



Vania de Carvalho Fontes Rodrigues Marques

Licenciada em Engenharia Civil

Avaliação de Risco de Exposição dos Trabalhadores a Matéria Particulada em Instalações Portuárias

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Segurança e Higiene do Trabalho

Orientadora: Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes,
Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

Co-orientadora: Professora Doutora Susana Patrícia Costa Viegas, Escola
Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria Celeste Rodrigues Jacinto

Vogais: Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes

Professor Doutor Rui Miguel Bettencourt Melo

Professora Doutora Susana Patrícia Costa Viegas



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2013



Vania de Carvalho Fontes Rodrigues Marques

Licenciada em Engenharia Civil

Avaliação de Risco de Exposição dos Trabalhadores a Matéria Particulada em Instalações Portuárias

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Segurança e Higiene do Trabalho

Orientadora: Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes,
Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

Co-orientadora: Professora Doutora Susana Patrícia Costa Viegas, Escola
Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria Celeste Rodrigues Jacinto

Vogais: Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes

Professor Doutor Rui Miguel Bettencourt Melo

Professora Doutora Susana Patrícia Costa Viegas



Setembro, 2013

Avaliação de Risco de Exposição dos Trabalhadores a Matéria Particulada em Instalações Portuárias

Copyright

“A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor”.

“As políticas da União Europeia permitiram reduzir as emissões de muitos poluentes ao longo da última década; contudo, podemos ir ainda mais longe. Em muitos países, as concentrações de poluentes atmosféricos continuam acima dos limites legais recomendados, estabelecidos com o objetivo de proteger a saúde dos cidadãos europeus. De facto, nas cidades e regiões mais poluídas, a poluição atmosférica reduz a esperança de vida humana em cerca de dois anos”.

Professor Jacqueline McGlade, EEA, 2012

“Nós respiramos a partir do momento em que nascemos até ao momento em que morremos. É uma necessidade vital, não só para nós, mas para toda a vida na terra. A má qualidade do ar, afeta todos nós, prejudica a saúde e o meio ambiente que leva a perdas económicas”.

Stephen Mynhardt, Ireland, EEA, 2013

Agradecimentos

À Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes, pela confiança que depositou em mim ao longo do processo de elaboração deste trabalho e especialmente pela sua atitude de orientação, empenhada e disponível.

À Professora Doutora Susana Patricia Costa Viegas, pela sua disponibilidade e empenhamento na concretização de alguns aspetos práticos desta investigação.

À Professora Isabel Abreu dos Santos pelas inúmeras conversas e apoio na elaboração desta dissertação.

À empresa Sapec Parques Industriais, pelas condições institucionais que viabilizaram a minha disponibilidade para este estudo.

À equipa do terminal portuário, pela sua disponibilidade e porque o seu contributo foi a condição necessária à concretização deste estudo.

À minha mãe pela sua disponibilidade no acompanhamento de alguns aspetos estruturais durante a elaboração da tese.

Ao meu marido e aos meus filhos pela compreensão e tolerância nos meus momentos de ausência e de mau humor.

Resumo

As doenças profissionais afetam significativamente a saúde dos trabalhadores, a sua qualidade de vida, tendo também consequências negativas em termos económicos para as empresas e sociedade em geral. Os problemas associados ao aparelho respiratório são os que apresentam uma das mais elevadas taxas de incidências de doenças profissionais não letais na Europa (BLS, 2011). Sabendo que as atividades portuárias estão associadas à presença de matéria particulada potencialmente causadora de efeitos negativos na saúde dos trabalhadores, verifica-se um vazio de informação relativamente a estudos associados à exposição por inalação de matéria particulada desses trabalhadores. Face a esta situação este estudo pretende avaliar o risco dos trabalhadores à exposição por inalação de matéria particulada oriunda do manuseamento de diferentes materiais a granel num terminal portuário.

O estudo realizou-se num terminal portuário com aplicação de dois métodos; o “Stoffenmanager” e o “Ótico”, para avaliação de risco de exposição por inalação dos trabalhadores no local de trabalho, exterior e interior, a cinco materiais geradores de matéria particulada. No método “Stoffenmanager” procedeu-se à avaliação de cinco materiais: Fosforite, Carbonato de Sódio, Cloreto de Potássio, Adubo Granulado e Rama de Açúcar, o que revelou um risco de grau 2 para o Adubo Granulado independentemente das funções e para o operador da pá-carregadora que se encontra exposto à Fosforite e ao Cloreto de Potássio. Para as restantes situações o risco foi considerado de grau 3. No método “Ótico” procedeu-se à avaliação da Rama de Açúcar, tendo-se revelado uma maior concentração de matéria particulada na “zona do armazém” e no “interior da pá-carregadora”. Os resultados obtidos dos dois métodos permitem identificar como atividade de maior risco, o manuseamento de materiais no porão do navio associado ao operador da pá-carregadora e no armazém de material a granel associado também ao operador da pá-carregadora. Dos cinco materiais estudados, o adubo granulado revelou-se a substância com um maior risco para a saúde dos trabalhadores.

A partir da aplicação do “Método Stoffenmanager” e do “Método Ótico” foi possível avaliar o risco e identificar e adequar as necessárias medidas de correção e prevenção aos locais de trabalho dos trabalhadores expostos a matéria particulada em zonas portuárias.

Palavras-chave : matéria particulada, inalação, avaliação de risco, instalações portuárias, material a granel, efeitos na saúde, local de trabalho

Abstract

Occupational diseases significantly affect workers health, their quality of life and also have negative economic consequences for companies and society as a whole. The problems associated with the respiratory system presents one of the highest incidence rates of non-lethal diseases in Europe (BLS, 2011). Knowing that the harbours activities associated with the presence of particulate matter can potentially cause negative effects on the health of workers. There is an evident lack of information on studies associated with inhalation exposure of particulate matter these workers. Faced with this situation this study aims to assess the risk of inhalation exposure of workers to PM from the handling of bulk materials in ports.

The study took place in a harbour with the application of two methods "Stoffenmanager" and "Optical", to assess the risk of inhalation exposure of workers in the workplace, outdoor and indoor, to five materials liberating particulate matter. In method "Stoffenmanager" proceeded to the evaluation of five materials: Phosphate Rock, Sodium Carbonate, Potassium Chloride, Fertilizer Granulated and Raw Sugar, which revealed a risk of level 2 to fertilizer granules regardless of the functions and the machine operator that is exposed to the Phosphate Rock and Potassium Chloride. For all other situations the risk was considered of level 3. The method "optical" proceeded to review the Raw Sugar, has proved a higher concentration of particulate matter in the "storage of bulk materials" and "inside the machine operator". The results allowed the identification of the higher risk activity linked with the handling of materials in the ship's hold associated to the machine operator and storage of bulk materials associated also to the machine operator. Of the five materials, the granulated fertilizer proved to be the substance with a higher risk to the health of workers.

From the application of the " Stoffenmanager Method " and the "Optical Method" it was possible to assess the risk and identify and adapt the necessary measures to correct and prevent workplace to workers exposed to particulate matter in harbour areas.

Keywords: particulate matter, inhalation, risk assessment, harbour, bulk material, health effects, workplace

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice de Anexos	ix
Índice de Quadros	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Siglas e Abreviaturas	xix
1 - Introdução	1
2 – Análise e avaliação de risco em atmosferas contaminadas	3
2.1 – Trabalho e Doenças Profissionais	3
2.2 – Exposição a Agentes Químicos	7
2.2.1- Caracterização Geral dos Agentes Químicos	7
2.2.2- Matéria particulada	8
2.2.3- Efeitos na Saúde.....	16
2.3 – Metodologia de Avaliação de Risco de Exposição	19
2.4 – Enquadramento Legal e Normativo	25
3 – Estudo de Caso	29
3.1 – Caracterização das Instalações Portuárias.....	29
3.2 – Metodologia Geral do Estudo	36
3.3 – O “Método Stoffenmanager”	38
3.4 – O “Método Ótico”	46
4 – Análise e Discussão dos Resultados	53
4.1 – “Método Stoffenmanager”	53
4.2 – “Método Ótico”	56
4.3 – Análise comparativa entre a aplicação dos dois métodos.....	63
4.4 – Considerações finais	64
5 – Conclusões e desenvolvimentos futuros.....	69
5.1 – Conclusões	69
5.2 – Desenvolvimentos futuros.....	70
Referências Bibliográficas	73
Anexos.....	79

Índice de Anexos

Anexo I – FDS da Fosforite.....	79
Anexo II - Dados do Método de Avaliação do Risco – Substância – Fosforite.....	83
Anexo II.1 – Trabalhador – Operador da Grua.....	85
Anexo II.2 – Trabalhador – Operador no Edifício de Apoio.....	87
Anexo II.3 – Trabalhador – Operador do Camião.....	89
Anexo II.4 – Trabalhador – Operador da Pá-carregadora.....	91
Anexo II.5 – Trabalhador – Estivadores.....	93
Anexo II.6 – Trabalhador – Tripulantes.....	95
Anexo II.7 – Trabalhador – Coordenador do Terminal Portuário.....	97
Anexo II.8 – Trabalhador – Encarregado do Terminal Portuário.....	99
Anexo II.9 – Trabalhador – Coordenador da Zona de Armazenagem.....	101
Anexo II.10 – Trabalhador – Encarregado da Zona de Armazenagem.....	103
Anexo II.11 – Trabalhador – Segurança.....	105
Anexo III - FDS do Carbonato de Sódio.....	107
Anexo IV – Dados do Método de Avaliação do Risco – Substância – Carbonato de Sódio.....	113
Anexo IV.1 – Trabalhador – Operador da Grua.....	115
Anexo IV.2 – Trabalhador – Operador no Edifício de Apoio.....	117
Anexo IV.3 – Trabalhador – Operador do Camião.....	119
Anexo IV.4 – Trabalhador – Estivadores.....	121
Anexo IV.5 – Trabalhador – Tripulantes.....	123
Anexo IV.6 – Trabalhador – Coordenador do Terminal Portuário.....	125
Anexo IV.7 – Trabalhador – Encarregado do Terminal Portuário.....	127
Anexo IV.8 – Trabalhador – Segurança.....	129
Anexo V - FDS do Cloreto de Potássio.....	131
Anexo VI -Dados do Método de Avaliação do Risco - Substância – Cloreto de Potássio.....	137
Anexo VI.1 – Trabalhador – Operador da Grua.....	139
Anexo VI.2 – Trabalhador – Operador no Edifício de Apoio.....	141
Anexo VI.3 – Trabalhador – Operador do Camião.....	143
Anexo VI.4 – Trabalhador – Operador da Pá-carregadora.....	145
Anexo VI.5 – Trabalhador – Estivadores.....	147
Anexo VI.6 – Trabalhador – Tripulantes.....	149
Anexo VI.7 – Trabalhador – Coordenador do Terminal Portuário.....	151
Anexo VI.8 – Trabalhador – Encarregado do Terminal Portuário.....	153
Anexo VI.9 – Trabalhador – Coordenador da Zona de Armazenagem.....	155
Anexo VI.10 – Trabalhador – Encarregado da Zona de Armazenagem.....	157
Anexo VI.11 – Trabalhador – Segurança.....	159

Anexo VII - FDS do Adubo Granulado.....	161
Anexo VIII -Dados do Método de Avaliação do Risco - Substância – Adubo granulado.....	177
Anexo VIII.1 – Trabalhador – Operador da Grua.....	179
Anexo VIII.2 – Trabalhador – Operador no Edifício de Apoio.....	181
Anexo VIII.3 – Trabalhador – Operador do Camião.....	183
Anexo VIII.4 – Trabalhador – Estivadores.....	185
Anexo VIII.5 – Trabalhador – Tripulantes.....	187
Anexo VIII.6 – Trabalhador – Coordenador do Terminal Portuário.....	189
Anexo VIII.7 – Trabalhador – Encarregado do Terminal Portuário.....	191
Anexo VIII.8 – Trabalhador – Segurança.....	193
Anexo IX- FDS da Rama de Açúcar.....	195
Anexo X -Dados do Método de Avaliação do Risco - Substância – Rama de Açúcar.....	197
Anexo X.1 – Trabalhador – Operador da Grua.....	199
Anexo X.2 – Trabalhador – Operador no Edifício de Apoio.....	201
Anexo X.3 – Trabalhador – Operador do Camião.....	203
Anexo X.4 – Trabalhador – Estivadores.....	205
Anexo X.5 – Trabalhador – Tripulantes.....	207
Anexo X.6 – Trabalhador – Coordenador do Terminal Portuário.....	211
Anexo X.7 – Trabalhador – Encarregado do Terminal Portuário.....	213
Anexo X.8 – Trabalhador – Segurança.....	215
Anexo XI – Especificações do equipamento.....	217
Anexo XII – Quadros com os resultados das concentrações nas diferentes dimensões de matéria particulada.....	219

Índice de Quadros

Quadro 2.1 – Eficiências de colheitas representativas das diversas dimensões de matéria particulada em cada uma das respetivas frações mássicas.....	13
Quadro 2.2 – Dimensões da matéria particulada e frações no trato respiratório.....	13
Quadro 2.3 – Limites de exposição da matéria particulada de acordo com a legislação em vigor e norma portuguesa.....	27
Quadro 3.1 – Número de trabalhadores por função, turno e tipologia de carga.....	33
Quadro 3.2 – Bandas de prioridade no método Stoffenmanager.....	41
Quadro 3.3 – Operações de carga/descarga e características das substâncias.....	45
Quadro 3.4 – Apresentação dos dados inseridos no método para cada trabalhador.....	47
Quadro 4.1 – Apresentação qualitativa das bandas de risco para os trabalhadores expostos ao material descarregado.....	54
Quadro 4.2 – Análise qualitativa das bandas de risco para os trabalhadores expostos ao material descarregado depois da reavaliação do novo cenário.....	57
Quadro 4.3 – Valores de concentrações para as diferentes dimensões de matéria particulada.....	60

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Relação entre o tamanho de um cabelo humano e as $PM_{2,5}$ e PM_{10}	11
Figura 2.2 – Aparelho Respiratório Humano e seus principais constituintes funcionais/ morfológicos.....	12
Figura 2.3 – Deposição da matéria particulada no sistema respiratório.....	14
Figura 2.4 – Concentração de PM_{10} nas cidades do mundo por região.....	15
Figura 2.5 – Algumas doenças originadas pelos poluentes do ar ambiente.	17
Figura 2.6 – Curva Dose-Resposta.....	22
Figura 2.7 – Rota de Exposição.....	23
Figura 2.8 – Avaliação de risco/ gestão de risco.....	24
Figura 3.1 – Fontes de emissão da matéria particulada num terminal portuário.....	30
Figura 3.2 – Desenho esquemático do terminal portuário.....	32
Figura 3.3 – Desenho esquemático da abertura da escotilha do porão e da grua.....	34
Figura 3.4 – Desenho esquemático da operação de carga/descarga do material da tolda para o camião.....	34
Figura 3.5 – Desenho esquemático da carga/descarga indireta do material.....	35
Figura 3.6 – Fotografia da limpeza de um porão de um navio.....	36
Figura 3.7 – Fluxograma de desenvolvimento da investigação.....	37
Figura 3.8 – Visão Esquemática da aplicação do “Método Stoffenmanager”.....	40
Figura 3.9 – Desenho esquemático do terminal portuário com a localização dos locais de medição.....	49
Figura 3.10 - Dois dos locais de medição (“interior da grua” e “na boca do porão do navio”).....	50
Figura 3.11 – Exemplo de um esquema de um equipamento de medição de matéria particulada.....	50
Figura 4.1 – Concentração de $PM_{0,5}$ para as várias atividades.....	58
Figura 4.2 – Concentração de PM_1 para as várias atividades.....	58
Figura 4.3 – Concentração de $PM_{2,5}$ para as várias atividades.....	59
Figura 4.4 – Concentração de PM_5 para as várias atividades.....	59
Figura 4.5 – Concentração de PM_{10} para as várias atividades.....	60
Figura 4.6 – Distribuição da concentração das várias dimensões de matéria particulada.....	60
Figura 4.7 – Distribuição da concentração das várias dimensões de matéria particulada no interior do armazém.....	61
Figura 4.8 – Distribuição da concentração das várias dimensões de matéria particulada no interior da pá-carregadora.....	62
Figura 4.9 – Distribuição da concentração das várias dimensões de matéria particulada no exterior junto à grua.....	62
Figura 4.10 – Exemplo de uma tolda ecológica.....	66
Figura 4.11 – Filtro VENTIL – Tipo.....	67

Figura II.1 – Informação Geral da Substância.....	83
Figura II.2 – Exposição por inalação.....	83
Figura II.3 – Instruções de Trabalho mais o registo de substâncias perigosas.....	84
Figura II.4 – Instrução de Trabalho.....	84
Figura II.1.1 – Passos do 1 ao 4.....	85
Figura II.1.2 – Report.....	86
Figura II.1.3 – Cenário nº1.....	86
Figura II.2.1 – Passos do 1 ao 4.....	87
Figura II.2.2 – Report.....	88
Figura II.2.3 – Cenário nº2.....	88
Figura II.3.1 – Passos do 1 ao 4.....	89
Figura II.3.2 – Report.....	90
Figura II.3.3 – Cenário nº3.....	90
Figura II.4.1 – Passos do 1 ao 4.....	91
Figura II.4.2 – Report.....	92
Figura II.4.3 – Cenário nº4.....	92
Figura II.5.1 – Passos do 1 ao 4.....	93
Figura II.5.2 – Report.....	94
Figura II.5.3 – Cenário nº5.....	94
Figura II.6.1 – Passos do 1 ao 4.....	95
Figura II.6.2 – Report.....	96
Figura II.6.3 – Cenário nº6.....	96
Figura II.7.1 – Passos do 1 ao 4.....	97
Figura II.7.2 – Report.....	98
Figura II.7.3 – Cenário nº7.....	98
Figura II.8.1 – Passos do 1 ao 4.....	99
Figura II.8.2 – Report.....	100
Figura II.8.3 – Cenário nº8.....	100
Figura II.9.1 – Passos do 1 ao 4.....	101
Figura II.9.2 – Report.....	102
Figura II.9.3 – Cenário nº9.....	102
Figura II.10.1 – Passos do 1 ao 4.....	103
Figura II.10.2 – Report.....	104
Figura II.10.3 – Cenário nº10.....	104
Figura II.11.1 – Passos do 1 ao 4.....	105
Figura II.11.2 – Report.....	106
Figura II.11.3 – Cenário nº11.....	106

Figura IV.1 – Informação Geral da Substância.....	113
Figura IV.2 – Exposição por inalação.....	113
Figura IV.3 – Instruções de Trabalho mais o registo de substâncias perigosas.....	114
Figura IV.4 – Instrução de Trabalho.....	114
Figura IV.1.1 – Passos do 1 ao 4.....	115
Figura IV.1.2 – Report.....	116
Figura IV.1.3 – Cenário nº12.....	116
Figura IV.2.1 – Passos do 1 ao 4.....	117
Figura IV.2.2 – Report.....	118
Figura IV.2.3 – Cenário nº13.....	118
Figura IV.3.1 – Passos do 1 ao 4.....	119
Figura IV.3.2 – Report.....	120
Figura IV.3.3 – Cenário nº14.....	120
Figura IV.4.1 – Passos do 1 ao 4.....	121
Figura IV.4.2 – Report.....	122
Figura IV.4.3 – Cenário nº15.....	122
Figura IV.5.1 – Passos do 1 ao 4.....	123
Figura IV.5.2 – Report.....	124
Figura IV.5.3 – Cenário nº16.....	124
Figura IV.6.1 – Passos do 1 ao 4.....	125
Figura IV.6.2 – Report.....	126
Figura IV.6.3 – Cenário nº17.....	126
Figura IV.7.1 – Passos do 1 ao 4.....	127
Figura IV.7.2 – Report.....	128
Figura IV.7.3 – Cenário nº18.....	128
Figura IV.8.1 – Passos do 1 ao 4.....	129
Figura IV.8.2 – Report.....	130
Figura IV.8.3 – Cenário nº19.....	130
Figura VI.1 – Informação Geral da Substância.....	137
Figura VI.2 – Exposição por inalação.....	137
Figura VI.3 – Instruções de Trabalho mais o registo de substâncias perigosas.....	138
Figura VI.4 – Instrução de Trabalho.....	138
Figura VI.1.1 – Passos do 1 ao 4.....	139
Figura VI.1.2 – Report.....	140
Figura VI.1.3 – Cenário nº20.....	140
Figura VI.2.1 – Passos do 1 ao 4.....	141
Figura VI.2.2 – Report.....	142
Figura VI.2.3 – Cenário nº21.....	142
Figura VI.3.1 – Passos do 1 ao 4.....	143

Figura VI.3.2 – Report.....	144
Figura VI.3.3 – Cenário nº22.....	144
Figura VI.4.1 – Passos do 1 ao 4.....	145
Figura VI.4.2 – Report.....	146
Figura VI.4.3 – Cenário nº23.....	146
Figura VI.5.1 – Passos do 1 ao 4.....	147
Figura VI.5.2 – Report.....	148
Figura VI.5.3 – Cenário nº24.....	148
Figura VI.6.1 – Passos do 1 ao 4.....	149
Figura VI.6.2 – Report.....	150
Figura VI.6.3 – Cenário nº25.....	150
Figura VI.7.1 – Passos do 1 ao 4.....	151
Figura VI.7.2 – Report.....	152
Figura VI.7.3 – Cenário nº26.....	152
Figura VI.8.1 – Passos do 1 ao 4.....	153
Figura VI.8.2 – Report.....	154
Figura VI.8.3 – Cenário nº27.....	154
Figura VI.9.1 – Passos do 1 ao 4.....	155
Figura VI.9.2 – Report.....	156
Figura VI.9.3 – Cenário nº28.....	156
Figura VI.10.1 – Passos do 1 ao 4.....	157
Figura VI.10.2 – Report.....	158
Figura VI.10.3 – Cenário nº29.....	158
Figura VI.11.1 – Passos do 1 ao 4.....	159
Figura VI.11.2 – Report.....	160
Figura VI.11.3 – Cenário nº30.....	160
Figura VIII.1 – Informação Geral da Substância.....	177
Figura VIII.2 – Exposição por inalação.....	177
Figura VIII.3 – Instruções de Trabalho mais o registo de substâncias perigosas.....	178
Figura VIII.4 – Instrução de Trabalho.....	178
Figura VIII.1.1 – Passos do 1 ao 4.....	179
Figura VIII.1.2 – Report.....	180
Figura VIII.1.3 – Cenário nº39.....	180
Figura VIII.2.1 – Passos do 1 ao 4.....	181
Figura VIII.2.2 – Report.....	182
Figura VIII.2.3 – Cenário nº40.....	182
Figura VIII.3.1 – Passos do 1 ao 4.....	183
Figura VIII.3.2 – Report.....	184
Figura VIII.3.3 – Cenário nº41.....	184

Figura VIII.4.1 – Passos do 1 ao 4.....	185
Figura VIII.4.2 – Report.....	186
Figura VIII.4.3 – Cenário nº42.....	168
Figura VIII.5.1 – Passos do 1 ao 4.....	187
Figura VIII.5.2 – Report.....	188
Figura VIII.5.3 – Cenário nº43.....	188
Figura VIII.6.1 – Passos do 1 ao 4.....	189
Figura VIII.6.2 – Report.....	190
Figura VIII.6.3 – Cenário nº44.....	190
Figura VIII.7.1 – Passos do 1 ao 4.....	191
Figura VIII.7.2 – Report.....	192
Figura VIII.7.3 – Cenário nº45.....	192
Figura VIII.8.1 – Passos do 1 ao 4.....	193
Figura VIII.8.2 – Report.....	194
Figura VIII.8.3 – Cenário nº46.....	194
Figura X.1 – Informação Geral da Substância.....	197
Figura X.2 – Exposição por inalação.....	197
Figura X.3 – Instruções de Trabalho mais o registo de substâncias perigosas.....	198
Figura X.4 – Instrução de Trabalho.....	198
Figura X.1.1 – Passos do 1 ao 4.....	199
Figura X.1.2 – Report.....	200
Figura X.1.3 – Cenário nº31.....	200
Figura X.2.1 – Passos do 1 ao 4.....	201
Figura X.2.2 – Report.....	202
Figura X.2.3 – Cenário nº32.....	202
Figura X.3.1 – Passos do 1 ao 4.....	203
Figura X.3.2 – Report.....	204
Figura X.3.3 – Cenário nº34.....	204
Figura X.4.1 – Passos do 1 ao 4.....	205
Figura X.4.2 – Report.....	206
Figura X.4.3 – Cenário nº35.....	206
Figura X.5.1 – Passos do 1 ao 4.....	207
Figura X.5.2 – Report.....	208
Figura X.5.3 – Cenário nº36.....	208
Figura X.6.1 – Passos do 1 ao 4.....	209
Figura X.6.2 – Report.....	210
Figura X.6.3 – Cenário nº36.....	210
Figura X.7.1 – Passos do 1 ao 4.....	211
Figura X.7.2 – Report.....	212

