvendo as operações mencionadas.

4.3.1 - Construção de embarcações metálicas

Em geral as embarcações metálicas possuem dimensões muito superiores às embarcações em madeira e em fibra de vidro, utilizando-se na maioria dos projectos a **construção por blocos ou subconjuntos**.

A construção por blocos consiste em dividir a estrutura da embarcação em vários conjuntos que se constróem individualmente e se juntam no final, dando origem à estrutura final da embarcação. Os blocos possuem secções a três dimensões com configuração estável (não necessitando de suportes para o equilíbrio se manter), sendo a sua dimensão dependente não só do tamanho da embarcação, mas, principalmente, da capacidade de montagem, de transporte e de elevação dos blocos para a doca, onde se procede a montagem final.

Em termos gerais, a construção de embarcações metálicas pode ser dividida em cinco etapas distintas, começando pela recepção da matéria prima e acabando na pintura final da embarcação. Na Figura 21 é apresentado um diagrama representativo do processo de construção de uma embarcação metálica.

Linha de Laminados

Nesta primeira fase do processo de fabrico, começa-se pela recepção e tratamento da matéria-prima, que consiste basicamente em chapas de aço, vigas de aço, tubos metálicos, estruturas construídas fora do estaleiro e maquinaria para o aprestamento das embarcações.

A estrutura da maioria das embarcações requer vários tipos de aço (aço endurecido e aço macio), no entanto, o alumínio e outros materiais não ferrosos são frequentemente utilizados para algumas subestruturas (nomeadamente do convés) e em áreas que requerem diferentes resistências quer estruturais quer corrosivas. São também bastante utilizados o aço inox, o aço galvanizado e as ligas cobre-níquel.

Na linha principal preparam-se as chapas de aço para a produção, através de uma decapagem. Esta operação é efectuada na maioria dos casos em cabine de decapagem, com granalha de aço ou escória de cobre. Segue-se a pintura com um primário de construção, que é utilizado como medida preventiva para a corrosão durante o processo de fabrico. Este primário é aplicado geralmente por *spray* com pistolas do tipo *airless*, por vezes em cabine de pintura com cortina de água.

Convém salientar que a decapagem tem de ser efectuada com granalha seca, sendo necessário para tal, na maioria dos casos, proceder-se à sua secagem em fornalha.

Hoje em dia muitos dos estaleiros reduziram em grande parte a fase de preparação das chapas de aço, através da compra de chapa de aço com **shopprimer**. Neste caso, a chapa já contém o primário, não sendo necessário nenhum tipo de preparação da chapa.

Linha de Painéis

A chapa após decapagem e aplicação do primário, é cortada à dimensão pretendida. Os processos de corte mais utilizados são o oxicorte, corte por plasma ou corte por plasma submerso, dependendo do tipo e da espessura da chapa.

Na linha de painéis efectua-se o transporte das chapas de aço com a ajuda de roldanas e de um guindaste para a zona de construção dos blocos. Aqui procede-se à junção das chapas de aço através de soldadura automática. A soldadura dos dois lados requer que a linha de painéis tenha a capacidade de rodar as chapas após a soldadura do primeiro lado. Depois da soldadura o excesso de metal é cortado, e os painéis montados são movimentados ao longo da linha por roldanas ou com a ajuda de electroímans de suspensão.

Linha de pré-montagem

Nesta secção procede-se à montagem dos blocos a partir das estruturas provenientes da linha de painéis. As operações unitárias aqui processadas são o corte, a maquinagem (quinagem, calandragem, estampagem, etc), a soldadura por pontos e a soldadura final.

Aprestamento

O aprestamento envolve a fabricação e a instalação de todos os componentes da embarcação que não fazem parte da sua estrutura, nomeadamente portas, escadas, mastros, motores, bombas, cabos eléctricos e todo o tipo de maquinaria eléctrica e electrónica.

A fase do aprestamento comporta três tipos de acções:

- Aprestamento de aço – É constituído essencialmente por fixes, mastros, escadas, tubos e todos os seus acessórios. Actualmente, grande parte deste aprestamento é subcontratado, pelo que, neste caso, os componentes são fabricados fora do estaleiro.
- Aprestamento de máquinas – Os equipamentos são recebidos dos respectivos fabricantes, procedendo o estaleiro unicamente à sua montagem.
- Isolamento – É constituído essencialmente por lâ mineral (basalto) colada com emulsão betuminosa tipo “*flintkote*”.

O aprestamento pode ser efectuado durante a construção da embarcação, nos blocos, ou, independentemente, na estrutura pré-final da embarcação propriamente dita.

No aprestamento podem também incluir-se todo o tipo de divisórias metálicas forradas a PVC, e instalação de mobiliário.

Pintura da Embarcação

Por fim, após a montagem de toda a estrutura da embarcação, procede-se à sua pintura na doca ou na plataforma de montagem.

Como já foi anteriormente referido, a escolha do sistema de pintura é um factor essencial na construção de embarcações, uma vez que a corrosão e a deterioração associadas ao meio tem efeitos determinantes sobre a durabilidade da pintura.

Deste modo, efectua-se a pintura com tinta antivegetativa, aplicada por pulverização com pistola, estimando-se que possa ocorrer uma perda de tinta da ordem dos 20%. Nos casos de pintura de fixes e tubos, utiliza-se muitas vezes trinchas ou rolos.

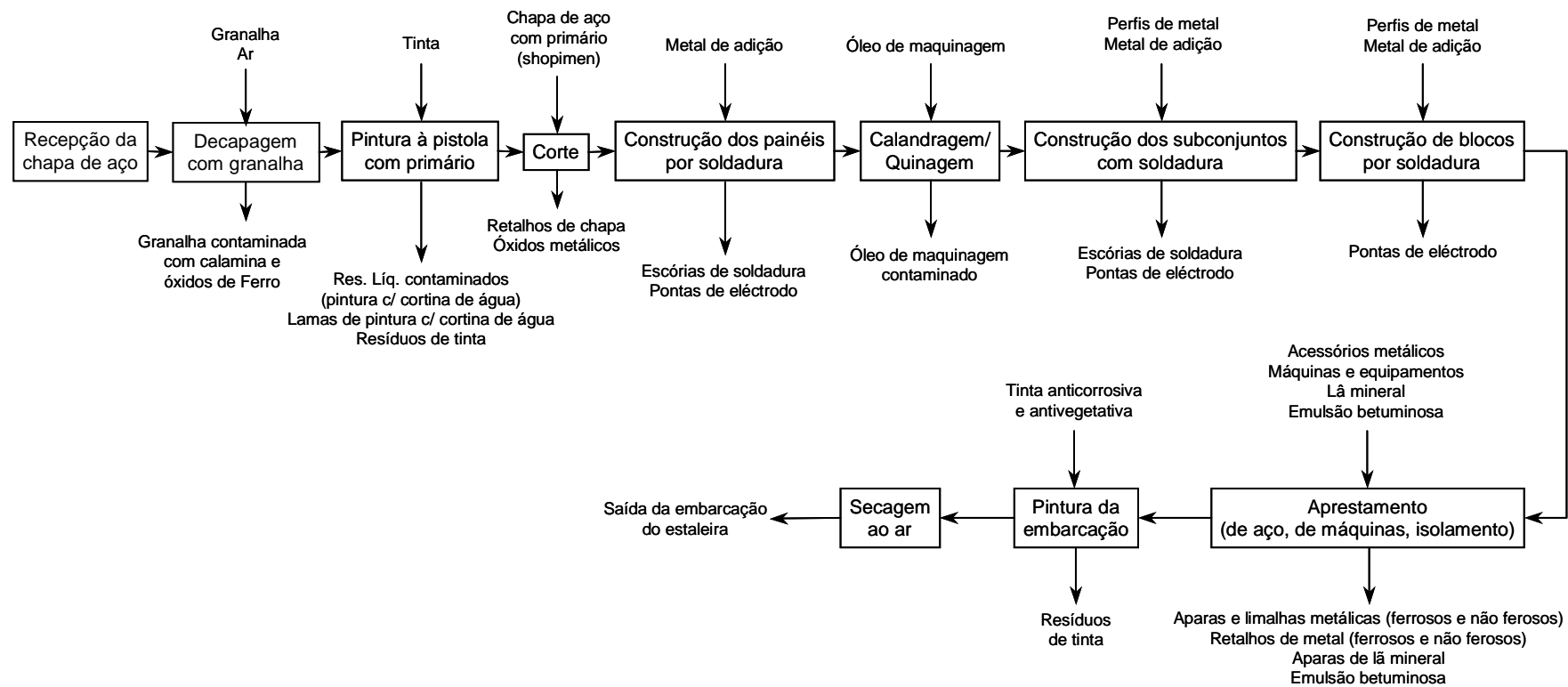


Figura 21 – Diagrama representativo do processo de construção de uma embarcação metálica

4.3.2 - Reparação de embarcações metálicas

A reparação de embarcações inclui geralmente a reparação de danos sofridos na estrutura da embarcação e nos equipamento, programas de manutenção, revisão, e por vezes, conversões das próprias embarcações.

Apesar dos métodos de reparação variarem consoante a área a ser reparada, muitas das operações são idênticas às executadas durante a construção de uma embarcação nova. São contudo, realizadas a um ritmo mais elevado, não só porque as operações na reparação são em menor escala do que na construção, mas, principalmente, pelo confinamento de tempo existente, a fim da embarcação voltar ao serviço o mais rapidamente possível.

Tipicamente as operações de manutenção e reparação incluem:

- Decapagem da carcaça;
- Reparação da carcaça, estruturas interiores, áreas de trabalho e interiores de tanques;
- Reconstrução e instalação de maquinaria;
- Recolocação e instalação de novos sistemas, tais como sistemas de navegação e sistemas de comunicação;
- Reparação, modificação e alinhamento da hélice e do leme;
- Criação de novos espaços para a maquinaria através de cortes na estrutura de aço existente e adição de novas divisórias.

As reparações que não envolvem docagens são raras. O ciclo de reparação inicia-se, normalmente, com a entrada da embarcação na doca e termina com a sua saída.

Remoção das águas de caverna, de resíduos oleosos e reparação dos tanques

As actividades iniciam-se com os trabalhos preparatórios, que consistem na remoção de águas das cavernas (muitas vezes oleosas), de resíduos oleosos e de lamas oleosas, através da sua bombagem para tanques volantes. Esta operação executa-se sempre que a embarcação entra no estaleiro, mesmo que não seja necessário proceder á reparação dos tanques.

No caso de ser necessário efectuar a reparação dos tanques, após terem sido despejados, estes são limpos, reparados e pintados. Uma renovação frequente da pintura aumenta a longevidade da embarcação.

Antes da pintura é necessário proceder-se à preparação das superfícies a serem pintadas, utilizando-se para tal solventes e detergentes para a remoção de gorduras e de óleos acumulados. Após a limpeza e secagem dos tanques, estes sofrem uma decapagem

geralmente com escória mineral (com o objectivo de retirar a tinta velha) antes de serem pintados.

A reparação e manutenção dos tanques requer uma adequada ventilação, dado que a maioria dos tanques (tanques de lastro, tanques de combustíveis, porão, etc.) estão situados no fundo da embarcação.

Desengorduramento da linha de água

A operação de desengorduramento só se efectua quando necessário, ou seja, quando existem óleos e gorduras no casco da embarcação.

Nesta operação o consumo de água e detergente é em média de 25 l/m² de casco a tratar.

Os efluentes aqui gerados (água com detergente e gorduras) vão depositar-se no fundo da doca seca, sendo na maioria dos casos enviados para o meio aquático sem nenhum tipo de tratamento prévio.

Lavagem do casco a alta pressão

A limpeza do casco é processada por lavagem com água a alta pressão, removendo-se incrustações marinhas, resíduos de tinta envelhecida, sais, lama e alguns óleos e gorduras. Geralmente esta lavagem é efectuada com água doce, visto que a maioria dos estaleiros possuem água de furo. No caso de estaleiros que só têm disponível água canalizada, preferem efectuar a limpeza do casco com água salgada, e só depois proceder à operação de baldeação (lavagem do casco com água doce) retirando, deste modo, os sais da superfície da embarcação.

Esta operação é a mais consumidora de água, gastando-se em média cerca de 60 l/m² de casco. Os efluentes gerados, tal como acontece na operação de desengorduramento, são simplesmente libertados para o meio aquático, ficando no fundo da doca parte dos resíduos de tinta e de organismos marinhos.

Preparação do casco

A preparação do casco efectua-se sempre ao ar livre, não havendo a possibilidade de decapar a embarcação dentro de uma cabine (devido às suas dimensões). Esta operação efectua-se geralmente fora do horário laboral, devido não só aos ruídos provocados, mas principalmente devido à libertação para a atmosfera de uma nuvem de poeira, composta por uma mistura de partículas de granalha com óxidos e restos de tinta envelhecida.

Os resíduos de granalha ficam depositados no fundo da doca, sendo mais tarde retirados.

Reparação da estrutura danificada

Esta fase da reparação de embarcações metálicas refere-se à substituição da chapa danificada do costado da embarcação.

Parte desse trabalho é efectuada nas oficinas, podendo envolver operações de corte, de quinagem, de calandragem, de estampagem, de fresagem, de torneamento e de soldadura. Só depois se procede à montagem na doca, sendo a soldadura a principal operação envolvida nesta fase (geralmente manual ou semi-automática).

Reparação de componentes da embarcação

A reparação de componentes da embarcação pode dividir-se em reparação de componentes em madeira, reparação de componentes metálicos ou reparação mecânica. Nos dois primeiros, geralmente, procede-se à substituição dos componentes danificados, sendo possível em alguns dos casos efectuar a preparação desses mesmos componentes nas próprias instalações do estaleiro.

Pintura

Após a conveniente preparação e tratamento da embarcação, procede-se à pintura com pistolas de *spray airless*.

Na Figura 22 é apresentado um diagrama representativo do processo de reparação de uma embarcação metálica.

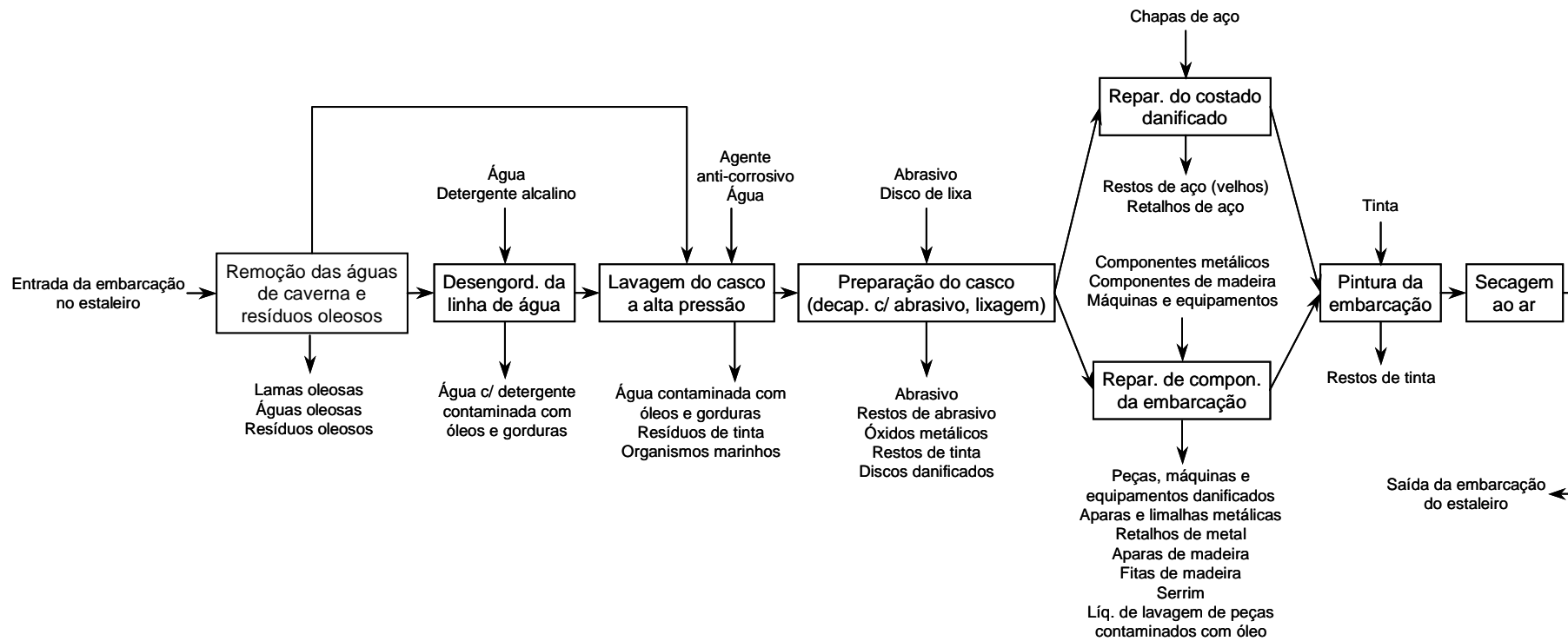


Figura 22 – Diagrama representativo do processo de reparação de uma embarcação metálica

4.3.3. Construção de embarcações de madeira

Geralmente, as embarcações de madeira são de menor dimensão que a maioria das embarcações metálicas, sendo mais utilizadas para a pesca, quer artesanal, quer em alto mar.

Tal como acontece na construção de embarcações metálicas o processo de fabrico de embarcações de madeira pressupõe várias etapas. Na Figura 23 é apresentado um diagrama representativo do processo de fabrico de uma embarcação em madeira.

Processamento da matéria prima

As matérias primas necessárias para a execução do projecto são toros de madeira. São normalmente utilizados diversos tipos de madeira, citando-se o pinho, o carvalho, a madeira exótica e o contraplacado marítimo. Alguns estaleiros já adquirem a madeira em pranchas (tábuas).

Após a recepção, os toros são cortados em prancha através da utilização de um charriot, para posteriormente sofrerem uma secagem ao ar. Efectuando-se, finalmente o corte das pranchas, com serra de fita, em tábuas de menor dimensão.

Montagem da embarcação

Após a elaboração do projecto, executam-se os moldes à escala real, sem os quais não seria possível efectuar a riscagem das madeiras previamente escolhidas, para o fabrico da embarcação.

Seguidamente, cortam-se as diversas peças de madeira que vão constituir a embarcação, efectuando-se a sua montagem, começando pelo acentamento da quilha e pela colocação das cavernas na quilha (“traves mestras” do casco). Depois o esqueleto da embarcação começa a ser revestido com as pranchas ou tábuas de madeira, sendo de igual modo montados diversos componentes, previamente preparados, quer de madeira, quer metálicos.

Aprestamento

O aprestamento ao contrário do que poderia suceder nas embarcações metálicas é efectuado em grande parte após a montagem da embarcação, consistindo na preparação dos porões, montagem de tubagem, montagem de motor, etc.

Pintura da embarcação

A pintura das embarcações é efectuada utilizando pistolas de *spray airless*, trinchas ou rolos, dependendo da localização e acesso da zona a pintar. As tintas utilizadas têm de ser resistentes à água. A tinta utilizada para pintar desde a quilha até à linha de água, é tinta antivegetativa, conferindo deste modo uma protecção efectiva contra a fauna e a flora marinha.

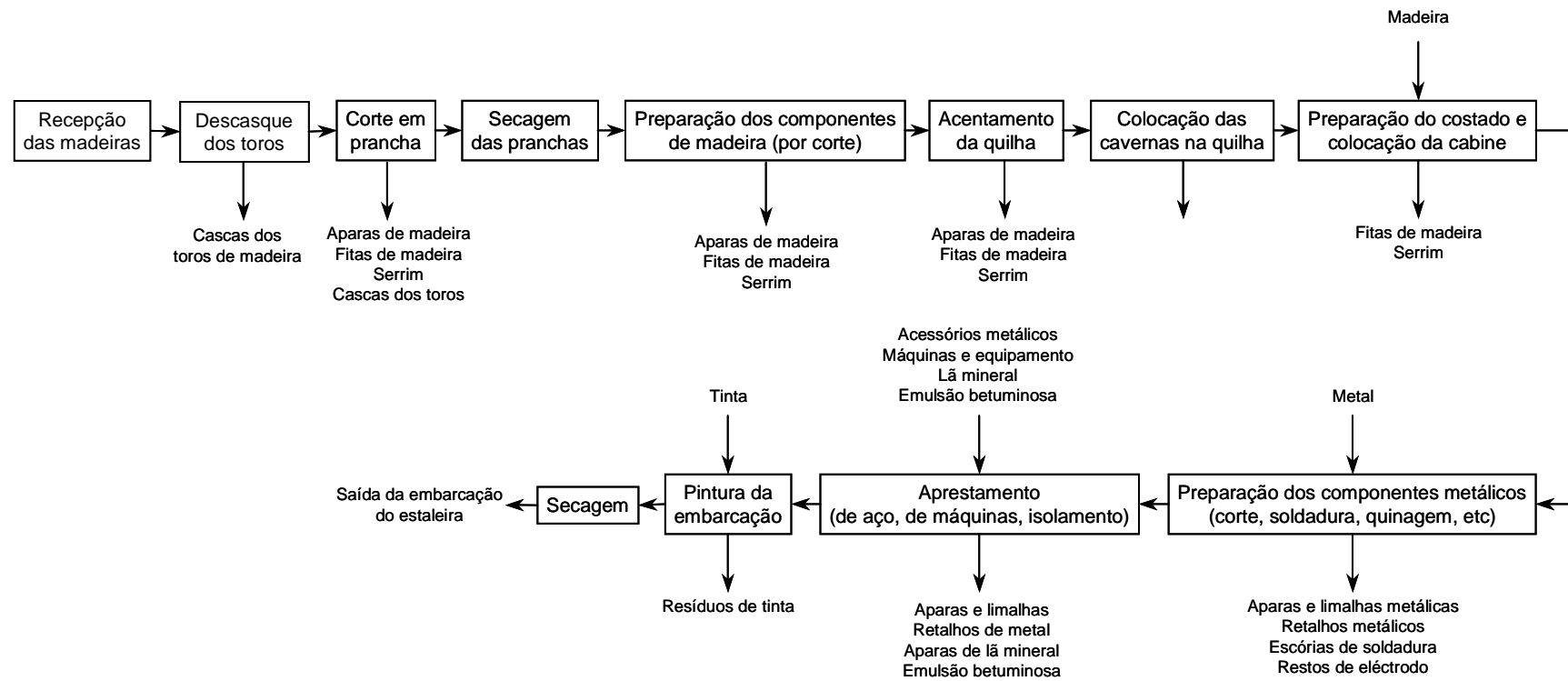


Figura 23 – Diagrama representativo do processo de fabrico de uma embarcação em madeira

4.3.4. Reparação de embarcações de madeira

Na reparação e/ou na manutenção de embarcações de madeira, após a entrada no estaleiro, efectua-se a remoção das águas das cavernas (geralmente águas oleosas) e a recolha de bidões com óleos usados.

A lavagem do casco efectua-se com água sobre pressão para a remoção de incrustações orgânicas da embarcação. Nesta lavagem são retiradas também pedaços de tinta velha, óleo e/ou gorduras que estejam aderentes à embarcação (na linha de água).

Quando a reparação da embarcação recai sobre a reparação e a substituição de zonas danificadas ou mesmo quando só é preciso renovar a pintura, é necessário, antes de tudo, preparar convenientemente a superfície.

No caso das embarcações de madeira, a operação de preparação da superfície consiste em retirar a tinta velha através de uma lixagem. A lixagem tem como objectivo desbastar a peça (superfície) ou conferir-lhe uma determinada rugosidade, retirando-lhe a tinta e ao mesmo tempo permitir uma boa aderência da nova pintura, através de métodos mecânicos, com lixa e/ou com escovas.

Geralmente, quando é necessário reparar parte da estrutura da embarcação, a madeira da zona danificada é retirada e substituída por madeira nova. No final da reparação a embarcação é pintada.

Na Figura 24 é apresentado um diagrama representativo do processo de reparação de uma embarcação em madeira.

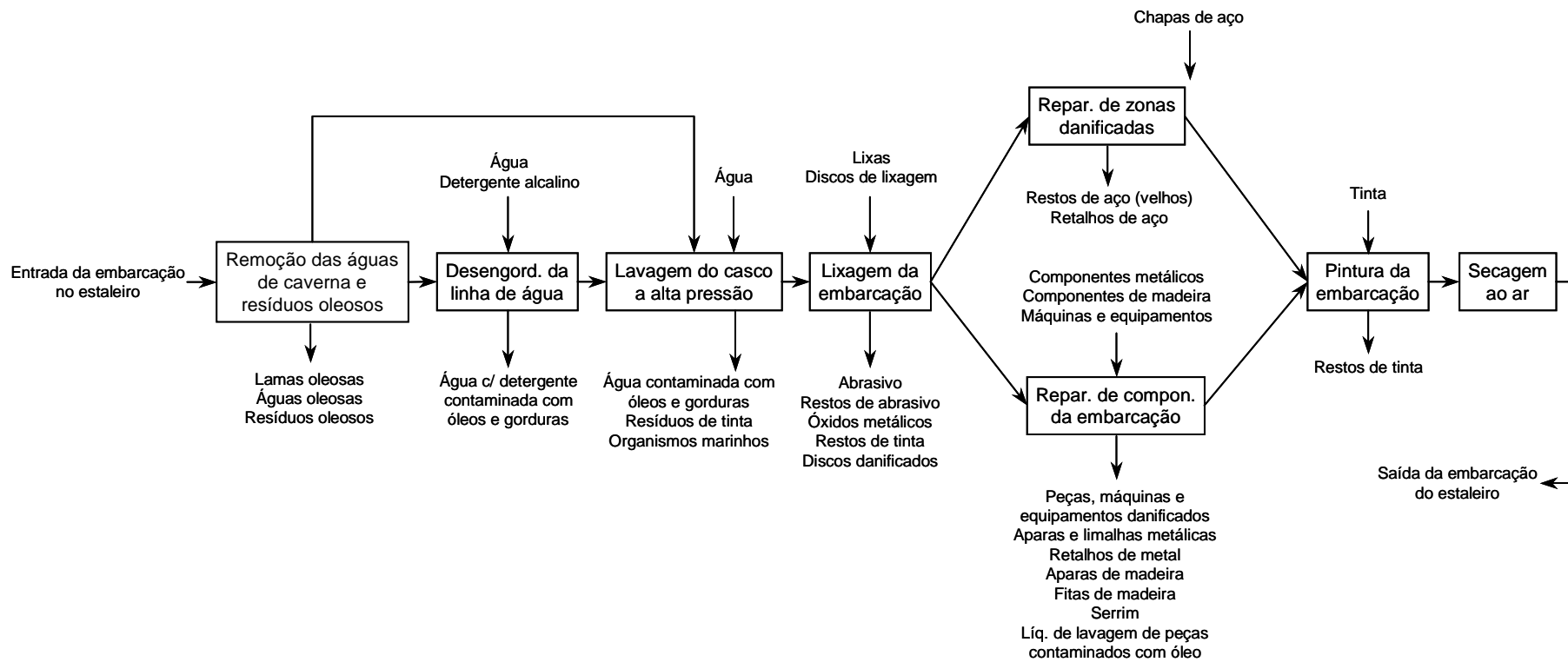


Figura 24 – Diagrama representativo do processo de reparação de uma embarcação em madeira

4.3.5. Construção de embarcações em fibra

Na construção de embarcações em fibra, utilizam-se resinas plásticas reforçadas com fibras minerais (fibras de vidro ou de carbono).

A construção destas embarcações é sensivelmente diferente da construção tradicional (embarcações metálicas e em madeira), devido não só às diferenças existentes no próprio processo de fabrico, mas principalmente, na preparação e no manuseamento das matérias primas. Na Figura 25 é apresentado um diagrama representativo do processo de fabrico de uma embarcação em fibra de vidro.

Ao contrário da construção metálica ou em madeira, as chapas e painéis são fabricadas na própria empresa.

As principais matérias primas utilizadas para a construção de embarcações em fibra são: resina, fibra de vidro, catalisador e gelcoto.

O tipo de resina depende das propriedades requeridas para o produto final, podendo ser utilizadas resinas poliésteres, resinas epóxicas, resinas poliamidas e resinas fenólicas. Os cascos são geralmente fabricados com resinas poliésteres que possuem propriedades termoendurecíveis.

Os catalisadores utilizados na preparação da resina e que permitem a sua polimerização são aminas, anidridos e produtos resultantes da condensação de aldeídos.

O gelcoto é uma resina poliéster pigmentada ou uma tinta à base de resina poliéster contendo aproximadamente 35% de estireno.

A moldagem é o processo mais comum na fabricação de embarcações em fibra de vidro, envolvendo combinações entre resinas polimerizadas e material reforçado de fibra de vidro, o qual pode conter entre 25 a 60% de fibra de vidro. Neste processo são utilizados moldes em madeira ou em fibra, para conferir a estrutura e sustentar a forma da estrutura da embarcação que se pretende construir. Este molde é revestido por uma cera desmoldante que facilita a desmoldação da embarcação no final.

A primeira camada a ser depositada é o gelcoto, que confere à embarcação a cor pretendida. Essa aplicação é efectuada geralmente através de uma pistola de *spray airless*. De seguida é colocada uma camada de fibra de vidro sobre a superfície, manualmente ou através de *spray*. A camada seguinte consiste na resina, a qual foi previamente preparada por adição do catalisador e do solvente (acetona, metil-etil-cetona ou estireno). Após a cura da resina, que

confere rigidez e resistência à estrutura, são aplicadas sucessivas camadas de fibra de vidro e de resina, até se obter a espessura pretendida. A resina após cada aplicação tem de sofrer um processo de cura.

Os enchimentos necessários, por exemplo na quilha da embarcação são efectuados com materiais sintéticos, com madeira e com adição de resina. Cada vez mais são utilizados os desperdícios da matéria prima, os resíduos de fibra de vidro e de resina curada, para se efectuarem esses enchimentos.

A única pintura adicional que a embarcação necessita é a pintura do casco com tinta antivegetativa, ou eventualmente alguma pintura estética (decorativa).

O aprestamento deste tipo de embarcações é muito semelhante aos aprestamentos das outras já mencionadas anteriormente.

4.3.6. Reparação de embarcações em fibra

Tal como nos casos das embarcações metálicas e em madeira, as embarcações em fibra quando entram no estaleiro, podem necessitar de reparação da estrutura, reparação de equipamento ou simplesmente pintura, como se mostra através do diagrama apresentado na Figura 26.

Quando a embarcação chega ao estaleiro para ser reparada é efectuado, em primeiro lugar a lavagem do casco com água a alta pressão, retirando-se deste modo, óleos, gorduras e alguns organismos marinhos. Se a embarcação ou parte da sua estrutura necessitar de ser reparada ou pintada, deve proceder-se primeiro à preparação da superfície através de lixagem. Só depois as partes danificadas são reparadas com fibra de vidro e resina, procedendo-se no final à pintura da embarcação.

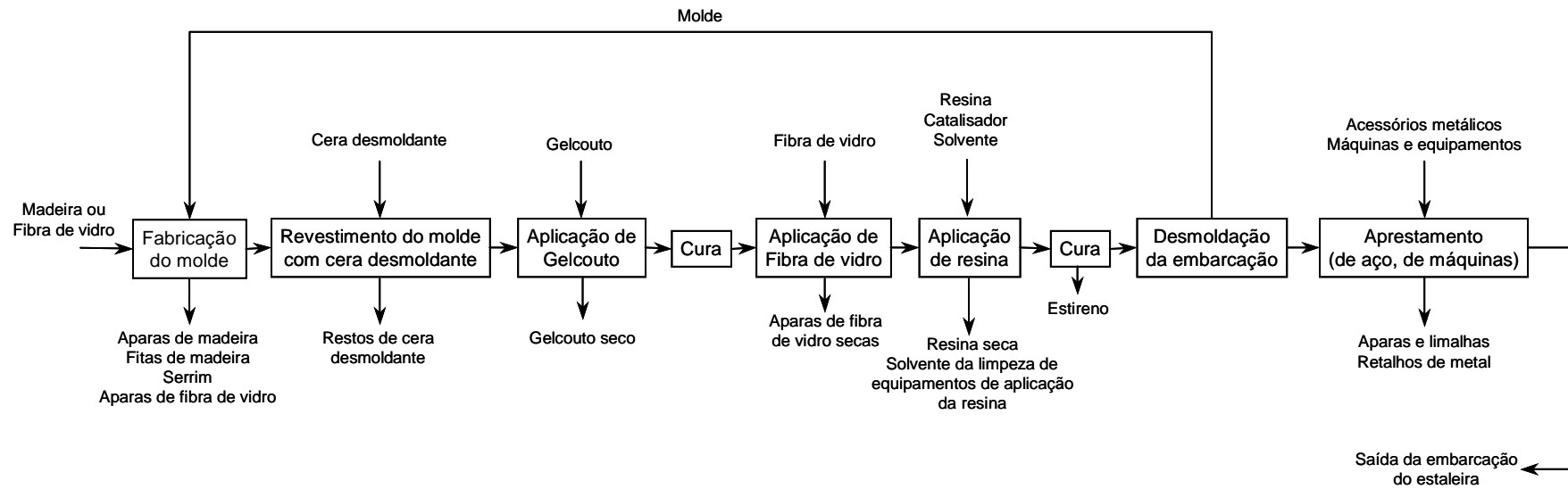


Figura 25 – Diagrama representativo do processo de fabricação de uma embarcação em fibra de vidro

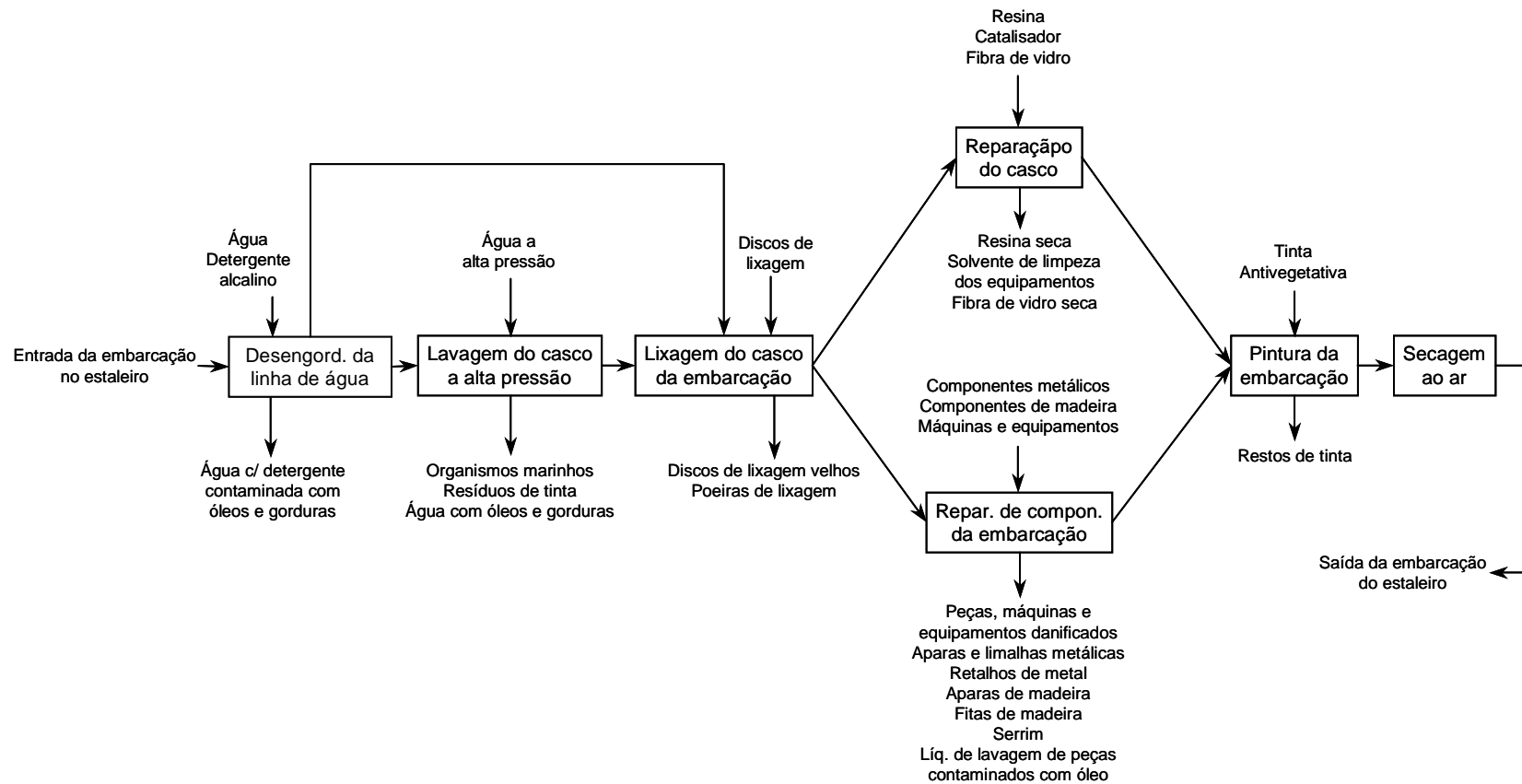


Figura 26 – Diagrama representativo do processo de reparação de uma embarcação em fibra de vidro

5. RESÍDUOS INDUSTRIAIS

5.1 Resíduos no Sector da Indústria Marítima e sua Gestão Actual

A descrição dos processos produtivos apresentada na secção anterior demonstra claramente que a actividade industrial do sector da Indústria Marítima é fortemente geradora de resíduos sólidos e efluentes líquidos.

As águas de lavagem dos cascos das embarcações, sendo ou não tratadas, não são contabilizadas neste estudo, porque se assume que não têm correspondência como resíduo líquido ao abrigo da classificação CER. Contudo, as lamas geradas no seu tratamento, quando ocorre, são contabilizadas.

No estaleiro, ao executar-se a reparação de uma embarcação, retira-se dessa embarcação águas oleosas de lastro e bidões de óleos usados, que apesar de não serem resíduos provenientes do processo produtivo, ficam no estaleiro, sendo a empresa de reparação naval responsável pelo seu tratamento ou encaminhamento. O mesmo acontece com as latas de tintas fornecidas pelo armador. Assim sendo, estes resíduos têm de ser contemplados neste estudo.

Em termos qualitativos, os resíduos industriais produzidos por este sector podem classificar-se em três grandes grupos:

- Resíduos sólidos – resultantes, essencialmente, das operações de preparação da matéria prima, soldadura, decapagem e lixagem das embarcações. Os resíduos gerados nestas operações englobam, aparas e retalhos de metal, restos de madeira, serrim, fibra de vidro seca, resina seca, gralha batida, resíduos de soldadura e resíduos de lixagem. A juntar a estes resíduos existem ainda as embalagens de tinta, de solventes e de resina.
- Resíduos líquidos – provenientes da lavagem e da preparação de superfície com produtos químicos, englobam: solventes, banhos da decapagem química, banhos de escorrimento, óleos usados e águas oleosas de lastro.
- Resíduos semi-sólidos ou pastosos – resultam principalmente das lamas formadas durante o corte de chapa e de operações de pintura, quando as tecnologias utilizadas são respectivamente, o corte com plasma submerso e a pintura com cortina de água. Se o estaleiro efectuar o tratamento das águas oleosas retiradas das embarcações, aquando da sua reparação, geram-se lamas oleosas.

Os resíduos sólidos gerados no sector da Indústria Marítima são classificados, segundo o CER (Catálogo Europeu de Resíduos – Portaria nº 818/97, de 5 de Setembro), com *Resíduos Inertes*. Alguns desses resíduos, tais como aparas e retalhos metálicos, são resíduos valorizáveis, recebendo os estaleiros alguma contrapartida monetária pela sua comercialização. Os restantes resíduos são encaminhados para empresas licenciadas, algumas vezes com bastante dificuldade. O resíduo sólido mais problemático é a granalha, que apesar de ser considerado um resíduo inerte, a sua deposição não é aceite em aterro urbano, visto ser considerado um resíduo industrial. Deste modo, o estaleiro armazena esse resíduo ou, então, contrata um operador licenciado para o encaminhar para um aterro controlado fora do País.

Relativamente às aparas e retalhos de madeira, tal como com os metais, muitas das empresas não os consideram resíduo, visto existir uma grande facilidade no seu escoamento sem encargos para os estaleiros. A maior parte dos resíduos de madeira são levados pelos funcionários ou pela população vizinha que os utiliza nas lareiras.

As águas de lavagem do casco, consideradas como águas residuais são lançadas directamente no rio, depois de retirados os resíduos sólidos (fauna, flora e resíduos de tinta).

Os tratamentos de superfície que englobam a preparação de superfícies com produtos líquidos, como a decapagem química e o desengorduramento, originam grandes quantidades de efluentes líquidos com elevadas concentrações em óleos e gorduras, compostos metálicos, ácidos, bases e aditivos vários, dando origem ainda, em certos casos, a lamas metálicas. Por outro lado, o facto dos tratamentos se efectuarem, ainda frequentemente, com o recurso à utilização de compostos nocivos, como sejam os solventes halogenados em operações de desengorduramento, faz com que muitos dos efluentes e resíduos produzidos neste sector tenham características de elevada perigosidade. Aliados aos resíduos líquidos gerados nos próprios estaleiros, as empresas ainda são responsáveis pela gestão de elevadas quantidades de águas de lastro e resíduos oleosos trazidos pelas embarcações, os quais são considerados resíduos perigosos.

Os resíduos líquidos são normalmente encaminhados para sistemas de tratamento na empresa (estação de tratamento de produtos oleosos e ETAR's), ou canalizados para operadores licenciados de resíduos industriais, para posterior tratamento em unidades próprias, geralmente localizados fora do País (nomeadamente no caso dos resíduos perigosos). Os resíduos semi-sólidos ou pastosos tem como destino final a deposição em aterro controlado (fora do País), através de operadores licenciados.

Algumas empresas que efectuam desengorduramento e limpeza de equipamento com solventes, conseguem escoar os solventes contaminados (resíduos) para o fornecedor, procedendo este à sua regeneração.

As embalagens de tintas e solventes são escoadas por empresas licenciadas para reciclagem. Já existem empresas que utilizam embalagens retornáveis (nomeadamente embalagem de solventes), que após utilização são devolvidas aos fornecedores e novamente utilizadas.

No que respeita à hierarquização dos resíduos pela sua perigosidade, pode afirmar-se que os resíduos considerados perigosos segundo o CER, são os seguintes:

- Solventes usados contendo óleos e gorduras;
- Resíduos líquidos ácidos de decapagem de metais;
- Resíduos da limpeza de depósitos de armazenagem (águas oleosas e lamas);
- Resíduos de tintas;
- Lamas oleosas;
- Lamas de maquinagem.

No sector da Indústria Marítima as lamas de maquinagem são provenientes da operação de corte com plasma submerso. Apesar dessas lamas não conterem óleo na sua composição, têm de ser classificadas, segundo o CER, como lamas de maquinagem, sendo por isso um resíduo perigoso. Uma vez que não existe, segundo o Catálogo Europeu de Resíduo, uma diferenciação entre lamas de maquinagem perigosas e não perigosas, esta foi a classificação adoptada.