Figura X.7.3 – Cenário nº37.....	212
Figura X.8.1 – Passos do 1 ao 4.....	213
Figura X.8.2 – Report.....	214
Figura X.8.3 – Cenário nº38.....	214

Siglas e Abreviaturas

ACGIH – Conferência Americana dos Higienistas Industriais Governamentais (do inglês *American Conference of Industrial Hygienists*)

ALARP – Tão baixo quanto razoavelmente possível (do inglês *As Low As Reasonably Practicable*)

ATEX – Atmosferas Explosivas

BLS – Agência de Estatísticas de Trabalho (do inglês *Bureau of Labour Statistics*)

COSHH – Controlo de Substâncias Perigosas para a Saúde (do inglês *Control of Substances Hazardous to Health*)

DPOC – Doenças pulmonares obstrutivas crónicas

ECHA – Agência Europeia das Substâncias Químicas (do inglês *European Chemicals Agency*)

EEA – Agência Europeia do Ambiente (do inglês *European Environment Agency*)

EN – Norma Europeia

EPA – Agência de Proteção Ambiental (do inglês *Environmental Protection Agency*)

FDS – Ficha de Dados de Segurança

HEPA - Alta Eficiência em Absorção de Partículas (do inglês *High Efficiency Particulate Absorption*)

ICRP – Comissão Internacional de Proteção Radiológica (do inglês *International Commission on Radiological Protection*)

ILO – Organização Internacional do Trabalho (do inglês *International Labour Organization*)

ISO – Organização Internacional de Normalização (do inglês *International Organization for Standardization*)

ISPS – Código Internacional de Segurança para Navios (do inglês *International Ship and Port Security Code*)

ITN – Instituto Tecnológico e Nuclear

LME – Lesões Musculo-esqueléticas

LOAEL – Nível Mínimo com Efeitos Adversos Observáveis (do inglês *Lowest Observed Adverse Effect Level*)

NIOSH – Instituto Nacional para Segurança e Saúde Ocupacional (do inglês *National Institute for Occupational Safety and Health*)

NLM – Biblioteca Nacional de Medicina (do inglês *National Library of Medicine*)

NOAEL – Nível sem Efeitos Adversos Observados (do inglês *No Observed Adverse Effect Level*)

NP – Norma Portuguesa

NRC – Conselho Nacional de Pesquisa (do inglês *National Research Council*)

NSC – Conselho Nacional de Segurança (do inglês *National Safety Council*)

OIT – Organização Internacional do Trabalho

OMS – Organização Mundial da Saúde

PM – Matéria Particulada (do inglês *Particulate Matter*)

PM_{0,1} – Partículas Ultrafinas

PM₁ – Partículas Finas com diâmetro aerodinâmico inferior a 1µm

PM_{2,5} – Partículas Finas com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5µm

PM₅ – Partículas Grosseiras com diâmetro aerodinâmico inferior a 5µm

PM₁₀ – Partículas Grosseiras com diâmetro aerodinâmico inferior a 10µm

PSOC – Partículas sem outra Classificação

REACH - Registro, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas (do inglês *Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemical Substances*)

TLV – Valores Limites (do inglês *Threshold Limit Values*)

UFPs – Partículas Ultrafinas (do inglês *Ultrafine Particles*)

VLE – Valor Limite de Exposição

VLE-CD – Valor Limite de Exposição – Curta Duração

VLE-MP – Valor Limite de Exposição – Média Ponderada

WHO – Organização Mundial da Saúde (do inglês *World Health Organization*)

1 - Introdução

A preocupação mundial a nível da qualidade do ar é um tema muito relevante para a saúde humana e do ambiente. A matéria particulada e o ozono estão associados a graves problemas de saúde (EEA, 2012). Mais de um terço da população nas cidades europeias está exposto a matéria particulada em suspensão, o que constitui um risco para a saúde humana, devido à sua fácil penetração no sistema respiratório (EEA, 2013).

Nos últimos anos foram realizados alguns estudos sobre a qualidade do “ar ambiente” em zonas industrializadas, onde a prática do manuseamento de material particulado é muito significativa, e considerando-se que o manuseamento desses materiais resulta em altas concentrações de emissões de matéria particulada (Almeida, Silva & Freitas 2011.a). Todos os estudos sobre a poluição do ar podem auxiliar a adotar medidas de prevenção à emissão de matéria particulada no meio atmosférico melhorando assim a qualidade do ar em zonas portuárias (Artínano, et al., 2006). A exposição a matéria particulada com um diâmetro aerodinâmico inferior a 10µm merece especial atenção, pois o efeito nocivo na saúde do ser humano é muito abrangente.

As populações, incluindo os trabalhadores das zonas industrializadas, poder-se-ão encontrar em risco de saúde. Vários estudos apontam para efeitos na saúde devido à exposição de matéria particulada (Cherrie & Aitken 1999). Os trabalhadores de zonas portuárias, se residirem na mesma área do local do seu trabalho, estão expostos a matéria particulada em suspensão durante as 24 horas, sendo que, nas oito horas diárias de trabalho a exposição a matéria particulada é mais concentrada. Durante a elaboração deste estudo levantaram-se algumas dificuldades para diferenciar o âmbito das temáticas da “segurança e higiene no trabalho” e da “qualidade do ar ambiente”, pois a pesquisa bibliográfica encontrada, estava em grande parte, direcionada para a temática do “ar ambiente”.

Na atividade portuária e em outras atividades, a fonte de perigo poderá, em grande parte, ser a mesma pela ligação entre o “local de trabalho” e o “ar ambiente”, sendo que a terminologia “local de trabalho” é aplicável à saúde ocupacional e a denominação “ar ambiente” é associada à saúde ambiental. É aceite, largamente por várias entidades, que os vários processos para analisar os efeitos na saúde do homem/emissão são basicamente os mesmos para o trabalhador/exposição a matéria particulada. “Assim, a saúde ocupacional e saúde ambiental são intimamente ligados por metodologias comuns, especialmente na avaliação da saúde e controle de exposição” (Annalee & Tord 1998).

Esta dissertação inserida no Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho e enquadra-se na temática da avaliação da qualidade do ar em local de trabalho, sendo que o objetivo deste estudo incide sobre a avaliação de risco dos trabalhadores à exposição por inalação de matéria particulada oriundas do manuseamento de diferentes materiais a granel num terminal portuário.

O segundo capítulo deste estudo estabelece assim os contornos do quadro teórico que sustentou todas as operações realizadas no âmbito desta pesquisa. Não se pretendeu proceder a uma análise teórica profunda, mas sim a uma análise com informação suficiente para alcançar o âmbito do estudo.

Num primeiro ponto deste segundo capítulo procurou-se focar a temática do trabalho e doenças profissionais para compreensão da relação entre estas duas questões; no segundo ponto fez-se a caracterização geral dos agentes químicos, da matéria particulada e dos seus efeitos na saúde; no terceiro ponto fez-se uma análise sobre a importância das avaliações de risco e como são estruturadas; o quarto ponto indica a legislação aplicável a esta temática.

O capítulo terceiro, no primeiro ponto fez-se a descrição da caracterização geral de umas instalações portuárias não identificadas por razões institucionais estando a metodologia geral da tese incluída no segundo ponto deste capítulo. No terceiro ponto são indicadas as metodologias selecionadas na aplicação do estudo, nomeadamente o “Método Stoffenmanager” caracteriza o agente químico quanto à sua composição química, para cinco materiais a granel e o “Método Ótico” que faz o tratamento da matéria particulada quanto à sua dimensão e concentração e não quanto à sua caracterização química e biológica, para um material a granel, devido à incompatibilidade de datas entre a disponibilidade do equipamento e a data dos navios.

No capítulo quarto do estudo são apresentadas as análises e discussão de resultados divididos em três pontos. O primeiro ponto apresenta uma análise e discussão dos resultados do “Método Stoffenmanager” e no segundo ponto a análise e discussão dos resultados do método. O terceiro ponto faz uma comparação entre a aplicação dos dois métodos. Por último e no quarto ponto; apresenta-se as considerações finais indicando as medidas corretivas e preventivas adequadas à minimização dos danos na saúde dos trabalhadores.

O capítulo quinto apresenta, a conclusão do estudo e desenvolvimentos futuros.

As doenças profissionais provocadas pela exposição a matéria particulada acarretam graves consequências económicas/sociais nas empresas e trabalhadores, sendo que é prioridade o avanço nos estudos sobre exposição a qualquer tipo de matéria particulada - grossa, fina, ultrafina- no impacto da saúde dos trabalhadores, para desenvolver várias medidas de prevenção nesta área e minimiza os efeitos negativos.

2 – Análise e avaliação de risco em atmosferas contaminadas

Este capítulo aponta o quadro teórico que enquadra toda a temática estudada ou seja a avaliação de risco para a saúde dos trabalhadores na exposição a matéria particulada. É feita uma análise da ligação entre o trabalho e as doenças profissionais, o porquê da preocupação em avaliar o risco de exposição a matéria particulada. Foi estudado a aceção dos agentes químicos e por consequente da matéria particulada e seus efeitos na saúde. Foi também feito um enquadramento geral da avaliação de risco da exposição aos agentes químicos e por último procedeu-se ao enquadramento legal da temática do estudo.

2.1 – Trabalho e Doenças Profissionais

A segurança é a segunda necessidade do homem, na base da pirâmide de “Abraham Maslow”. Já na pré-história as primeiras civilizações agrupavam-se para se defenderem do mundo animal e dessa forma se sentirem mais fortes relativamente ao perigo a que se encontravam expostos. As questões de segurança no homem foram sofrendo mutações ao longo da história de acordo com o seu “modos vi venci”.

Com a Revolução Industrial as questões de segurança no trabalho agravaram-se por se ter passado da manufatura à indústria mecânica, com a introdução das máquinas e dos mecanismos fabris. Trabalhar numa fábrica poderia ser arriscado. Não havia qualquer legislação que pudesse defender os trabalhadores. A introdução das máquinas e o número de horas a trabalhar aumentavam os acidentes. Não existia a noção de descanso ou interrupções. O horário de trabalho não se encontrava regulamentado e os operários trabalhavam de manhã à noite, podendo a jornada ultrapassar as 15 horas. As condições eram precárias em termos de higiene e segurança no trabalho. Após algumas décadas e como consequência desta precariedade surge o “conflito operário” e, consequentemente, o associativismo dos trabalhadores, surgindo assim os sindicatos a partir de 1833. Surgiram em diversos países regulamentações, como por exemplo na Grã-Bretanha o “*Factory Act of 1833*” que se traduz em “Ato da Fábrica de 1833”. Este regulamento dizia respeito ao emprego de crianças nas fábricas têxteis e ao dia de trabalho. O regulamento que resultou do “*Factory Act of 1833*” apresentava os seguintes artigos (Nardineli, 1980):

- O dia normal de trabalho nas fábricas devia começar às cinco e meia da manhã e acabar oito e meia da tarde;
- Dentro dos limites deste período de quinze horas, estava autorizado o emprego de adolescentes (isto é, indivíduos entre os 13 e os 18 anos) durante o dia;

- Exceto em certos casos especiais e previstos na lei, os adolescentes não poderiam trabalhar mais de 12 horas por dia;
- O emprego de menores abaixo dos 9 anos ficava interdito;
- O trabalho de menores entre 9 e 13 anos ficava limitado a oito horas por dia;
- O trabalho noturno (ou seja, entre as oito e meia da noite e as cinco e meia da manhã) ficava interdito a todos os menores entre os 13 e 18 anos;
- Cada adolescente passava a ter, em cada dia, pelo menos hora e meia para as refeições.

Somente em 1919 foi criada a OIT – Organização Internacional do Trabalho (do inglês ILO – *International Labour Organization*), após a primeira Guerra Mundial, como parte do Tratado de Versalhes, refletindo a convicção de que a paz universal só pode ser realizada se for baseada na justiça social (ILO, 2012). Em 1920 a OIT foi localizada em Genebra onde foram aprovadas 16 convenções internacionais do trabalho e 18 recomendações em menos de dois anos. A criação da organização baseou-se em argumentos humanitários, políticos e económicos. Atualmente a organização tem representação paritária de governos dos 182 Estados Membros e de organizações de empregadores e de trabalhadores e continua localizada em Genebra com uma rede de escritórios em todos os Continentes (ILO, 2012).

Foram introduzidas leis e regulamentos para a prevenção de riscos no local de trabalho, mas mesmo assim nos países industrializados o número de acidentes e doenças relacionadas com o trabalho continuaram a subir (Hämäläinen, Saarela & Takala, 2009).

A convenção nº 155 foi ratificada por Portugal em 1985. Esta convenção, juntamente com a diretiva Quadro 89/391/CEE de 12 de Junho alterada pela Diretiva 2007/30/CE de 20 de Junho, foi transposta para a Lei nº 102/2009 de 10 de Setembro. Esta Lei define a execução de medidas destinadas a promover o melhoramento da segurança e da saúde dos trabalhadores, onde estão incluídos os princípios gerais da prevenção, tais como:

- Eliminar os perigos;
- Avaliar os riscos não evitados;
- Combater os riscos na origem;
- Adaptar o trabalho ao homem;
- Atender ao estado de evolução da técnica;
- Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo, ou menos perigoso;
- Planificar um sistema coerente de prevenção;
- Priorizar a proteção coletiva face à proteção individual;
- Formar e informar os trabalhadores.

Estes princípios gerais da prevenção são o fundamento da gestão da segurança e higiene e da sua implementação em ambiente ocupacional, são “o conjunto de políticas e programas públicos, bem como disposições ou medidas tomadas ou previstas no licenciamento e em todas as fases de atividade da empresa, do estabelecimento ou do serviço, que visem eliminar ou diminuir os riscos profissionais a que estão potencialmente expostos os trabalhadores.” (Lei nº 102/2009).

A relação trabalho/saúde implica um conhecimento pormenorizado acerca das atividades do trabalhador e as suas características biológicas (idade, sexo, características pessoais de herança genética, etc.) e o meio físico (condições geográficas, características de ocupação humana, fontes de água de consumo, disponibilidade e qualidade de alimentos, condições habitacionais, etc.) (Durauffourg, 1985 citado por Uva & Faria, 2000).

Na Resolução da Assembleia da República nº112/2010 todas as “doenças contraídas na sequência de uma exposição a fatores de risco resultante de uma atividade profissional” são classificadas na tabela nacional de doenças profissionais. O “acidente ocorrido em virtude do trabalho ou durante o trabalho e que dê origem a lesões mortais ou não mortais” são designados como acidentes de trabalho. As doenças relacionadas com o trabalho são aquelas em que existe influência de fatores profissionais prejudiciais à saúde e as doenças agravadas pelo trabalho são aquelas em que os fatores profissionais incidem sobre a evolução do estado de saúde. Estas doenças não estão regulamentadas (Uva & Faria., 2000), (Uva & Faria., 2006).

Em 2005, em média, 5.000 mil trabalhadores morreram por dia em acidentes de trabalho ou em doenças relacionadas com o trabalho, onde se englobam doenças profissionais, doenças relacionadas com o trabalho e doenças agravadas pelo trabalho a nível global onde, cerca de 438 mil trabalhadores morreram com o manuseamento de substâncias perigosas, dos quais 10% com cancro de pele (ILO, 2005). Em 2008 aumentou o número para 6.300 mil trabalhadores que morreram por dia em acidentes de trabalho ou em doenças relacionadas com o trabalho (ILO, 2013). Cerca de 4% do produto interno bruto global, é perdido em: mortes relacionadas com o trabalho em acidentes ou doenças; lesões e doenças devido a ausência no trabalho e no benefício do tratamento das doenças, invalidez e sobrevivência (ILO, 2005; Hämäläinen, Saarela & Takala, 2009 e ILO, 2013).

A abordagem do tema, trabalho e doenças profissionais implica um conhecimento de variadíssimos fatores, pois conforme a Convenção da Organização Internacional do trabalho sobre a segurança e a saúde dos trabalhadores, nº155 em 1981, a designação “saúde”, não visa só a ausência de doença, mas também inclui elementos físicos e mentais que poderá afetar o estado de saúde do trabalhador e que também está relacionado com a segurança e higiene no trabalho.

As doenças profissionais afetam significativamente o mundo do trabalho, mas ainda provocam pouco impacto em relação aos acidentes de trabalho, mesmo que existam seis vezes mais mortes em cada ano do que os acidentes (ILO, 2013). Os resultados nas empresas podem ser mais eficazes nas taxas de acidentes do que em doenças profissionais (Nelson, 2005 e Nurmien, 2001 citado por Hämäläinen, Saarela & Takala, 2009), além disso as doenças profissionais tem período de latência e podem ter vários fatores associados à causa da doença (Caruso et al., 2006 citado por Hamalainen Saarela & Takala, 2009).

A ILO estima que ocorrem cerca de 160 milhões de casos por ano de doenças não fatais relacionadas com o trabalho a nível global. A variação de tipo de doenças e de número de casos é

variável de país para país, como por exemplo a China que em 2010, registou cerca de 27.240 de casos em doenças causadas por manuseamento de poeiras e no mesmo ano registaram-se cerca de 22.013 de casos na Argentina em lesões musculoesqueléticas (LME) e em doenças respiratórias. Em 2011 no Japão registaram-se cerca de 7.779 em doenças profissionais como a pneumoconiose e lesões na zona da coluna vertebral. No Reino Unido registaram-se 5.920 casos de pneumoconiose, mesotelioma e osteoartrite, em 2011 (ILO, 2013).

O Eurostat em 2001 indicou que existia com maior taxa de incidência as doenças profissionais não fatais na Europa, nomeadamente problemas relacionados com o aparelho respiratório, problemas de audição e as doenças de pele (Karjalainen & Niederlaender, 2004). Passados dez anos a Agência de Estatísticas de Trabalho (BLS) em 2011 volta a ter as mesmas três doenças, como as doenças com maior taxa de incidência: as doenças de pele, os problemas de audição e os problemas com o aparelho respiratório (BLS, 2012).

Existe uma grande diversidade de perigos, que podem causar este tipo de doenças na saúde do trabalhador. Segundo Alberto Miguel podem-se agrupar os perigos em quatro tipos (Miguel, 2012):

- “Químicos (poerias, fumos, neblinas, aerossóis, gases e vapores);
- Físicos (ruído, vibrações, ambiente térmico, radiações ionizantes e não ionizantes, pressões anormais);
- Biológicos (vírus, bactérias, fungos, etc);
- Ergonómicos (relacionados com fatores fisiológicos e psicológicos relacionados com a atividade do trabalhador).”

Os fatores psicológicos também deveriam de ser encarados como um “tipo”, nomeadamente as questões do stress, da quantidade de trabalho e da própria organização do trabalho que influenciam muito a saúde do trabalhador e por conseguinte a rentabilidade da empresa.

Segundo Prista (2002) o tipo “químicos” ocupam maior grupo de fatores de risco (Prista & Uva 2002). Não existe nenhuma dúvida em que as substâncias químicas causam doenças na saúde do homem. A exposição a agentes químicos tem efeitos nos trabalhadores a longo prazo (ILO, 2005). Em 1995 foi referido que cerca de 80.000 substâncias químicas estavam em uso e que 10% eram reconhecidas como cancerígenas. (Pimentel et al., 1995 citado por Carpenter, Arcaro & Spink, 2002).

A janeiro de 2012 a lista publicada pela Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA), contém 143.000 substâncias pré-registadas por 65.000 empresas (ECHA, 2012).

2.2 – Exposição a Agentes Químicos

A exposição a agentes químicos tem sido uma das preocupações da Comissão Europeia na saúde humana. Cada vez mais e em maior escala são utilizados em várias atividades manuseadas pelo homem, tendo um maior acréscimo de exposição no “Local de Trabalho” (Prista & Uva, 2002), definido na Lei nº102/2009 como “o lugar em que o trabalhador se encontra ou de onde ou para onde deva dirigir -se em virtude do seu trabalho, no qual esteja direta ou indiretamente sujeito ao controlo do empregador”.

2.2.1- Caracterização Geral dos Agentes Químicos

As substâncias químicas incluem mais de 100 elementos químicos. O homem não está exposto a uma única substância mas as várias substâncias combinadas entre si desencadeiam reações químicas muito complexas. Esta complexidade, da interligação das várias substâncias continua a ser pouco explorada, mas tem uma importância elevadíssima. Apesar de existirem poucos estudos nesta matéria, todos nós somos expostos a várias substâncias químicas (Carpenter, Arcaro & Spink, 2002).

A constituição do ar é formada por uma mistura gasosa, onde os principais gases são o oxigénio e o azoto. Se a composição do ar for alterada e conter substâncias diferentes da sua composição, pode-se indicar que o ar está poluído. Neste caso podemos estar expostos a agentes químicos que estão em suspensão no ar (Miguel, 2012). O “Agente Químico” é designado como “qualquer elemento ou composto químico, isolado ou em mistura, que se apresente no estado natural ou seja produzido, utilizado ou libertado em consequência de uma atividade laboral, incluindo sob a forma de resíduo, seja ou não intencionalmente produzido ou comercializado.” (Decreto-Lei nº 24/2012).

Os agentes químicos encontram-se na atmosfera no estado sólido onde se engloba as poeiras, fibras e fumos, no estado líquido onde está incluído os aerossóis e as neblinas e no estado gasoso, os gases e os vapores (Miguel, 2012).

Segundo Brian Wynne a aplicação do princípio da precaução envolve o reconhecimento do risco quando o homem está exposto a um agente químico mas também o desconhecimento em relação ao problema e à indeterminação desse mesmo agente. A complexidade de uma série de limites e incertezas quanto às avaliações técnicas de riscos ampliam-se quando levamos em conta que os processos saúde/doença ligados à exposição a substâncias químicas envolvem interações não-lineares de aspetos biológicos, psicológicos e sociais que são altamente acoplados, possibilitando múltiplas e inesperadas interações, as quais se tornam incompreensíveis e invisíveis aos seres humanos a curto prazo. Junto a isto existem as diferenças entre as composições químicas de solos,

águas e atmosferas em ambientes específicos, que permitem aumentar a complexidade do problema (Wynne, 1992).

O regulamento REACH, veio melhorar a proteção da saúde humana e do ambiente, otimizando a identificação das propriedades dos agentes químicos na sua origem. A legislação segundo a área do trabalho é legislada consoante o estado-membro. A introdução do REACH pela união europeia veio uniformizar algumas legislações, sendo um regulamento de ação direta. O regulamento abrange o “local de trabalho”, os consumidores e o meio ambiente (REACH, 2009). Também toda a legislação direcionada para a proteção da saúde ambiental inclui “os aspetos da saúde humana (incluindo a qualidade de vida) que são determinados por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos do ambiente. Também inclui a avaliação, a correção, a redução e a prevenção dos fatores no ambiente que, potencialmente, podem afetar de forma adversa a saúde das gerações presentes e futuras.” (PNS, 2004/2010).

2.2.2- Matéria particulada

Os conceitos de matéria particulada e de partículas apresentam definições semelhantes e são utilizados por diversos autores. A definição de matéria particulada, apresentada pela Organização Mundial de Saúde, “consiste numa mistura de partículas que podem ser sólidas, líquidas ou as duas suspensas no ar que representam uma mistura de substâncias complexas orgânicas e inorgânicas”, (WHO, 2005). Por outro lado Kulkarni, Baron e Willeke (2011) da NIOSH e da Universidade de *Cincinnati* definem partículas como “uma única unidade de matéria, tendo geralmente uma densidade que se aproxima da densidade intrínseca do material a granel.” A Organização Internacional da Normalização (ISO), procurando uma uniformização de nomenclatura e de definições, apresenta a definição de partículas como “material líquido ou sólido de uma pequena massa (ISO 4225:1994).