5.2. Classificação e Quantificação dos Resíduos Industriais

A caracterização do sector em termos de resíduos requer um conhecimento do tipo e da quantidade de resíduos gerados em cada uma das operações de fabrico. Para conseguir tal caracterização, para além das pesquisas bibliográficas (que contribuíram significativamente para a identificação dos resíduos produzidos), foram desenvolvidas as seguintes acções:

- Consulta dos Contratos de Adaptação Ambiental (CAA) dos 18 estaleiros que aderiram ao Contrato, celebrado entre o Ministério do Ambiente, o Ministério da Economia e a Associação das Industrias Marítimas (AIM);
- Consulta dos dados dos Mapas de Registo de Resíduos Industriais, fornecidos pelo Instituto de Resíduos;
- Envio de questionário a uma empresa importante em termos produtivos, que não aderiu ao Contrato de Adaptação Ambiental;
- Visitas a 8 estaleiros, indicados pela AIM como sendo representativos do sector.

Segundo dados fornecidos pela AIM, apesar de só terem aderido ao CAA cerca de 26% dos seus associados, estes englobam as empresas mais significativas do sector, sendo da opinião que o envio de questionários às associadas não aderentes ao CAA, seria de muita pouca utilidade para o estudo em vista.

A estimativa dos resíduos baseou-se no pressuposto de que o universo do sector é constituído por 564 empresas, empregando 20 926 trabalhadores (dados de 1997 do MTS). Por sua vez, a amostra analisada envolveu 19 empresas (3,4% do total) com 5 219 trabalhadores (25% do total). Considerou-se a existência de uma relação directa entre o número de trabalhadores (por escalão) e a quantidade de resíduos produzida.

A partir da informação recolhida para cada processo de fabrico (actividade), os quantitativos de cada resíduo foram calculados para cada escalão de trabalhadores (1-9, 10-19, 20-49, 50-99, 100-199, 200-499, 500-999 e mais de 1000 trabalhadores), sendo de seguida extrapolados em cada escalão para o total de trabalhadores do mesmo. Do somatório dos resíduos produzidos por escalão resultou a estimativa do total de resíduos produzidos anualmente por cada processo de fabrico, e do somatório dos resíduos de cada processo resultou a estimativa final do total de resíduos produzidos anualmente no sector da Indústria Marítima.

Os resíduos gerados na Indústria Marítima foram classificados segundo o CER por actividade, sendo apresentados na Quadro 1. É igualmente identificada a sua perigosidade, bem com a operação que os gera.

Quadro 1 – Correlação dos resíduos produzidos com a operação que os gera e a sua perigosidade por actividade.

Actividade	Operação	Resíduos gerados	CER	Perigosidade
Construção de Embarcações Metálicas	Decapagem mecânica com: - Granalha de aço	Granalha contaminada com calamina e óxidos de ferro	12 02 01	Não Perigoso
	Pintura líquida por pulverização	Resíduos de tinta com e sem solventes halogenados	08 01 01 08 01 02	Perigoso
		Suspensões aquosas contendo tintas, da pintura com cortina de água	08 01 10	Perigoso
		Lamas da pintura com cortina de água	08 01 08	Não Perigoso
		Embalagens de tinta	15 01 02 15 01 04	Não Perigoso
	Corte de chapa: - Oxicorte - Plasma - Plasma submerso	Aparas e limalhas de metais ferrosos	12 01 01	Não Perigoso
		Retalhos de metais ferrosos	12 01 02	Não Perigoso
		Aparas e limalhas de metais não ferrosos	12 01 03	Não Perigoso
		Retalhos de metais não ferrosos	12 01 04	Não Perigoso
		Lamas do corte por plasma submerso	12 01 11	Perigoso*
	Soldadura	Resíduos de soldadura	12 01 13	Não Perigoso
	Aprestamento	Resíduos de madeira	03 01 03	Não Perigoso
	Isolamento	Aparas de lâ mineral	17 06 02	Não Perigoso
	Reparação de Embarcações Metálicas	Lavagem do casco da embarcação	Resíduos da remoção de tintas	08 01 09
Incrustações de algas e moluscos			20 03 01	Não Perigoso
Decapagem mecânica		Areia contaminada com tinta velha e óxidos	12 02 99	Não Perigoso
		Granalha contaminada com tinta velha e óxidos	12 02 01	Não Perigoso
Limpeza dos tanques da embarcação		Resíduos líquidos da limpeza dos tanques (águas oleosas)	16 07 06	Perigoso
		Lamas oleosas da limpeza dos tanques	16 07 06	Perigoso

* Como o corte com plasma submerso é uma operação de maquinagem, as lamas daí provenientes são lamas de maquinagem, consideradas segundo o CER como um resíduo perigoso, independentemente da sua composição.

Quadro 1 (cont.) – Correlação dos resíduos produzidos com a operação que os gera e a sua perigosidade por actividade.

Actividade	Operação	Resíduos gerados	CER	Perigosidade
Reparação de Embarcações Metálicas	Desengorduramento em fase orgânica (Lavagem de peças com solventes)	Solventes usados contendo óleos e gorduras	14 01 02 14 01 03 14 01 04 14 01 05	Perigoso
		Lamas contendo solventes	14 01 06 14 01 07	Perigoso
	Desengorduramento com água	Líquidos aquosos de lavagem	12 03 01	Não Perigoso
		Lamas do tratamento de águas residuais do desengorduramento	19 08 04	Não Perigoso
	Desengorduramento químico ácido ou alcalino	Resíduos líquidos com óleos e gorduras	11 01 04	Não Perigoso
		Lamas do tratamento de águas residuais do desengorduramento	19 08 04	Não Perigoso
	Decapagem química	Resíduos líquidos alcalinos de decapagem com metais	11 01 04	Não Perigoso
		Resíduos líquidos ácidos de decapagem com metais	11 01 05	Perigoso
	Pintura líquida por pulverização	Resíduos de tinta com e sem solventes halogenados	08 01 01 08 01 02	Perigoso
		Suspensões aquosas contendo tintas, da pintura com cortina de água	08 01 10	Perigoso
		Lamas da pintura com cortina de água	08 01 08	Não Perigoso
	Corte de chapa: - Oxicorte - Plasma - Plasma submerso	Aparas e limalhas de metais	12 01 01 12 01 03	Não Perigoso
		Retalhos de metais	12 01 02 12 01 04	Não Perigoso
		Lamas de corte por plasma submerso	12 01 11	Perigoso*
	Soldadura	Resíduos de soldadura	12 01 13	Não Perigoso
	Reparação do casco e de componentes	Resíduos de madeira velha	20 01 07	Não Perigoso
Resíduos de metal velho		20 01 06	Não Perigoso	

* Como o corte com plasma submerso é uma operação de maquinagem, as lamas daí provenientes são lamas de maquinagem, consideradas segundo o CER como um resíduo perigoso, independentemente da sua composição.

Quadro 1 (cont.) – Correlação dos resíduos produzidos com a operação que os gera e a sua perigosidade por actividade.

Actividade	Operação	Resíduos gerados	CER	Perigosidade
Construção de Embarcações em Madeira	Descasque dos toros	Cascas das arvores	03 01 01	Não Perigoso
	Corte de madeira	Aparas e fitas de madeira	03 01 02	Não Perigoso
		Serrim	03 01 02	Não Perigoso
	Montagem do casco	Aparas de madeira	03 01 03	Não Perigoso
	Pintura líquida	Resíduos de tinta com e sem solventes halogenados	08 01 01 08 01 02	Perigoso
	Aprestamento	Restos de metal	12 01 02 12 01 04	Não Perigoso
	Isolamento	Lã mineral	17 06 02	Não Perigoso
Reparação de Embarcações em Madeira	Lavagem do casco da embarcação	Resíduos da remoção de tinta	08 01 09	Não Perigoso
		Incrustações de algas e moluscos	20 03 01	Não Perigoso
	Reparação do casco e componentes	Resíduos de madeira velha	20 01 07	Não Perigoso
		Resíduos de metal	20 01 06	Não Perigoso
	Corte de madeira	Aparas e fitas de madeira	03 01 03	Não Perigoso
		Serrim	03 01 02	Não Perigoso
	Lixagem	Serrim	03 01 02	Não Perigoso
		Resíduos de remoção de tinta	08 01 09	Não Perigoso
		Outros resíduos	08 01 99	Não Perigoso
	Limpeza dos tanques da embarcação	Resíduos líquidos da limpeza de tanques (águas oleosas)	16 07 06	Perigoso
		Lamas oleosas	16 07 06	Perigoso
	Desengorduramento em fase orgânica (Lavagem de peças com solventes)	Solventes usados contendo óleos, gorduras e abrasivos	14 01 02 14 01 03 14 01 04 14 01 05	Perigoso
		Lamas contendo solventes	14 01 06	Perigoso
	Desengorduramento aquoso	Líquidos aquosos de lavagem	12 03 01	Não Perigoso
		Lamas do tratamento de águas residuais do desengorduramento	19 08 04	Não Perigoso
	Desengorduramento químico ácido ou alcalino	Resíduos líquidos com óleos e gorduras	11 01 04	Não Perigoso
		Lamas do tratamento de águas residuais do desengorduramento	19 08 04	Não Perigoso
	Pintura líquida	Resíduos de tinta com e sem solventes halogenados	08 01 01 08 01 02	Perigoso

Quadro 1 (cont.) – Correlação dos resíduos produzidos com a operação que os gera e a sua perigosidade por actividade.

Actividade	Operação	Resíduos gerados	CER	Perigosidade
Construção de Embarcações em Fibra de Vidro	Construção do casco em plástico reforçado	Fibra de vidro	10 11 03	Não Perigoso
		Resinas curadas	20 01 12	Não Perigoso
		Plástico reforçado	20 01 04	Não Perigoso
	Pintura	Gelcoto (resina poliéster pigmentada)	08 01 05	Não Perigoso
		Resíduos de tinta com e sem solventes halogenados	08 01 01 08 01 02	Perigoso
	Aprestamento	Resíduos de metal de metal	12 01 02 12 01 04	Não Perigoso
		Resíduos de madeira	03 01 03	Não Perigoso
	Isolamento	Aparas de lã mineral	17 06 02	Não Perigoso
	Limpeza de equipamento	Solventes não halogéneo de lavagem de equipamento (Acetona)	07 02 04	Perigoso
	Reparação de Embarcações em Fibra de Vidro	Lavagem do casco da embarcação	Resíduos da remoção de tinta	08 01 09
Incrustações de algas e moluscos			20 03 01	Não Perigoso
Reparação do casco e componentes		Fibra de vidro	10 11 03	Não Perigoso
		Resinas curadas	20 01 12	Não Perigoso
		Resíduos de metal	20 01 06	Não Perigoso
		Resíduos de madeira velha	20 01 07	Não Perigoso
Lixagem		Resíduos de remoção de tinta	08 01 09	Não Perigoso
		Lamas de lixagem	12 02 02	Não Perigoso
Comum a todos os processos	Manutenção	Óleos usados	13 01 01	Perigoso
			13 01 02	
			13 01 03	
			13 01 04	
			13 01 05	
	Óleos de motor, transmissão e lubrificação	13 02 01	Perigoso	
		13 02 02		
		13 02 03		
	Limpeza de equipamento	Solventes de limpeza contaminados	14 01 02	Perigoso
			14 01 03	
14 01 04				
14 01 05				
Lamas ou resíduos sólidos com solventes	14 01 06	Perigoso		
	14 01 07			
Recepção de matéria prima	Embalagens de metal	15 01 04	Não Perigoso	
	Embalagens de plástico	15 01 02	Não Perigoso	
	Papel e cartão	20 01 01	Não Perigoso	

No Quadro 2 apresentam-se os quantitativos dos resíduos por subsector e a sua perigosidade.

É de salientar que não são mencionados os dados referentes à geração de resíduos pelas empresas do subsector de Desmantelamento Naval, devido à inexistência de informação quantitativa, uma vez que estas empresas não aderiram aos Contratos de Adaptação Ambiental e não preencheram os mapas de registos de resíduos.

O sector da Indústria Marítima gera anualmente cerca de 150 mil toneladas de resíduos. A maior contribuição provém dos resíduos sólidos, com cerca de 89,5%, sendo grande parte dessa contribuição, gerada pelo sector da Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto.

Por análise do Quadro 2 ressalta que existem dois grupos de resíduos predominantes, os resíduos metálicos ferrosos com cerca de 36 765 t e a granalha com 85 523 t. Esses dois grupos de resíduos predominam, como é lógico no sector da Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto.

Relativamente aos resíduos de metais ferrosos o valor estimado deve estar abaixo do real, por um lado, porque não foram considerados os resíduos provenientes do subsector de Desmantelamento Naval (devido à inexistência de dados) e por outro porque determinadas empresas como conseguem escoar facilmente os resíduos metálicos, recebendo em troca alguma contrapartida monetária, não os contabilizam como resíduo.

No sector da Construção e Reparação de Embarcações Não Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto, os resíduos de madeira são os predominantes, com 6 833 t, logo seguido dos resíduos de tintas com 90 t.

Em termos globais, a maior quantidade de resíduos líquidos (cerca de 10% do total de resíduos do sector) é constituída pelos resíduos provenientes da lavagem de peças, cerca de 8 844 t, logo seguido dos resíduos oleosos da limpeza dos tanques (3 471 t).

Quanto aos resíduos pastosos, verifica-se que a maior produção diz respeito às lamas oleosas provenientes da limpeza de tanques (463 t).

Relativamente aos resíduos considerados como Perigosos (ao abrigo da Portaria nº 818/97 de 5 de Setembro), eles só representam 4,6% (6 903,7 t) do total dos resíduos do sector. Grande parte desses resíduos não são gerados directamente pelo processo produtivo, mas sim trazidos pelos armadores.

Quadro 2 – Quantificação dos resíduos gerados anualmente por subsector

Resíduo	CER	Perigosidade	Quantidade anual gerada (t)			
			Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto	Construção e Reparação de Embarcações Não Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto	Construção e Reparação de Embarcações de Recreio e de Desporto	Resíduos Totais
Resíduos Sólidos:						
Retalhos de aço	12 01 02	Não Perigoso	4 138	32	1,4	4 171
Aparas e limalhas de metais ferrosos	12 01 01					
Resíduos de metais ferrosos (retirados das embarcação)	20 01 06	Não Perigoso	32 554	38	1,7	32 594
Retalhos de metais não ferrosos	12 01 04	Não Perigoso	0,3	6	0,3	6,6
Aparas e limalhas de metais não ferrosos	12 01 03					
Resíduos de metais não ferrosos (retirados da embarcação)	20 01 06	Não Perigoso	21	-	-	21
Resíduos de soldadura	12 01 03	Não Perigoso	5	-	-	5
Resíduos de granalha	12 02 01	Não Perigoso	85 523	-	-	85 523
Resíduos de areia	12 02 99	Não Perigoso	1 077	-	-	1 077
Cascas dos toros das arvores	03 01 01	Não Perigoso	1 116	3 618	161	4 895
Aparas e fitas de madeira Serrim	03 01 02					
Resíduos de madeira (retirados das embarcações)	20 01 07	Não Perigoso	2 388	3 215	143	5 746
Plásticos reforçados	20 01 04	Não Perigoso	-	28	1	29
Resina seca curada	20 01 12	Não Perigoso	-	16	2	18
Aparas de fibra de vidro	10 11 03	Não Perigoso	-	8	3	11

Quadro 2 (cont.)– Quantificação dos resíduos gerados anualmente por subsector

Resíduo	CER	Perigosidade	Quantidade anual gerada (t)			
			Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto	Construção e Reparação de Embarcações Não Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto	Construção e Reparação de Embarcações de Recreio e de Desporto	Resíduos Totais
Resíduos Líquidos:						
Resíduos de tinta	08 01 01 08 01 02 08 01 10	Perigoso	760	90	4	854
Óleos usados	13 01 01 13 01 02 13 01 03 13 01 04 13 01 05	Perigoso	835	93	4	932
Óleos de motor, transmissão e lubrificação	13 02 01 13 02 02 13 02 03	Perigoso	535	-	-	535
Resíduos aquosos de lavagem de peças (desengorduramento)	11 01 04 12 03 01	Não Perigoso	8 844	-	-	8 844
Solventes contaminados	14 01 03 14 01 04 14 01 05	Perigoso	1,5	0,2	-	1,7
Resíduos líquidos de decapagem contendo metais	11 01 04 11 01 05	Perigoso	418	-	-	418
Resíduos oleosos da limpeza de tanques das embarcações	16 07 02	Perigoso	3 471	-	-	3 471

Quadro 2 (cont.)– Quantificação dos resíduos gerados anualmente por subsector

Resíduo	CER	Perigosidade	Quantidade anual gerada (t)			Resíduos Totais
			Construção e Reparação de Embarcações Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto	Construção e Reparação de Embarcações Não Metálicas, Excepto de Recreio e de Desporto	Construção e Reparação de Embarcações de Recreio e de Desporto	
Resíduos Pastosos:						
Lamas da pintura com cortina de água	08 01 08	Não Perigoso	5,4	-	-	5,4
Lamas oleosas da limpeza de tanques das embarcações	16 07 06	Perigoso	463	-	-	463
Lamas do corte por plasma Lamas de maquinaria	12 01 11	Perigoso	138	-	-	138
Resíduos do separador água/óleo	13 05 01	Perigoso	91	-	-	91
Lamas de ETAR	19 08 04	Não Perigoso	30	-	-	30
Outros Resíduos:						
Embalagens de metal	15 01 04	Não Perigoso	20	1	0,08	21
Embalagens de plástico	15 01 02	Não Perigoso	8	0,5	-	8,5
Papel e cartão	20 01 01	Não Perigoso	57	-	-	57

TOTAL DE RESÍDUOS DO SECTOR 149 966 t

6. POTENCIAL DE PREVENÇÃO DENTRO DO SECTOR

A descrição dos processos produtivos anteriormente realizada e a sua correspondente associação à geração dos resíduos, mostra que a maioria desses resíduos são inerentes aos processos de fabrico.

O sector da Indústria Marítima baseia-se grandemente na montagem de componentes e, apesar de bastante poluente, poucas medidas ou tecnologias de prevenção haverá, que se possam aplicar de uma forma inovadora.

Deste modo, no que se refere às tecnologias de prevenção potencialmente aplicáveis, elas encontram-se mais directamente relacionadas com outros sectores, como seja o sector da Metalurgia e Metalomecânica e o sector dos Tratamentos de Superfície.

Aqui englobam-se, por exemplo, as tecnologias aplicadas aos diversos tipos de operações de corte e de maquinagem (tecnologias de corte e tecnologias de reutilização dos fluidos de corte das operações de maquinagem), de desgorduramento e de pintura, com as comparações, vantagens e desvantagens associadas.

Em termos dos processos de preparação e tratamento do costado das embarcações e da sua pintura, tem havido uma grande preocupação no desenvolvimento de processos e tecnologias mais limpas, visando a prevenção da poluição. No entanto, a sua implementação tem sido bastante limitada, devido às exigências dos armadores relativamente ao tipo de pintura a aplicar, condicionando essa operação os processos de preparação e tratamento da superfície. Neste campo, o potencial de prevenção para o sector, pode considerar-se elevado, passando pela substituição de processos e de matérias primas por outros de menor impacte ambiental.

Por outro lado, as medidas de prevenção que se poderão aplicar referem-se, essencialmente, à implementação de “boas práticas” industriais, como sejam a implementação de sistemas de gestão de embalagens cuidada, a racionalização do sistema de forma a diminuir as perdas de matéria prima (da água, p. ex.), a reutilização dos óleos usados sempre que possível e a limpeza das docas e planos.

Em conclusão, pode dizer-se que existem muitas medidas e tecnologias de prevenção aplicáveis que ainda não estão implementadas devido a um conjunto de factores de diferente natureza, que vão desde o desconhecimento da sua existência até à ausência de condições financeiras para investimento.

A implementação de algumas tecnologias de prevenção no tecido produtivo nacional está ligada maioritariamente a questões de melhoria tecnológica e de competitividade e não a preocupações ambientais, o que reforça a convicção do elevado potencial de benefícios que interessa difundir pelas empresas do sector.

6.1 Tecnologias e Medidas de Prevenção Identificadas para o Sector

Nesta fase do trabalho, apresentam-se de uma forma sistemática as tecnologias e medidas de prevenção com potencialidades de aplicação no sector. A identificação dessas tecnologias teve por base uma alargada pesquisa bibliográfica em vários campos, tais como artigos, livros e base de dados.

Com o objectivo de se conhecer melhor a realidade da actividade industrial e dos processos de fabrico foram efectuadas visitas a várias empresas, tendo-se abrangido todos os processos de fabrico. Deste modo, puderam identificar-se algumas medidas e tecnologias de prevenção já implementadas, bem como recolher a opinião dos industriais relativamente a outras tecnologias.

As soluções apresentadas mais adiante, podem ser extremamente vantajosas para as empresas, porque, para além de benefícios económicos associados, introduzem melhorias significativas nos processos em termos ambientais, quer pela diminuição da quantidade e/ou perigosidade dos resíduos gerados, quer pela maior facilidade da sua gestão. Todas estas acções garantem às empresas que as adoptem, vantagens competitivas e uma melhor preparação para enfrentar as exigências normativas ambientais que venham a ser impostas no futuro.

No Quadro 3 apresentam-se as medidas e tecnologias de prevenção para o sector, as operações em que se aplicam e o resíduo que previnem. Não é demais salientar que se pretendem apresentar as tecnologias aplicadas às operações do processo de fabrico e não ao tratamento fim-de-linha dos resíduos.