Alem destas designações, existe uma outra que tem o nome de “poeiras” que é muito utilizada na atividade laboral. Esta denominação é definida em vários documentos. As definições de “Poeiras” são expostas da seguinte forma:

- “Pequenas partículas sólidas, que normalmente o seu tamanho é abaixo dos 75 µm de diâmetro, que dependendo do seu peso podem permanecer suspensas por um determinado tempo.” (ISO 4225:1994);
- “Suspensão no ar de partículas esferoidais de pequeno tamanho, formadas pelo manuseamento de certos materiais e por processos mecânicos de desintegração.” (Miguel, 2012);
- “Partículas sólidas formadas por esmagamento ou outra ação mecânica, o que resulta numa desintegração física do material.” (Kulkarni, Baron & Willeke, 2011);
- “Matéria sob a forma sólida, finamente dividida, e dispersa no ar.” (NP EN 15051:2011).

A mistura complexa de matéria particulada é representada como um aerossol, onde é definido no Decreto-Lei nº78/2004 como “partículas sólidas ou líquidas em suspensão num meio gasoso, com uma velocidade de queda irrelevante e com uma dimensão que excede a de um colóide (de um nanómetro a um micrómetro).” “Os aerossóis são formados através da conversão de gases para partículas ou pela desintegração de líquidos ou sólidos em componentes mais finos”(Kulkarni, Baron & Willeke, 2011). Podem ser classificados, de acordo com a sua fonte emissora, como aerossóis naturais, tais como os formados por bactérias, vírus, pólen, sal, matéria particulada de vias não pavimentadas, etc., ou aerossóis antropogénicos como gases de combustão de combustíveis fósseis em veículos automóveis, navios, caldeiras, incêndios florestais, etc. (Almeida, 2004).

Existem dois tipos de aerossol, o aerossol primário e o secundário. No aerossol primário a matéria particulada primária é libertada para atmosfera diretamente da sua fonte principal, como por exemplo as libertadas pelo transporte rodoviário, as libertadas pela combustão estacionária e ainda as resultantes dos processos industriais. No aerossol secundário a matéria particulada é aquela que se forma no interior da atmosfera através de reações químicas onde estão algumas partículas primárias (Almeida, 2004).

Os processos químicos envolventes nas matérias particuladas secundárias são mais lentos e a sua persistência na atmosfera é prolongada (Kelly & Fussell 2012). Na composição do aerossol que inclui os dois tipos de matéria particulada, primárias e secundárias, foram investigados para refletir as várias características de emissão de matéria particulada relativamente ao espaço e tempo (Thurston & Spengler 1993).

A matéria particulada apresenta diferentes dimensões, dependendo dos materiais e substâncias que as originam, sendo identificadas pelas suas características físicas, químicas, biológicas e pelo método de medição. As concentrações desta matéria particulada existentes no ar ambiente estão relacionadas com a fonte de matéria particulada, que pode ser estacionária ou móvel e com as transformações que ocorrem na atmosfera (EEA, 2012).

A nomenclatura internacional denomina a matéria particulada de “PM_x” (*particulate matter*), que designa material particulado com diâmetro inferior a xµm. O diâmetro é expresso em µm (microns) de acordo com o raio de diâmetro que a matéria particulada apresenta e é expresso em diâmetro aerodinâmico (DA) dependendo da sua composição e das suas propriedades físicas e não da sua geometria (Kulkarni, Baron & Willeke, 2011), onde depende da particularidade da medição, da concentração, da composição e de outros parâmetros (Solomon & Sioutas, 2008).

Assim a matéria particulada pode ser denominada em três categorias (EPA, 2013 e Kelly & Fussell, 2012):

- Partículas Ultrafinas $\leq 0.1 \mu\text{m}$ (PM_{0,1});
- Partículas finas > 0.1 e $\leq 2,5 \mu\text{m}$ (PM_{2,5});
- Partículas Grosseiras $> 2,5$ e $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM₁₀);

As PM_{10} são definidas como as “partículas em suspensão suscetíveis de passar através de uma tomada de ar seletiva, tal como definido no método de referência para a amostragem e medição de PM_{10} , norma EN 12341, com uma eficiência de corte de 50 % para um diâmetro aerodinâmico de 10 μm .” (Decreto-Lei nº 102/2010). As $PM_{2,5}$ são “partículas em suspensão suscetíveis de passar através de uma tomada de ar seletiva, tal como definido no método de referência para a amostragem e medição de $PM_{2,5}$, norma EN 14907, com uma eficiência de corte de 50 % para um diâmetro aerodinâmico de 2,5 μm .” (Decreto-Lei nº 102/2010).

As partículas ultrafinas (do inglês UFPs - ultrafine particles), com um diâmetro inferior a 0,1 μm , estão em maior número na atmosfera, contribuindo muito pouco para a quantidade de matéria particulada em massa, mas a grande área de superfície em relação à massa pode ser especialmente tóxica. As partículas finas são constituídas por matéria particulada com um diâmetro entre 0,1 μm e 2,5 μm e contêm partículas primárias a partir de fontes de combustão e secundárias a partir de precursores gasosos que evoluem com a coagulação e condensação. É matéria particulada que permanece na atmosfera durante dias ou semanas e pode viajar centenas e até milhares de quilômetros. As partículas grosseiras são constituídas por matéria particulada com o diâmetro entre 2,5 μm e 10 μm e são as mais visíveis. Estas depositam-se em algumas horas e só viajam cerca de dezenas de quilômetros. São geradas mecanicamente por trituração ou moagem como algumas secundárias e são originadas a partir das poeiras das estradas, da construção, agricultura e mineração (Kelly & Fussell, 2012).

Na figura 2.1 apresenta-se uma imagem da dimensão da matéria particulada relativamente a dimensão de um fio de cabelo humano e a um grão de areia fino da praia. Consegue-se ter uma perceção através da figura em questão que as PM_{10} e as $PM_{2,5}$, são muito menores em relação a um grão de areia e a um fio de cabelo humano. Muita matéria particulada é de reduzida dimensão e por vezes não visível a olho nu, tendo efeitos na saúde distintos de acordo com a sua característica. Estudos demonstram que quanto mais reduzidas forem a dimensão da matéria particulada, maior a capacidade de penetrar a uma maior distância no sistema respiratório com consequências negativas para a saúde humana.

A matéria particulada está definida quanto à sua dimensão e vias de entrada no organismo humano. No caso de agentes químicos em forma de matéria particulada sólida suspensa no ar inalado, o efeito na saúde depende da dimensão da matéria particulada e da sua massa de concentração (ACGIH, 2013).

Segundo o comité europeu de normalização em 1993 e conforme a última edição de 2004 da EN 481, foram definidas as convenções de amostragem para as frações da dimensão de partículas totais em suspensão para avaliar possíveis efeitos na saúde resultantes da exposição por inalação ocupacional a essa matéria particulada. As convenções de amostragem foram designadas em cinco frações:

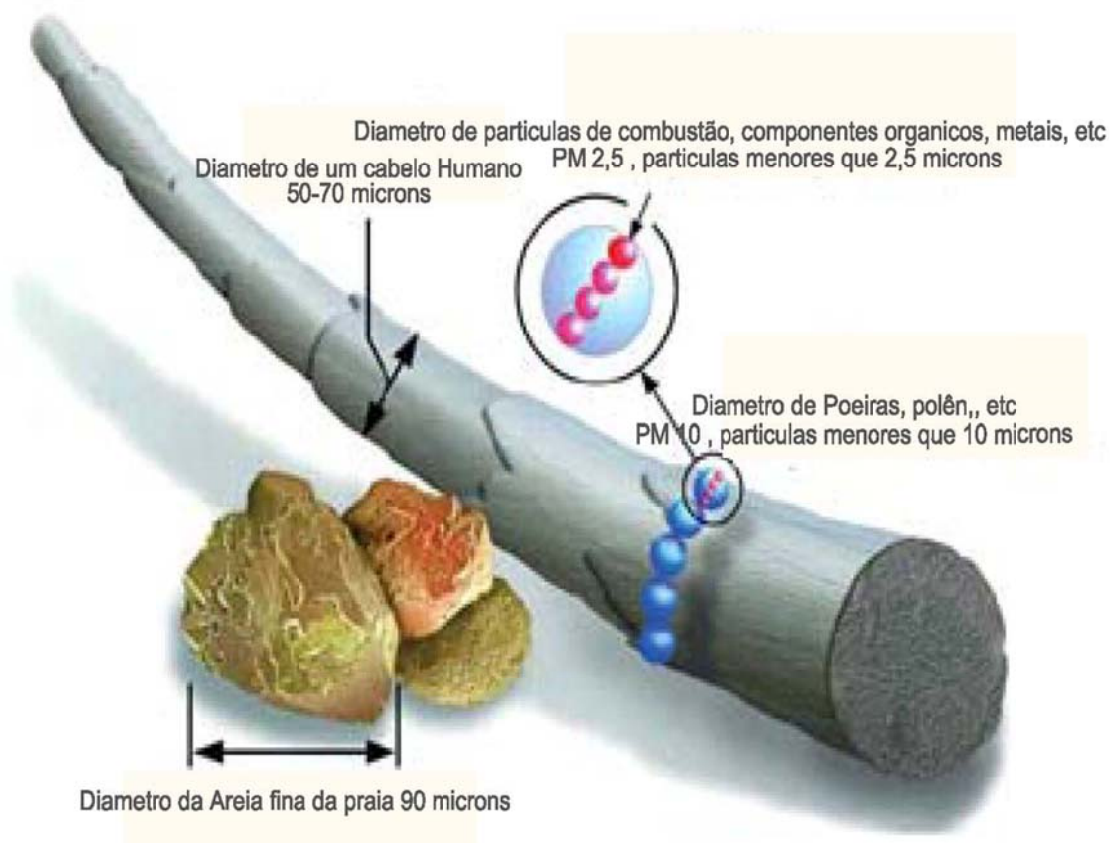


Figura 2.1 – Relação entre o tamanho de um cabelo humano e as PM_{2,5} e PM₁₀.
(Fonte: Adaptado de *United States Environmental Protection Agency*, 2013. Traduzido pelo autor)

- Fração inalável, designada pela “ fração mássica de partículas totais em suspensão no ar que são inaladas pelo nariz ou boca.” (NP EN 481:2004);
- Fração extra torácica, designada pela “ fração mássica de partículas inaladas que não penetram além da laringe.” (NP EN 481:2004);
- Fração torácica, designada pela “fração mássica de partículas inaladas que penetram para além da laringe.” (NP EN 481:2004);
- Fração traqueobronquial, designada pela “fração mássica de partículas inaladas que penetram para além da laringe, mas não na região do trato respiratório desprovida de cílios.” (NP EN 481:2004);
- Fração respirável, designada pela “ fração mássica de partículas inaladas que penetram na região do trato respiratório desprovida de cílios.” (NP EN 481:2004);

A Organização Internacional de Normalização (do inglês ISO - *International Standards Organization*) e a Conferência Americana dos Higienistas Industriais Governamentais (do inglês ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) também adotaram as mesmas definições (Cherrie & Aitken, 1999).

A figura 2.2 demonstra o percurso da matéria particulada ao longo das várias frações do trato respiratório. Em primeiro lugar a matéria particulada penetra através do nariz ou boca, onde vai

encontrar a zona da nasofaringe e laringe onde temos a fração inalável. Toda a zona abaixo desta é conhecida como a região torácica designada por fração torácica e a traqueobronquial e por último a região respirável que inclui os brônquios e alvéolos designada por fração respirável.

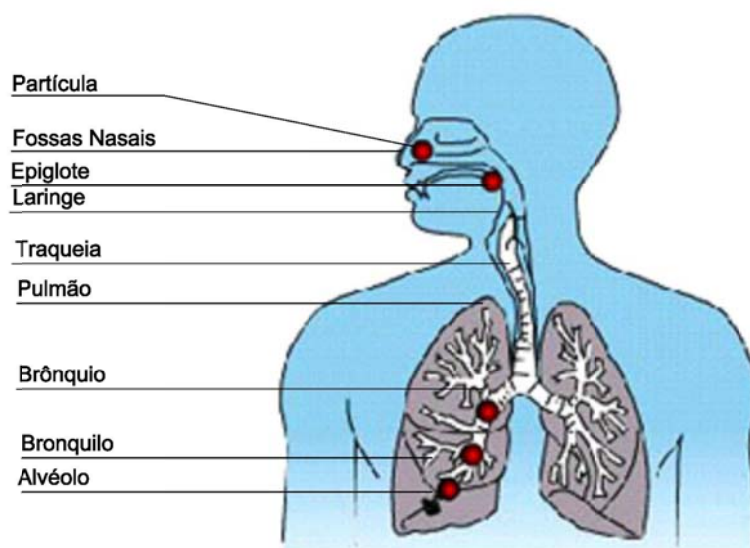


Figura 2.2 – Aparelho Respiratório Humano e seus principais constituintes funcionais/morfológicos. (Fonte: Vincent, 1994. Traduzido pelo autor)

O comportamento da matéria particulada na atmosfera e no sistema respiratório humano, é determinado, em grande parte pelas suas propriedades físicas, abrangendo várias ordens de magnitude de dimensão, variando entre nanómetros e micrómetros (EPA, 2013 e Kelly & Fussell, 2012).

No normativo de segurança e higiene no trabalho NP 1796 de 2007, que tem como base os valores da ACGIH, segue a mesma metodologia da EN 481:2004 para definir valores de concentrações da massa de partículas em local de trabalho, que é determinado por filtração de um volume conhecido de aerossol, mas a divisão é feita em três frações. Esta norma divide em três tipos de frações mássicas de partículas conforme demonstra o quadro 2.1.

De acordo com o quadro 2.1, para matéria particulada inferior a $10\mu\text{m}$ pode-se observar que para as frações inaláveis a concentração é maior do que para a fração respirável.

Para interligar as três categorias das dimensões aerodinâmicas da matéria particulada com os normativos de segurança e higiene no trabalho, pode-se referir que a eficiência de colheita para a fração respirável é inferior à dimensão de matéria particulada de $4\mu\text{m}$; a eficiência de colheita para fração torácica é inferior à dimensão de matéria particulada de $10\mu\text{m}$ e a eficiência de colheita para inalável é inferior à dimensão de matéria particulada de $100\mu\text{m}$, conforme o quadro 2.2.

Partículas Inaláveis		Partículas Torácicas		Partículas Respiráveis	
Diametro aerodinâmico da partícula (µm)	Fração inalável [PI] (%)	Diametro aerodinâmico da partícula (µm)	Fração torácica [PI] (%)	Diametro aerodinâmico da partícula (µm)	Fração respirável [PI] (%)
0	100	0	100	0	100
1	97	2	94	1	97
2	94	4	89	2	91
5	87	6	80,5	3	74
10	77	8	67	4	50
20	65	10	50	5	30
30	58	12	35	6	17
40	54,5	14	23	7	9
50	52,5	16	15	8	5
100	50	18	9,5	10	1
		20	6		
		25	2		

Quadro 2.1 – Eficiências de colheitas representativas das diversas dimensões de partículas em cada uma das respectivas frações mássicas
(Fonte: NP 1796:2007)

Diâmetro Aerodinâmico da partícula	Frações do Trato Respiratório
$d_{50} < 100 \mu\text{m}$	Fração Inalável
$d_{50} < 10 \mu\text{m}$	Fração Torácica
$d_{50} < 4 \mu\text{m}$	Fração Respirável

Quadro 2.2 – Dimensões das partículas e frações no trato respiratório

Pode-se também observar na figura 2.3 um gráfico que mostra a relação entre o diâmetro da matéria particulada e a percentagem de fração depositada na zona do organismo humano. A linha a vermelho representa a zona nasofaríngeal, a linha a amarelo a zona traqueobronquial e a azul a zona alveolar. Na dimensão micro a deposição da matéria particulada dá-se em maiores quantidades na fração inalável (nariz ou boca). A fração torácica (para além da laringe) apresenta menores concentrações de deposição nesta dimensão. De acordo com a figura em questão, para matéria particulada menor que 100µm e em relação à eficiência das probabilidades de deposição existe uma grande diferença em qualquer uma das zonas (nasofaríngeal, traqueobronquial e alveolar) (Oberdorster et al., 2004).

A matéria particulada respirável é definida como a matéria particulada que têm um diâmetro inferior a 10 µm (PM₁₀) e a sua capacidade de penetração do aerossol depende da sua dimensão (Saldiva et al., 2002). É esta matéria particulada que representa um maior risco para a saúde uma vez que conseguem penetrar profundamente ao nível dos pulmões e atingir os alvéolos pulmonares, causando danos para a saúde.

A toxicidade da exposição a matéria particulada e a concentração de emissão a essa mesma matéria particulada, pode depender de diversos fatores, podendo estar relacionado com a situação

geográfica, com as condições atmosféricas, com as fontes de emissão (distância à fonte), com a composição dos químicos, com o número de partículas, com a dimensão (massa, área e tamanho) da matéria particulada, tipo e parâmetros do manuseamento do material (Artinano et al. 2006; Devi, Grupta & Tripathi, 2009; Arhami et al., 2009; Almeida, et al. 2011.b).

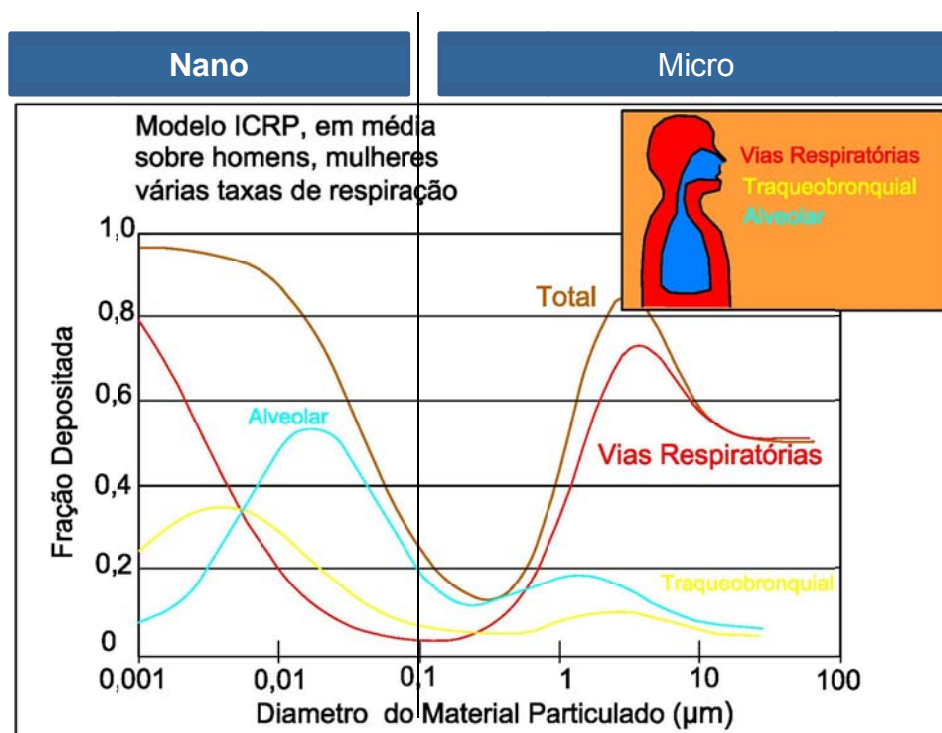


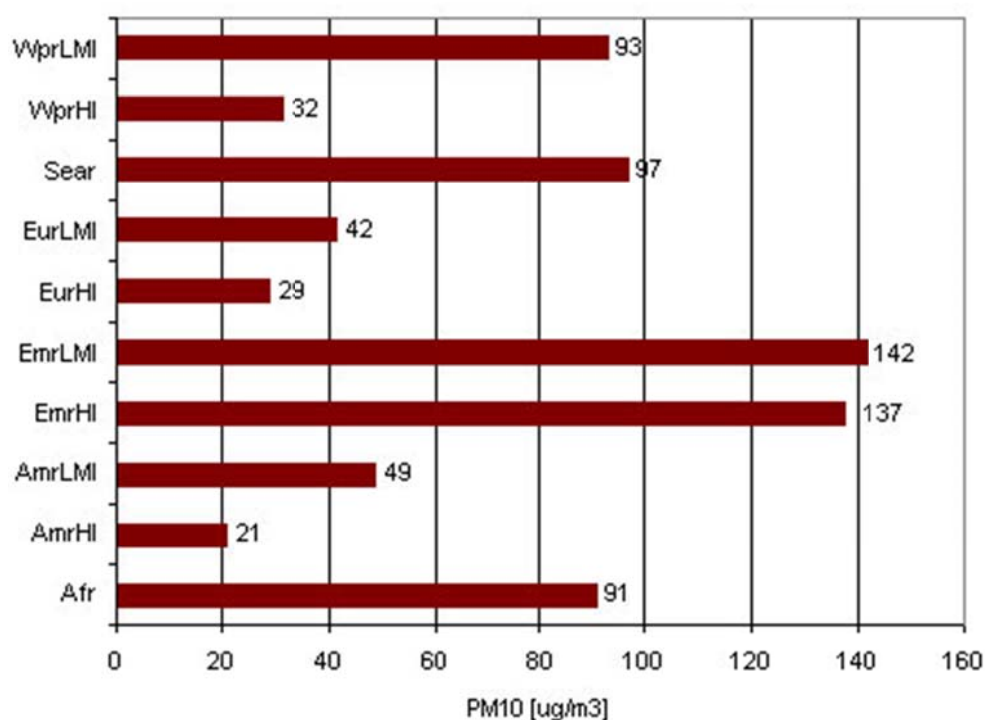
Figura 2.3 – Deposição de matéria particulada no sistema respiratório

(Fonte: adaptado de NIOSH, 2012. Traduzido pelo autor)

O poluente atmosférico é considerado como qualquer substância introduzida “direta ou indiretamente, pelo homem no ar ambiente, que exercem uma ação nociva sobre a saúde humana e ou o meio ambiente.” Mas a percentagem estimada a nível de mortalidade devido à exposição a poluentes atmosféricos a nível mundial, só é quantificada a nível das substâncias particuladas e como consequência, esses valores estão subestimados. A nível mundial a estimativa em 2005 de mortes prematuras através da matéria particulada fina, apontam para cerca de 0,8 milhões e 6,4 milhões de anos de vida perdidos (Cohen et al., 2005). Segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde) o relatório de 2010 estima, que cerca de 21% da população urbana foi exposta a concentrações superiores aos valores limite diários da União Europeia de PM_{10} e mais 30% da população também foi exposta a concentrações superiores aos valores limite diário de $PM_{2,5}$. Para valores limite diários da OMS, que são mais rigorosos, a organização estima que cerca 81% da população foi exposta a PM_{10} e 95% a $PM_{2,5}$.

As bases de dados da Conferência Americana dos Higienistas Industriais Governamentais (do inglês *ACGIH - American Conference of Industrial Hygienists*) apresenta valores de PM_{10} nas várias cidades do mundo, conforme a figura 2.4. No período entre 2003 e 2010, para zonas urbanas entre 21-142 $\mu g/m^3$, apresenta uma média no mundo de 71 $\mu g/m^3$ de matéria particulada com um diâmetro aerodinâmico inferior a 10 μm , onde a maior incidência é no Mediterrâneo Oriental.

Considera-se a dispersão e transformação dos poluentes com um papel muito significativo na formação da matéria particulada fina. Estudos feitos nos Estados Unidos entre 2001 e 2008, verificaram que as condições meteorológicas e a topografia também são fatores que afetam a concentração da matéria particulada, nomeadamente a concentração da matéria particulada nos meses de frio é menor do que nos meses de verão. O efeito inverso também existe, como por exemplo, a matéria particulada aumenta ou diminui a refletividade das nuvens levando aos efeitos de arrefecimento ou aquecimento e influenciam a precipitação ou secas (EPA, 2012 e Nie, 2012).



Afr: África; Amr: América; Emr: Mediterrâneo Oriental; Eur: Europa; Sear: Sudeste da Ásia; Wpr: Pacífico Ocidental; HI: Baixo rendimento; LMI: Alto e médio rendimento;

Figura 2.4 – Concentração de PM_{10} nas cidades do mundo por região.
(Fonte: Base de dados da ACGIH 2003-2010. Traduzido pelo autor).

2.2.3- Efeitos na Saúde

Um dos mais extensos grupos de fatores de risco na atividade profissional são as substâncias químicas (Jouany, 1985 citado por Uva & Faria, 2000), sendo que a entrada das substâncias no organismo se faz através das vias de exposição nomeadamente:

- Trato Respiratório;
- Via dérmica;
- Trato Gastrointestinal (Carpenter, Arcaro & Spink, 2002).

A forma de entrada, mais conhecida por via da exposição, poderá definir a zona mais afetada pela doença, como por exemplo: fumar causa o cancro de pulmão ou as substâncias mutagénicas aplicadas na pele causam cancro da pele. Existem contudo, contaminantes em que a via de exposição é menos importante, como os contaminantes mais persistentes (não se decompõe rapidamente), em que o tempo de permanência no nosso corpo é muito longo e alteram a bioquímica e fisiologia do organismo e por conseguinte causando a doença (Carpenter, Arcaro & Spink, 2002), como por exemplo; as doenças pulmonares obstrutivas crónicas (DPOC).

Inserido no grupo de substâncias químicas, existem vários elementos prejudiciais à saúde do homem. As partículas totais em suspensão na atmosfera são as mais prejudiciais à saúde, sendo o ozono o que apresenta menor nocividade à saúde (EEA, 2012). Como se verifica na figura 2.5 existem várias doenças relacionadas com a matéria particulada, sendo mais predominantes os efeitos nocivos no sistema respiratório e cardiovascular, provocando assim doenças respiratórias e cardiovasculares. Muitos dos estudos são centrados em doenças respiratórias relativamente à exposição de matéria particulada em suspensão, mas também é um fator de risco para o sistema cardiovascular (Pope III, et al., 2004). A longo prazo a exposição elevada de matéria particulada diminui significativamente a esperança média de vida, conduzindo à morte (PNAAS, 2007). Outro tipo de matéria particulada como por exemplo a solúvel e a que são associadas efeitos sistémicos, podem afetar a corrente sanguínea e serem transportadas a outro órgão (Vincent, 1994).

Algumas substâncias já foram proibidas devido ao facto de serem altamente prejudiciais à saúde humana podendo causar danos irreversíveis. Existem contudo, muitas outras substâncias que continuam a ser utilizadas e que podem causar danos na saúde se os riscos a elas associados não forem geridos de forma adequada.

Os danos associados à saúde podem incluir as seguintes consequências:

- Envenenamento, asfixia (efeitos a curto prazo);
- Doenças respiratórias e cardiovasculares (Brook et al., 2002, EPA, 2013);
- Cancro;
- Asma e alergias (Pope III e Kanner, 1993 citado por Kelly & Fussell, 2012);
- Doenças de pele (Carpenter, Arcaro & Spink, 2002);

- Perturbações ao nível do sistema reprodutivo e do desenvolvimento neurológico (Pope et al., 1999 citado por Pope III et al., 2004);
- Via aéreas superiores e cordas vocais (Viegas, et al., 2013).

Existem doenças profissionais já regulamentadas, de acordo com o Decreto Regulamentar nº76/2007, como por exemplo:

- Pneumoconioses por poeiras minerais (como por exemplo a silicose e a asbestose);
- Granulomatoses pulmonares extrínsecas provocadas por poeiras ou aerossóis com ação imunoalérgica (como por exemplo a doença pulmão do cimento);
- Broncopneumopatias provocadas por poeiras ou aerossóis com ação imunoalérgica e ou irritante (asma profissional).

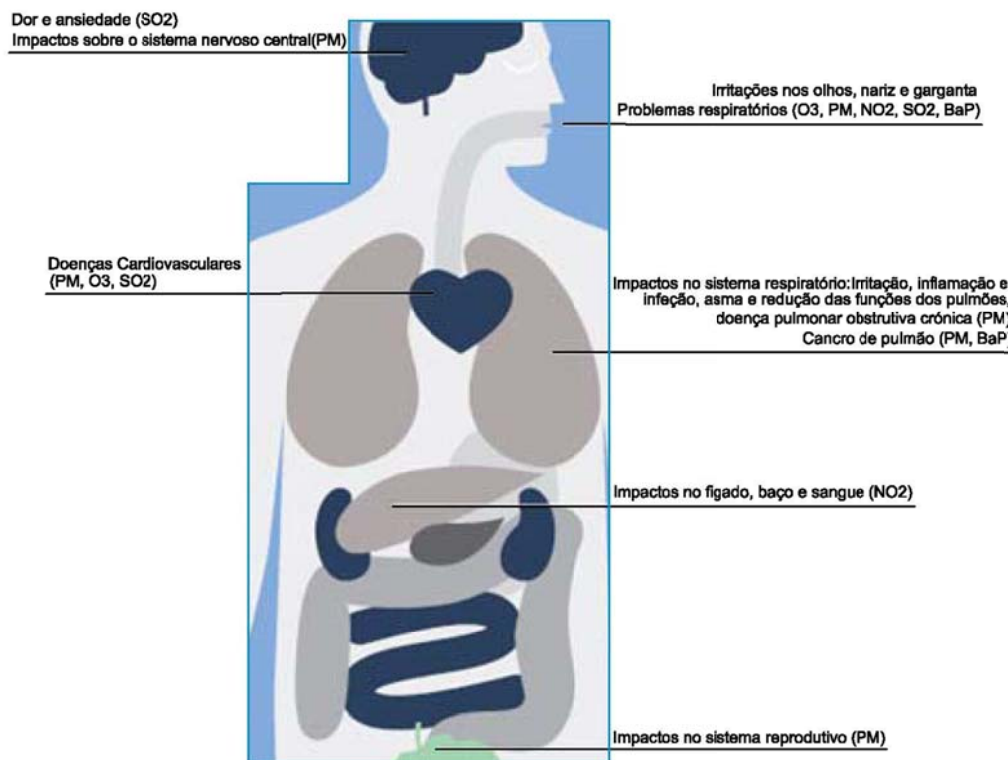


Figura 2.5 – Algumas doenças originadas pelos poluentes do ar ambiente.
(Fonte: Adaptado EEA – European Environment Agency 2013. *Every breath we take. Improving air quality in Europe*. Traduzido pelo autor)

Vários estudos como o Ackermann em 1997 e o Abbey em 1995 observaram que elevadas exposições de matéria particulada estão associadas às diminuições das funções dos pulmões assim como aos sintomas de obstrução das vias aéreas (Pope III et al., 2004).

O estudo feito por Aaron J. Cohen refere que a exposição a matéria particulada no mundo provoca doenças mortais sendo cerca de 3% de doenças cardiovasculares, 5% de doenças da traqueia, brônquicos e cancro de pulmões e 1% de infeções agudas respiratórias nas crianças (Cohen, 2005). Já em 1958, Dubois e Dautrebande, e mais tarde confirmado por Pope III e Kanner em 1993 (citado por Kelly & Fussell, 2012) e por Pope em 2002 (Pope III et al., 2002), referem que o homem com DPOC poderá morrer mais facilmente com uma pneumonia, quando exposto a matéria particulada, pois provoca a mudança no volume da caixa torácica, obstruindo as vias aéreas e por consequente a redução da ventilação e a probabilidade de morte. Também nos pacientes asmáticos, existe um aumento de gravidade da doença e até aos humanos saudáveis poderá provocar broncoespasmos. Cada $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de elevação na exposição a longa duração de concentração de partículas finas, está associada a um aumento de doença de 6% para doenças cardiopulmonares e 8% para doenças de cancro de pulmão (Pope III et al., 2002). Associado a este quadro, e tendo em conta as características individuais de cada individuo, torna-se a avaliação ao risco uma operação muito complexa (Lioy, 1991).

É demonstrado que a curta duração da exposição a $\text{PM}_{2.5}$ provocam vasoconstrição, sendo as alterações nas artérias um contributo para os ataques cardíacos agudos (Brook et al., 2002). Em 2004 a Agência de Proteção Ambiental (EPA) citou que pacientes com doenças preexistentes cardiopulmonares podem piorar a sua doença com exposição a matéria particulada. Também em pacientes diabéticos, obesos e hipertensos, o aumento dos marcadores de inflamação estão associados a um aumento de exposição a material particulado (Dubowsky et al., 2006). Igualmente doses elevadas de exposição de partículas grosseiras causa inflamação de pulmão, cancro no pulmão, fibrose pulmonar e hiperplasia de células epiteliais (Oberdorster, Ferin, & Lehnert, 1994). Em estudos efetuados, foram referenciadas mortes a doentes com doenças respiratórias, asma e DPOC, associados à exposição a partículas grosseiras PM_{10} (Brunekreef & Forsberg, 2005).

Também a exposição a matéria particulada inferior a 100 nanómetro, depositada na zona nasofaríngea em estudos “in vivo”, aplicados em ratos, apontam para danos no sistema nervoso através dos nervos olfativos (Oberdorster et al., 2004).

“Tem sido demonstrado que as partículas menores podem ter impacto maior sobre o sistema respiratório” (Pope III et al., 2002), pois a matéria particulada menor consegue penetrar mais facilmente no sistema respiratório, atingindo assim a zona alveolar e originando um aumento nas doenças cardiovasculares e cancro de pulmão. Foi comprovado em experimentações “in vivo”, em que a dimensão da matéria particulada é muito importante e que não se pode ter só em conta a massa para indicar a nocividade da matéria particulada em suspensão (Zhang et al., 2003). Existem estudos que relacionam a exposição a matéria particulada com a área de superfície da matéria particulada entre $200\text{-}300\text{ cm}^2$ e $200\text{-}2000\text{ cm}^2$, que implica na variação do grau de doença. Quanto maior for a superfície afetada, maior será a absorção das substâncias tóxicas (Driscoll, 1926 citado por Tran et al., 2000 e Brown et al., 2001).

Assim a matéria particulada poderá ser prejudicial à saúde humana, em especial ao seu aparelho respiratório, dependendo do tipo e das suas propriedades químicas, da sua ação biológica, da quantidade e tempo de exposição, das características e sensibilidade individual.

A gravidade no efeito na saúde do ser humano da exposição a matéria particulada, depende de diversos fatores. A situação geográfica, as condições atmosféricas, as fontes de emissão (distância à fonte), a composição química, a concentração matéria particulada, as características físicas da matéria particulada (dimensão, massa, forma e área), tipo e parâmetros do manuseamento do material (Artínano et al. 2006; Devi, Grupta & Tripathi, 2009; Arhami et al., 2009; Almeida, et al. 2011.b) e aspetos intrínsecos do trabalhador, são fatores diferenciadores na toxicidade da partícula.

2.3 – Metodologia de Avaliação de Risco de Exposição

A avaliação de risco é caracterizada como um processo complexo de identificação dos perigos que poderão causar um potencial efeito negativo na saúde do homem (NRC, 1983). É definida pela Comissão Europeia em 1996 como “processo de evolução do risco na saúde e segurança dos trabalhadores, dependendo das ocorrências dos perigos durante as circunstâncias do trabalho.” Sendo assim para evitar/prevenir esses mesmos riscos, é fundamental que exista em qualquer atividade uma avaliação de risco dinâmica. Foi então que a legislação comunitária criou a diretiva 89/391, que foi transporta para cada Estado-Membro para assegurar e acautelar a prevenção de riscos assente “numa correta e permanente avaliação de riscos”, definindo assim algumas etapas de avaliação de risco, tais como:

- Identificar os perigos, atividades e trabalhadores;
- Avaliar os riscos, a fim de escolher as medidas adequadas à prevenção do risco;
- Verificar se as medidas preventivas são adequadas;
- Definir prioridades para aplicar essas medidas;
- Informação e formação dos trabalhadores;
- Vigilância da saúde do trabalhador;
- Garantir adequação à organização das medidas implementadas.

A primeira etapa é fundamental para definir as medidas preventivas para que haja uma minimização ou mesmo uma eliminação do risco. “Conhecer para prevenir implica pois o conhecimento de aspetos da situação de trabalho que se situam para além da confrontação de um valor medido com um valor-referência. Obriga ainda sempre, a conhecer variáveis do trabalho e do trabalhador que podem determinar avaliações de risco que aproximem, de facto, o “risco medido” do “risco real”. Interessa portanto definir o que deve ser conhecido para que as medidas de prevenção sejam as mais adequadas possíveis” (Uva, 2007).

A avaliação de risco no ser humano à exposição a poluentes, “human exposure” desenvolveu-se no início dos anos oitenta (Duan, 1982 citado por Monn, 2001). Um dos princípios gerais da prevenção de riscos consiste na avaliação dos riscos para a saúde e a segurança do trabalhador. A avaliação e gestão de riscos permitem que a entidade patronal, cumpra a obrigação de assegurar a segurança e saúde do trabalhador, prevendo assim uma melhoria contínua na prevenção dos riscos profissionais. A avaliação dos riscos é uma ferramenta imprescindível porque permite conhecer a existência dos riscos, a sua natureza e planejar as intervenções preventivas adequadas.

De acordo com o National Research Council (NRC, 1983), a avaliação de risco relativamente à exposição desenvolve-se num processo de atuação, que é dividido em quatro etapas:

- Identificação do perigo;
- Avaliação da Exposição;
- Avaliação Dose-Resposta;
- Caracterização do Risco.

Existem várias definições semelhantes da palavra “perigo”. A definição utilizada pela Lei 102/2009, designa o perigo como a “propriedade intrínseca de uma instalação atividade, equipamento, um agente ou outro componente material do trabalho com potencial para provocar dano”, a definição da Norma Portuguesa 4397:2008 designa o perigo como a “fonte, situação, ou ato com potencial para o dano em termos de lesão ou afeção da saúde, ou uma combinação das duas.”. A definição da Norma Portuguesa tem um conceito mais abrangente. Pode-se dizer então que a identificação do perigo consiste em determinar se a exposição a um fator adverso pode causar danos para a saúde do trabalhador.

A análise de riscos envolve a identificação de perigos que estão sempre iminentes desde que se reúna o maior número de circunstâncias para a ocorrência de incidentes ou acidentes e se desencadeiem as situações necessárias para que elas ocorram.

A “exposição” segundo a EPA é definida como o contacto entre o agente do meio ambiente e o ser humano. A exposição “para causar um efeito adverso”, “deve primeiro entrar em contacto com o organismo. Os meios pelos quais um organismo entra em contacto com a substância são as vias de exposição (por exemplo, o ar, a água, solo, alimentos, medicamentos)” (Williams, Robert & Stephen 2000).

A avaliação da exposição é um processo para estimar a magnitude, frequência e duração da exposição humana a um agente no meio ambiente (Paustenbach, 1989). A “exposição” é definida como os níveis de poluentes que estão em contacto com o humano a um tempo determinado. Quando esse poluente entra no organismo, o conceito de “dose” é utilizado, isto é o agente que é depositado no corpo humano durante um determinado tempo sendo medido em unidades de massa (NRC, 1991). Os estudos desenvolvidos por Oberdorster, Ferin e Lehnert concluem que quando avaliamos as relações com a exposição versus dose versus efeito de matéria particulada, a determinação da dose é relevante em unidades de massa, mas se diferentes matérias particuladas

são comparadas, as doses terão que ser expressas como volume de matéria particulada, área de superfície da matéria particulada e/ou número de matéria particulada, consoante o resultado que se pretenda estudar (Oberdorster, Ferin & Lehnert, 1994).

A avaliação da dose-resposta é o processo que descreve a probabilidade e gravidade de efeitos adversos para a saúde que estão relacionados com a quantidade e as condições de exposição desse agente assim como as características físicas e sociais do ser humano como por exemplo, o sexo, estilo de vida e outros fatores modificadores. Sendo a dose “uma quantidade total de uma substância tóxica que é administrada durante intervalos de tempo específicos. A quantidade pode ser definida em quantidade de peso corporal ou por área da superfície corporal.” (Williams, Robert & Stephen, 2000).

Existe uma frequente falta de dados de dose-resposta disponíveis para seres humanos por isso a avaliação da dose-resposta requer quase sempre uma extrapolação de uma dose alta para uma dose baixa e de animais para humanos.

A curva dose-resposta cumulativa é caracterizada com a descrição de várias curvas de resposta de frequência acima de uma gama de dosagens diferentes por uma linha unidade por vários pontos a partir do limiar (conhecido internacionalmente por *threshold*) de dose. Todas as doses abaixo deste limiar produzem uma resposta que é definida como a dose que não observa toxicidade. O efeito adverso mais elevado não observado, é designado por “Nível sem Efeitos Adversos Observados” (NOAEL), ou dose limiar. Acima desta dose limiar os efeitos de toxicidade começam a ser visíveis, a resposta aumenta com a dose. O efeito verificado às concentrações mais reduzidas é o efeito adverso mais reduzido observado, designado como o “Nível Mínimo com Efeitos Adversos Observáveis” (LOAEL), de acordo com a figura 2.6.

É a partir destes conceitos (NOAEL e LOAEL) que se fixam os valores máximos admissíveis, ou valores limite de exposição (VLE), por vezes designados como TLV (“*Threshold Limit Values*”). Estes VLE são entendidos como o valor limite a que um trabalhador possa estar exposto a um fator de risco sem efeitos negativos para a sua saúde (Uva & Faria, 2000). Segundo a Norma Portuguesa 1796/2007 o valor limite consiste na “concentração de agentes químicos à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde.”. No Decreto-Lei 24 de 6 de fevereiro de 2012, o decreto mais recente sobre a proteção aos trabalhadores contra os riscos devido à exposição a agentes químicos definiu “valor limite de exposição profissional obrigatório” como “ limite da concentração média ponderada de um agente químico presente no ar do local de trabalho, na zona de respiração de um trabalhador, em relação a um período de referência determinado, sem prejuízo de especificação em contrário, que não deve ser ultrapassado em condições normais de funcionamento.”.

Segundo a NP 1796/2007, existem dois tipos de VLE mais significativos:

- VLE-MP – Valor limite de exposição – média ponderada, que se define no valor “medido ou calculado em relação a uma média ponderada no tempo (VLE -MP) para um período de referência de oito horas” (Decreto-lei 24/2012) ou “concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde.” (NP 1796:2007);

- VLE-CD – Valor limite de exposição – curta duração, que se define no “valor limite acima do qual não devem ocorrer exposições por referência a um período de 15 minutos, exceto quando houver especificação em contrário” (Decreto-lei 24/2012) ou “concentração à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar repetidamente expostos por curtos períodos de tempo, desde que o valor de VLE-MP não seja excedido e sem que ocorram efeitos adversos”. É definido como uma exposição VLE-MP de 15 minutos. (NP 1796:2007).

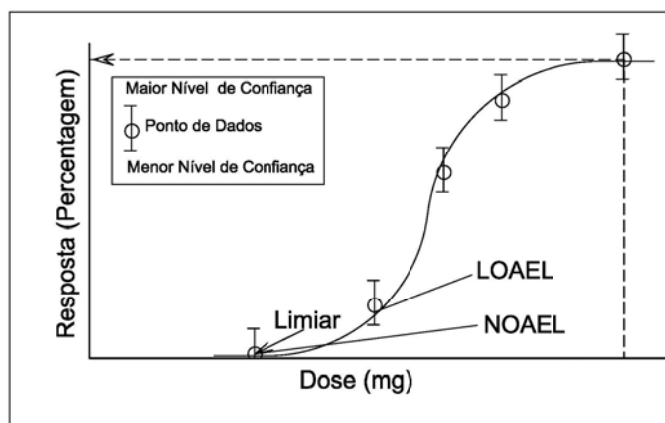


Figura 2.6 – Curva Dose-Resposta
(Fonte: Adaptado Williams, 2000)

Foram elaborados alguns estudos sobre a avaliação da exposição direcionadas para o poluente onde é descrito e definido com mais pormenor a rota de um poluente a partir da sua fonte até ao efeito na saúde humana (Lioy, 1990), conforme demonstra a figura 2.7. Os “outputs” de um componente são os “Inputs” do componente seguinte. Se existir pouca informação relativamente a algum componente, será impossível determinar por completo o componente seguinte e assim a avaliação da exposição poderá ficar comprometida. Cada componente é sequencialmente dependente do outro, chamando-se a este modelo “rota de exposição” (Ott, 1990). A “rota de exposição” inclui diferentes tipos de dose (figura 2.7):

- a dose de exposição é considerada como a concentração que está disponível no ar ambiente,
- a dose interna ou absorvida é a concentração que é absorvida pelo organismo,
- a dose efetiva é a concentração que interage com um órgão específico ou células do organismo (William, Robert & Stephen, 2000).

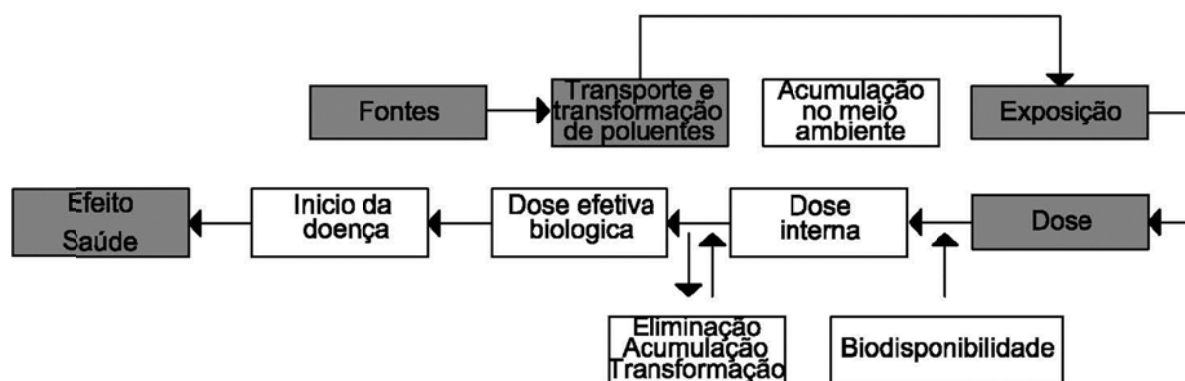


Figura 2.7 – Rota de Exposição
(Fonte: Adaptado do Liroy, 1990. Traduzido pelo autor)

A caracterização do risco consiste em designar o risco segundo a dose-resposta e a avaliação da exposição. O “risco” tem várias definições semelhantes. Na Lei 102/2009 o “risco” é a “probabilidade de concretização do dano em função das condições de utilização, exposição ou interação do componente material do trabalho que apresente perigo”. Na Norma Portuguesa 4397:2008 o conceito é mais amplo, para qualquer acontecimento indesejável, é definido como a “combinação da probabilidade de ocorrência de um acontecimento ou de exposição(ões) perigosos e da gravidade de lesões ou afeções da saúde que possam ser causadas pelo acontecimento ou pela(s) exposição(ões)”.

A avaliação de risco permite obter a identificação do risco, se o risco causa efeitos na saúde, qual o efeito da dose no organismo, quais as exposições a que o organismo está exposto e quais são os efeitos na saúde que causam esse mesmo risco, mas não dá as ações e decisões que se deve tomar perante esse mesmo risco. A National Research Council enquadra a ação/decisão do risco como uma fase distinta, tendo como fatores as questões legais, aspetos sociais e económicos e o controle das opções a tomar perante esse mesmo risco (Paustenbach, 1989; NRC, 1983), tendo como caracterização do risco a interceção das duas fases. Na figura 2.8 apresenta-se de uma forma esquemática, o que foi dito anteriormente, sobre a avaliação do risco desenvolvido pelo Conselho Nacional de Pesquisa (NRC, 1983).

Na avaliação de risco, para além da valorização das variáveis relacionadas com o local de trabalho temos também as variáveis de natureza individual, o que implica uma reavaliação sistemática, mesmo que não haja alterações no local de trabalho (Uva, 2007).