Quadro 3 - Tecnologias e medidas de prevenção identificadas para o sector da Indústria Marítima

Tecnologia / Medida de Prevenção	Operação	Resíduo que Previne
Limpeza das docas e planos	Tratamento do casco da embarcação	Contaminação das águas com resíduos de organismos marinhos, granalha e resíduos de tinta
Colocação de barreiras nas docas e planos que impeçam o escoamento dos resíduos sólidos para o rio.		
Colocação de barreiras anti-poluição nas docas e planos	Lavagem da embarcação	Contaminação das águas com óleos e gorduras
Limpeza da linha de água das embarcações com material oleofílico.	Desengorduramento do casco da embarcação	
Instalação de paraventos e coberturas dos bailéus com telas transparentes e dos andaimes. Utilização de redes entre a embarcação e o cais.	Decapagem e Pintura da embarcação na doca	Resíduos de tinta e disseminação de poeiras de decapagem
Construção de uma cabine desmontável		
Corte mecânico com arrefecimento por ar comprimido	Corte	Emulsão
Corte a seco	Corte	Emulsões e óleos
Corte de chapa por: <ul style="list-style-type: none"> - Oxi-corte com CNC - Corte por plasma - Corte por laser - Corte por jacto de água com abrasivo 	Corte	Emulsões e óleos
Instalação de um sistema de separação e recolha selectiva de óleos em vez da recolha num depósito central	Maquinagem	Emulsão e óleos
Recuperação de emulsões por: <ul style="list-style-type: none"> - Decantação - Decantação com dispositivo de coalescência - Centrifugação - Hidrociclonagem - Ultrafiltração 	Maquinagem	Emulsão
Recuperação de água da mistura de óleos semi-sintéticos por evaporação em vácuo	Maquinagem	Mistura de óleos semi-sintéticos
Recuperação de óleos sintéticos por microfiltração	Maquinagem	Óleos sintéticos
Reutilização de óleos usados para lubrificar ferramentas	Maquinagem	Óleos de corte
Substituição de decapagem química por decapagem física	Decapagem química	Solução ácida de decapagem Resíduo líquido alcalino com metais
Recuperação da granalha por: <ul style="list-style-type: none"> - Crivagem - Ciclonagem 	Decapagem física	Granalha contaminada
Substituição da areia de decapagem por granalha		Soluções de desengorduramento Granalha
Substituição de granalha de escória de cobre por: <ul style="list-style-type: none"> - Granalha de aço - Abrasivos plásticos 		Minimização do volume de granalha
Utilização de granalha calibrada e ensacada		
Substituição da decapagem com granalha por decapagem com jacto de água		Granalha contaminada
Sistema de lixagem com aspiração	Lixagem da embarcação	Poeiras de lixagem no ar

Quadro 3 (cont) - Tecnologias e medidas de prevenção identificadas para o sector da Indústria Marítima

Tecnologia / Medida de Prevenção	Operação	Resíduo que Previne
Desengorduramento químico com soluções aquosas alcalinas	Desengorduramento com solventes	Solventes usados contaminados com óleos, gorduras e partículas abrasivas; lamas contendo solventes
Desengorduramento químico com soluções aquosas ácidas		
Colocar um banho de pré-desengorduramento, alimentado pelo despejo do banho de desengorduramento No caso de um desengorduramento a quente, colocar um banho morto que permite compensar as perdas por evaporação	Desengorduramento	- Resíduo líquido com óleos, gorduras, metais e produtos químicos de desengorduramento - Lamas de tratamento contaminadas com óleos, gorduras e metais
Regeneração dos banhos de desengorduramento por: - Flotação - Decantação - Centrifugação - Ultrafiltração - Microfiltração		
Pintura com tinta em pó, com equipamento para recolha de poeiras com possibilidade de recuperação de matéria-prima	Pintura com tinta líquida	- Resíduos de tintas de base aquosa - Resíduos de tintas com solventes - Lamas da remoção de tintas
Pintura à pistola com sistema HVLP (elevado volume/baixa pressão)	Pintura a <i>spray</i> atomizado por ar Aplicação de resina	Perdas por <i>overspray</i>
Pintura <i>airless</i>		
Pintura electrostática atomizada à pressão		
Lavagem automática das pistolas de aplicação de tinta e de resina (base solvente), com possibilidade de reutilização do solvente	Lavagem das pistolas de aplicação de tinta e de resina	- Resíduos de tintas de base solvente - Lamas de remoção de tintas
Sistemas de filtração e reciclagem das águas nas cortinas das cabines	Pintura com cortina de água	Contaminação das águas com resíduos de tinta
Revestimentos com sistema de mistura de componentes com: - Aplicação à pistola - Aplicação com rolos	Pintura com tinta líquida Revestimento com resina nas emb. em fibra de vidro	- Resíduos de tintas catalisada - Resíduos de resina curada
Reciclagem da água das cabines de pintura por: - Filtração - Centrifugação	Pintura com cortina de água	Suspensões aquosas contendo tintas
Substituição de resinas termoendurecíveis por resinas termoplásticas	Fabricação de embarcações em fibra de vidro	Resina seca curada

Quadro 3 (cont) - Tecnologias e medidas de prevenção identificadas para o sector da Indústria Marítima

Tecnologia / Medida de Prevenção	Operação	Resíduo que Previne
Trituração de resíduos de fibra de vidro e resinas para inserção no processo produtivo	Enchimento da quilha	Resíduos de fibra de vidro e de resina seca
Regeneração de solventes por: - Destilação - Evaporação a vácuo	Todas as operações que utilizem solventes, incluindo limpeza de equipamento	Solventes contaminados

Os objectivos destas medidas e tecnologias podem resumir-se, de um modo geral, em:

- Minimização do consumo de água;
- Minimização do consumo de matérias primas através duma melhor gestão e aproveitamento das mesmas;
- Substituição de matérias primas perigosas por outras de menor impacto ambiental;
- Substituição de processos por outros menos poluentes;
- Reintegração no processo de fabrico de alguns resíduos.

Para além das medidas e tecnologias, os industriais podem implementar nas suas empresas as denominadas boas práticas, que resultam na:

- Implementação de sistemas de gestão de resíduos eficientes, que possibilitem a recolha e separação selectiva, bem como o melhor escoamento dos mesmos, existindo mesmo a possibilidade da sua valorização ou reutilização após tratamento;
- Manutenção do equipamento em perfeitas condições operacionais;
- Renovação do equipamento que conduza não só à evolução tecnológica das empresas, mas que também permita gerir mais eficazmente o consumo das matérias primas, reduzindo os desperdícios; e,
- Realização periódica de acções de formação e esclarecimento dos trabalhadores relativamente ao processo de fabrico e ao correcto manuseamento e manutenção dos equipamentos.

Apresenta-se de seguida, de uma forma detalhada, algumas medidas e tecnologias de prevenção aplicáveis aos vários processos de fabrico, inseridos no sector da Indústria Marítima.

6.1.1. Controlo do consumo de água

Os estaleiros são grandes consumidores de água, nomeadamente quando efectuam reparações de embarcações. Sendo assim, a optimização do seu uso torna-se essencial na estratégia da empresa.

O consumo de água nos estaleiros provém da lavagem do casco da embarcação a ser reparada, incluindo o desengorduramento da linha de água. Em menor escala consome-se água no desengorduramento de peças e componentes (designada pelos industriais como lavagem de peças).

A maioria dos industriais, ainda não está consciente da necessidade de controlar o consumo de água, uma vez que utilizam água de furo, e não efectuam nenhum tipo de tratamento às águas residuais provenientes da lavagem do casco da embarcação antes da sua descarga. No entanto, com as restrições ambientais em termos de descargas de água para o meio ambiente, as empresas vão ser obrigadas a efectuar tratamentos. Com a entrada em vigor dessas restrições os industriais tem de tomar consciência que, para além dos benefícios económicos inerentes (da captação e principalmente do tratamento de fim de linha), descarregar menos água implica a geração de menos lamas e conseqüentemente a aplicação de medidas e tecnologias tornam-se relevantes para a prevenção de resíduos.

A optimização no consumo de água pode passar por:

- Maior controlo operacional dos caudais utilizados (utilização de instrumentação adequada);
- Reutilização das águas de lavagem e de desengorduramento do casco através da sua regeneração por meios físicos.

Os tratamentos podem passar por operações simples de remoção dos sólidos utilizando sistemas de crivagem, quando as águas não estão contaminadas com óleos e gorduras, ou por utilização de tecnologias como a decantação e filtração (retirar sólidos, óleos e gorduras).

A reutilização da água é não só uma medida de poupança de água, como também uma forma de maximizar o uso de reagentes químicos, como por exemplo os inibidores de corrosão e o detergente alcalino (no caso do desengorduramento).

- Substituir sempre que possível a operação de desengorduramento da linha de água com agentes químicos (água e detergentes alcalinos), por rolos oleofílicos. É de salientar que esta operação só é viável para embarcações de pequeno e médio porte.

6.1.2. Limpeza das docas e planos

A limpeza das docas e planos de reparação e construção é uma medida fundamental na minimização de descargas para o meio ambiente (rio) de resíduos sólidos provenientes dos processos produtivos.

A embarcação ao entrar no estaleiro para reparação, arrasta consigo organismos marinhos incrustados no seu casco, que se depositam na doca ou no plano após a limpeza do casco. É aconselhável efectuar a sua remoção da doca ou plano antes de se proceder à decapagem da embarcação, facilitando deste modo, a possibilidade de reutilização da granalha.

Retirar toda a granalha da doca ou plano, após a decapagem, traz não só benefícios ambientais, como económicos. Deste modo, a granalha não é arrastada para o rio, na altura da saída da embarcação, conseguindo-se recuperar granalha passível de ser reutilizada.

A quantidade de resíduos sólidos que são escoados para o meio ambiente (rio) está intimamente relacionada com o tipo de docagem ou alagem utilizada e com os processos utilizados na recolha de resíduos. Estes processos podem passar por sistemas de aspiração de sólidos, ou pela construção de barreiras nas docas e planos inclinados, que impeçam o escoamento dos resíduos depositados para o rio.

Outra das medidas possíveis de implementar que facilitaria a limpeza das docas e impediria a disseminação de poeiras de decapagem pela empresa, seria a instalação de paraventos e de coberturas dos bailéus e dos andaimes com telas transparentes. Além da maior facilidade de recolha dos resíduos, estas medidas trazem benefícios adicionais relativamente à pintura da embarcação, sendo possível efectuar essa operação independentemente das condições de vento e de humidade, existindo não só uma economia de tempo mas principalmente de tinta (diminuição do desperdício de tinta causado pela existência de vento). Outra das alternativas seria a construção de uma cabine desmontável, usando tubos e coberturas com placas de zinco. Uma cabine com 20mx25mx5m poderia custar cerca de 33 mil contos, dos quais 21 mil corresponderiam a estrutura de andaimes, que poderiam ser utilizados quando a cabine fosse desmontada (Fonte:CAA).

6.1.3. Tecnologias e medidas de prevenção aplicadas à operação de decapagem

A decapagem efectuada no sector da Indústria Marítima tem como finalidade preparar os componentes metálicos e a superfície da embarcação para a pintura, sendo uma das maiores geradoras de resíduos.

A maioria das decapagens são físicas, apesar de existirem algumas decapagens químicas, nomeadamente na preparação e tratamento de componentes, tubagens e tanques.

As tecnologias e medidas aplicadas à decapagem, tem como objectivo principal diminuir o volume de resíduos, passando pela substituição do abrasivo utilizado por abrasivos com maiores possibilidades de reutilização.

6.1.3.1. Substituição de uma decapagem em meio aquoso por uma decapagem a seco com granalha

Regra geral, em termos ambientais, uma decapagem a seco apresenta vantagens em relação a uma decapagem em meio aquoso, uma vez que os resíduos retirados das superfícies metálicas se encontram na fase sólida, podendo as poeiras produzidas ser aspiradas através de um sistema adequado e facilmente recuperadas para serem eliminadas com reutilização da granalha. Na decapagem por via húmida, os resíduos líquidos encontram-se mais dispersos e diluídos, constituindo volumes por vezes elevados e com características bastante agressivas, uma vez que se trata de operações em que se utilizam ácidos ou bases fortes. É necessário ter em conta no entanto que o tratamento mecânico pode criar descontinuidades na superfície das peças, fazendo com que nem todas as operações de decapagem química possam ser substituídas por processos mecânicos.

6.1.3.2. Substituição da areia utilizada na decapagem por outros abrasivos de menor impacto ambiental

Tradicionalmente, a areia era o abrasivo utilizado na decapagem das embarcações, mas devido aos problemas ambientais e de saúde dos trabalhadores, tem vindo a ser substituída por outro tipo de abrasivo- **a granalha**.

A escolha do tipo de granalha, deve passar não só pelo seu custo, mas principalmente pela possibilidade de reutilização; diminuindo-se assim o volume de resíduo gerado e os custos inerentes à sua deposição.

Por vezes é economicamente mais viável, consumir um tipo de granalha inicialmente mais cara, mas com possibilidade de reutilização sistemática, tornando o processo mais económico

ao longo do tempo, do que o consumo de granalha mais barata, mas que só pode ser utilizada uma vez.

De seguida, apresenta-se alguns tipos de granalha possíveis de serem utilizados no sector.

➤ Granalha de escória de cobre

A escória de cobre é um subproduto da indústria do cobre.

Actualmente devido ao ser baixo custo e eficiência em retirar a tinta velha da embarcação, tem sido o tipo de granalha utilizado em substituição da areia.

Esta granalha mineral, tem a possibilidade de ser reutilizada no máximo duas vezes, deixando depois disso de ser eficiente devido à pequena dimensão das partículas.

➤ Granalha de aço

A granalha de aço é um abrasivo muito eficiente na preparação estrutural de chapa metálica, conferindo-lhe uma certa rugosidade, a qual possibilita uma boa aderência da tinta.

Em termos do tratamento da estrutura do casco para uma nova pintura, é um excelente agente decapante da tinta envelhecida. Além disso a utilização da granalha de aço, tem a vantagem relativamente aos outros agentes decapantes de ser facilmente regenerada, podendo ser utilizada diversas vezes, sem perder as suas características.

A recuperação da granalha pode ser efectuada por simples crivagem ou utilizando tecnologias mais avançadas como a ciclonação. Consegue-se deste modo, retirar a maioria dos finos, partículas de ferrugem, calamina e restos de tinta.

A utilização da granalha de aço tem como desvantagem, o facto do investimento inicial (custo da granalha e do sistema de recuperação) ser superior ao da areia e da escória de cobre. No entanto ao fim de algum tempo esse investimento é recuperado. Nas empresas nacionais o uso de granalha é restrito à decapagem em cabine.

➤ Granalha de plástico

A decapagem com granalha de plástico é outro processo mecânico de retirar a tinta das embarcações quando estas necessitam de ser novamente pintadas, em alternativa à decapagem com areia. Este processo utiliza partículas angulares de plástico, podendo ser plástico termoendurecível ou termoplástico. Existem abrasivos de plástico de vários tamanhos e várias durezas, sendo a sua escolha dependente do tipo de material a tratar.

A sua utilização é particularmente eficiente para retirar tinta envelhecida de superfícies frágeis, como o alumínio, zinco e fibra de vidro, sendo a decapagem efectuada a uma pressão (≤ 40 psi), muito menor do que na decapagem com granalha de aço. Outra das vantagens é a possibilidade de reutilizar cerca de 10-12 vezes, antes de se tornar pequena demais para remover eficientemente a tinta. Deste modo, diminui-se o volume de resíduos e conseqüentemente o custo de deposição.

No entanto, tem a desvantagem de poder não ser tão eficiente na remoção da corrosão.

A recuperação da granalha efectua-se por ciclonação, para retirar os finos, e por passagem num separador magnético.

6.1.3.3. Utilização de granalha seca e calibrada

A granalha antes de ser utilizada na decapagem das embarcações, necessita de ser seca num forno, gastando-se energia e perdendo-se granalha por formação de finos durante a secagem.

A alternativa é comprar granalha ensacada e calibrada (mais cara), e guarda-lha ao abrigo das condições atmosféricas (chuva e vento). Esta medida já foi implementada em Portugal com vantagens.

O custo da granalha é de 4 contos a tonelada, sendo o preço da granalha seca e calibrada de 11 contos/t. Apesar da granalha seca e calibrada ser mais cara, o investimento a longo prazo compensa, poupando-se por eliminação da operação de secagem em termos energéticos (cerca de 230\$00 por tonelada de granalha), de pessoal e de consumo de granalha nova.

A adopção desta medida tem como vantagens:

- Evitar a operação de secagem, que origina a perda de cerca de 20% de granalha, por formação de finos;
- Evitar os custos energéticos e de mão de obra associados à operação de secagem;
- Apresentar melhor rendimento nas operações de decapagem;
- Minimizar o consumo de granalha.

6.1.3.4. Substituição de uma decapagem com granalha por uma decapagem com jacto de água

Sistemas de decapagem com jacto de água a média e alta pressão podem ser utilizadas para remover tinta envelhecida dos cascos das embarcações.

A pressão utilizada pode variar entre 3 000 e 15 000 psi, no caso do jacto de água a média pressão, atingindo 55 000 psi nas operações a alta pressão.

A decapagem com jacto de água a média pressão necessita para aumentar a sua eficiência da adição de um abrasivo (por exemplo, bicarbonato de sódio), enquanto o sistema a alta pressão utiliza um jacto de água pura.

Após a decapagem, a água residual é recolhida, sendo tratada através de um sistema de filtros para remoção de resíduos de tinta. Posteriormente, a água passa por um tanque de coalescência para remoção de óleos e gorduras e por um sistema de desionização (para retirar iões lixiviados). Após este tratamento a água pode ser reutilizada.

A aplicação desta tecnologia, tem como vantagens:

- Redução de resíduos na ordem dos 90%;
- A lavagem do casco torna-se dispensável;
- Redução nos custos de matérias primas.

As desvantagens da implementação desta tecnologia são:

- Elevado capital inicial;
- Remoção parcial da corrosão;
- Necessidade de operadores especializados;
- A velocidade de decapagem está condicionada pelo tipo de tinta e espessura da pintura;
- Necessita de pintura em superfícies húmidas e por vezes corroídas, sendo necessário uma tinta que iniba a progressão da corrosão.

A decapagem com jacto de água, apesar do seu elevado custo inicial, já se encontra implementada numa empresa nacional.

6.1.3.5. Utilização de resíduos de granalha noutras industrias

A granalha é considerada um inerte, sendo possível a sua incorporação em coberturas de aterros urbanos e no material de pavimentação de estradas, após se efectuarem testes de lixiviação.

Outra das possibilidades de reaproveitamento dos resíduos de granalha é a sua incorporação na carga do forno das cimenteiras para aproveitamento do ferro.

6.1.4. Utilização de tecnologias mais avançadas nas operações de corte de chapa

As empresas com menos recursos utilizam geralmente os tradicionais maçaricos de corte. Actualmente, existem tecnologias de corte mais avançadas, tais como o oxi-corte com controlo numérico, o corte por plasma, o corte por laser e o corte por jacto de água com abrasivo. Este último é uma alternativa aos processos de corte térmico. No entanto, quase todos os materiais metálicos e não metálicos podem ser cortados por via térmica.

➤ Oxi-corte

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.

Como fonte de calor para o pré-aquecimento do material e para se atingir a temperatura de fusão usa-se, predominantemente, a chama oxiacetilénica.

➤ Corte por plasma

O corte por plasma é um processo em que o material metálico é fundido na zona de corte 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 injeção 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 injeção de água é indicado para o corte de aços de construção e de Cr-Ni. 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. Outra das características mais vantajosa, é o facto da água minimizar o efeito do calor na integridade estrutural do metal.

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.

➤ 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 CO₂. 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.

➤ Corte 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 o material não ser afectado pelo calor e não serem necessárias operações de acabamento, sendo mantida a integridade estrutural do material.

No Quadro 4 é feita uma comparação entre os processos de corte térmico tecnologicamente mais avançados e o processo tradicional de oxi-corte.