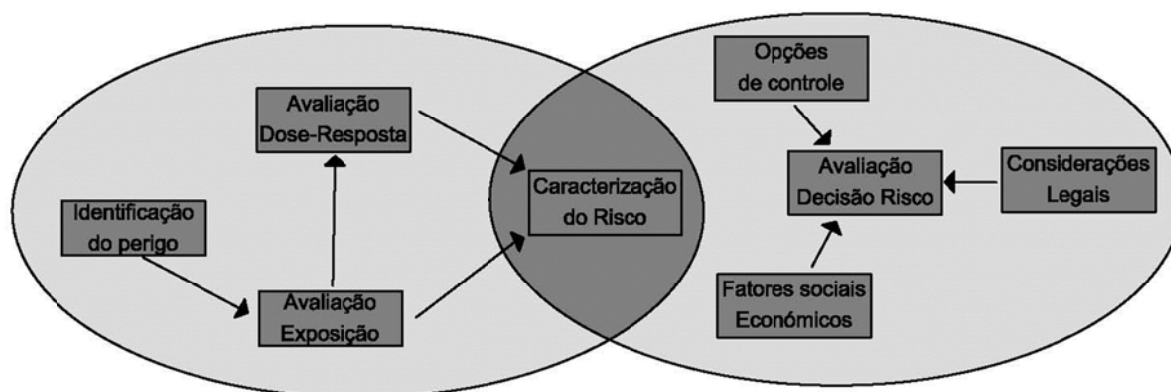


Figura 2.8 – Avaliação de risco / Gestão de risco
(Fonte: Adaptado do NRC, 1983. Traduzido pelo autor)

Existem vários métodos de avaliação de risco na exposição a matéria particulada e a sua escolha depende de vários fatores. “Algumas exposições, a alguns contaminantes, de algumas fontes, para alguns períodos, em alguma frequência e concentração, em alguns ambientes com alguma ventilação, durante algumas atividades, em algumas taxas de respiração, têm alguns efeitos de saúde, em algumas pessoas” (NRC, 1991). Em contexto de “Local de Trabalho” existem métodos estudados que poderão analisar os limites do potencial risco no efeito da saúde dos trabalhadores.

Para dar cumprimento à aplicação da legislação e da gestão de substâncias químicas foram desenvolvidos alguns instrumentos e metodologias para facilitarem as empresas a avaliar o risco dos trabalhadores. Ao nível das pequenas empresas foram desenvolvidos na Europa um número significativo de modelos e ferramentas qualitativas, no sentido de se encontrarem avaliações de risco eficazes, tais como: Controlo de Substâncias Perigosas para a Saúde (COSHH), um método baseado em lista de “matérias químicas de trabalho” desenvolvida por “Austrian Allgemeine Unfallversicherungsanstalt”, um modelo que tem como base uma ferramenta de apoio que suporta a decisão desenvolvida em França, uma lista de segurança desenvolvida pelo Instituto Alemão “Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitssicherheit” e por último o “Método Stoffenmanager” (Marquart, et.al. 2008).

Ao nível das monitorizações para a avaliar a exposição a matéria particulada poderá recorrer-se a dois métodos (NRC, 1991):

- O método direto: o equipamento de monitorização é posicionado no trabalhador durante as suas funções diárias, só este método por si só não avalia as fontes de emissão de poluentes nem o local de trabalho;

- O método indireto: o equipamento de monitorização é direcionado para a atividade que está a ser realizada pelo trabalhador e avalia a qualidade do “ar ambiente”;

A escolha dos métodos numa avaliação é muito complexa. Para que a estratégia de medição seja direcionada para a atividade e para que seja economicamente viável existem vários fatores para se ter em conta, entre eles: o conhecimento da empresa/atividade, o conhecimento dos trabalhadores que estão expostos a uma maior concentração de substâncias, as horas a que estão expostos, a definição do tipo de amostragem, a definição do tempo de amostragem.

No caso da avaliação da exposição a agentes químicos existem alguns pontos que são muito importantes para definir o método para avaliar o nível de toxicidade. De acordo com o Decreto-Lei nº 24/2012 de 6 de setembro o empregador deve avaliar os riscos destes agentes tendo em conta:

- As suas propriedades perigosas;
- As informações das Fichas de Dados de Segurança, embalagem e rotulagem, dos fabricantes;
- A natureza, grau e a duração da exposição;
- A presença simultânea a vários agentes químicos perigosos;
- Condições de trabalho que impliquem a presença desses agentes;
- Os valores limite estabelecidos legalmente;
- Os valores limite estabelecidos a agentes cancerígenos ou mutagénicos e ao amianto legalmente;
- O efeito de medidas de prevenção implementadas ou a implementar;
- Os resultados disponíveis sobre a vigilância da saúde efetuada.

2.4 – Enquadramento Legal e Normativo

A industrialização teve consequências na saúde para os trabalhadores e para a população em geral (Annalee, 1998) e neste sentido foram editados vários aspetos jurídicos ao longo de décadas. Neste sentido existem diferentes áreas temáticas relativas ao regime jurídico que se enquadram no âmbito dos valores limites de concentração de matéria particulada. A legislação que é apresentada de seguida insere-se na temática relacionada com o objetivo do estudo direcionada para os locais de trabalho, no âmbito da segurança e saúde do trabalhador, recai no Decreto-Lei nº 24/2012, na NP EN 15051:2011, na Lei nº 102/2009, na NP 4397:2008, na NP 1796:2007, no Decreto Regulamentar nº 76/2007 e na NP EN 481:2004.

O Decreto-Lei 24/2012 de 6 de Fevereiro “consolida as prescrições mínimas em matéria de proteção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho”, identificando as considerações para avaliar o risco num agente químico, as medidas de prevenção e proteção para a eliminação ou redução do risco perante uma agente

químico. Neste diploma são apresentados no Anexo III os valores limite de exposição profissional com caráter indicativo relativos a agentes químicos.

A norma NP EN 15051:2011 define a medição do empoeiramento dos materiais a granel, requisitos e métodos de ensaio de referência em atmosferas dos locais de trabalho.

A Lei n.º 102/2009 de 10 de Setembro relativo à “aplicação de medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho”, mostra que a prevenção de riscos profissionais assenta numa correta e permanente avaliação de riscos e noutros princípios gerais da prevenção.

A norma NP 4397:2008 foi desenvolvida “para responder à necessidade sentida pelos interessados na existência de uma norma aplicável a sistemas de gestão da Segurança e Saúde do Trabalho relativamente à qual possam ser avaliados e ter os respetivos sistemas certificados.”

A norma NP 1796:2007 “destina-se a fixar os valores limite de exposição a agentes químicos existentes no ar dos locais de trabalho”.

O Decreto Regulamentar nº 76/2007 de 17 de Julho procede à alteração da lista das doenças profissionais.

A norma NP EN481:2004 define o tamanho das frações para medição das partículas totais em suspensão no ar em atmosferas dos locais de trabalho.

Durante o estudo também foram abordados dois regulamentos: o REACH com o objetivo de melhorar o quadro legislativo comunitário em matéria de substâncias químicas e o regulamento com o objetivo de proteger as instalações portuárias. Os regulamentos são definidos como:

- O regulamento REACH é o regulamento definido no Decreto-Lei nº 98/2010 como “ o Regulamento (CE) n.º 1907/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de dezembro, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de produtos químicos (REACH), que cria a Agência Europeia dos Produtos Químicos, que altera a Diretiva 1999/45/CE e revoga o Regulamento (CEE) n.º 793/93 do Conselho e o Regulamento (CE) n.º 1488/94 da Comissão, bem como a Diretiva n.º 76/769/CEE do Conselho e as Diretivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE da Comissão.” Entrou em vigor em 1 de Junho de 2007, e tem como objetivo assegurar um elevado nível de proteção da saúde humana e do ambiente, tornar aqueles que colocam substâncias químicas no mercado responsáveis pela produção de informação sobre essas substâncias e pela gestão dos eventuais riscos que lhe estão associados, permitir a livre circulação de substâncias químicas no mercado da União Europeia, promover a inovação e competitividade da indústria europeia e promover a utilização de métodos alternativos na avaliação das propriedades perigosas das substâncias;
- O Regulamento (CE) nº725/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 31 de março de 2004 relativo ao reforço da proteção dos navios e das instalações portuárias.

Destaca-se a norma NP 1796:2007 no “local de trabalho” (quadro 2.3), que nos indica os valores de exposição aos trabalhadores para PSOC máximos para matéria particulada respirável é de 3 mg/m³ e para matéria particulada inalável é de 10 mg/m³.

Local	Referência	Designação	Valores Limite
“Local de Trabalho”	NP 1796/2007 e ACGIH, 2013	Partículas sem outra classificação (PSOC ⁽²⁾)	Partículas Respiráveis VLE ⁽¹⁾ <3mg/m ³ Partículas Inaláveis – VLE<10mg/m ³

⁽¹⁾ VLE – Valor Limite de Exposição

⁽²⁾ PSOC - Partículas sem outra classificação que se definem como partículas insolúveis ou fracamente solúveis sem outra classificação de acordo com os seguintes parâmetros: - “Não tem um VLE aplicável; - São insolúveis ou dificilmente solúveis na água (ou preferencialmente no fluido pulmonar aquoso, se houver dados disponíveis); - Apresentam baixa toxicidade (p. ex., as que não sejam citotóxicas, genotóxicas, ou de qualquer outra forma quimicamente reativas com o tecido pulmonar e que não emitam radiações ionizantes, não causem sensibilização imunitária, ou efeitos tóxicos, para além do originado por inflamação ou pelo mecanismo de “sobreesforço pulmonar”.”(NP 1796:2007).

Quadro 2.3 – Limites de exposição das partículas de acordo com a legislação em vigor e norma portuguesa

3 – Estudo de Caso

Este capítulo descreve as instalações portuárias e analisa o local escolhido para analisar a exposição por inalação a matéria particulada de acordo com o manuseamento de material a granel em instalações portuárias. Em seguida refere a metodologia aplicada na avaliação dos riscos da exposição por inalação dos trabalhadores a matéria particulada na instalação portuária selecionada. Por último são aplicados os métodos escolhidos para avaliar o risco de exposição por inalação dos trabalhadores a matéria particulada em instalações portuárias.

3.1 – Caracterização das Instalações Portuárias

Segundo a descrição do Regulamento nº 725/2004 de 31 de Março do Parlamento Europeu, uma Instalação Portuária “é o local em que tem lugar a interface navio/porto. Inclui, consoante adequado, os fundeadores, os cais de espera e os acessos pelo lado mar”. O terminal portuário, tomado em consideração, localiza-se em Portugal Continental não estando identificado por razões institucionais. O terminal está apto a proceder às operações de carga e descarga de substâncias a granel sólidas e líquidas. As operações portuárias e complementares efetuadas no terminal consistem em:

- Descarga ou carga de mercadorias dos navios atracados;
- Parqueamentos ou armazenagem de mercadorias, procedentes ou destinadas a navios que procurem o terminal;
- Receção, expedição ou entrega de mercadorias aos carregadores ou recebedores;
- Sistemas de controlo e gestão da operação, como a realização de todas as operações complementares, designadamente operações de estiva, desestiva, conferência de carga, transbordo, arrumação no cais, terraplenos ou armazéns, formação e decomposição de unidades de carga, bem como os serviços de apoio destinados ao terminal;
- Processamento da documentação regulamentar relativa às mercadorias e a referente aos navios, que não seja da responsabilidade dos Agentes de Navegação;

A atividade portuária a granel consiste na carga/descarga, transporte e armazenamento de grandes quantidades de matéria – prima a granel contendo vários tipos de particulado. As cargas a granel podem ser divididas em dois tipos: graneis sólidos e graneis líquidos. A variedade de materiais manuseados nos portos é confrontada com vários problemas de poluição do ar e que pode afetar a qualidade de ar a nível regional (Gupta, Patil & Gupta, 2002; Martín et al., 2007) originando efeitos sobre a saúde humana como têm sido documentados, nomeadamente o caso da descarga da Soja em Espanha nos anos oitenta, que originou uma epidemia da asma alérgica (García-Ortega et al., 1998).

A atividade portuária é uma atividade que envolve agentes químicos que gera concentrações de emissões de matéria particulada junto das fontes emissores, assim como em toda a zona envolvente, conforme a figura 3.1. A tendência de produzir poeiras, nos materiais manuseados durante a atividade é designada de “empoeiramento” (NP EN 15051:2011). Essas emissões são provocadas através das operações de carga/descarga para a tolda e para o transportador. Depois de descarregado na tolda e no transportador, as emissões de matéria particulada são libertadas quando é descarregado no veículo ou no armazém respetivamente. Por último é emitida matéria particulada no manuseamento dentro do armazém e quando os veículos entram em movimento.

A monitorização das fontes de emissão poderá permitir a potencial exposição por inalação de matéria particulada emitida por essas fontes, dos diferentes produtos manuseados no terminal portuário e assim apoiar a adoção de medidas preventivas para reduzir as emissões (Heitbrink et al., 1990). Conforme já foi referido no capítulo 2 - efeitos na saúde, a manipulação de algumas substâncias em grandes quantidades, como é executado num terminal portuário, pode originar grandes concentrações de poeiras que representam um risco para a saúde dos trabalhadores (Pensis et al., 2009).

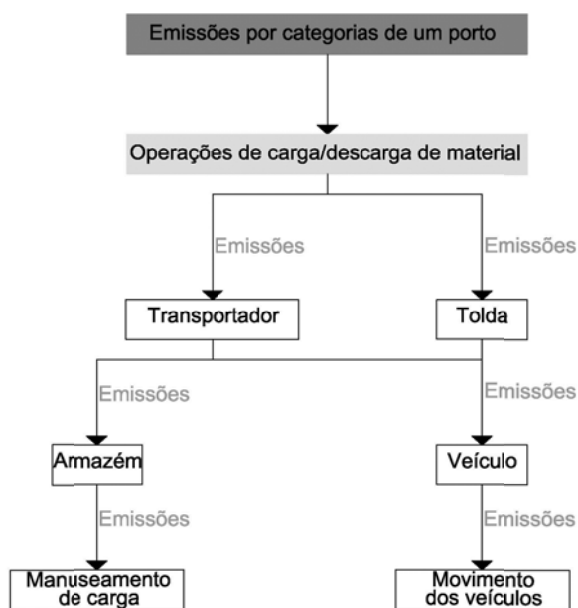


Figura 3.1 – Fontes de emissão de matéria particulada num terminal portuário
(Fonte: Adaptado de Gupta, Patil & Gupta, 2002. Traduzido pelo autor)

O terminal portuário de graneis sólidos no estudo, movimenta cerca de 733.000 toneladas por ano de matérias-primas/substâncias finais químicos e alimentares a granel. O terminal é constituído pelas seguintes infraestruturas:

- Portaria, edifício em alvenaria com cerca de 90m² e zona de parque auto de ligeiros e pesados;

- Escritórios, edifício em alvenaria com cerca de 800m²;
- Uma zona de Terrapleno – multiusos, com uma área cerca de 25.000m²;

O cais é dotado de equipamentos que servem de apoio à carga/descarga das substâncias:

- Aparelhos de elevação – Gruas (16 toneladas a 32m sobre carris e 25 toneladas a 28m sobre rodas);
- Toldas;
- Transportadores;
- Básculas Rodoviárias;
- Mini Pá-carregadora;
- Pá carregadora;
- Outros equipamentos de manutenção e operação de carga/descarga a granel;
- Armazéns/silos.

Através do sistema de transportadores existem armazéns com capacidades entre 20.000 toneladas e 45.000 toneladas. Estes armazéns são dotados de um sistema de transporte do material para armazém ou camião. Os armazéns são servidos também por caminho-de-ferro, quer na entrada das substâncias, quer na saída e dispõem ainda de uma báscula rodo-ferroviária para a pesagem dos vagões e camiões.

A figura 3.2 apresenta um esquema do terminal portuário para uma melhor compreensão da informação descrita anteriormente. Representa ainda a localização de alguns trabalhadores, relativamente aos coordenadores e encarregados que poderão estar em qualquer local do terminal portuário.

Existem dois tipos de carga de embarque/desembarque de materiais: a carga direta onde não se procede a armazenagem de substâncias e a carga indireta onde o material é colocado na zona de armazenagem através de um transportador aéreo. Os trabalhadores envolvidos neste tipo de operações variam em número de acordo com as operações portuárias, havendo recurso a empresas de subcontratação. Contudo há sempre uma equipa mínima e máxima que varia entre 5 e 17 trabalhadores, para o primeiro e o segundo turno, respetivamente. No quadro 3.1 apresenta-se por função os trabalhadores presentes em cada turno para os diferentes tipos de carga.

As funções destes trabalhadores distribuem-se entre coordenador de operações e manutenção, encarregados de turno, operadores de grua, pá-carregadora, de camião e outros, estivadores, serralheiro, segurança e tripulantes. As suas funções são descritas como:

- Coordenador de Operações, é o responsável das operações antes/durante/após a carga/descarga do material na zona do cais. Caso se trate de material manuseado através do transportador aéreo, temos também um responsável na zona dos armazéns. Este coordenador só está presente no 1º turno; no 2º turno, delega as funções ao encarregado do turno.

TERMINAL PORTUÁRIO

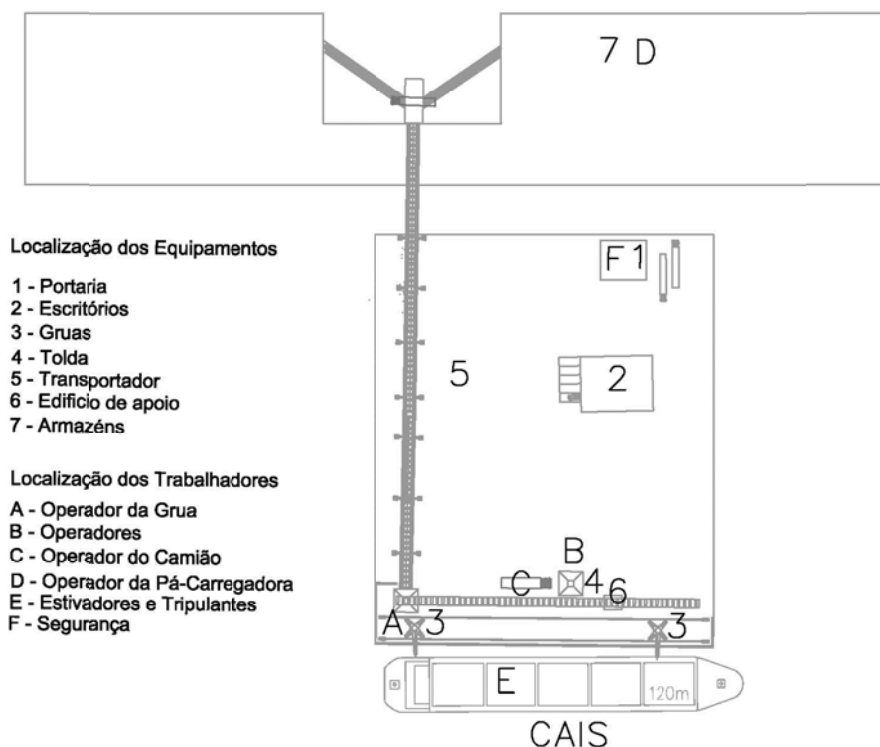


Figura 3.2– Desenho esquemático do terminal portuário

- Coordenador da manutenção, é o responsável pela manutenção dos equipamentos envolvidos na carga/descarga da substância;
- Encarregados de turno são elementos a quem os coordenadores de operações delegam algumas competências durante o 1º turno; durante o 2º turno todas as competências da parte operacional são delegadas.
- Operador da grua, é o responsável pelo controle operacional da grua.
- Operadores, durante a carga/descarga do navio estão presentes no cais e na zona de armazenagem orientam as operações de carga de materiais e os equipamentos associados; o operador localizado no edifício procede ao comando destas operações.
- Serralheiro, é responsável pela manutenção dos equipamentos.
- Operador da pá-carregadora, presta serviço no manuseamento das substâncias.
- Operadores dos Camiões, são trabalhadores de empresas externas, que transportam o material para o seu destino.
- Estivadores. também são trabalhadores de uma empresa de estiva externa ao cais; trata-se de uma empresa contratada para fazer o serviço de limpeza dos porões dos navios.
- Segurança. da portaria está integrado numa empresa externa ao cais, para prestar o serviço de vigilância.

- Os tripulantes do navio fazem parte da empresa que transporta o material de um porto para outro.

Tipo de carga/Turno Trabalhadores	Direta		Indireta	
	1º Turno	2º Turno	1º Turno	2º Turno
Coordenador de Operações	1		2	
Coordenador de Manutenção	1	1	1	1
Encarregado do Turno	1	1	2	2
Operador da grua	1	1	1	1
Operadores	3		3	
Serralheiro	1		1	
Operador da Pá carregadora	1		2	
Operador do Camião	15 (média)		15 (média)	
Estivadores	1-10	1-10	1-10	1-10
Segurança	1	1	1	1
Tripulantes	Vários	Vários	Vários	Vários

Quadro 3.1– Número de trabalhadores por função, turno e tipologia de carga

Previamente à atracação do navio, existe uma logística de comunicações entre as diversas empresas, de autorizações e regras de acordo com o Código Internacional de Segurança para Navios (ISPS), tendo em vista o melhoramento da proteção do transporte marítimo e da sua cadeia logística. Procede-se à inspeção do equipamento imediatamente antes do início das operações de carga/descarga.

A operação é iniciada com as manobras de atracação e prossegue para a carga/descarga. O contacto é feito entre o coordenador de operação, ou na sua ausência com o encarregado, e os trabalhadores do navio iniciando-se a operação propriamente dita.

São abertas as escotilhas do porão do navio e iniciado o transporte do material através da grua para a tolda (figura 3.3). No caso de se tratar de uma carga direta, o material é colocado na tolda através da concha da grua. O camião nesse momento encontra-se sob a tolda. O material é depositado diretamente da tolda para o camião através de uma operação mecânica (figura 3.4).

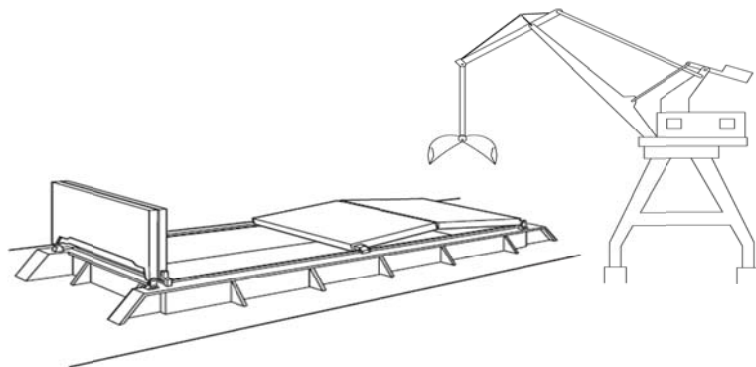


Figura 3.3 – Desenho esquemático da abertura da escotilha do porão e da grua

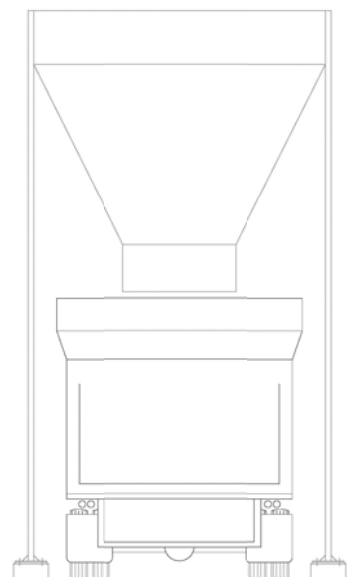


Figura 3.4 – Desenho esquemático da operação de carga/descarga do material da tolda para o caminhão

O operador do caminhão movimenta de seguida o veículo para outro local próximo onde procede à cobertura da carga e à lavagem da zona traseira do caminhão e dos pneus, para evitar libertação e depósito de resíduos do material entre o cais e o destino das substâncias.

Nesta operação estão envolvidos os seguintes trabalhadores:

- Operador da grua;
- Operador de comando da tolda;
- Operador no edifício de apoio;
- Operador do caminhão;
- Tripulantes.

No caso de se tratar de uma carga indireta (Figura 3.5), o material é colocado na tolda que está direcionada para o transportador aéreo, através da concha da grua. Através de uma ação mecânica, a substância é transportada para a zona de armazenagem via transportador aéreo. O material quando chega à zona de armazenagem, é descarregado diretamente para os caminhões, sendo o transportador comandado pelo operador que está localizado num edifício de apoio. Caso os caminhões não estejam preparados ou o material seja destinado a armazenagem nos silos, o operador comanda o transportador de modo a que o material siga diretamente para os silos. Dentro dos armazéns estará o operador da pá-carregadora a orientar a armazenagem dos materiais.

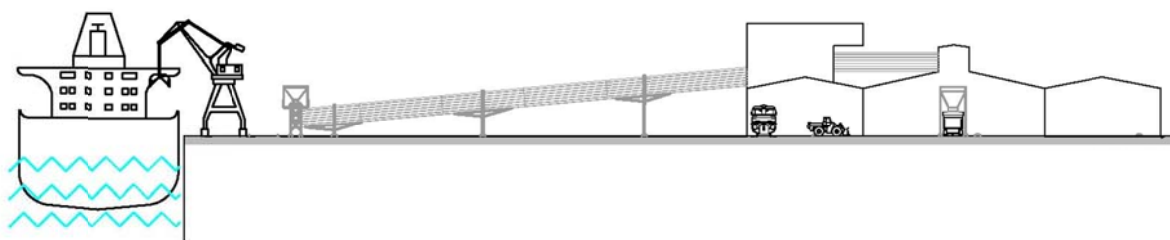


Figura 3.5 – Desenho esquemático da carga/descarga indireta do material

Neste caso estão envolvidos os seguintes trabalhadores:

- Operador da grua;
- Operador no edifício de apoio;
- Operador do caminhão;
- Operador da pá-carregadora;
- Tripulantes.

Nos dois tipos de carga/descarga procede-se à fase final da operação que consiste na limpeza dos porões dos navios e na limpeza do cais.

Para recheio e limpeza dos porões de carga dos navios são contratados os estivadores que vão para o interior dos porões e procedem à limpeza de todo o material que está depositado no porão com a ajuda da pá-carregadora. A figura 3.6 mostra uma fotografia da operação de limpeza onde se visualiza a libertação de matéria particulada. A limpeza do cais é realizada pelos operadores com a ajuda de uma mini pá-carregadora. Desses resíduos sobrantes alguns são reaproveitados e outros serão depositados em local adequado.

Os coordenadores, encarregados, serralheiro e os seguranças da portaria também têm acesso esporádico à zona operacional na carga direta e indireta.



Figura 3.6 – Fotografia da limpeza de um porão de um navio

3.2 – Metodologia Geral do Estudo

A metodologia geral da investigação desenvolveu-se sequencialmente tendo como ponto de partida a emergência de uma questão fundamental ou seja: a exposição por inalação de matéria particulada tem efeitos negativos na saúde dos trabalhadores quando exercem a sua atividade portuária? (figura 3.7). Na primeira fase procede-se ao levantamento do estado da arte através de uma pesquisa bibliográfica, para estabelecer numa base teórica, a avaliação do risco de exposição por inalação dos trabalhadores a matéria particulada num terminal portuário. Foi selecionado um terminal portuário nacional como estudo de caso.

Na fase seguinte selecionou-se o “Método Stoffenmanager”(Marquart, et.al. 2008) e o “Método Ótico” para avaliar o risco nos trabalhadores expostos a matéria particulada oriundas das operações de carga /descarga das substâncias pulverulentas na zona portuária em estudo. A escolha dos instrumentos e métodos a utilizar depende de vários fatores das atividades. No estudo de caso reportado nesta dissertação, a opção de escolha do “Método Stoffenmanager” teve a ver com o facto de a atividade estar direcionada para o manuseamento de substâncias químicas e de este método se

aplicar aos vários fatores de exposição dos trabalhadores à inalação de matéria particulada. A escolha do “Método Ótico”, foi feita pelo facto de ser um método célere, acessível e essencialmente pela possibilidade de serem avaliadas as várias dimensões de matéria particulada.

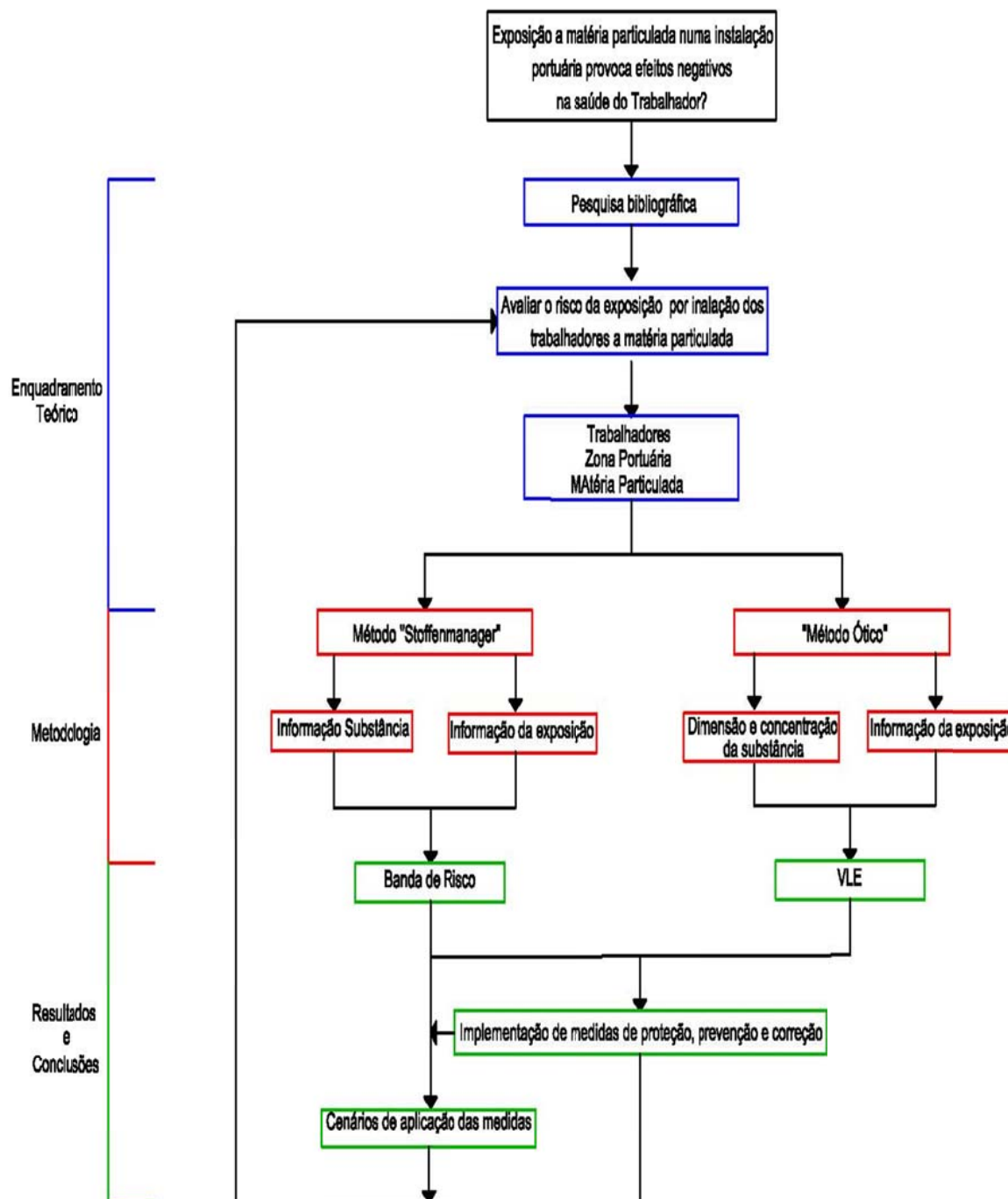


Figura 3.7 – Fluxograma de desenvolvimento da investigação

Para aplicação dos métodos, procedeu-se a uma análise do terminal portuário no sentido de identificar os vários locais de exposição por inalação a matéria particulada associados à presença de trabalhadores a desempenhar atividades laborais. Deste modo foram identificadas as atividades laborais, a localização dos trabalhadores a executar essas atividades e a sobreposição com a presença de fontes de matéria particulada (figura 3.10). Do resultado desta conjugação de variáveis, foram definidos os trabalhadores potencialmente sujeitos a exposições mais elevadas (“dados” do “Método Stoffenmanager”) e os locais com um potencial elevado de risco de exposição por inalação (medições do “Método Ótico”).

Com a introdução dos “dados” e medições, no “Método Stoffenmanager” e no “Método Ótico” respetivamente, os resultados foram transformados em bandas de risco e valores limite de exposição. Por consequente foram analisados os resultados e propostas a aplicação de medidas de controlo de riscos. Com o “Método Stoffenmanager” conseguiu-se analisar a redução do risco com a aplicação das medidas de controlo utilizando os cenários de controlo.

Depois de aplicadas as medidas de minimização do risco, o processo da avaliação de risco da exposição por inalação a matéria particulada deve ser iniciada novamente para verificar se a aplicação das medidas foram corretamente implementadas.

3.3 – O “Método Stoffenmanager”

O “Método Stoffenmanager” permite obter uma priorização de bandas de risco da exposição dos trabalhadores às substâncias químicas. O algoritmo de exposição do método segue uma abordagem fonte/recetor e incorpora fatores de modificação relacionados com as emissões na fonte e a dispersão de contaminantes. A exposição é representada como função multiplicativa do tipo de manuseamento, propriedades intrínsecas das substâncias, medidas de controlo locais, entre outros. Este método foi avaliado tendo em conta os seguintes critérios:

- Dirigido a substâncias perigosas;
- Dirigido ao trabalhador das Pequenas e Médias Empresas;
- Melhorias significativas do processo;
- Ser relevante para avaliação e controlo de riscos.

O “Método Stoffenmanager” foi elaborado no âmbito de um programa holandês e o seu significado em português, traduzindo à letra significa “Gestão de Substâncias”. Representa um controlo de bandas ou priorização de bandas, semelhante ao Controlo de Substâncias Perigosas para a Saúde (COSHH), face a situações de risco por exposição a substâncias perigosas originalmente

apresentada por Cherrie em 1996 e mais tarde por Cherrie e Schneider em 1999. É descrito em detalhe por Marquart, et. al. em 2008.

Este método está disponível em Holandês e Inglês e é uma ferramenta gratuita baseada na “Web”. Uma das características desta ferramenta de avaliação de risco é o de permitir uma análise qualitativa da exposição à inalação de substâncias químicas. A estrutura da ferramenta é representada na figura 3.8.

A primeira informação inserida manualmente no método corresponde à “informação básica das substâncias incluindo as frases R” que são introduzidas no método consiste nas frases de risco e segurança de acordo com a Ficha de Dados de Segurança (FDS) da substância. Estas frases R, de acordo com o novo Sistema de Classificação e Rotulagem de substâncias Químicas (GHS), foram substituídas por “advertência de perigo” (H). Estas informações não estão diretamente relacionadas com as bandas de risco, mas podem ser muito importantes para a utilização nas instruções de trabalho.

A informação e dados são então os seguintes:

- 1 – Nome da substância;
- 2 – Data de publicação da FDS;
- 3 – Se a substância é sólida ou líquida (para a líquida considera-se a pressão de vapor e para a sólida consideram-se as poeiras);
- 4 – Fornecedor da substância;
- 5 – Departamentos (local) onde a substância é usada;
- 6 – Composição da substância;
- 7 – Categorias de perigo;
- 8 – Equipamento de proteção Individual;
- 9 – Frases de “advertência de perigo” e de “recomendação de prudência”;

No seguimento da introdução das frases H na ferramenta de trabalho, são definidas as bandas de perigo (Brooke, 1998).

Relativamente às bandas de exposição (baseadas em *Cherrie* em 1996 e depois mais tarde por *Cherrie e Schneider* em 1999), as mesmas são definidas com base na classificação de categorias dos determinantes de transmissão, emissão e imissão da substância. Essas pontuações são atribuídas a bandas de exposição.

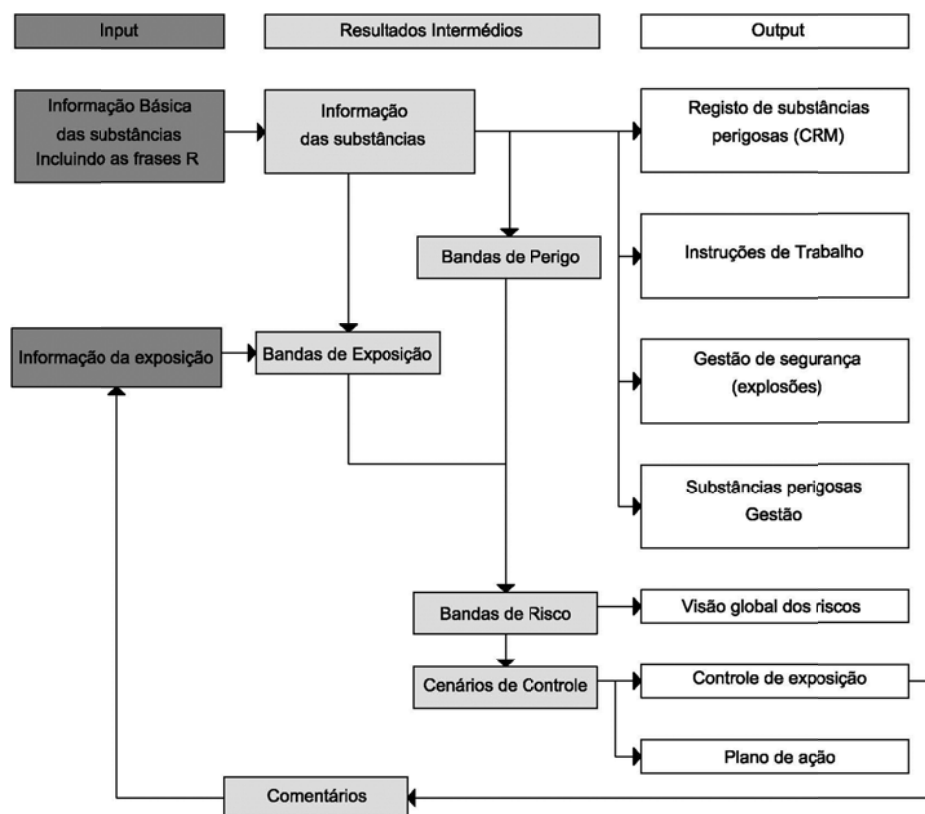


Figura 3.8 – Visão Esquemática da aplicação do “Método Stoffenmanager”

(Fonte: Adaptado de Marquart, et. al., 2008. Traduzido pelo autor)

A comparação das bandas de perigo e das bandas de exposição conduz a uma análise qualitativa das bandas de risco ou bandas de prioridade, devido ao facto do próprio método criar prioridades relativamente ao risco. A combinação de bandas está representada no quadro 3.2. As bandas de perigo variam de A a E, correspondendo a banda A a uma classificação de perigo baixo e a E de perigo elevado. As bandas de exposição distribuem-se de 1 a 4 correspondente a 1 uma exposição baixa e a 4 a uma exposição muito alta. Da combinação das bandas de perigo com as bandas de exposição obtém-se as bandas de prioridade; estas classificam-se entre 1 e 3 correspondendo a 1 a prioridade imediata e a 3 a prioridade baixa.

A classificação é feita de acordo com a prioridade do risco, como por exemplo, substâncias de risco muito alto como as carcinogénicas ou as substâncias que danificam a parte respiratória que são consideradas de prioridade imediata a menos que, o tempo de exposição seja limitado e assim passa para uma prioridade média ou baixa.

Banda de perigo Banda de exposição	A	B	C	D	E
1	3	3	3	2	1
2	3	3	2	2	1
3	3	2	2	1	1
4	2	1	1	1	1

Quadro 3.2 – Bandas de prioridade no método Stoffenmanager. Perigo: A=Baixo, B=Médio, C= Alto, D=Muito alto e E=Elevado. Exposição: 1=Baixa, 2=Média, 3= Alta e 4=Muito alta, Risco:1=Prioridade imediata, 2=Prioridade média e 3=Prioridade baixa
(Fonte: Adaptado de Marquart, et. al., 2008. Traduzido pelo autor)

Feita a avaliação de prioridades, pode ser avaliada a possibilidade de redução dos riscos após a aplicação de medidas de controlo.

Estas medidas de controlo são definidas e priorizadas através da orientação dos princípios gerais da prevenção, os quais foram identificados anteriormente, e que podem ser hierarquizados do seguinte modo:

1. Eliminar os perigos por completo ou combater os riscos na fonte, como por exemplo a remoção da substância, a remoção da tarefa, a modificação da substância, a modificação da tarefa, a substituição da substância e automação do processo;
2. Envolver o risco na fonte, como por exemplo confinar o risco;
3. Adaptar o trabalho ao indivíduo: (deve-se ter em conta a capacidade mental e física do indivíduo, atuar sobre os comportamentos e atitudes);
4. Dar prioridade aos equipamentos de proteção coletivos face aos equipamentos de proteção individuais;
5. Adotar Medidas de emergência e primeiros socorros.

Dependendo da escolha das medidas de controlo, algumas das informações introduzidas no início da aplicação do método, “*inputs*”, poderão ter que ser reavaliadas. Esta situação acontece porque a exposição à substância é calculada em termos de bandas relativas de exposição. Assim é possível que uma medida de controlo, que irá conduzir a uma redução na exposição do risco não conduza a uma banda de menor exposição. Nestes casos, é indicado nos cenários de controlo e reintroduzido no método, novo “*input*”, sendo calculada uma nova banda de prioridade.

Estas medidas de controlo podem ser transformadas em “*outputs*”, como por exemplo: o plano de ação, as instruções de trabalho, o registo das substâncias perigosas e a segurança nas explosões, as quais são descritas de seguida:

Plano de ação – os cenários de controlo podem ser transformados em planos de ação pois permite indicar a eficácia das medidas de controlo sobre as bandas de risco. As medidas que são utilizadas têm que ser indicadas pelo utilizador do método. Existe também a opção de transformar o plano de ação num modelo de informação, onde se poderá preencher alguns dados relevantes para essas mesmas medidas, como por exemplo a estimativa de custo, quem é o responsável e data limite da ação.

Instruções de trabalho – é uma informação mais detalhada baseada nos dados das Fichas de Dados de Segurança.

Registo das substâncias perigosas – de acordo com o regulamento REACH, a informação disponível sobre estas substâncias poderá ser incluída na introdução dessa substância no método *Stoffenmanager* criando um registo. Este registo pode ser de grande utilidade devido ao facto de permitir uma visão global da situação relativamente a estas substâncias perigosas.

Segurança nas explosões – o método também permite ao utilizador avaliar os riscos de explosão no local de trabalho (de acordo com a diretiva ATEX - Atmosferas Explosivas, Decreto de Lei 236/2003 de 30 de Setembro) e escolher as medidas de controlo.

Este método constitui assim uma importante ferramenta que permite às pequenas e médias empresas priorizar o risco das substâncias químicas perigosas na saúde dos seus trabalhadores segundo uma análise qualitativa. A ferramenta combina várias informações de perigo de uma substância com os vários fatores de exposição à inalação e de exposição dérmica do trabalhador, calculando assim o risco. Desta forma é possível encontrar medidas de controlo e minimização que permitem uma prevenção e gestão eficaz do risco.

Para aplicação do método descrito ou seja do método “Stoffenmanager”, durante os meses de Junho e Julho de 2012 foram efetuadas sete visitas à zona portuária. A primeira visita foi efetuada para entender as várias tarefas da operação portuária e os trabalhadores envolvidos nas várias atividades. As cinco visitas seguintes foram efetuadas para observar cinco descargas de substâncias diferentes na zona do cais. A sétima visita realizou-se para observar a operação de uma descarga na zona dos silos de armazenagem. No quadro 3.3 estão apresentadas as informações relativas às cargas e descargas, aos quantitativos das substâncias, aos tipos de substâncias e tipologia das operações observadas no terminal portuário.

Para a implementação do referido método “Stoffenmanager” foram considerados os seguintes pressupostos:

- Cinco substâncias químicas associadas às operações do terminal portuário, de descargas de materiais transportados pelos navios: Fosforite, Carbonato de Cálcio, Cloreto de Potássio, Adubo Granulado e Rama de Açúcar;
- A função de serralheiro não foi tida em conta por não haver exposição deste trabalhador;

- Foi considerado apenas um operador, devido ao facto dos outros dois terem as mesmas condições de exposição;
- Só foi considerado um turno, pelo facto das condições de exposição serem as mesmas para os dois turnos;
- Para as operações de descarga indireta foram considerados 11 trabalhadores e duas substâncias (Fosforite e Cloreto de Potássio);
- Para as operações de descarga direta foram considerados 8 trabalhadores e três substâncias (Carbonato de Cálcio, Adubo Granulado e Rama de Açúcar);
- Os fatores intrínsecos do trabalhador não foram considerados;
- Dada a especificidade dos requisitos do método, juntamente com as operações de descarga das substâncias, foram realizadas estimativas para quantitativos de materiais envolvidos na frequência da exposição. O quantitativo de substâncias envolvidas nas operações de descarga/carga anuais tiveram como base valores médios anuais fornecidos pela empresa.

No total foram efetuados 46 cenários de avaliação de risco. Estes cenários estão indicados nos anexos II ao X. Nos anexos I, III, V, VII e IX estão indicadas as FDS (ficha de dados segurança) dos materiais e logo após a cada FDS estão indicados os dados introduzidos no “Stoffenmanager” sobre as substâncias (anexo II, IV, VI, VIII e X). Nos restantes anexos estão indicados os dados introduzidos para as cinco substâncias de cada trabalhador.

Fosforite

A primeira descarga do material a ser observado no terminal portuário foi a de fosforite com o tipo de descarga indireta. A fosforite é uma rocha sedimentar composta por cálcio, fosfato, fluor e sílica, conforme a FDS que consta no anexo I. Os elementos químicos mais perigosos são o fluor com uma percentagem entre os 2,5% e os 4% e a sílica com uma percentagem entre 3% e 6%. Devido à presença de sílica a fosforite é um agente químico considerado carcinogénico, mutagénico ou tóxico. É um material com uma granulometria respirável, sendo a sua dimensão entre os 0 mm e os 5 mm. No anexo II estão identificados os elementos introduzidos sobre o material, no método de avaliação.

Durante a descarga estiveram envolvidos na operação 16 trabalhadores, operadores de camião, estivadores e tripulantes, estando também integrados trabalhadores de outras empresas e trabalhadores contratados. Estes trabalhadores, estão incluídos nesta avaliação de acordo com o Código de Trabalho. A empresa de acolhimento que procede à contratação é obrigada legalmente a assegurar as condições de prevenção de segurança e saúde destes trabalhadores.

Carbonato de Cálcio

A segunda descarga do material a ser observado foi a de Carbonato de Cálcio, com o tipo de descarga direta. O Carbonato de Cálcio é uma substância química, um pó branco, que endurece e se agrega quando exposto ao ar, devido à formação de hidratados. As frases aplicadas a esta

substância, de advertência de perigo e de prudência, são direcionadas para a irritação dos olhos e para a não inalação de poeiras. A palavra sinal é de aviso. No anexo IV, estão identificados os elementos introduzidos sobre a substância, no método de avaliação.

Durante as operações de descarga estiveram envolvidos na operação 12 trabalhadores, operadores de caminhão, estivadores e tripulantes, onde constam trabalhadores de outras empresas e trabalhadores contratados.

Cloreto de Potássio

A terceira descarga do material a ser observado, foi a de Cloreto de Potássio com o tipo de descarga indireta. O Cloreto de Potássio é uma substância química, proveniente da purificação de sais brutos de cloreto de potássio. No anexo VI estão identificados os elementos introduzidos acerca desta substância, no método de avaliação.

Durante a descarga estiveram envolvidos na operação 16 trabalhadores, operadores de caminhão, estivadores e tripulantes, incluindo trabalhadores de outras empresas e trabalhadores contratados.