Quadro 4 – Comparação das características técnico-económicas associadas às tecnologias de corte de chapa

	Plasma				Laser
	Oxi-corte	Tradicional	Longa vida	Alta definição	
Investimento	Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio	Elevado
Custos operacionais	Relativamente baixos Utiliza grande volume de gases	Baixos-elevados Depende muito do tipo de gás seleccionado	Baixos-elevados Depende muito do tipo de gás seleccionado	Baixos-elevados Depende muito do tipo de gás seleccionado	Elevados Consumos de gás e energia elevados Componentes como espelhos e ópticas aumentam os custos
Manutenção	Simples Pode ser feita pela empresa	Moderada Geralmente pode ser feita pela empresa	Moderada Geralmente pode ser feita pela empresa	Moderada Geralmente pode ser feita pela empresa	Complexa Requer técnicos especializados
Espessuras					
<i>Aço</i>	3 mm-30 mm	1.3 mm-76 mm	1.3 mm-76 mm	0.5 mm-12.7 mm	0.076 mm-19 mm
<i>aço inoxidável</i>	Não	0.8 mm-12.7 mm	0.8 mm-76 mm	0.4 mm-12.7 mm	1 mm-16 mm
<i>Alumínio</i>	Não	0.8 mm-15.2 mm	0.8 mm-76 mm	1.3 mm-12.7 mm	1 mm-16 mm
Velocidade de corte	Diminui à medida que aumenta a espessura	Altas velocidades de corte para todas as espessuras	Altas velocidades de corte para todas as espessuras Melhor escolha para grandes espessuras	Maior velocidade com a melhor qualidade de corte na maior gama de espessuras Ligeiramente mais lento que os processos tradicional e de longa vida	Mais rápido que o plasma em materiais muito finos (menos de 3.2 mm)
Materiais	Aço e titânio	Todos os materiais electricamente condutores	Todos os materiais electricamente condutores	Todos os materiais electricamente condutores	Metais
Flexibilidade	Limitada	Corta uma gama maior de espessuras para mais tipos de metais	Alta velocidade e precisão para cortar todos os materiais condutores	Maior que o laser Tolera oxidação, óleo e outras condições de superfície	Muito bom Pode ter dificuldade em superfícies altamente reflectoras
Precisão	0.8 mm	0.8 mm	0.8 mm	0.23 mm	0.076 mm
Qualidade	Média	Semelhante ao oxi-corte com controlo numérico	Semelhante ao oxi-corte com controlo numérico	Aproximada à do laser em material fino e semelhante ao oxi-corte à medida que a espessura aumenta	Melhor para chapas de espessura inferior a 6.4 mm

6.1.5. Tecnologias e medidas de prevenção aplicadas aos processos de maquinagem

Nas operações de corte mecânico e de maquinagem existe sempre um atrito superficial entre a peça e a ferramenta, o que origina um aumento da temperatura do material a níveis capazes de influenciar as suas propriedades mecânicas, provoca o desgaste das ferramentas e altera desfavoravelmente o estado de tensão adequado à deformação (no caso da maquinagem sem arranque de aparas). Para minimizar estes efeitos é necessário utilizar fluidos que promovam o arrefecimento, lubrifiquem e arrastem as limalhas para fora da zona de trabalho. Esse tipo de fluidos são, na sua maioria, à base de água (emulsão, óleos semi-sintéticos e sintéticos), sendo conhecidas diversas medidas e tecnologias que permitem prolongar a sua vida útil.

6.1.5.1. Medidas que permitem prolongar a vida dos fluidos

Os fluidos são considerados pelos industriais, em geral, como tradicionais consumíveis. Presentemente estes fluidos, quando degradados, são geralmente encaminhados para empresas licenciadas de recolha de óleos. No entanto, os industriais, face à necessidade de garantir o aumento da produtividade e da competitividade, estão cada vez mais sensibilizados para a aplicação de medidas que permitam prolongar a vida dos fluidos. A finalidade é otimizar a sua *performance*, reduzir a quantidade de resíduos e os custos inerentes ao seu escoamento. Para tal, os parâmetros que têm de ser avaliados são:

- A qualidade da água utilizada;
- A selecção do fluido adequado;
- O controlo da composição do fluido;
- O sistema de remoção de contaminantes do fluido.

- Qualidade da água utilizada

A qualidade da água utilizada para preparar as emulsões (fluidos) é muito importante para a sua *performance*. O tempo de vida útil da emulsão, da ferramenta, e o grau de corrosão da máquina é grandemente afectado pelas características da água.

- Selecção do fluido de corte

Devido à larga variedade de fluidos disponíveis, nem sempre se torna fácil escolher o fluido ideal para uma dada aplicação. Sob o ponto de vista da viabilidade económica das tecnologias aplicáveis para a sua regeneração e reutilização, é importante que, tanto quanto possível, se utilize o mesmo fluido com a mesma concentração no maior número de operações, pois os

benefícios de escala daí resultantes permitem maximizar o retorno do investimento efectuado. Neste campo são indispensáveis as informações e recomendações dos fornecedores deste tipo de produtos.

Existem no mercado quatro classes de fluidos: óleos inteiros, óleos solúveis, semi-sintéticos e sintéticos.

- Controlo das características do fluido

À medida que os fluidos são utilizados há necessidade de se proceder ao seu controlo analítico, o que nem sempre é possível com os meios existentes nas empresas. De facto, devido a perdas por arrastamento e por evaporação, além de outros tipos de contaminações, é necessário repor a composição da emulsão, ou então as suas propriedades ficam de tal forma alteradas que o fluido terá que ser substituído.

O controlo analítico mais simples pode consistir na verificação periódica da sua concentração e do pH. Na realidade, as bactérias que por vezes contaminam os fluidos geram ácidos como subprodutos, fazendo baixar o pH e degradando o fluido. Quando esta situação acontece é necessário controlar o nível de bactérias através da adição de biocidas e reajustar o pH. Ao mesmo tempo, o fluido vai ficando contaminado com óleos livres, resultantes da quebra da emulsão ou de óleos das máquinas, com lamas, e com aparas e limalhas de metal. Para além de diversos tipos de contaminação a composição do fluido altera-se sendo necessário proceder às devidas correcções como a remoção de óleos livres, e de sólidos e controlo das bactérias, ou então à que proceder há sua substituição.

- Remoção de contaminantes do fluido

A remoção de contaminantes tem como objectivo manter o fluido em condições adequadas à função e minimizar, portanto, a frequência da sua substituição. Qualquer sistema para regeneração do fluido pode ser aplicado individualmente a uma máquina ou pode consistir num sistema centralizado que trata os fluidos de um conjunto de máquinas, tudo dependendo da variedade de composições utilizadas.

Geralmente todas as máquinas incorporam já um sistema de filtração com uma rede para separação das aparas, das limalhas e de outros materiais sólidos. No entanto, com este mesmo objectivo podem aplicar-se outras tecnologias.

- *Controlo do nível de bactérias*

A adição periódica de agentes biocidas possibilita o controlo do crescimento bacteriano, retardando a velocidade de biodegradação dos fluidos de corte.

A pasteurização aplicada aos fluidos de corte permite matar as bactérias sensíveis ao calor desde que submetidas a uma temperatura da ordem dos 79 °C durante 15 segundos. Esta operação pode ser evitada, quando a temperatura dos fluidos é mantida em valores que inibam o desenvolvimento de bactérias.

- *Remoção de óleos livres*

Existem várias técnicas que permitem a remoção de óleos livres, com diferentes graus de eficiência, tais como: utilização de raspadores, decantação, decantação com coalescência, centrifugação, hidrociclonagem, ultrafiltração, microfiltração e evaporação em vácuo.

A escolha de uma ou outra técnica depende do grau de eficiência pretendido, da quantidade de fluido a ser tratada e da capacidade de investimento das empresas.

Os fluidos emulsionados definem-se como tendo três estados de óleo. Existem os óleos emulsionados quimicamente ($d < 20 \mu\text{m}$), óleos emulsionados mecanicamente ($20 \mu\text{m} < d < 150 \mu\text{m}$) e óleos livres ($d > 150 \mu\text{m}$).

Para compreender a eficiência dos processos de separação dos óleos é necessário ter em conta que uma emulsão inicialmente estável ao longo do tempo, vai sofrendo modificações do seu estado, transformando-se em emulsão mecânica e acabando com o aparecimento de óleos livres.

6.1.5.2. Regeneração de fluidos de corte

Seguidamente são descritas, de uma forma resumida, algumas tecnologias aplicáveis aos fluidos de corte.

- *Decantação*

A decantação é uma tecnologia muito usada tanto em regime contínuo como descontínuo, quando se pretende separar sólidos de líquidos ou dois líquidos imiscíveis, sendo que essa separação de fases só se torna efectiva num período de tempo variável, mas normalmente longo.

A decantação aplicada a emulsões, permite separar 3 fases, uma fase sólida constituída por limalhas e lamas de maquinagem, que fica depositada no fundo do decantador, uma fase intermédia, que é a emulsão propriamente dita e uma outra fase sobrenadante, constituída pelos óleos livres.

A emulsão, após suficiente tempo de permanência no decantador pode ser novamente utilizada após ajuste da sua concentração. Esta tecnologia permite triplicar ou quadruplicar o tempo de vida da emulsão, dependendo do estado de degradação da mesma e da quantidade de bactérias presentes antes do início do tratamento. A frequência com que se deve submeter a emulsão a uma operação de decantação é muito superior aquela que é necessária no caso da ultrafiltração (analisada mais adiante), porque no primeiro caso a parte do óleo que está emulsionado mecanicamente não é separada, passando rapidamente para o estado de óleo livre quando a emulsão volta a ser utilizada.

- Decantação com dispositivo de coalescência

Para aumentar a eficiência da separação de fases (reduzindo o tempo de permanência necessário) pode utilizar-se um decantador com um dispositivo de polipropileno que devido às suas propriedades oleofílicas, acelera a coalescência das gotas mais pequenas de óleo que se separam mais facilmente da fase aquosa.

- Centrifugação

A centrifugação, tal como a decantação, é uma técnica que permite separar fases sólidas e líquidas ou líquidos imiscíveis, tendo a vantagem da separação se efectuar muito mais rapidamente, devido à força centrífuga.

De acordo com o mecanismo que usam para a separação dos sólidos, as centrifugas podem classificar-se da forma seguinte:

- Centrifugas de sedimentação, em que a separação se baseia na diferença de massa específica entre as fases sólida e líquida (sólido mais denso);
- Centrifugas de filtração, em que as fases se separam por filtração. As paredes do cesto da centrífuga são porosas e o líquido filtra através do bolo de sólidos depositado e é removido.

A centrifugação pode ser aplicada aos resíduos líquidos das operações de maquinagem que utilizem emulsões, ao corte com plasma submerso e ao corte por jacto de água com abrasivos, permitindo a reutilização da emulsão (nas operações de maquinagem) e da água no corte por plasma submerso e no corte por jacto de água com abrasivo.

A centrifugação aplicada às emulsões separa a “mistura” em três fases: limalhas e partículas metálicas, emulsão e óleos livres. Esta tecnologia consegue prolongar a vida das emulsões 4 a 6 vezes, dependendo do grau de degradação e da quantidade de bactérias existentes na emulsão.

- Ultrafiltração

É um processo de filtração através de membranas com porosidade de dimensão variável que permitem, com base no tamanho das moléculas, fazer a separação de emulsões e de macromoléculas. Esta tecnologia tem sido aplicada, por exemplo, na separação de óleos de águas residuais. As membranas de ultrafiltração não conseguem reter compostos orgânicos e inorgânicos solúveis de baixo peso molecular. No tratamento de emulsões contaminadas com óleos livres, o fluxo através da superfície da membrana (permeado) é influenciado pelos seguintes factores: concentração de óleo na alimentação, sólidos em suspensão, velocidade superficial membrana, pressão transmembrana, temperatura, sujidade superficial e concentração da polaridade. A concentração da polaridade resulta da acumulação de solutos na superfície membrana. Os solutos chegam à superfície membrana através do solvente por transporte convectivo. Os solutos rejeitados geralmente formam um gel viscoso que fica depositado na membrana. Este gel actua como uma membrana secundária, reduzindo o fluxo e a passagem de solutos de baixo peso molecular. A sujidade superficial é resultante da deposição de partículas micrométricas na superfície, assim como da acumulação de pequenos solutos na superfície devido à sua cristalização e/ou precipitação. Por isso, é necessário efectuar limpezas periódicas das membranas para repor o caudal de permeado.

Nesta tecnologia, a emulsão aquosa atravessa a membrana, obtendo-se um permeado que pode representar 95% do caudal de alimentação. Os óleos livres e os óleos emulsionados mecanicamente ficam retidos na forma de um concentrado. A emulsão descontaminada é reencaminhada para a operação.

Por aplicação desta tecnologia é possível multiplicar por 10 vezes o tempo de vida das emulsões permitindo poupanças significativas em termos de água e óleo, além da diminuição substancial do volume de resíduos líquidos. Apesar destas vantagens, devido ao investimento elevado e à necessidade periódica de manutenção e de substituição das membranas, a aplicação desta tecnologia só se torna viável para elevadas quantidades de emulsão a tratar.

No Quadro 5 comparam-se as várias tecnologias aplicáveis às emulsões de corte.

Quadro 5 – Comparação das características técnicas associadas às tecnologias de tratamento de emulsões

	Investimento	Custos operatórios	Manutenção	Contaminantes retirados		
				Partículas metálicas, óxidos e outros	Óleos livres	Bactérias
Filtração	Baixo	Baixos	Baixa	Sim	-	-
Decantação	Médio	Baixos	Baixa	Sim	Sim	-
Decantação c/ coalescência	Mais elevado do que sem coalescência	Baixos	Baixa	Sim	Sim	-
Centrifugação	Elevado	Médios	Média	Sim	Sim	-
Ultrafiltração	Elevado	Altos	Alta	Sim	Sim	Parcialmente
Pasteurização	Baixo	Baixos	-	-	-	Sim

- Evaporação em vácuo

A evaporação é uma técnica de separação de constituintes com diferentes pontos de ebulição, permitindo, consoante os componentes da mistura, separá-los ou simplesmente concentrar um deles.

Esta tecnologia pode ser aplicada para separar a água, de uma mistura de óleos de corte semi-sintéticos. No entanto, convém salientar que esta separação não pode ser efectuada a temperatura demasiado elevada, devido ao perigo de decomposição dos óleos. Em vácuo, consegue evaporar-se a água a temperaturas mais baixas do que em atmosfera normal, pelo que nestas circunstâncias, o perigo de decomposição dos óleos é reduzido, podendo ser eliminado.

A ultrafiltração não se aplica ao caso dos óleos semi-sintéticos, porque estes formam com a água misturas que são parcialmente emulsões e parcialmente soluções verdadeiras, não se conseguindo uma separação efectiva entre a água e o óleo.

- Microfiltração

Esta técnica pode ser utilizada na regeneração de soluções de óleos sintéticos. Os óleos de corte sintéticos são verdadeiramente solúveis na água, pelo que a microfiltração tangencial regenera as soluções de corte, ao reter os óleos estranhos (óleos hidráulicos, óleos das máquinas) e pequenas partículas.

A aplicação desta tecnologia permite prolongar a vida dos óleos sintéticos durante muito tempo, não sendo, em geral, necessário utilizar esta operação muito frequentemente.

Apesar da poupança no consumo de óleos sintéticos e da redução substancial destes resíduos, as empresas continuam com uma certa relutância na sua implementação, alegando que a

quantidade de óleo contaminado que geram não é suficiente para a tornar viável economicamente. O investimento previsível é relativamente elevado face a algumas outras técnicas referidas, além de que é necessária uma manutenção periódica eficaz e proceder à substituição das membranas em períodos mais ou menos curtos, dependendo do tipo de membranas seleccionado e da aplicação específica.

6.1.5.3. Utilização de fluidos sintéticos em substituição de outros fluidos

A utilização de óleos sintéticos em substituição dos óleos não sintéticos apresenta diversas vantagens relativamente ao seu tempo de vida útil.

Os fluidos sintéticos não são usualmente muito eficientes em termos de lubrificação, mas em contrapartida são menos susceptíveis às contaminações e mais resistentes à degradação biológica. Muitos desses fluidos podem ser usados numa larga gama de temperaturas sem efeitos secundários. Sempre que possível devem-se substituir os óleos inteiros por sintéticos.

6.1.6. Tecnologias e medidas de prevenção aplicadas à operação de revestimento

Tipicamente, as operações de pintura contribuem com mais de metade dos resíduos considerados perigosos num estaleiro. Em muitos casos, a maioria dos resíduos de tinta podem ser reduzidos através da aquisição de equipamento mais moderno, utilização de alternativas de pintura e utilização de boas praticas de pintura.

Uma boa técnica de aplicação do revestimento é fundamental com vista à redução dos resíduos. Muitos estaleiros utilizam métodos de pulverização para revestir a peça ou superfície a tratar. Se executadas incorrectamente, as técnicas de pulverização têm um elevado potencial de geração de desperdícios (resíduo), conseqüentemente é fundamental uma adequada escolha da técnica a utilizar, bem como dar formação aos trabalhadores.

Convém salientar que na Indústria Marítima a operação de pintura está condicionada por dois factores importantes.

- O mais relevante consiste no facto do estaleiro não ter liberdade na escolha do tipo de tinta a ser aplicada, sendo essa decisão tomada pelo armador.
- Outro dos condicionamento é a dimensão da peça a ser pintada, dependendo desse factor as condições de aplicação da tinta (local e tipo de pintura).

As tecnologias aplicadas à operação de revestimento (pintura) apresentadas neste guia, não se limitam a incidir exclusivamente na pintura do casco das embarcações, abrangendo de igual modo a pintura de peças que podem ser pintadas fora da doca ou plano de alagem.

6.1.6.1. Equipamentos alternativos de pintura em substituição do *spray* com ar comprimido

Na pintura, a utilização de equipamentos com elevado rendimento de aplicação das tintas contribui para a redução do consumo das mesmas e para a minimização da geração de resíduos (tinta perdida) ou da contaminação das águas, no caso da utilização de cortina de água. Neste caso, existem disponíveis no mercado sistemas de filtração das águas das cortinas das cabines de pintura, que impedem a descarga dos desperdícios e permitem a recirculação da água.

➤ Revestimento aplicado com *spray airless*

Nos revestimentos aplicados com pistola *airless*, a tinta líquida é projectada a alta pressão sob a forma de jacto com velocidade suficientemente elevada para provocar a atomização. A inexistência de expansão por corrente de ar comprimido reduz a perda de tinta por *overspray*, aderindo a maior parte da tinta à superfície da peça. Esta técnica é especialmente utilizada na pintura de grandes superfícies. Já se encontrando largamente implementada nos estaleiros nacionais.

Aplicando esta técnica em substituição do processo tradicional, que utiliza ar comprimido para atomizar a tinta (ou o material de revestimento) e transportá-la para a superfície da peça (*spray* atomizado a ar), obtém-se uma redução da ordem de 15% no consumo de tinta e de 75% no consumo de solventes. O rendimento de transferência de tinta nesta técnica para a superfície a revestir é de 65 a 70%, bastante superior ao do sistema convencional que se situa apenas entre 30 e 50%. Como resultado da aplicação desta técnica, verifica-se uma redução dos resíduos produzidos da ordem de 40 a 50%.

Uma das maiores desvantagens de *spray airless* é a dificuldade de aplicação de películas muito delgadas.

➤ Revestimento aplicado com pistolas de baixa pressão-alto volume (HVLP)

As pistolas de HVLP são muito semelhantes às pistolas de *spray airless*, com algumas modificações, nomeadamente têm uma extremidade (bico) especial que permite a atomização da tinta a pressões baixas. A pressão de atomização nos sistemas HVLP por vezes pode ser menor que 10 psi.

A utilização de pistolas HVLP permite uma melhor eficiência de transferência da tinta da pistola para a superfície a tratar, reduzindo de igual modo o *overspray*, comparativamente às outras técnicas de pintura com pistola convencional ou *spray airless*. Outra das vantagens é proporcionar uma melhor adesão, por decréscimo da velocidade de impacto da tinta na superfície.

Apesar das vantagens apresentadas, a técnica de HVLP tem limitações, nomeadamente na aplicação de tintas viscosas, devido à dificuldade de atomização das mesmas, sendo a velocidade de aplicação sensivelmente menor do que com *spray airless*.

➤ Revestimento aplicado com pistolas com sistema de aquecimento

Esta técnica permite a utilização da pistola convencional ou *spray airless* na aplicação de tintas viscosas. A tinta sofre um aquecimento prévio, a 60-70°C num sistema especial, antes de entrar na pistola de aplicação. Com o aquecimento a viscosidade da tinta diminui, permitindo que esta seja aplicada com um índice de sólidos mais elevado, requerendo conseqüentemente uma menor quantidade de solvente.

A utilização desta técnica permite a obtenção de um revestimento na ordem dos 50 a 100 µm de espessura, resultando uma considerável economia nos custos de laboração.

➤ Revestimento aplicado com pistolas com sistema de mistura de componentes

Esta técnica pode ser utilizada em estaleiros que efectuem um revestimento constituído por 2 componentes, sendo um deles um catalisador.

No método tradicional efectua-se a mistura prévia do pigmento com o catalisador, sendo o revestimento posteriormente aplicado. Neste caso o revestimento sofre um processo de cura (função do catalisador), e todo aquele que não é utilizado é considerado como um resíduo, não podendo ser reutilizado. Além do mais, todo o equipamento envolvido na preparação da mistura e de aplicação necessita de ser limpo imediatamente após a aplicação, antes do revestimento estar curado.

Esta técnica têm um sistema de bombagem e de controlo da relação da mistura dos dois componentes, a qual é efectuada momentos antes da aplicação, numa câmara de mistura. A mistura vai directamente da câmara de mistura para a pistola de aplicação. Esta tecnologia tem a vantagem de eliminar os resíduos de tinta curada. Além do mais a única limpeza necessária é da câmara de mistura e da pistola de aplicação.

➤ Revestimento aplicado com *spray* electrostático

Este processo de revestimento electrostático utiliza gotículas de tinta carregadas com carga oposta à da peça que, quando pulverizadas por uma pistola, se movimentam através das linhas do campo eléctrico formado e se depositam sobre a peça ou superfície a revestir. Este processo pode ser manual ou automático.

A pistola para a pintura electrostática tem a vantagem de permitir o controlo da dimensão, da forma e da densidade de pulverização, bem como da taxa de deposição e da localização da tinta na peça. Consegue-se por aplicação desta técnica um eficiência de transferencia na ordem dos 95%, verificando-se um decréscimo acentuado na quantidade de tinta perdida por *overspray*, relativamente às outras técnicas de pintura líquida com pistola.

Para que o sistema electrostático funcione correctamente é necessário um correcto balanço do solvente. A velocidade de evaporação do solvente tem de ser suficientemente lenta para permitir que as gotículas carregadas atinjam a peça em condições de fluidez que permitam um revestimento uniforme, mas a uma velocidade suficientemente elevada para evitar que o revestimento fissure.

Este processo de revestimento é fundamentalmente utilizado na pintura de peças de pequenas dimensões, não sendo utilizada na pintura dos cascos das embarcações.