Adubo Granulado

A quarta descarga do material a ser observado foi a de Adubo Granulado, com o tipo de descarga direta. O adubo granulado é uma substância composta por superfosfatos. As frases aplicadas a esta substância, de advertência de perigo e de prudência, são direcionadas para a irritação dos olhos e toxicidade. A palavra sinal é de perigo. No anexo VIII estão identificados os elementos introduzidos sobre a substância, no método de avaliação.

Durante a descarga estiveram envolvidos na operação 12 trabalhadores, operadores de caminhão, estivadores e tripulantes, onde constam trabalhadores de outras empresas e trabalhadores contratados.

Rama de Açúcar

A quinta descarga do material a ser observado foi a de Rama de Açúcar, com o tipo de descarga direta. A Rama de Açúcar é um material que irá ser introduzido na cadeia alimentar depois de ser transformado. No anexo X estão identificados os elementos introduzidos sobre a substância, no método de avaliação.

Durante a descarga estiveram envolvidos na operação 12 trabalhadores, operadores de caminhão, estivadores e tripulantes, onde estão também trabalhadores de outras empresas e trabalhadores contratados.

Navios	Dados	Nome das substâncias	Data	Duração da descarga	Quantidade da substância	Quantidade da substância (por ano)	Tipo de carga/descarga
Navio 1 (LOA 120m)		Fosforite	06/06/2012	65 horas	7.500 toneladas	100.000 toneladas	Indireta
Navio 2 (LOA 178m)		Carbonato de Sódio	11/06/2012	13 horas	5.500 toneladas	25.000 toneladas	Direta
Navio 3 (LOA 83,5m)		Cloreto de Potássio	12/06/2012	25 horas	6.000 toneladas	55.000 toneladas	Indireta
Navio 4 (LOA 95m)		Aduco Granulado	20/06/2012	18 horas	4.500 toneladas	30.000 toneladas	Direta
Navio 5 (LOA 157m)		Rama de Açúcar	06/07/2012	70 horas	24.200 toneladas	100.000 toneladas	Direta

Quadro 3.3 – Operações de carga/descarga e características das substâncias

Depois de introduzidos todos os elementos sobre os materiais, o passo seguinte para aplicação do método foi o de avaliar o risco para cada trabalhador. Foram feitas 11 avaliações de risco, uma para cada trabalhador e para os cinco agentes químicos. Os dados foram introduzidos no método de acordo com as características e condições de cada local de trabalho. São apresentados no quadro 3.4 os 11 trabalhadores envolvidos nas operações portuárias com os seguintes dados:

- O número de horas de trabalho para cada trabalhador no manuseamento do material em causa;
- A frequência a que o trabalhador está exposto a essa substância;
- O local do trabalhador onde é manuseada a substância, se é no interior/"indoor" ou exterior/"outdoor";
- Se o local de trabalho é limpo diariamente;
- Se o equipamento se encontra em perfeitas condições de funcionamento e se as inspeções e a manutenção são feitas;
- Se o manuseamento do material é feito a mais ou a menos de 1 metro de distancia do trabalhador;
- Se existe alguma monitorização junto do trabalhador;
- Se o trabalhador tem algum equipamento de proteção individual.

3.4 – O “Método Ótico”

No começo da monitorização ocupacional da exposição a matéria particulada, os aparelhos eram estáticos. Na década de 60 começou a ser possível adaptar-se os aparelhos à atividade de qualquer trabalhador alterando assim a sua utilização para móvel. Com esta inovação foi possível relacionar a exposição ocupacional com os aerossóis e respetivamente com as doenças provocadas pela exposição (Cherrie & Aitken, 1999).

Existem duas categorias de medições de aerossóis: uma baseia-se em recolha de matéria particulada sobre um substrato e a outra permite a medição “*in situ*”. O “Método Ótico” consiste na tecnologia convencional de “dispersão da luz” para estimar as concentrações em massa dos vários tamanhos de matéria particulada.

Existem algumas vantagens da utilização deste método na atividade industrial, nomeadamente (Kulkarni, Baron & Willeke, 2011):

- São em geral céleres;
- Podem analisar um volume com um grande número de matéria particulada;
- Realizados “*in situ*”;
- A matéria particulada está no seu meio, não precisa se deslocar para o laboratório;

Dados Trabalhadores	Duração da tarefa (horas)	Frequência da tarefa	Local de Trabalho	Equipamentos	Distância do Trabalhador ao Produto	Monitorização	EPI
Coordenador do Terminal	2 a 4	Fosforite, Cloreto de Potássio Rama de Açúcar 1 dia a cada 2 semanas	Exterior e não é limpo	Não tem ventilação forçada	Mais que 1 metro	Não	Não
Encarregado do Terminal	8			A manutenção é feita e não tem ventilação forçada			
Operador da Grua	8			Não tem ventilação forçada	Menos que 1 metro		
Operador do Edifício de Apoio	8				Mais que 1 metro		
Operados do Camião	2 a 4	Carbonato de Sódio, Adubo Granulado 1 dia a cada 1 mês	Interior e não é limpo	Não tem ventilação forçada	Mais que 1 metro	Não	Não
Estivadores	2 a 4						
Tripulantes	8						
Segurança	8						
Coordenador da Zona de Armazenagem	2 a 4	Fosforite, Cloreto de Potássio 1 dia a cada 2 semanas	Interior e não é limpo	A manutenção é feita e não tem ventilação forçada	Mais que 1 metro	Não	Não
Encarregado da Zona de Armazenagem	8						
Operador da Pá Carregadora	8						

Quadro 3.4 – Apresentação dos dados inseridos no método para cada trabalhador

- De uma forma geral são acessíveis;
- Elevado controle sobre a forma, tamanho e índice de refração da matéria particulada (Munoz & Hovenier, 2011).

A tecnologia é baseada na dispersão da luz e consiste numa prática para determinar diâmetros de sistemas diluídos que contem matéria particulada na gama micrométrica. “A dispersão de luz” é uma das técnicas mais poderosas para a determinação das características físicas da matéria particulada tais como o tamanho, a forma, e índice de refração” (Munoz & Hovenier, 2011).

A medição é feita a partir da dispersão da luz, convertendo os algoritmos matemáticos que descreve a extinção da luz (dispersão+absorção) sofrida pelos raios de luz da amostra diluída no particulado para a distribuição do tamanho da matéria particulada (Clementi et al., 2012).

A matéria particulada é dispersa num líquido que está em movimento, provocando variações no fluxo do líquido que são detetadas por uma luz incidente e correlacionadas com a dimensão da matéria particulada. A distribuição de dimensões da matéria particulada consiste no espalhamento da luz de um certo ângulo do espaço, baseada no fato de que o ângulo de difração é inversamente proporcional à dimensão da matéria particulada. Ao atingir uma quantidade de matéria particulada, a luz incidente sofre uma interação segundo quatro diferentes fenômenos - difração, refração, reflexão e absorção (Boyd, Pichaimuthu & Cuenat, 2011).

Na aplicação do “Método Ótico”, realizado em 2013, inicialmente incluía-se a avaliação de risco às mesmas cinco substâncias analisadas pelo método. Não foi possível, no entanto conciliar em tempo o calendário de cargas e descargas dos navios com a disponibilidade do equipamento, sendo viável efetuar apenas a avaliação para a operação de descarga da “rama de açúcar”. Esta descarga teve em conta os dois tipos de descarga, direta e indireta. O navio comportava cerca de 25.000 toneladas que foram descarregadas durante cinco dias, em dois turnos das 8h00 às 24h00. Na medição da exposição por inalação da matéria particulada no terminal portuário foi selecionada a categoria de medição “in situ”, do “Método Ótico”.

A medição foi feita em seis locais distintos, conforme a figura 3.9. De acordo com a figura 3.9 a primeira medição foi feita no local para avaliar a concentração de matéria particulada junto dos operadores da tolda e do camião; “no exterior da grua”; a segunda medição foi realizada “no interior da grua” junto do operador da grua; a terceira medição teve lugar no interior do navio junto da boca do porão, “na boca do porão do navio”, onde se situam os estivadores e os tripulantes durante o manuseamento da grua; a quarta medição está localizada na zona de armazenagem dos materiais no “exterior do armazém” onde se situam o coordenador e encarregado da zona do cais portuário; a quinta medição deu-se durante o manuseamento do material, “no interior da pá-carregadora” junto do operadora da pá-carregadora e a sexta medição foi feita “no interior do armazém” durante a descarga do material, o que permite avaliar a concentração de matéria particulada do coordenador e encarregado do armazém.

TERMINAL PORTUÁRIO

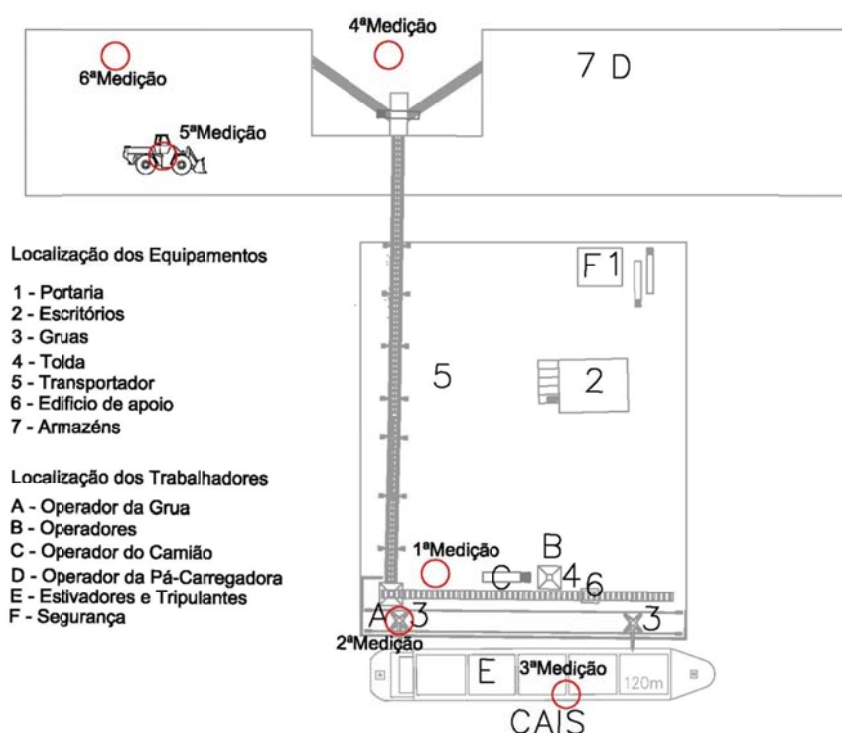


Figura 3.9 – Desenho esquemático do terminal portuário com a localização dos locais de medição

O modelo Lighthouse 3016 foi o equipamento utilizado durante esta medição. É um equipamento manual portátil de contagem de matéria particulada. O equipamento foi aprovado segundo a norma de segurança EN61010 1:2001- “*Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use Part I: General Requirements IEC 61010-1:2000*” e segundo a norma da compatibilidade eletromagnética EN61326 – “*Electrical Equipment for Measurement, Control and Laboratory Use EMC Requirements Part 1: General Requirements Includes Amendment A1:1998; IEC 61326:1997 + A1:1998*” (Lighthouse, 2005). O referido equipamento foi calibrado em 2013. Na figura 3.10, apresenta-se uma fotografia do equipamento em algumas medições. No anexo XI apresenta-se as especificações do equipamento.

Este tipo de equipamento de leitura direta avaliou a concentração da matéria particulada ao segundo durante 2150 segundos, em cinco dimensões diferentes, entre os $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e os $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nas diferentes atividades. A apresentação dos resultados é feita em concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Esta avaliação é feita através de uma fonte de luz laser de diodo e uma ótica de colheita para deteção de matéria particulada. A matéria particulada é dispersa na luz laser de diodo, que concentra a luz em um fotodiodo que converte as explosões de luz em pulsos elétricos. A amplitude do pulso é a medida para dimensionar a matéria particulada.



Figura 3.10 - Dois dos locais de medição (“interior da grua” e “na boca do porão do navio”)

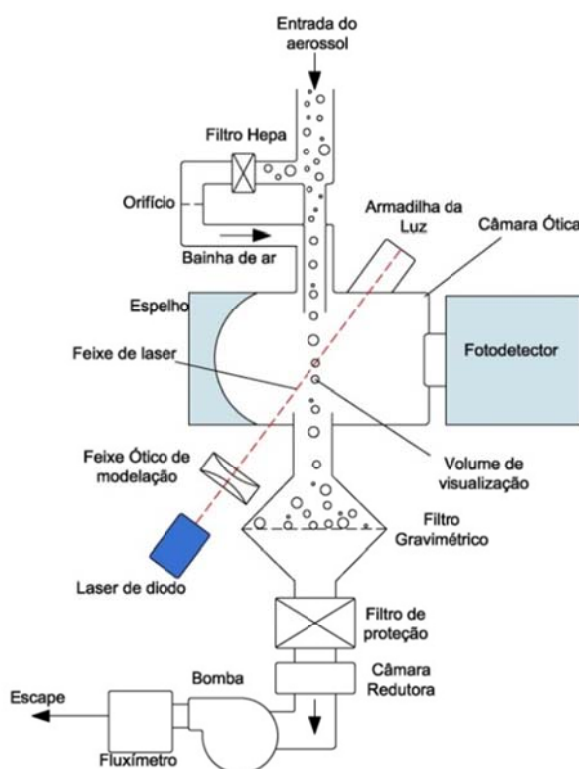


Figura 3.11 – Exemplo de um esquema de um equipamento de medição de matéria particulada (Fonte: TSI, 2013)

Para melhor compreendermos o equipamento de medição de matéria particulada idêntico ao utilizado no estudo e que se apresenta na figura 3.11, o aerossol é aspirado para a câmara de deteção numa corrente contínua através de uma bomba de diafragma. Parte do fluxo é dividido e encaminhado através de um filtro HEPA e injetado novamente na câmara através do bocal de entrada de fluxo da

bainha. O aerossol restante passa através da abertura de entrada na câmara de detecção. Neste local é iluminado pela folha de luz laser (a luz é emitida pelo díodo de laser que passa pelas lentes). De seguida um espelho esférico captura uma fração da luz espalhada pelos aerossóis e foca num detetor de foto. A tensão sobre o detetor foto é proporcional à concentração em massa do aerossol ao longo de um intervalo amplo de concentrações. A tensão é multiplicada por uma constante de calibração que é determinada a partir da razão de uma concentração de massa conhecida de aerossol de teste (TSI, 2013).

4 – Análise e Discussão dos Resultados

Neste quarto capítulo apresenta-se os resultados obtidos e a análise dos mesmos, com a aplicação do “Método Stoffenmanager” e do “Método Ótico”. Apresenta-se também uma análise comparativa entre os dois métodos. Por último são apresentadas as considerações finais com a aplicação das medidas minimizadoras de risco de exposição por inalação dos trabalhadores a matéria particulada.

4.1 – “Método Stoffenmanager”

Todos os dados inseridos no “Método Stoffenmanager” sobre o trabalhador resultam numa combinação de bandas de perigo versus exposição que nos dá o resultado da avaliação de risco.

Dos quarenta e seis cenários de análise qualitativa das bandas de risco para as cinco substâncias e considerando oito trabalhadores para a descarga direta e onze trabalhadores para a descarga indireta, somente dez cenários correspondem a uma banda de risco médio. Os restantes trinta e seis cenários apresentam uma banda de risco baixo. Os resultados obtidos através do método são apresentados no quadro 4.1.

Das cinco substâncias consideradas: Fosforite, Carbonato de Sódio, Cloreto de Potássio, Adubo Granulado e Rama de Açúcar, a que revelou um risco mais elevado de inalação foi o Adubo Granulado, apesar de este risco ser considerado médio (2 numa escala de 1 a 3). Independentemente das funções que os trabalhadores exercem, o método fornece um grau de risco semelhante, isto é, todas as atividades no terminal portuário apresentam um grau de risco médio para o Adubo Granulado.

Os trabalhadores que desempenham as suas funções em locais fechados/“indoor” com ventilação natural são os estivadores e os operadores da pá-carregadora. Apesar desta situação, só o operador da pá-carregadora é que se encontra exposto às substâncias Fosforite e Cloreto de Potássio, apresentando uma avaliação de risco de grau 2 (risco médio), devido ao tempo mais elevado de exposição. Adicionalmente, o operador da pá-carregadora movimenta grandes quantidades de substância. O estivador só entra no final da operação de descarga para proceder à limpeza o que faz com que se encontre exposto a menores quantidades de substâncias.

Relativamente ao operador da grua e ao operador do edifício de apoio que apresentam quase as mesmas características, a avaliação indica que para o operador de grua, foi avaliado numa banda de

Trabalhador	Coordenador do Terminal	Encarregado do Terminal	Operador de grua	Operador do edifício de apoio	Operador do Camião	Estivadores	Navegadores	Segurança	Coordenador da zona de armazenagem	Encarregado da zona de armazenagem	Operador da Pá-carregadora
Descarga Indireta	Produto										
	Fosforite	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Descarga Direta	Cloreto de Potássio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
	Adubo Granulado	2	2	2	2	2	2	2			
	Rama de Açúcar	3	3	3	3	3	3	3			
	Carbonato de Sódio	3	3	3	3	3	3	3			

Quadro 4.1 – Apresentação qualitativa das bandas de risco para os trabalhadores expostos ao material descarregado

perigo de A versus uma banda de exposição 3 e o operador do edifício de apoio numa banda de perigo A versus uma banda de exposição 2, devido ao operador da grua estar sujeito a uma nuvem de poeiras com maior densidade do que o operador do edifício de apoio.

Nas operações de descarga deste terminal portuário os dois materiais que envolvem maiores quantidades manuseadas anualmente são a Rama de Açúcar e a Fosforite. Consequentemente, o tempo de exposição dos trabalhadores é maior para estes materiais relativamente aos outros estudados.

Das cinco substâncias em estudo as que apresentam maiores preocupações para a saúde dos trabalhadores são: a Fosforite, o Adubo Granulado e o Carbonato de Sódio.

Em relação à perigosidade, a Fosforite é um agente químico preocupante devido à elevada criação de poeiras e à sua composição; contem sílica (Quartz) que é um agente químico classificado como carcinogénica, mutagénica ou tóxica. A sílica é considerada como uma poeira mineral e em sub-categoria uma poeira fibrogénica. O quartzo é a forma mais comum da sílica e a que provoca mais casos de silicose e fibrose pulmonar (NLM, 2012). A Silicose está identificada no decreto regulamentar nº76/2007 e faz parte da lista das doenças profissionais enquadradas nas doenças do aparelho respiratório. Com base na FDS da Fosforite foi introduzido um valor de 6% de sílica, onde resultou uma avaliação de risco de grau 3 (risco baixo).

De referir, que de acordo com um estudo elaborado pelo Instituto Tecnológico e Nuclear, durante a operação de descarga da fosforite, são detetados elevados níveis de matéria particulada respiráveis de vários metais pesados (Urânio, Sílica, Chumbo, etc.) (Silva et al., 2011).

Já o Adubo Granulado, resultante de operações de descarga direta, foi o material que resultou para todos os trabalhadores com um nível de risco de prioridade média. Este material é constituído por vários agentes químicos, entre eles o Trióxido de Enxofre, o Óxido de Cálcio, o *Pentóxido de Fósforo*. O Trióxido de Enxofre, pode causar tosse grave, obstrução de vias aéreas por corpo estranho a uma concentração de 1 ppm. É corrosivo para a pele, olhos e trato respiratório e a exposição repetida ou prolongada ao aerossol pode causar efeitos negativos nos pulmões. Existem estudos em cobaias onde se identifica a hepatite difusa, alterações nos brônquios e alterações endócrinas na inalação de concentração letal. O Óxido de Cálcio pode inflamar as vias respiratórias, ulceração, perfuração do septo nasal e pneumonia por inalação de poeiras. As poeiras de óxido de cálcio irritam o trato respiratório superior, principalmente devido à sua alcalinidade. O *Pentóxido de Fósforo* pode causar edemas pulmonares devido à inalação de poeiras (NLM, 2012). De acordo com a FDS para o Adubo Granulado, foram introduzidas as percentagens de componentes de Trióxido de enxofre, Óxido de cálcio e *Pentóxido de Fósforo*, onde resultou uma avaliação de risco de grau 2 (risco médio).

O Carbonato de Sódio é da categoria do metal em que foram diagnosticados perfurações no septo nasal em homens com uma exposição por inalação continua a poeiras de carbonato de sódio (NLM,

2012). Na própria FDS é indicada a frase de prudência P260, o que significa não respirar as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/aerossóis, onde resultou uma avaliação de grau 3 (risco baixo).

Todas as descargas neste terminal portuário, de acordo com a avaliação de risco para os cinco agentes químicos referidos, geram partículas totais em suspensão com os consequentes efeitos negativos na saúde dos trabalhadores a elas expostos.

Após a reavaliação da análise qualitativa das bandas de risco com a inclusão de medidas preventivas para os trabalhadores expostos às cinco substâncias estudadas, onde foram incluídas a adaptação de medidas tecnológicas (processos operacionais e adaptação da ventilação mecânica adequada), todos os riscos a que os trabalhadores se encontrariam expostos foram classificados de baixo risco (3), como se pode observar no quadro 4.2.

Na conclusão da análise de resultados da avaliação de risco, resultou em grande parte um risco de prioridade baixa, destacando o operador da pá-carregadora que resultou numa prioridade de risco médio bem como as operações associadas ao adubo granulado. Os resultados obtidos dependem só e exclusivamente dos dados introduzidos a partir da ficha de dados de segurança das substâncias e das funções e atividades exercidas pelos trabalhadores.

4.2 – “Método Ótico”

A monitorização executada durante a descarga da “rama de açúcar” nas várias atividades portuárias de acordo com o método utilizado resultou nos dados apresentados nas figuras 4.1 à 4.4 (em anexo estão apresentados os quadros com os resultados das concentrações). Estão apresentados a média das concentrações nas diferentes atividades para os valores mínimos, máximos e a média em mg/m^3 , para as várias dimensões de matéria particulada ($\text{PM}_{0,5}$, PM_1 , $\text{PM}_{2,5}$, PM_5 , e PM_{10}).

Os resultados das médias das concentrações para a dimensão de $\text{PM}_{0,5}$, os valores mínimos mais elevados e a média mais elevada encontram-se no “interior do armazém” e no “interior da pá-carregadora”, com uma temperatura de 25°C para ambas e humidade de 49% “no interior da pá-carregadora” e 56% no “interior do armazém”. Os trabalhadores com as funções de coordenador, encarregado do armazém e de operador da pá-carregadora encontram-se expostos a estas concentrações. Os valores máximos mais elevados encontram-se “na boca do porão do navio”, com uma temperatura de 26°C e humidade de 100%, onde estão localizados os trabalhadores com as funções de operador da pá-carregadora, estivador e tripulante.