6.1.6.2. Revestimentos alternativos ao revestimento com tinta de base solvente

O uso de revestimentos de base solvente pode conduzir a gastos elevados no tratamento e encaminhamento dos resíduos gerados. Numa tentativa de reduzir a quantidade e a perigosidade desses resíduos de tinta, têm vindo a desenvolver-se revestimentos alternativos, que não necessitem de solventes ou de diluentes.

➤ Revestimento com tinta em pó em substituição da pintura líquida

As peças ou superfícies metálicas podem ser revestidas com partículas de resina, através da sua pulverização com pistola de ar comprimido. Depois de revestidas, as peças são submetidas a uma fonte de calor, para que o material depositado possa polimerizar, transformando-se num revestimento uniforme, aderente e durável.

O revestimento com tinta em pó é fundamentalmente aplicada a peças que possam ser pintadas em cabine de pintura.

Existem dois métodos de aplicação da tinta em pó: pulverização com chama e *spray* electrostático.

No processo de **revestimento por pulverização com chama** a resina em pó (termoplástica) é introduzida na pistola com ar comprimido. As partículas de resina são fundidas numa chama e projectadas contra a peça ou superfície a ser revestida. Esta técnica é muito eficiente para revestimento do alumínio com resina *epoxy* em pó.

O processo de **revestimento electrostático com tinta em pó** é idêntico ao revestimento electrostático com tinta líquida. Após o revestimento, as peças são introduzidas em estufa geralmente a temperaturas da ordem dos 180-200°C, para permitir a polimerização do material depositado.

A tinta em pó utilizado no revestimento electrostático, pode ser de dois tipos diferentes: termoplástica ou termoendurecível. As resinas mais usadas na tinta em pó termoplástica são vinil, *nylon* e fluorpolímero, e nas tintas termoendurecíveis são *epoxy*, poliéster e acrílico. A aplicação do revestimento a pó requer o seguinte equipamento: sistema de alimentação do pó, sistema de pistola de pulverização electrostática, cabine de aplicação e sistema de recolha do pó. O sistema de recolha do pó é constituído por ciclones ou filtros de cartucho, facilmente removidos e substituídos quando se muda de cor. Deste modo, é possível recuperar uma elevada percentagem do pó pulverizado em excesso.

As vantagens do revestimento a pó são as seguintes:

- Acabamento de alta qualidade e durabilidade, resistente à corrosão, abrasão e substâncias químicas;
- Melhoria da eficiência;
- Redução de custos;
- Ausência de solventes, sendo desnecessários os equipamentos de recuperação dos mesmos, como acontece com as tintas líquidas de base solvente;
- Rápida recuperação e reutilização do pó em excesso, com rendimentos de recuperação até 98%;
- Produção insignificante de resíduos, ausência de escorrimentos ou formação de vapores.

➤ Substituição de tintas de base solvente por tintas de base aquosa

Nos revestimentos de base aquosa, as tintas contém uma quantidade substancial de água em substituição dos solventes orgânicos voláteis. Resinas alquílicas, poliéster, acrílicos e polímeros epoxy podem ser dissolvidos ou dispersos na água, permitindo a sua aplicação.

As vantagens da utilização de tintas de base aquosa em detrimento de tintas de base solvente são:

- Redução da quantidade de resíduos perigosos;
- Redução de VOC para a atmosfera;
- Redução de custos de deposição.

Apesar das vantagens significativas, a aplicação de revestimentos de base aquosa é reduzida na Indústria Marítima, sendo as áreas de aplicação limitadas ao interior da estrutura da embarcação, e a zonas que não se encontram em contacto com condições ambientais extremas.

6.1.6.3. Métodos de reciclagem da água da cabine de pintura

Vários métodos e equipamentos são usados para minimizar a descarga de água residual da pintura com cortina de água. Estes métodos e equipamentos evitam a descarga contínua das águas provenientes da cortina de água, quer através da adição de polímeros de dispersão de tinta, quer através da remoção de sólidos. O processo mais simples consiste na remoção manual da tinta sólida utilizando raspadores, a qual pode ser efectuada sem a adição de qualquer dispersor à água, uma vez que uma fracção das tintas de base solvente geralmente flutua ou deposita-se. Com a utilização de polímeros de dispersão de tinta, pode-se utilizar métodos mais avançado de remoção de sólidos. Alguns desses métodos são descritos seguidamente.

- Filtração

Vários tipos de unidades de filtração são utilizados para remover sólidos de tintas da cortina de água. A água da cabine de pintura é bombada até à unidade de filtração onde os sólidos são separados e a água retorna à cabine de pintura. O unidade mais simples consiste num leito de filtração gravítico com papel ou tela.

- Filtração em vácuo

A unidade de filtração a vácuo consistem num tambor rotativo de aço contendo um filtro de saco. A unidade é utilizada para retirar sob vácuo a lama de tinta da cabine de pintura, ficando os sólidos retidos no filtro e a água devolvida à cabine de pintura.

- Decantação do sobrenadante

É possível acoplar um sistema de descarga do sobrenadante no tanque de recolha da água da cabine, o qual é em seguida bombeado para um tanque de filtração.

- Condicionamento

A água da cabine de pintura é bombada para um tanque, onde se procede à adição de químicos que promovem a flutuação dos sólidos. A tinta sobrenada à superfície, de onde é retirada com auxílio de raspadores contínuos.

- Centrifugação

Os dois tipos de separadores centrifugos são o hidrociclone e a centrífuga. O hidrociclone é utilizado para concentrar o sólido. A água da cabine de pintura entra numa unidade em forma de cone sob pressão e gira em torno da superfície interior. O movimento giratório faz com que as partículas sólidas sejam projectadas contra às paredes do cone. A água tratada sai pelo topo da unidade e os sólidos pelo fundo. Alguns sistemas têm equipamentos de filtração secundários. A centrifugação funciona de modo idêntico, mas a água entra num tambor giratório, e através da força centrífuga separa-se os sólidos da água. Uma centrifugação eficiente requer um controlo da água da cabine para garantir uma alimentação uniforme, podendo também ser necessário equipamentos auxiliar de agitação.

6.1.7. Tecnologias e medidas de prevenção aplicadas à operação de lavagem de peças

A lavagem de peças, não é mais do que um desengorduramento químico, podendo o agente desengordurante ser um solvente, uma solução ácida ou uma solução alcalina.

6.1.7.1. Substituição de desengorduramentos com solventes por desengorduramentos químicos em fase aquosa

Os desengorduramentos em fase aquosa são preferíveis aos desengorduramentos em fase orgânica, dado que estes utilizam alguns solventes orgânicos, normalmente halogenados, de perigosidade elevada para o organismo humano. Os desengorduramentos em fase aquosa, geralmente alcalina, utilizam agentes molhantes, emulsionantes, saponificantes e complexantes, que são compostos de menor toxicidade que os solventes, permitindo assim uma melhoria do ambiente interno da empresa por ausência de emissões de compostos orgânicos voláteis (COV's) e também uma redução significativa da perigosidade dos resíduos produzidos.

6.1.7.2. Tecnologias que permitem a regeneração dos banhos de desengorduramento

➤ Flutuação

Aplicável às operações de desengorduramento, esta tecnologia consiste na injeção de ar que induz a formação de bolhas que colectam as gotículas de gordura e sobrenadam sob a forma de espumas. Estas são separadas mecanicamente por meio de raspadores permitindo a reutilização do banho e aumentando a sua duração.

➤ Decantação com coalescência

Para aumentar a eficiência da decantação do banho de desengorduramento, utiliza-se um decantador equipado com acessórios promotores da coalescência, isto é associação das gotículas em gotas de maior dimensão até formarem uma fase orgânica contínua que sobrenada. Obtém-se por outro lado, uma fase inferior sem gorduras que é reutilizada no banho.

➤ Centrifugação

A centrifugação é uma técnica que permite separar líquidos imiscíveis, tendo a vantagem da separação se efectuar mais rapidamente por acção da força centrífuga.

As centrífugas que geralmente se usam nos banhos de desengorduramento são do tipo concentrador e apresentam 3 saídas: uma de água, uma de óleo e uma de lama. Esta tecnologia permite prolongar por cerca de 4 vezes o tempo de vida do banho de desengorduramento.

➤ Ultrafiltração

A ultrafiltração é uma tecnologia de membranas com aplicação possível na recuperação de solventes e agentes de limpeza de banhos de desengorduramento; na manutenção da qualidade de águas de lavagem, após pré-tratamentos de limpeza; e ainda na reciclagem de água em cabines de pintura com cortina da água.

Uma membrana de ultrafiltração retém solutos com peso molecular superior a 1000, nomeadamente matérias coloidais e macromoléculas, sendo permeável à água e à maioria dos sais dissolvidos. A selecção das membranas, que podem ser orgânicas, cerâmicas ou minerais e de construção em placas ou tubular, depende das aplicações específicas e também de alguns parâmetros, como a temperatura do efluente a tratar, a sua acidez e ainda da existência de solventes aromáticos ou clorados. Aconselha-se sempre a instalação de um pré-filtro, para remoção das partículas sólidas em suspensão, protegendo deste modo as membranas de deterioração ou colmatação prematura.

As membranas devem ser limpas periodicamente ou quando o caudal de permeado diminui significativamente.

A aplicação de um sistema de ultrafiltração a um banho de desengorduramento consiste em fazer passar esse banho pelo interior das membranas (normalmente tubulares), obtendo-se por um lado um permeado com os aditivos e desengordurantes (95% de recuperação), que é recirculado para a tina, e por outro, um concentrado com os óleos e gorduras. Consegue-se assim prolongar o tempo de vida do banho, em alguns casos até 20 vezes, diminuindo-se simultaneamente o volume de efluente líquido a tratar e o consumo dos constituintes do banho.

Para dar uma ideia, e apenas isso, da ordem de grandeza dos investimentos em tecnologias alternativas aplicáveis a banhos de desengorduramento, apresenta-se no Quadro 6 uma estimativa desses custos em função do caudal a tratar.

Quadro 6 - Estimativa do investimento em função da capacidade para algumas tecnologias aplicáveis a uma operação de desengorduramento

Equipamento	Capacidade (l/h)	Investimento (contos)
Centrífuga	500	4 000
	3 000	16 000
Decantador com coalescência	150	400
	550	1 000
	3 300	4 350
Ultrafiltração	400	4 000
	600	9 000
	2 500	50 000

6.1.8. Tecnologias e medidas de prevenção aplicadas à construção de embarcações em fibra de vidro

A quantidade de resíduos gerados nos processos de construção e reparação de embarcações em fibra de vidro, está directamente relacionada com os métodos utilizados para esse fim, bem como altamente dependente do tipo de equipamento utilizado.

Os sistemas normalmente utilizados para a aplicação de resinas e gelcoto nos moldes, são sistemas que incluem a pulverização com utilização de pistolas. A pulverização pode efectuar-se com a ajuda de ar a alta pressão (*spray* com ar comprimido), sistemas *airless* e sistemas HVLP.

A maior redução de resíduos é conseguida optimizando os processos de aplicação dos materiais, incluindo esses processos sistemas de aplicação de resinas por pulverização.

6.1.8.1. Tecnologias de aplicação da resina com pistolas

Os sistemas que utilizam o **spray com ar comprimido** a alta pressão são os menos usados, requerendo a sua utilização uma elevada quantidade de ar comprimido, com a consequente aumento dos custos operacionais, e uma significativa perda de matéria prima por *overspray*, devido à dispersão causada pela utilização do ar comprimido.

Nos processos em que se verifica a aplicação de resina e gelcoto com **pistolas *airless*** gera-se um jacto pressurizado de resina atomizada através do bocal da pistola. A inexistência de expansão por corrente de ar comprimido reduz em larga medida as perdas por *overspray*. As dimensões da saída do bocal e o ângulo de aplicação são dois factores fundamentais na eficiência da distribuição, e na redução de perdas por *overspray*. Se a saída do bocal tiver orifícios largos, resulta uma maior perda de matéria prima. A aplicação de resina na superfície de trabalho com pistola *airless* é considerada uma tecnologia muito eficiente na distribuição da mesma.

Outra das tecnologias de aplicação de resina na superfície de trabalho é a aplicação com **pistola de HVLP**. Esta técnica, não necessita de uma pressão tão elevada para provocar a atomização, diminuindo em certa medida a dispersão das partículas atomizadas. Deste modo, esta tecnologia tem a vantagem de direccionar mais eficientemente o jacto de resina para o molde, diminuindo deste modo as perdas por *overspray*.

A aplicação a pressões mais baixas reduz o custo e a manutenção de linhas de pressões, de bombas, de controles e de encaixes. A limpeza das áreas de trabalho também é reduzida.

6.1.8.2. Aplicação de resina com sistema de rolos com câmara de mistura de componentes em substituição da aplicação com pistolas de pressão

Esta tecnologia é uma tecnologia alternativa à utilização de pistolas de pressão. Esta tecnologia consiste num sistema em que a resina e o catalisador são bombados dos respectivos recipientes através de um dispositivo que controla a relação da mistura, sendo estes misturados numa câmara de mistura momentos antes da sua aplicação. A resina catalisada é transferida para o molde através de um aplicador de rolos.

A aplicação desta tecnologia elimina a perda de resina por *overspray* e por ricochete, sendo de igual modo reduzidas as emissões atmosféricas. Outra das vantagens é a redução de resíduos de resina curada, já que só se efectua a mistura da resina e do catalisador necessária.

O sistema de mistura de componentes momentos antes da aplicação, também, pode ser aplicado com pistolas de pulverização (tecnologia referenciada em 6.1.6.1).

6.1.8.3. Substituição de resinas termoendurecíveis por resinas termoplásticas

As resinas termoplásticas tem a vantagem de serem facilmente recicladas por aplicação de calor que as leva ao estado líquido sem sofrerem alterações estruturais. No estado líquido as resinas podem ser novamente utilizadas no fabrico de outros componentes na construção de embarcações em fibra de vidro. A utilização de termoplásticos oferece ciclos de cura mais rápidos, menores emissões durante o processo, menor custo por unidade de matéria prima usada, maior facilidade de reciclagem e em alguns casos diminuição dos custos operatórios. Devido aos recentes avanços na tecnologia de processamento de resinas termoplásticas, a indústria de construção de embarcações em fibra de vidro está a reexaminar a aplicação de materiais termoplásticos versus materiais termoendurecíveis.

6.1.9- Regeneração de solventes de limpeza

Os solventes são muito utilizados na limpeza de equipamento de aplicação de tintas e de resinas. Neste dois campos, é difícil a sua substituição por agentes aquosos, sendo conveniente efectuar a sua regeneração.

6.1.9.1. Regeneração de solventes por destilação

Esta tecnologia consiste na introdução do solvente de limpeza contaminado num destilador, onde é aquecido até atingir a sua temperatura de ebulição. Nesta fase, passa ao estado de vapor, sendo posteriormente condensado e recolhido. As impurezas contidas no solvente ficam

retidas no fundo do destilador, sendo recolhidas separadamente sob a forma de lama. A fracção destilada é armazenada para reutilização em novas limpezas, e a lama de destilação é escoada como resíduo.

6.1.9.2. Regeneração de solventes por evaporação em vácuo

O funcionamento da evaporação em vácuo é muito semelhante à destilação, sendo o solvente evaporado e recuperado, concentrando-se todas as impurezas na lama. A vantagem relativamente à destilação é que permite a evaporação do solvente a temperaturas mais baixas do que em atmosfera normal, diminuindo assim a possibilidade de degradação do solvente.

6.1.10. Tratamento final de linha de produtos oleosos

Os produtos oleosos provenientes das embarcações, são inicialmente colocados em tanques volantes, para serem encaminhados para empresas licenciadas, ou encaminhados para tratamento na **estação de tratamento de produtos oleosos (ETPO)**.

Na ETPO, os produtos oleosos são deixados a decantar nos tanques, sendo regularmente purgados para saída de água. Quando a separação de água deixa de ser eficiente, o produto é aquecido com vapor para facilitar a separação da água. O resíduo oleoso obtido é encaminhado para uma empresa licenciada e a água separada é enviada para um separador óleo/água, que actua por coalescência com monitorização continua do teor de hidrocarbonetos. O óleo separado é considerado como resíduo e a água com um teor de hidrocarbonetos inferior a 15 ppm, é descarregada no meio hídrico.

7. ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÓMICA E DOS BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

7.1 Casos de Estudo de Tecnologias e Medidas de Potencial Aplicação: Descrição Técnica e Análise da Viabilidade.

Das tecnologias de prevenção apresentadas, algumas vão ser descritas com maior detalhe, procurando evidenciar-se os benefícios, as condicionantes técnicas e económicas relativas à sua implementação. Salienta-se que o estudo económico de algumas das tecnologias (comuns a outros sectores industriais) estão apresentadas no Guia Sectorial da Metalurgia e Metalomecânica e no Guia Sectorial dos Tratamentos de Superfície.

As tecnologias avaliadas neste Guia são:

- Sistema de reciclagem da água de lavagem;
- Decapagem com granalha plástica em substituição da decapagem química;
- Decapagem com jacto de água em substituição da decapagem química;
- Aplicação de tinta com sistema de baixa pressão/alto volume (HVLP) em substituição da pintura com pistolas de alta velocidade;
- Sistema de pintura electrostática em substituição de pintura com pistolas de alta velocidade;
- Sistema de pintura a pó em substituição da pintura líquida;
- Revestimento aplicado por pistolas com sistema de mistura de componentes;
- Destilação para recuperação de acetona;
- Regeneração de solvente por destilação;
- Tratamento de produtos oleosos (separador óleo/água).

Os benefícios em termos ambientais e em termos económicos das tecnologias descritas neste Guia são apresentados comparativamente às tecnologias convencionais. Consideram-se, nos vários casos o investimento necessário para a aplicação da tecnologia, os custos inerentes à sua implementação (incluindo a variação dos custos energéticos e de matérias primas) e os custos relativamente à deposição de resíduos e tratamento de efluentes.

Os dados de natureza técnica, assim como os preços e custos unitários, foram obtidos através de estudos efectuados noutros Países, salientando-se que a informação aqui contida deve ser interpretada com carácter indicativo, devendo o industrial contactar os fornecedores para a obtenção de informações de maior detalhe e aplicadas à sua situação particular.

Um dos factores condicionantes da implementação de algumas das tecnologias apresentadas refere-se às exigências impostas pelos armadores relativamente ao processo de pintura e tipo de tinta que querem ver aplicados nas suas embarcações. Deste modo, apesar dos benefícios ambientais e económicos de algumas tecnologias, muitos industriais têm receio de as implementar.

ESTUDO DE CASO 1
SISTEMA DE RECICLAGEM DA ÁGUA DE LAVAGEM
PAÍS
Estados Unidos da América
APLICAÇÃO
Lavagem das caldeiras de uma embarcação
CENÁRIO ORIGINAL
As caldeiras das embarcações são lavadas com água contendo nitrito de sódio; como agente preventivo da corrosão; a alta pressão. Após a lavagem, as águas contaminadas com metais pesados eram recolhidas e encaminhadas para uma empresa de gestão de resíduos.
TECNOLOGIA ADOPTADA
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de reciclagem da água de lavagem das caldeiras <p>A empresa passou a efectuar o tratamento do efluente gerado durante a lavagem das caldeiras das embarcações, na própria empresa, conseguindo reaproveitar parte da água e do nitrito de sódio após remoção dos contaminantes.</p> <p>A unidade de reciclagem implementada consiste na recolha, sedimentação e filtração do efluente. Após a remoção dos sólidos, procedem à rectificação da composição da água de lavagem, sendo esta novamente utilizada.</p> <p>A água é reciclada continuamente durante a operação de lavagem. Na unidade de reciclagem o efluente é encaminhado para dois tanques de sedimentação com 2,5 m³ de capacidade cada. Após a sedimentação dos sólidos mais densos, o efluente passa por 3 filtros em paralelo (50, 25 e 5 µm), que retêm os sólidos não sedimentados. A água reciclada passa então por um permutador de calor antes de ser utilizada.</p> <p>Além da poupança de água e da redução de resíduos, a aplicação desta tecnologia reduz o consumo de nitrito de sódio, não ficando este retido nos filtros.</p>
PRINCIPAIS BENEFÍCIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Redução do consumo de água; • Redução do consumo do inibidor de corrosão; • Redução do volume de efluente em cerca de 90%, e consequentemente de resíduos considerados perigosos (água contendo metais pesados); • Não necessita de possuir um operador na unidade de reciclagem.
PRINCIPAIS DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • Gastos referentes à deposição dos filtros (considerado como resíduo perigoso).
INVESTIMENTO
Investimento de 5 000 contos referente a equipamento, filtros e formação dos trabalhadores.

ANÁLISE ECONÓMICA

A análise económica efectuada pressupõe os seguintes aspectos:

- 10 caldeiras lavadas por ano;
- 38 m³ de efluente gerado por caldeira lavada;
- Custo de tratamento/deposição (incluindo transporte) do efluente: 132 contos/m³;
- 80 horas requeridas para a limpeza da caldeira;
- Custos laborais: 9 contos/h;
- 3,8 m³ de efluente após a reciclagem;
- 4,54 Kg de nitrito de sódio no sistema de reciclagem e 45,4 Kg sem sistema de reciclagem;
- Custo do nitrito de sódio: 1 036\$00/Kg;
- Custo da água: 200\$00/m³;
- Custo de deposição dos filtros: 10 contos;
- Custo de manutenção do sistema de reciclagem: 40 contos.

Comparação entre o sistema de reciclagem de água e o seu encaminhamento para uma empresa gestora de resíduos

Custos Operacionais	Reciclagem	Não efectuar reciclagem
Laborais	7 380 contos	7 200 contos
Água	8 contos	80 contos
Nitrito de sódio	47 contos	470 contos
Deposição de efluentes	5 000 contos	50 000 contos
Manutenção	40 contos	-
Deposição de filtros	100 contos	-
Total de custos	12 575 contos	57 750 contos

REDUÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIAS PRIMAS

A empresa num ano conseguiu uma redução do consumo de água e nitrito de sódio de 495 contos.

REDUÇÃO DE CUSTOS DE DEPOSIÇÃO

Os custos de deposição foram reduzidos em 44 900 contos/ano.

REDUÇÃO DE CUSTOS TOTAIS

Os custos totais foram reduzidos em 45 175 contos.

PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Após 2 limpezas

ANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA

Não mencionado.

FONTE

“Hydroblasting Wastewater Recycling System”

<http://enviro.nfesc.navy.mil/p2library/cgi-bin>, baseado na publicação Mr. Joe McGillian, Navy Surface Warfare center, Carderock Division, January 1999.

ESTUDO DE CASO 2
DECAPAGEM COM GRANALHA PLÁSTICA EM SUBSTITUIÇÃO DA DECAPAGEM QUÍMICA
PAÍS
Estados Unidos da América
APLICAÇÃO
Decapagem para remoção de tinta de componentes e da estrutura de embarcações.
CENÁRIO ORIGINAL
A empresa utilizava a decapagem com areia e decapagem química para remover a tinta envelhecida e resíduos de corrosão da estrutura e dos componentes de embarcações.
TECNOLOGIA ADOPTADA
<ul style="list-style-type: none"> • Decapagem com granalha de plástico para remoção de tinta envelhecida. <p>Este processo é um processo mecânico de retirar a tinta das estrutura e/ou dos componentes de embarcações quando estes necessitam de ser novamente pintados, utilizando partículas angulares de plástico (plástico termoendurecível ou termoplástico).</p> <p>A decapagem é executada geralmente num espaço ventilado, tal como numa cabine ou numa caixa de luvas. O processo necessita de uma pressão (≤ 40 psi), muito menor do que a decapagem com areia, minimizando os efeitos (negativos) na superfície a tratar</p> <p>Após a decapagem a empresa efectuar a recuperação da granalha por ciclonagem, classificadores de plataformas vibratórias e separadores magnéticos. As partículas de tinta e os finos da granalha são separados da granalha reutilizável, retornando ao sistema de decapagem. O resíduo obtido é uma mistura de partículas de tinta e finos de granalha, que pode ser considerado um resíduo perigoso devido à presença de metais.</p> <p>Quando comparada com a decapagem química, esta tecnologia elimina a geração de solventes contaminados.</p>
PRINCIPAIS BENEFÍCIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de reutilizar cerca de 10-12 vezes, antes de se tornar pequena demais para remover eficientemente a tinta; • Diminuição do volume de resíduos; • Diminuição do custo de deposição; • Eliminação de solventes contaminados.

PRINCIPAIS DESVANTAGENS

- Investimento requerido elevado;
- Os resíduos sólidos podem ser considerados como resíduos perigosos;
- O tempo de operação, a manutenção requerida, o tratamento e a deposição de resíduos depende do material a ser tratado;
- A qualidade da decapagem depende da experiência do operador;
- Pode não ser tão eficiente na remoção da corrosão;
- Especificações militares não permitem a sua utilização em determinados tipos de materiais (ex: estruturas em sandwich, componentes em alumínio e magnésio).

INVESTIMENTO

O investimento foi de 280 000 contos

ANÁLISE ECONÓMICA

A análise económica efectuada pressupõe os seguintes parâmetros para a decapagem com granalha de plástico e para a decapagem química:

- Custos laborais: 9000/h;
- Tempo de laboração: - Decapagem física (granalha de plástico) - 13 725 h
- Decapagem química - 27 300 h;
- Custos dos produtos químicos: 602 contos/m³;
- Químicos consumidos anualmente: 139 m³;
- Custo da granalha de plástico: 776 contos/t;
- Consumo médio de granalha de plástico consumida anualmente: 52 t;
- Tratamento/deposição de água: 435\$00/m³;
- Água consumida anualmente: 56 776 m³;
- Custo de electricidade: - Granalha de plástico – 2 595 contos
- Decapagem química – 4 995 contos;
- Custos de manutenção anual: - Granalha de plástico – 19 995 contos
- Decapagem química – 10 000 contos;
- Deposição de granalha: 64 t a 52 contos/t;
- Custo da decapagem de componentes que não podem ser decapadas com granalha: 10000 contos.

Comparação entre o sistema de decapagem com granalha de plástico e a decapagem química

Custos Operacionais	Granalha de plástico	Decapagem química
Laborais	123 520 contos	245 700 contos
Químicos	-	80 020 contos
Granalha de plástico	39 600 contos	-
Tratamento / deposição de efluente	-	24 720 contos
Electricidade	2 600 contos	5 000 contos
Deposição de resíduos perigosos	3 320 contos	15 314 contos
Água	-	1 300 contos
Manutenção	20 000 contos	10 000 contos
Componentes não tratados com granalha de plástico	10 000 contos	-
Total dos custos	199 040 contos	382 040 contos

REDUÇÃO DE CUSTOS DE TRATAMENTO E DEPOSIÇÃO

Os custos de tratamento e deposição foram reduzidos em 11 980 contos/ano devido à possibilidade de reutilização da granalha de plástico e à eliminação da operação de lavagem de peças.

REDUÇÃO DE CUSTOS TOTAIS

A empresa com a substituição do método de decapagem conseguiu uma poupança anual de 183 000 contos.

PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

1,5 anos

ANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA NOVA TECNOLOGIA

1987

FONTE

“Plastic Media Blasting (PMB) Paint Stripping”

<http://enviro.nfest.navy.mil/p2library/cgi-bin>

ESTUDO DE CASO 3
DECAPAGEM COM JACTO DE ÁGUA EM SUBSTITUIÇÃO DA DECAPAGEM QUÍMICA
PAÍS
Estados Unidos da América
APLICAÇÃO
Decapagem para remoção de tinta de embarcações
CENÁRIO ORIGINAL
A empresa utilizava a decapagem com areia e decapagem química para remover a tinta envelhecida e resíduos de corrosão da estrutura e dos componentes de embarcações.
TECNOLOGIA ADOPTADA
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de decapagem com jacto de água. <p>A decapagem com jacto de água a média e alta pressão pode ser utilizada para remover tinta envelhecida de componentes e dos cascos das embarcações.</p> <p>A pressão utilizada pode variar entre 3 000 e 15 000 psi, no caso do jacto de água a média pressão, atingindo 55 000 psi nas operações a alta pressão.</p> <p>A decapagem com jacto de água a média pressão necessita para aumentar a sua eficiência da adição de um abrasivo (por exemplo, bicarbonato de sódio). Enquanto o sistema a alta pressão utiliza um jacto de água pura.</p> <p>Após a decapagem, a água residual é recolhida, sendo tratada para posterior utilização através de um sistema de filtros para remoção de resíduos de tinta. Posteriormente, a água passa por um tanque de coalescência para remoção de óleos e gorduras, e por um sistema de desionização (para retirar iões lixiviados como o cobre, cádmio, chumbo, cloretos, sulfatos e nitratos). Após este tratamento a água pode ser reutilizada.</p>
PRINCIPAIS BENEFÍCIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Redução de resíduos na ordem dos 90%; • Fácil separação dos resíduos sólidos do efluente; • Redução do uso de solventes e conseqüente redução do custo de tratamento/encaminhamento de solventes contaminados; • A lavagem do casco torna-se dispensável; • Redução nos custos de matérias primas; • Não existem limitações no tamanho das peças a tratar; • Baixo custo de implementação utilizando equipamento simples e robusto; • Redução do tempo de decapagem na ordem dos 50%; • Eliminação de limpeza após a decapagem.

PRINCIPAIS DESVANTAGENS

- Elevado capital inicial. O investimento dos sistemas de média pressão varia entre 8 000 e 14 000 contos, e para sistemas de alta pressão varia entre 170 000 e 300 000 contos;
- Remoção de uma camada de cada vez;
- Remoção parcial da corrosão;
- Necessidade de operadores especializados;
- Os requisitos de deposição dependem do grau de toxicidade da tinta removida;
- Os trabalhadores devem estar protegidos do embate (colisão) directo do jacto de água
- A velocidade de decapagem está condicionada pelo tipo de tinta e espessura da pintura;
- Os aditivos da água podem provocar efeitos adversos, como por exemplo corrosão na superfícies a limpar;
- A velocidade de decapagem está dependente do tipo de tinta, método de aplicação utilizado e espessura do revestimento; sendo geralmente mais baixa do que na decapagem química.

INVESTIMENTO

O investimento foi de 235 000 contos.

ANÁLISE ECONÓMICA

A análise económica apresentada refere-se à aplicação da decapagem por jacto de água em substituição da decapagem química no sector da força aeronáutica.

Área decapada: 261,4 m²/mês;

Tempo de laboração anual da empresa: 12 meses;

Velocidade de decapagem: - Decapagem com jacto de água - 0,18 m²/min
- Decapagem química - 0,02 m²/min;

Custo laboral: 6 contos/h;

Electricidade: 16\$00/kwh;

Tratamento/deposição de tinta e solventes: 211 contos/m³;

Deposição de resíduos de tinta seca: 882\$/Kg;

Decapagem com jacto de água:

- Tempo de decapagem: 23,4 h/mês;
- Custos de material: 267 contos/mês;
- Energia requerida: 17 025 kwh/mês;
- Custos de manutenção: 186,6 contos/mês;
- Resíduo de tinta seca: 40,8 Kg/mês.

Decapagem química:

- Tempo de decapagem: 213 h/mês;
- Custo de químicos: 7 571 contos/m³;
- Consumo de químicos para 261,4 m²: 132,5 m³;
- Resíduos de tinta e solventes: 988 m³/mês.

Comparação entre o sistema de decapagem com jacto de água e a decapagem química

Custos Operacionais	Decapagem com jacto de água	Decapagem química
Laboral	1 680 contos	15 340 contos
Material	3 200 contos	2 520 contos
Energia	3 260 contos	-
Deposição de resíduos	440 contos	2 506 contos
Manutenção	2 240 contos	-
Total de custos	10 820 contos	20 366 contos

REDUÇÃO DE CUSTOS DE DEPOSIÇÃO

Os custos de deposição foram reduzidos em 2 066 contos/ano.

REDUÇÃO DE CUSTOS TOTAIS

A empresa com a aplicação desta tecnologia teve uma poupança anual de 9 546 contos.

PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Aproximadamente 25 anos.

ANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA

Não especificado

FONTE

“High and Medium Pressure Water Paint Stripping Processes”

<http://enviro.nfesc.navy.mil/p2library/cgi-bin>

ESTUDO DE CASO 4
PINTURA COM PISTOLA DE BAIXA PRESSÃO/ALTO VOLUME (HVLP) EM SUBSTITUIÇÃO DA PINTURA COM PISTOLAS DE ALTA VELOCIDADE
PAÍS
Estados Unidos da América
APLICAÇÃO
Pintura de componentes e da estrutura de embarcações.
CENÁRIO ORIGINAL
<ul style="list-style-type: none"> • Pintura de componentes e da estrutura da embarcação utilizando processos convencionais de aplicação de tinta com sistemas de alta velocidade. <p>No sistema de <i>spray</i> convencional a tinta líquida é projectada sob a forma de gotículas muito finas por acção do ar comprimido, a uma pressão de 100 psi.</p> <p>Outro dos processos de pintura que utiliza um sistema a alta velocidade são as pistolas de <i>spray airless</i>. Neste caso, a tinta é atomizada ao ser forçada a passar por um orifício muito pequeno a uma pressão da ordem dos 1500 a 3000psi.</p>
TECNOLOGIA ADOPTADA
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de aplicação de tinta com pistola de baixa pressão/alto volume (HVLP). <p>O sistema HVLP é bastante eficiente, operando a baixa pressão no que resulta uma aplicação de tinta a baixas velocidades.</p> <p>A tecnologia HVLP consiste num sistema que atomiza a tinta, utilizando um grande volume de ar que é dispersado a baixa pressão (menos de 10 psi). Como as partículas de tinta atomizadas são direccionadas para o objecto a ser pintado a uma velocidade baixa, há uma menor perda de tinta por <i>overspray</i> e ricochete (menor impacto de tinta na superfície a ser pintada). A eficiência de transferência com o sistema HVLP é elevada, diminuindo no caso de aplicações ao ar livre. O facto da tecnologia apresentar uma eficiência de transferência elevada origina uma diminuição dos resíduos perigosos (ou seja, os filtros não necessitam de ser mudados tão frequentemente) e uma diminuição do consumo de tintas.</p> <p>O sistema HVLP pode ser usado para diversas aplicações de tintas, vários modelos de pistolas que permitem a sua utilização em pinturas com tintas de base solvente, tintas de base aquosa, lacas, primário de <i>latex</i>, tintas <i>epoxy</i>, de poliuretano e de esmalte.</p> <p>A atomização da tinta muito fina conseguida pelas pistolas HVLP, permitem a obtenção de superfícies (pintadas) lisas.</p>

PRINCIPAIS BENEFÍCIOS

- Diminuição do consumo de tinta;
- Elevada eficiência de transferência, o que resulta numa redução significativa tanto da quantidade de tinta usada como no resíduo gerado;
- Deixa de ser necessária uma manutenção periódica do equipamento de controlo de poluição, na área de pintura;
- O resíduo de solvente e as emissões de tinta, podem ser minimizadas, efectuando-se a limpeza da pistola e a regenerando o solvente.

PRINCIPAIS DESVANTAGENS

- O sistema de HVLP é sensível às alterações de temperatura, pressão e fluxo de ar. O operador deve controlar estas condições para assegurar que a eficiência de transferência apropriada é mantida;
- As tintas à base de solvente (epoxy, laca, poliuretano, esmalte) requerem um solvente adequado à limpeza das pistolas.

INVESTIMENTO

175 contos, incluindo uma pistola HVLP, mangueira e vaso contentor de tinta.

ANÁLISE ECONÓMICA

A análise económica aqui apresentada baseia-se num caso de estudo com os seguintes pressupostos:

- Quantidade de tinta aplicada por ano: 19 m³;
- Quantidade de tinta consumida por ano: - Sistema HVLP – 38 m³
- Sistema de alta velocidade – 76 m³;
- Custo da tinta: 2 315 contos/m³;
- Eficiência de transferência: - Sistema HVLP – 50%
- Sistema de alta velocidade – 25%;
- Tempo de laboração: em termos do tempo de pintura não existe diferença entre as duas tecnologias, no entanto a limpeza e manutenção do HVLP demora menos tempo (HVLP: 360h/ano, Alta velocidade:400h/ano);
- Custos laborais: 7 888\$/h;
- Resíduos de tinta recolhidos por um sistema de filtros: - Consumo de filtros – 1,25/h
Custo de deposição – 173\$/filtro

Comparação dos custos anuais de operação entre o sistema HVLP e os sistemas de *spray* de alta velocidade

Custos operacionais	Sistema HVLP	Sistemas de <i>spray</i> aplicado a alta velocidade
Laboração	2 839 contos	175 251 contos
Tinta	87 626 contos	175 251 contos
Deposição de resíduos	79 contos	88 contos
Custos Totais	90 543 contos	178 493 contos

REDUÇÃO DE CUSTOS DE DEPOSIÇÃO
Os custos de deposição de filtros foram reduzidos em 9 contos/ano. Devido à maior eficiência de transferência do HVLP, não existe a necessidade de substituir tantas vezes os filtros.
REDUÇÃO DE CUSTOS TOTAIS
Poupança anual por aplicação do sistema HVLP de 87 950 contos.
PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO
Imediato
ANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA
Não especificado
FONTE “High Volume Low Pressure Paint Spray System” http://enviro.nfesc.navy.mil/p2library/cgi-bin

ESTUDO DE CASO 5
SISTEMA DE PINTURA ELECTROSTÁTICA EM SUBSTITUIÇÃO DE PINTURA COM PISTOLAS DE ALTA VELOCIDADE
PAÍS
Estados Unidos da América
APLICAÇÃO
Pintura líquida de peças de pequenas dimensões.
CENÁRIO ORIGINAL
<ul style="list-style-type: none"> • Pintura com sistemas convencionais de aplicação de tinta líquida a alta velocidade. <p>Nos sistemas convencionais de pintura a <i>spray</i>, a atomização da tinta é feita com jactos de ar de elevada velocidade que forçam a tinta a passar através de pequenos orifícios existentes numa pistola. As pressões usadas nestes sistemas varia entre 40 a 80 psi, com volumes de ar de 0.23 m³ a 0.85 m³ /minuto. As partículas atomizadas de tinta deslocam-se a uma velocidade elevada e quando comparadas com o sistema electrostático, têm uma maior tendência para ressaltar ao atingirem o objecto a ser pintado.</p>
TECNOLOGIA ADOPTADA
<ul style="list-style-type: none"> • Aquisição de um sistema de pintura com tinta líquida aplicada electrostaticamente. <p>O sistema de pintura electrostática é uma tecnologia altamente eficiente para aplicação de tinta em objectos específicos. As partículas de tinta atomizadas, carregadas negativamente e um objecto base criam um campo electrostático que direcciona as partículas de tinta para o objecto a ser pintado, minimizando o <i>overspray</i>.</p> <p>Nesta tecnologia, um eléctrodo ionizante localizado na extremidade do atomizador da pistola, faz com que as partículas de tinta captem electrões adicionais, ficando carregadas negativamente. À medida que a tinta é depositada no objecto, a carga dissipa-se através do chão completando o circuito. O campo electrostático influencia o percurso das partículas de tinta. Como as partículas de tinta carregadas são atraídas para o objecto base, o <i>overspray</i> é significativamente reduzido. As partículas de tinta que passam pelo objecto, podem ser atraídas e depositadas na parte de trás sendo este fenómeno conhecido como “wrap”.</p> <p>A eficiência de transferência para o sistema de pintura electrostática é cerca de 75 %. A tinta que não é aplicada na peça, é capturada pelo sistema de controlo de emissões existente na cabina de pintura. Não são gerados novos resíduos quando o sistema convencional de pintura a <i>spray</i> é convertido para o sistema de pintura electrostática, conseguindo-se mesmo reduções muito significativas.</p>

Uma possível desvantagem da pintura electrostática, especialmente quando aplicada a superfícies complicadas, é o efeito da gaiola de Faraday, em que as partículas carregadas têm tendência para se depositar na periferia das cavidades.

O equipamento para a pintura electrostática pode ser de três tipos: ar comprimido, *airless* e discos rotativos. Os discos de elevada velocidade, atomizam a tinta mais finamente que o ar comprimido, dirigindo mais tinta para a superfície pretendida. Esta tecnologia é particularmente eficiente para aplicações em que é difícil a dispersão de tintas com elevados índice de sólidos.

PRINCIPAIS BENEFÍCIOS

- Elevadas eficiências de transferência tendo como resultado a redução significativa tanto da tinta usada como do resíduo gerado;
- É necessária uma menor manutenção do equipamento de controlo da poluição, existente na cabina de pintura.

PRINCIPAIS DESVANTAGENS

- Elevado custo de equipamento (sistema de ar comprimido aproximadamente 700 contos e sistema *airless* 1 139 contos);
- Necessidade de uma maior manutenção do equipamento de *spray*;
- As cargas eléctricas tendem a ser repelidas nas superfícies complicadas;
- Efeito da gaiola de Faraday;
- É possível aparecerem imperfeições na superfície pintada, causadas pelo aprisionamento de moléculas de ar.

INVESTIMENTO

Investimento de 929 contos.

ANÁLISE ECONÓMICA

A análise económica apresentada baseia-se nos seguintes pressupostos:

- Quantidade de tinta aplicada por ano na superfície: 19 m³;
- Custo da tinta: 2 315 contos/m³;
- Eficiência de transferência na pintura electrostática: 75 %;
- Eficiência de transferência dos sistemas de alta velocidade: 50 %;
- Quantidade de tinta comprada: - Sistema electrostático - 25 m³
.- Sistemas de alta velocidade- 38 m³
- Horas de laboração: Sistema electrostático - 145 h
Sistemas de alta velocidade - 200 h;
- Custo de laboração: 7 886\$00/h;
- Resíduos de tinta recolhidos por um sistema de filtros: Consumo de filtros - 1,25 filtros/h
- Custo de deposição dos filtros - 175\$00/filtro.

Comparação dos custos anuais de operação entre o sistema de pintura electrostática e o sistema de pintura a alta velocidade.

Custos operacionais	Pintura Electrostática	Pintura com Sistema de Alta Velocidade
Laborais	1 139 contos	1 577 contos
Tinta	58 446 contos	87 626 contos
Deposição do resíduo	35 contos	52 contos
Custos Totais	59 620 contos	89 255 contos

REDUÇÃO DE CUSTOS DE DEPOSIÇÃO

17 contos/ano.

Esta redução deve-se ao aumento de eficiência de transferência da tinta com a aplicação da pintura electrostática, não sendo necessário substituir tantas vezes o filtro (contaminado com tinta).

REDUÇÃO DE CUSTOS TOTAIS

Poupança anual de 29 635 contos.

PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Menos de 1 ano

ANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA

Não especificado

FONTE

“ Electrostatic Paint Spray System”

<http://enviro.nfesc.navy.mil/p2library/cgi-bin>

ESTUDO DE CASO 6 SISTEMA DE PINTURA A PÓ EM SUBSTITUIÇÃO DE PINTURA LÍQUIDA
PAÍS
Estados Unidos da América
APLICAÇÃO
Pintura de peças de pequena dimensão.
CENÁRIO ORIGINAL
<ul style="list-style-type: none"> • Pintura convencional com tinta líquida contendo solventes. <p>A esta técnica estão associados resíduos resultantes do equipamento de controlo das emissões gasosas, emissões gasosas e resíduos de solventes usados na limpeza.</p>
TECNOLOGIA ADOPTADA
<ul style="list-style-type: none"> • Pintura a pó electrostática <p>Na pintura electrostática a pó, são aplicadas cargas eléctricas às partículas de tinta em pó que juntamente com o objecto a ser pintado criam um campo electrostático, o qual impulsiona as partículas electricamente carregadas para a peça. Esta é então colocada num forno para que as partículas depositadas na superfície fundam, ocorrendo simultaneamente a dissipação das cargas eléctricas.</p> <p>Com os sistemas de pintura a pó são eliminados os compostos orgânicos voláteis (COV's), os poluentes gasosos perigosos e os solventes, conseguindo-se simultaneamente uma superfície com bom acabamento.</p>
PRINCIPAIS BENEFÍCIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação das emissões gasosas e dos resíduos resultantes do equipamento de controlo das emissões gasosas assim como dos solventes de limpeza; • O <i>overspray</i> é facilmente reutilizado; • As eficiências de transferência aproximam-se dos 100%; • Bom acabamento, grande durabilidade, aumento da resistência à corrosão e eliminação de bolhas.
PRINCIPAIS DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • Possível variação na espessura do filme; • A mistura pó/ar deve ser controlada para evitar perigo de incêndio;
INVESTIMENTO
Investimento na compra de equipamento de 25 411 contos

ANÁLISE ECONÓMICA

A análise económica apresentada baseia-se nos seguintes pressupostos:

- Área total pintada anualmente: 1 114 836 m²;
- Custo da tinta convencional: 509 contos/m³;
- Custo da tinta em pó: 908 contos/t;
- Área superficial pintada com uma tecnologia convencional: 6,15 m²/l;
- Área superficial pintada com tinta em pó: 19,7 m²/Kg;
- Laboração necessária na pintura convencional: 23 000 h/ano (48,5 m²);
- Com o sistema de pintura a pó, consegue-se uma poupança na laboração de 20%;
- Taxa de laboração: 7 886\$00/h;
- Resíduo gerado:
 - Quantidade de lama resultante da pintura convencional: 34,7 m³
 - Quantidade de tinta resultante da pintura a pó: 2,7 m³
- Custos de deposição: 252 contos/m³.

Comparação dos custos anuais de operação entre o sistema de pintura a pó e o sistema de pintura convencional.

Custos operacionais	Pintura a pó	Pintura convencional
Laborais	145 107 contos	181 384 contos
Tinta	51 471 contos	92 532 contos
Deposição do resíduo	683 contos	8 780 contos
Custos Totais	197 262 contos	282 697 contos

REDUÇÃO DE CUSTOS DE DEPOSIÇÃO

Poupança anual de 8 097 contos, resultante da possibilidade de reutilização da tinta em pó.

REDUÇÃO DE CUSTOS TOTAIS

Com a implementação desta tecnologia a empresa teve uma poupança anual de 85 435 contos, resultante do facto da pintura em pó, além de apresentar uma maior eficiência de transferência, possibilitar a reutilização do pó que não aderiu à peça.

PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

2,6 meses

ANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA

Não especificado

FONTE

“Powder Coating Painting System”

<http://enviro.nfesc.navy.mil/p2library/cgi-bin>

ESTUDO DE CASO 7
REVESTIMENTO APLICADO POR PISTOLA COM SISTEMA DE MISTURA DE COMPONENTES
PAÍS
Estados Unidos da América
APLICAÇÃO
Aplicação de revestimentos em embarcações de fibra de vidro.
CENÁRIO ORIGINAL
<p>A última operação da fabricação de iates de luxo, é a aplicação de um revestimento por <i>spray</i>, na superfície externa da estrutura. Esse revestimento consiste numa resina que é misturada com um catalisador estando sob pressão. É sempre preparada uma quantidade excessiva de revestimento para assegurar a cobertura completa das superfícies externas do barco. O tempo de vida da mistura antes da cura, é de 2 horas e o tempo que o revestimento demora a secar, é de aproximadamente 5 horas. Após a operação de revestimento, a resina que sobrou da aplicação é removida dos recipientes, deixada curar até atingir uma forma sólida e depositada como resíduo. Além disso, os recipientes e os canais por onde passa o fluido são lavados com solventes de limpeza. Desta forma tanto na operação de revestimento como no processo de limpeza são geradas grandes quantidades de resíduos de solventes e de resina.</p>
TECNOLOGIA ADOPTADA
<ul style="list-style-type: none"> • Revestimento dos iates com pistola acoplada a um sistema de mistura de componentes. <p>Com a aplicação do revestimento por pistolas acopladas a um sistema de mistura de componentes, consegue-se uma aplicação de qualidade superior não havendo sobras de mistura. Desta forma é reduzida a quantidade de resíduo gerado. Tanto a resina como o catalisador são colocados separadamente no sistema, ocorrendo a mistura unicamente na pistola. Com este equipamento a resina não é curada antes de chegar à pistola, sendo apenas necessário limpar a cabeça da pistola com solventes.</p>
PRINCIPAIS BENEFÍCIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Redução em 95 % da quantidade de solvente usado como dos vapores libertados para a atmosfera; • Diminuição da quantidade de resíduos perigosos gerados (solventes); • Redução em 22% na quantidade de resina usada; • Acabamento de melhor qualidade, por diminuição da probabilidade de contaminação durante a secagem da superfície.
PRINCIPAIS DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • Investimento elevado.
INVESTIMENTO
O custo total do projecto é de 6 492 contos.

ANÁLISE ECONÓMICA

Comparação entre o sistema antigo e o sistema de aplicação por pistola com mistura dos componentes

Material	Quantidade usada no sistema antigo (l/ano)	Quantidade usada c/ a nova tecnologia (l/ano)	Redução de custos (%)	Poupança (contos)
Resina	4 542	3 543	22	1 629
Catalisador	1 136	886	22	985
Solvente de limpeza	2 212	110	95	383

REDUÇÃO DE CUSTOS DE DEPOSIÇÃO

Não é mencionada

REDUÇÃO DE CUSTOS TOTAIS

Com a aplicação desta tecnologia a empresa conseguiu uma poupança anual de 3 744 contos, relativamente ao processo convencional.

PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

1,7 anos

ANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA

Não especificado

FONTE

“Case Study: Hatteras Yachts, Inc”
<http://www.p2pays.org/ref/01/>

ESTUDO DE CASO 8
DESTILAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE ACETONA
PAÍS
Estados Unidos da América
APLICAÇÃO
Recuperação de acetona utilizada na limpeza de moldes e equipamento na indústria de embarcações em fibra de vidro.
CENÁRIO ORIGINAL
A utilização de acetona e de outros solventes similares é pratica comum na limpeza de equipamento na indústria de fabricação de produtos em fibra de vidro. Essa acetona após utilização era encaminhada para empresas licenciadas de tratamento e encaminhamento de resíduos.
TECNOLOGIA ADOPTADA
<ul style="list-style-type: none"> • Regeneração da acetona contaminada na própria empresa. <p>A empresa instalou um sistema de destilação da acetona utilizada na limpeza dos moldes e do equipamento no processo de fabricação de embarcações em fibra de vidro. O destilado obtido corresponde à acetona regenerada, ficando o resíduo no fundo do destilador. A acetona regenerada é reutilizada na limpeza dos moldes, sendo o resíduo encaminhado para uma empresa licenciada.</p>
PRINCIPAIS BENEFÍCIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Poupança no consumo de acetona; • Recuperação de 75% de acetona; • Poupança em termos de custos de tratamento/deposição dos resíduos.
PRINCIPAIS DESVANTAGENS
Não apresenta desvantagem.
INVESTIMENTO
Investimento de 7 000 contos correspondente a dois destiladores com a capacidade de 11l/h.
REDUÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIAS PRIMAS
Redução em 75% da acetona necessária.
REDUÇÃO NA DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS
Os custos de deposição foram reduzidos em 75%.
REDUÇÃO DE CUSTOS TOTAIS
Redução nos custos de encaminhamento/deposição de resíduos e de acetona na ordem dos 75%.
PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO
Investimento recuperado em menos de 1 ano.
FONTE
“Recovery of Spent Solvents in the Manufacturing of Fibreglass Boats” US Environmental Protection Agency’s Pollution Prevention Information Clearinghouse

ESTUDO DE CASO 9
REGENERAÇÃO DE SOLVENTES POR DESTILAÇÃO
PAÍS
Estados Unidos da América
APLICAÇÃO
Limpeza de equipamento com solventes.
CENÁRIO ORIGINAL
O solvente usado é geralmente enviado para fora da empresa onde é posteriormente reciclado. Com esta prática, além dos custos de deposição acrescem também os custos de aquisição de solvente fresco para o processo.
TECNOLOGIA ADOPTADA
<ul style="list-style-type: none"> • Destilação de solventes (Fréon 113) para regeneração na própria empresa. <p>A destilação é uma prática benéfica para o meio ambiente uma vez que reduz a quantidade de solvente depositado e comprado.</p> <p>Na unidade de destilação, primeiramente o solvente é aquecido até atingir o seu ponto de ebulição, sendo o vapor condensado e recolhido num recipiente separado. Após a destilação o resíduo que fica no fundo do destilador é depositado. A unidade de destilação possui sensores de temperatura que fazem o controlo da mesma mantendo-a no valor pretendido para a destilação.</p> <p>Geralmente o produto resultante da destilação está em condições de ser novamente usado, não sendo no entanto tão puro como o material virgem. Por vezes, quando o solvente está muito contaminado, é necessário proceder a mais de um ciclo de destilação, aumentando os custos associados a esta operação.</p>
PRINCIPAIS BENEFÍCIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Redução da quantidade de resíduos perigosos e de emissões gasosas perigosas geradas; • Redução dos custos de deposição de resíduos perigosos; • Poupança nos custos de solvente novo; • Redução da exposição do operário ao solvente, aos resíduos perigosos e às emissões gasosas perigosas.
PRINCIPAIS DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • Requer pessoal especializado para operar com a unidade de destilação; • Necessidade de comprar a unidade de destilação.
INVESTIMENTO
Investimento de 666 contos, incluindo custos de instalação da unidade e formação dos trabalhadores.

ANÁLISE ECONÓMICA

A análise económica apresentada pressupõe os seguintes aspectos:

- Diminuição em 80% do consumo de solvente. A empresa passou a consumir 379 m³/ano de solvente novo em vez de 1 895 m³/ano;
- Custo de solvente (Fréon 113): 6-6,5 contos/l;
- Resíduo de solvente contaminado (sem regeneração): 1,5 m³/ano;
- Lama resultante da unidade de destilação: 113 kg/ano;
- Custo de deposição do solvente: 541 contos/t;
- Custo da deposição da lama: 604 contos/t;
- Tempo de laboração necessário para a deposição do resíduo de solvente: 1 h/semana ou 52 h/ano;
- Requisitos eléctricos da unidade de destilação: 480 kWh/ano.
- Custo energético: 14\$00/kWh.
- Custo de laboração: 7 886\$00/h.
- Tempo total de laboração necessário para a unidade de reciclagem: 2 h/semana ou 104 h/ano.

Comparação dos custos anuais de operação entre a unidade de destilação e a deposição do resíduo sem qualquer tratamento.

Custos operacionais	Destilação de solvente	Deposição do solvente
Solvente	2 366 contos	11 829 contos
Laborais	820 contos	410 contos
Energéticos	7 contos	0
Deposição do resíduo	55 contos	157 contos
Custos Totais	3 248 contos	12 396 contos

REDUÇÃO DE CUSTOS DE DEPOSIÇÃO

Em termos de resíduos a empresa teve uma poupança de 102 contos.

REDUÇÃO DE CUSTOS TOTAIS

A empresa com a opção de regenerar o solvente na própria empresa teve uma poupança anual de 9 148 contos.

PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Imediato.

ANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA

Não especificado

FONTE

“Solvent Distillation”

<http://enviro.nfesc.navy.mil/p2library/cgi-bin>

ESTUDO DE CASO 10 TRATAMENTO DE PRODUTOS OLEOSOS (SEPARADOR ÓLEO/ÁGUA)
PAÍS
Estados unidos da América
APLICAÇÃO
Tratamento de resíduos oleosos.
CENÁRIO ORIGINAL
Os efluentes contaminadas com óleos eram geralmente encaminhados para empresas gestoras de resíduos.
TECNOLOGIA ADOPTADA
<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento dos efluentes contaminados com óleos utilizando um separador óleo óleo/água. <p>O separador óleo/água é um sistema para tratamento automático de efluentes contaminadas com óleos. A mistura de óleo/água é separada na unidade por acção da força de gravidade e do aumento da coalescência. Estes dois passos podem ocorrer em compartimentos separados ou numa câmara conjunta. A selecção do tipo de sistema mais apropriado depende da quantidade de efluente a ser tratado e das suas características químicas e físicas.</p> <p>Os óleos livres são removidos da água por acção da gravidade; este processo tira partido da diferença de densidades entre o óleo e a água, ou seja quanto maior for a diferença de densidades, maior será a eficiência de remoção. A eficiência do processo depende por sua vez, da velocidade com que as gotículas de óleo ascendem à superfície, ou seja as gotículas mais pequenas demoram mais tempo a separar-se da água, sendo necessário para aumentar a eficiência de separação de um maior tempo de permanência ou de uma unidade de coalescência.</p> <p>A unidade de coalescência, consiste numa série de placas em paralelo, tendo como objectivo aumentar a área superficial de contacto para uma melhor intercepção das pequenas gotículas de óleo. Desta forma as pequenas gotículas aglomeram-se, formando gotas maiores que têm maior capacidade de flutuar e ascender à superfície, onde são removidas.</p>
PRINCIPAIS BENEFÍCIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Redução da quantidade de efluente contaminado com óleos; • O efluente tratado pode ser descarregado directamente no meio hídrico ou num colector industrial; • Não é necessário a aquisição, deposição ou substituição de filtros; • Manutenção simples, podendo as operações ser automatizadas.

PRINCIPAIS DESVANTAGENS

- Não é possível o tratamento de óleos emulsionados;
- Não remove materiais dissolvidos como fueis (gasolina), solventes ou metais pesados;
- São necessários tanques para a recolha e armazenamento de óleos e lamas;
- A eficiência do tratamento depende fortemente das características dos efluentes.

INVESTIMENTO

Investimento de 5 250 contos.

ANÁLISE ECONÓMICA

A análise económica apresentada pressupõe os seguintes aspectos:

- Efluente sem tratamento: 628 m³/ano;
- A água que sai do separador de óleo / água é descarregada na ETAR. Custo deste tratamento suplementar: 5 contos/m³;
- Custo do efluente sem tratamento: 35 contos/m³;
- Custo energético: 14\$00/kwh;
- A lama produzida no separador de óleo / água corresponde a 5% do total;
- Custo de deposição da lama: 168contos/m³;
- O óleo que resulta do separador de óleo / água representa 10% do efluente inicial.
- Custo de reciclagem do óleo fora da empresa: 35 contos/m³;
- Custo laboral: 10,6 contos /h.

Comparação dos custos anuais de operação entre a unidade de separação óleo / água e a deposição do resíduo sem qualquer tratamento.

Custos operacionais	Separador de óleo/água	Deposição do resíduo
Laborais	6 975 contos	-
Energéticos	29 contos	-
Deposição de resíduos	9 891 contos	21 819 contos
Custos Totais	16 894 contos	21 819 contos

REDUÇÃO DE CUSTOS DE DEPOSIÇÃO

A empresa economizou 11 928 contos em resíduos ao efectuar o tratamento de efluentes contaminados com óleos.

REDUÇÃO DE CUSTOS TOTAIS

Poupança anual de 4 925 contos.

PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Menos de 1 ano.

ANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA

Não especificado

FONTE

“Oil/Water Separator for Pierside Applications”
<http://enviro.nfesc.navy.mil/p2library/cgi-bin>

BIBLIOGRAFIA

- Annual Compliance Report for “The Ship and Building and Repair Industry in British Columbia”, 1998;
- American Society for Metals; “Metals Handbook” - 9th Edition; Vol 5 – “Surface Cleaning, Finishing and Coating”; Metals Park, Ohio; 1982;
- EPA, Office of enforcement and Compliance Assurance, “Profile of the Shipbuilding and Repair Industry”, Washington, November 1997 (EPA/310-R-97-008);
- EPA, “Pollution Prevention Guide for the Fiberglass-Reforced and Composite Plastics Industry”, October 1991 (EPA/625/7-91/014);
- EPA, Office of enforcement and Compliance Assurance, “Profile of the Fabricated Metal Products Industry”, Washington, September 1995 (EPA/310-R-95-007);
- EPA, Office of enforcement and Compliance Assurance, “Profile of the Iron and Steel Industry”, Washington, September 1995 (EPA/310-R-95-005);
- EPA, Office of enforcement and Compliance Assurance, “Profile of the Nonferrous Metals Industry”, Washington, September 1995 (EPA/310-R-95-010);
- Estudos de Caracterização Ambiental realizados no âmbito dos Contratos de Adaptação Ambiental (CAA) celebrados entre o Ministério do Ambiente, o Ministério da Economia e a Associação das Industrias Marítimas (AIM), 1998
- Gregory J. Bocchi; "Powder coating markets & technology in North America"; Powder Coating. The economical solution; Amsterdam, Netherlands; Jan 19-21, 2000-04-07;
- Jerry P. Byers, “Metalworking Fluids”, Marcel Dekker, Inc., New York, 1994;
- J. M. Coulson, J. F. Richardson,, “Tecnologia Química – Operações unitárias”, Fundação Caloute Gulvenkian, volume II, 2^a edição, 1968;
- Ludwig Hartinger, “Handbook of Effluent Treatment and Recycling for the Metal Finishing Industry”, 2nd Edition, 1994;
- Milton C. Shaw, “Metal Cutting Principles”, Clarendon Press, Oxford, 1984;

- Planos de Adaptação Ambiental, realizados no âmbito dos CAA;
- “Pollution Prevention in Metal Painting and Coating Operations”; April, 1998;
- Stuart C. Salmon, “Modern Grinding Process”, McGraw-Hill, Inc., New York, 1992;
- Tecnivest, Estudo nº 1527, “Estudos Complementares Relacionados com o Sistema Centralizado de Gestão de Resíduos”, Actualização dos quantitativos de Resíduos, 1994;
- Tecnivest, Estudo nº 1788, 1997.

Sites da Internet Relacionados com o Sector da Indústria Marítima:

- Environet Australia
<http://www.environment.gov.au/portfolio/epg/environet>
- Environment Canada
<http://www.ec.gc.ca/pp/english/stories/listing.html>
- Environmental Research Brieff
<http://es.epa.gov/oeca>
- EPA Office of Compliance Sector Notebook Project
<http://www.epa.gov/oeca/sector/index.html#fab>
- National Centre for Clean Industrial and Treatment Technologies
<http://cpas.mtu.edu/cencitt/>
- Navy Environmental Services
<http://enviro.nfesc.navy.mil/p2library/cgi-bin>
- United Nations Environmental Programme Industrial and Environment
<http://www.unepie.org/cp>
- US Environment Protection Agency - EPA
<http://www.epa.gov>
- <http://www.osha-slc.gov/SLTC/shipbuildingrepair/>

**LISTA GERAL DE ENTIDADES, INSTITUIÇÕES E
ASSOCIAÇÕES NACIONAIS E SECTORIAIS**

Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território

<http://ambiente.gov.pt>

Direcção-Geral do Ambiente

<http://www.dga.min-amb.pt>

Instituto dos Resíduos

<http://www.inresiduos.pt>

Direcção-Geral da Indústria

<http://www.dgi.min-economia.pt>

POE – Programa Operacional da Economia

<http://www.poe.min-economia.pt>

INETI – Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial

<http://www.ineti.pt>

Associação Industrial Portuguesa

<http://www.aip.pt>

Associação de Empresários de Portugal

<http://www.aeportugal.pt>

Confederação da Indústria Portuguesa

Avenida 5 Outubro 35,1º - Lisboa

1069-193 LISBOA

Telef. 213 164 700

E-mail: ciplx@mail.telepac.pt

AIM – Associação das Indústrias Marítimas

Rua Jorge Afonso 31, 6º

1600-126 Lisboa

Tel.: 21 793 31 97 Fax: 21 796 78 27

E-mail: aim@mail.telepac.pt

NOTA SOBRE LEGISLAÇÃO

A classificação CER usada neste trabalho, é a actualmente em vigor, que foi adoptada pela Legislação Portuguesa através da Portaria 818/97 de 5 de Setembro, por transposição da Decisão 94/3/CE da Comissão da Comunidade Europeia de 20 de Dezembro de 1993.

Convém notar que, a nível da Comunidade Europeia, esta Decisão está a ser alvo de revisão, prevendo-se a entrada em vigor da nova Decisão em final de 2001.

É ainda de notar que existem vários diplomas que concedem benefícios fiscais, de que se destacam: Decreto-Lei nº 292/97 de 22 de Outubro, para as empresas que realizem despesas em I&D e Decreto-Lei nº 477/99 de 9 de Novembro (rectificado através da Declaração de Rectificação 4-B/2000 de 31 de Janeiro, e regulamentado através do Despacho 2531/2000 de 1 de Fevereiro e pela Portaria nº 271-A/2000 de 18 de Maio), para as empresas que invistam em equipamentos destinados a reduzir as suas emissões poluentes, tanto gasosas como líquidas ou sólidas.