		Descarga Direta										
		Descarga Indireta										
Produto	Trabalhador	Coordenador do Terminal	Encarregado do Terminal	Operador de grua	Operador do edifício de apoio	Operador do Camião	Estivadores	Navegadores	Segurança	Coordenador da zona de armazenagem	Encarregado da zona de Armazenagem	Operador da Pa-carregadora
	Fosforite	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Cloreto de Potássio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Adubo Granulado	3	3	3	3	3	3	3	3			
	Rama de Açúcar	3	3	3	3	3	3	3	3			
	Carbonato de Sódio	3	3	3	3	3	3	3	3			

Quadro 4.2 – Análise qualitativa das bandas de risco para os trabalhadores expostos ao material descarregado depois da reavaliação do novo cenário

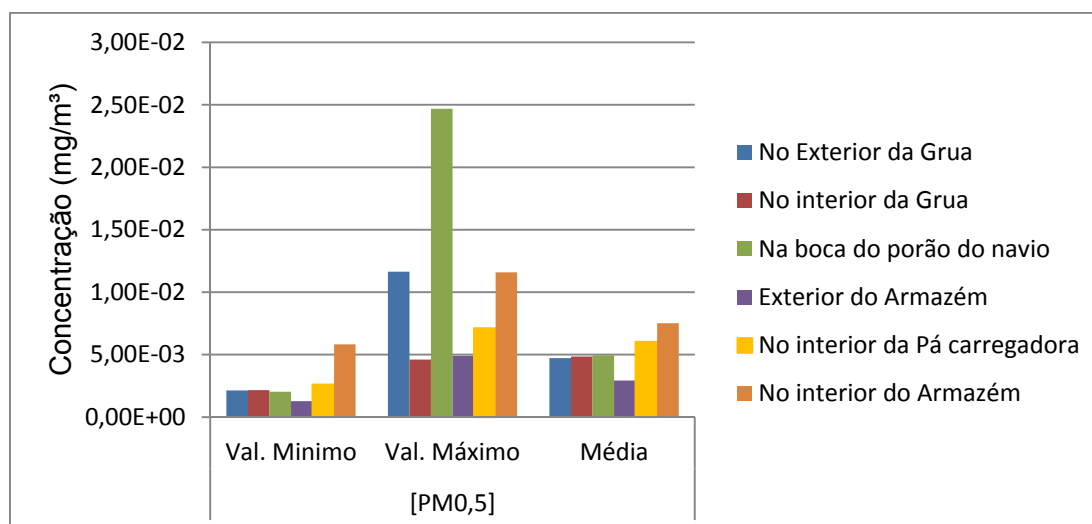


Figura 4.1 – Concentração de PM_{0,5} para as várias Atividades

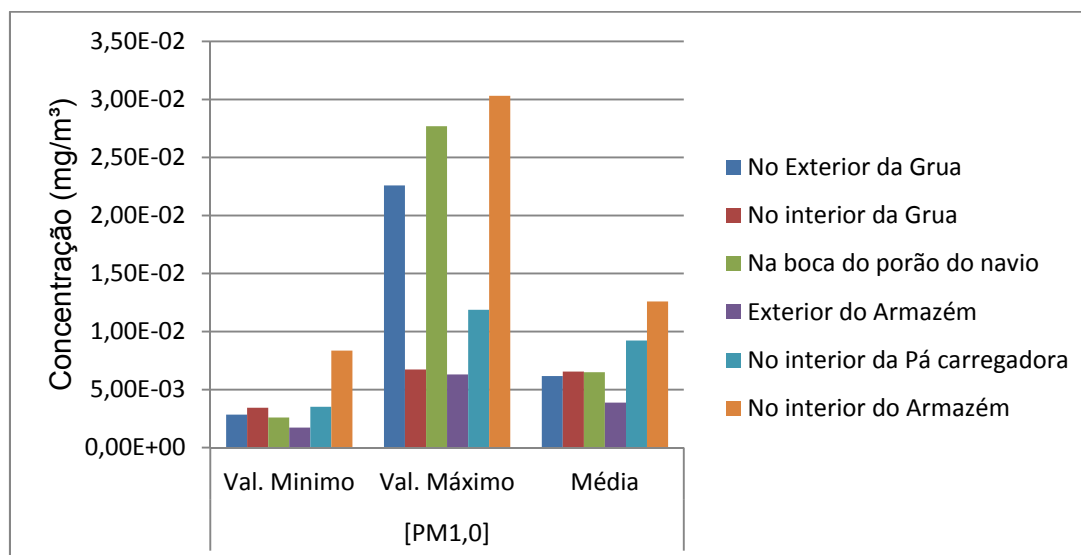


Figura 4.2 – Concentração de PM₁ para as várias atividades

Os resultados das médias das concentrações para as dimensões de PM₁, PM_{2,5}, PM₅, e PM₁₀, os valores mínimos e média mais elevados foram registados no “interior do armazém” e no “interior da pá-carregadora”, com uma temperatura 25°C para ambos e humidade 56% e 49% respetivamente. Os valores máximos mais elevados foram encontrados no “interior do armazém” mas também “no exterior da grua”, com uma temperatura de 22°C e humidade de 56%. Os trabalhadores com as funções de operadores da tolda e do camião estão expostos a estas concentrações, assim como o encarregado e o coordenador do terminal, mas estes últimos com um tempo de exposição inferior de acordo com as funções que desempenham.

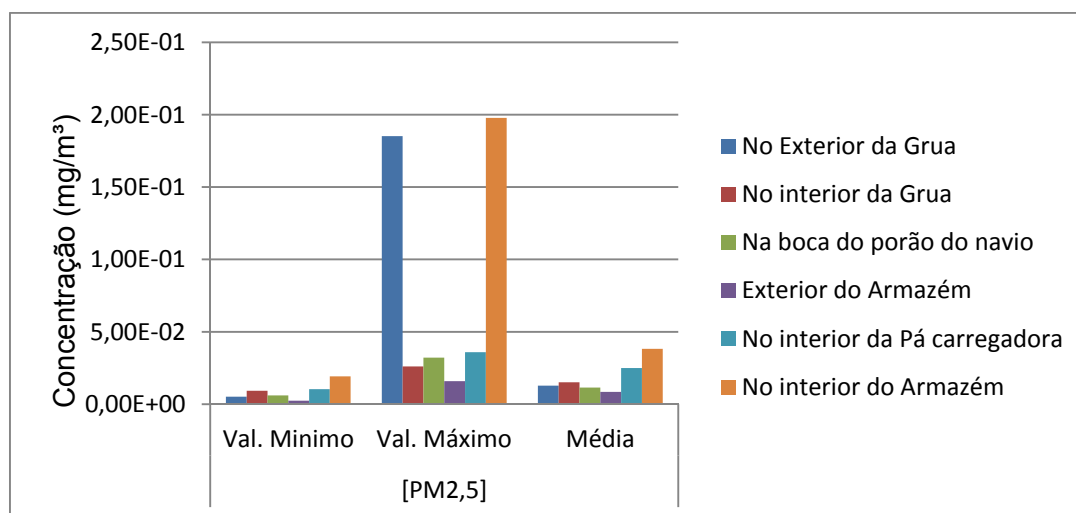


Figura 4.3 – Concentração de PM_{2,5} para as várias atividades

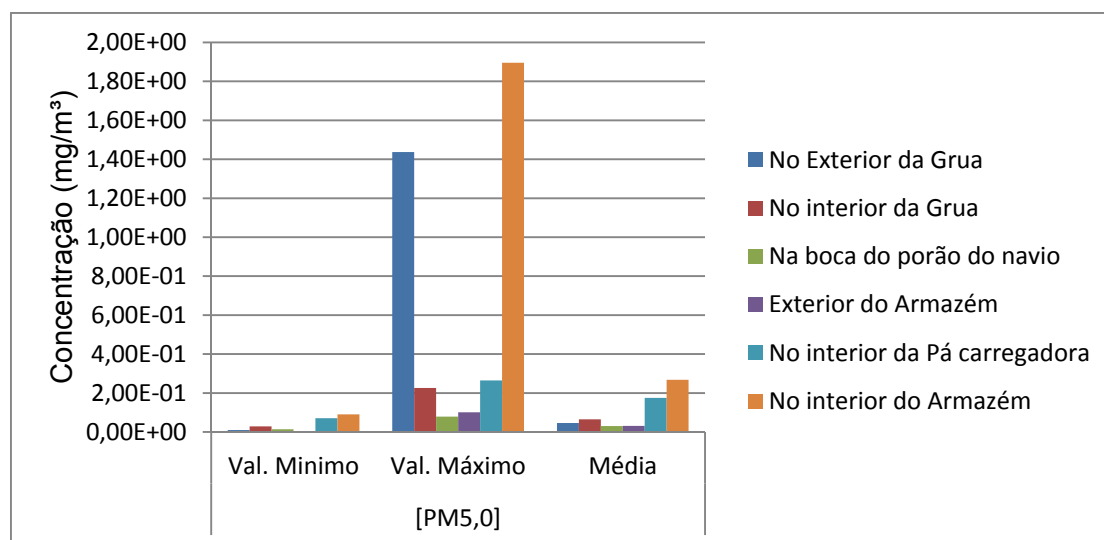


Figura 4.4 – Concentração de PM₅ para as várias Atividades

Com o resultado das concentrações médias incluindo todas as atividades (quadro 4.3), pode-se verificar através da figura 4.6 que os valores mínimos, máximos e a média vão aumentando quanto maior for a dimensão da partícula. As concentrações para as várias dimensões ao longo de 2150 segundos são as seguintes:

- PM_{0,5} variaram entre 1,27E-3 e 2,47E-02 mg/m³ com uma média de 4,51E-03 mg/m³;
- PM₁ variam entre 1,72E-03 e 3,03E-02 mg/m³ com uma média de 6,19E-03 mg/m³;
- PM_{2,5} variam entre 2,43E-03 e 3,33E-01 mg/m³ com uma média de 1,41E-02 mg/m³;
- PM₅ variam entre 5,21E-03 e 2,73E+00 mg/m³ com uma média de 6,35E-02 mg/m³;
- PM₁₀ variam entre 5,21E-03 e 5,97E+00 mg/m³ com uma média de 1,37E-01 mg/m³;

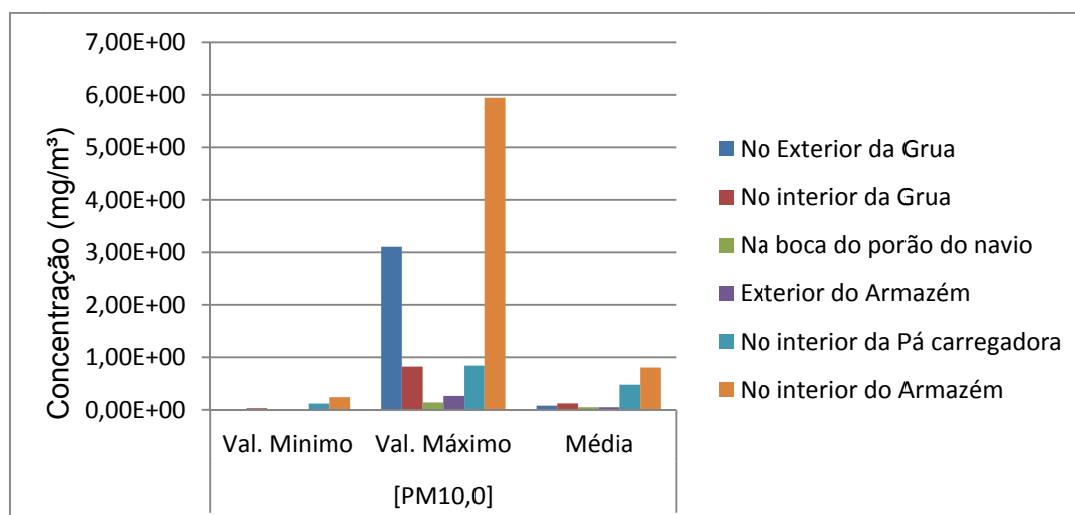


Figura 4.5 – Concentração de PM₁₀ para as várias atividades

Como se pode observar a matéria particulada com valores mais elevados são as que estão entre a 2,5 e os 10 e que estão inseridas nas frações respiráveis e torácicas do organismo do trabalhador.

Local Zona Portuária	[PM0,5] (mg/m ³)	[PM1,0] (mg/m ³)	[PM2,5] (mg/m ³)	[PM5,0] (mg/m ³)	[PM10,0] (mg/m ³)
Val. Mínimo	1,27E-03	1,72E-03	2,43E-03	5,21E-03	5,21E-03
Val. Máximo	2,47E-02	3,03E-02	3,33E-01	2,73E+00	5,97E+00
Média	4,51E-03	6,19E-03	1,41E-02	6,35E-02	1,37E-01

Quadro 4.3 – Valores de concentrações para as diferentes dimensões de matéria particulada

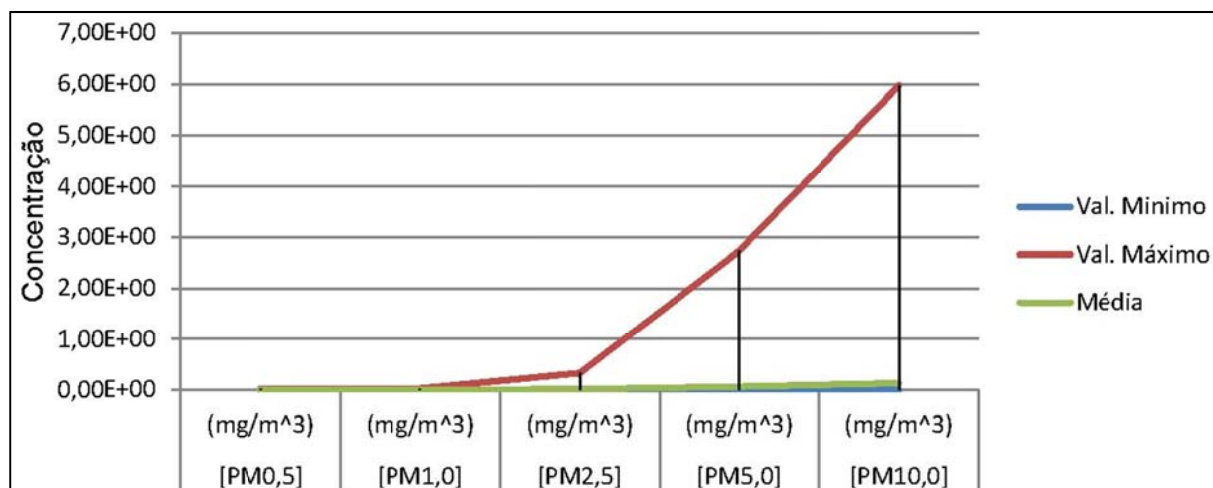


Figura 4.6 – Distribuição da concentração das várias dimensões de matéria particulada

A aplicação do “Método Ótico” viu-se limitada ao estudo de uma única substância a “Rama de Açúcar”, devido à disponibilidade do equipamento e da calendarização de navios, a “Rama de Açúcar”. Da avaliação que foi feita aos seis locais de trabalho, os dados obtidos resultaram num

maior risco de exposição por inalação a matéria particulada para os trabalhadores no “interior do armazém”. Os trabalhadores que estão junto à grua, como o operador da tolda e do camião apresentam também uma maior exposição por inalação a matéria particulada relativamente aos outros que não estão direcionados para a atividade de descarga do material na tolda. Pode-se verificar com a avaliação aos “locais de trabalho”, que as atividades que estão mais perto do local do manuseamento da substância possuem valores máximos mais elevados do que as outras atividades, como a atividade “no exterior da grua”, “no interior da pá-carregadora” e “no interior do armazém”.

Relativamente aos locais com uma maior humidade, como a “boca do porão do navio” e o “exterior do armazém”, 100% e 63% respetivamente, podemos verificar que para matéria particulada de maior dimensão os valores das concentrações médias são mais baixos relativamente às outras atividades. Conforme já foi referido no enquadramento teórico as alterações das condições atmosféricas poderão alterar os valores das concentrações da matéria particulada.

É apresentado a concentração da matéria particulada por segundo em três atividades distintas: “no interior do armazém” (figura 4.7) e “no interior da pá-carregadora” (figura 4.8), sendo que estas duas atividades localizam-se no interior/“Indoor”; e a terceira atividade “no exterior da grua” (figura 4.9), sendo esta localizada no exterior/“outdoor”. São também representados também as concentrações dos valores limite definidos no enquadramento legal: “local de trabalho” (PM_{10} e $PM_{2,5}$), norma NP 1796/2007 e ACGIH.

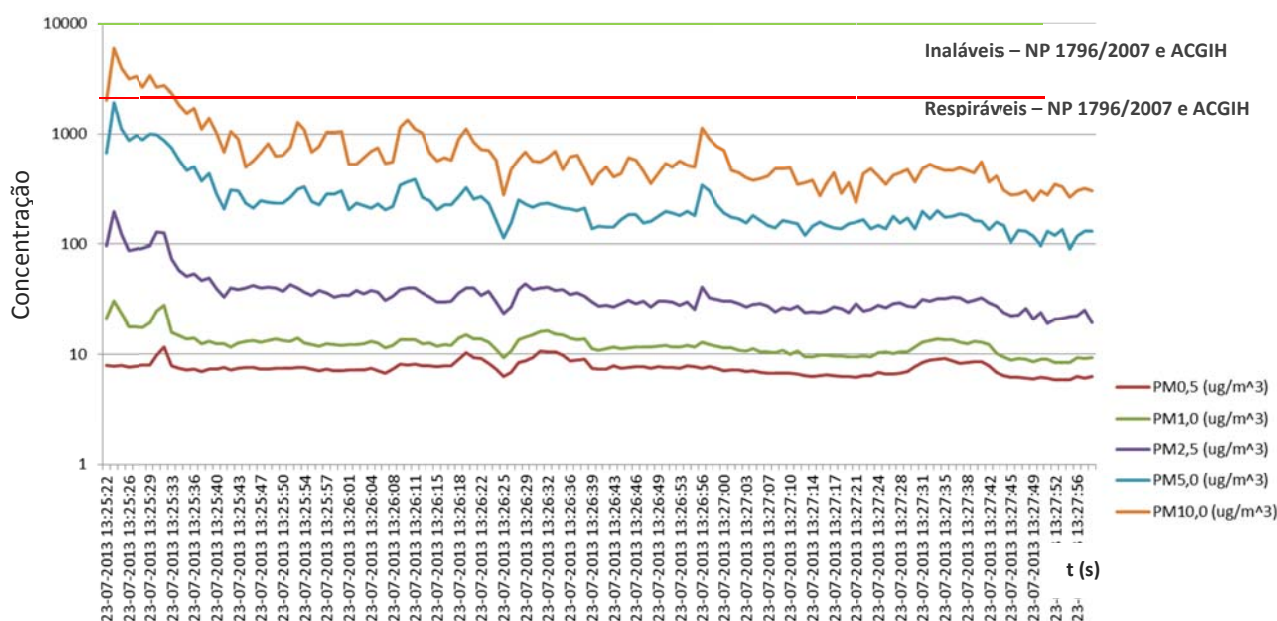


Figura 4.7 – Distribuição da concentração das várias dimensões de matéria particulada “no interior do armazém”

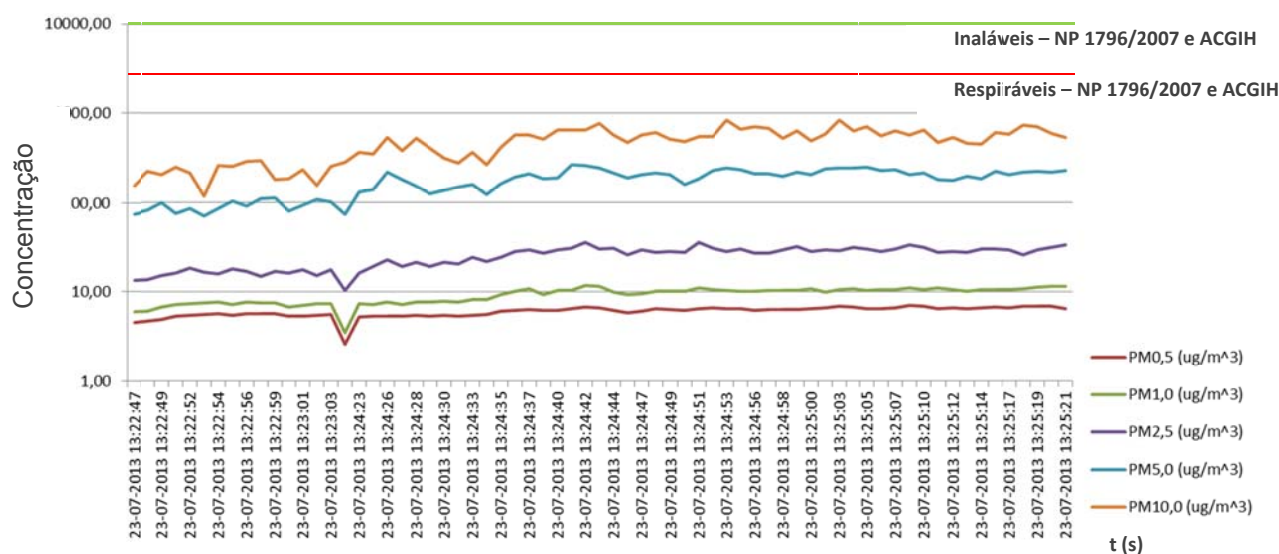


Figura 4.8 – Distribuição da concentração das várias dimensões de matéria particulada “no interior da pá-carregadora”

Para os trabalhadores que estão no interior/“indoor” do armazém (figura 4.7 e 4.8), se considerarmos os valores limite da NP1796/2007 e da ACGIH para as concentrações das PM_{10} e $PM_{2,5}$, considerando também sempre o mesmo material manuseado e para 40 horas semanais, a concentração de matéria particulada está abaixo dos valores limite. Sendo um espaço “indoor” a concentração de matéria particulada no interior do armazém, é mais elevada do que nas outras atividades no exterior/“outdoor”, por conseguinte o potencial risco de exposição por inalação dos trabalhadores à matéria particulada ligados a esta atividade é mais elevado.

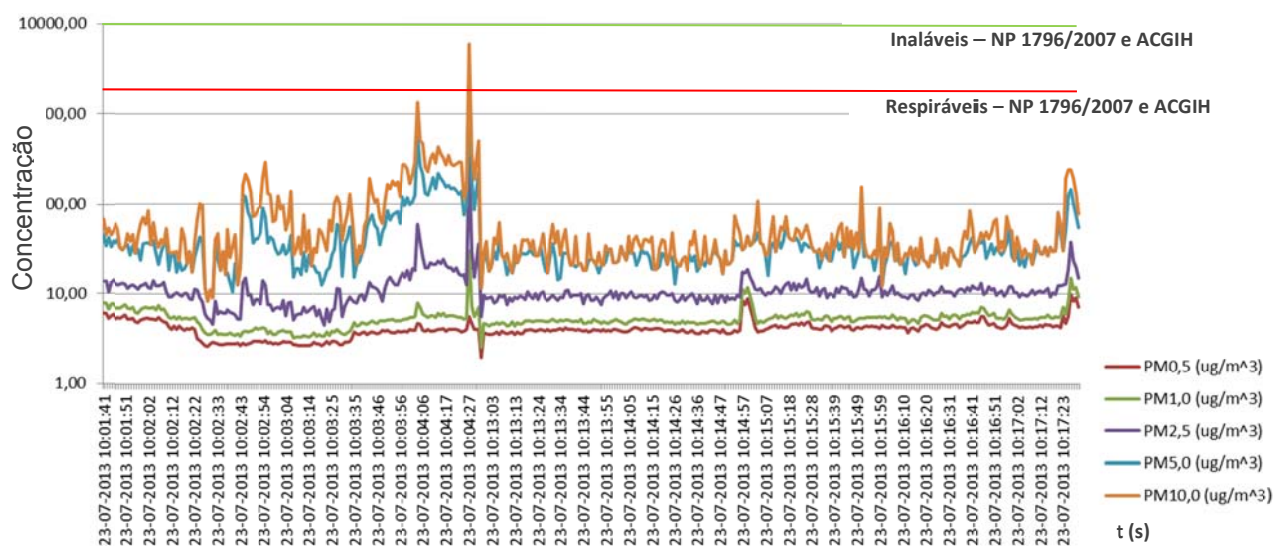


Figura 4.9 – Distribuição da concentração das várias dimensões de matéria particulada “no exterior da grua”

No caso dos trabalhadores que estão no exterior/"outdoor" junto à grua (figura 4.9), se considerarmos os valores limite da NP1796/2007 e da ACGIH para as PM_{10} e $PM_{2,5}$, considerando também sempre o mesmo material e para 40 horas semanais, a concentração de matéria particulada está abaixo dos valores limite.

Relativamente à variação do desempenho da concentração de matéria particulada, no intervalo de tempo definido das várias dimensões de matéria particulada "no interior do armazém" e no "exterior da grua", consegue-se, através das figuras 4.7 e 4.9, apurar as várias oscilações dentro de um intervalo de tempo curto. E também é definido perfeitamente os picos de concentrações mais elevadas. Estes picos foram analisados durante a descarga do material quando é colocado na tolda ou quando é colocado dentro do armazém. Por outro lado "no interior da pá-carregadora" onde temos um local fechado, os valores tem oscilações muito menores.

4.3 – Análise comparativa entre a aplicação dos dois métodos

Os limites de concentrações para matéria particulada na norma NP1796/2007 e da ACGIH que são considerados como diretrizes, são considerados para oito horas de trabalho e 40 horas semanais. No caso da atividade portuária é muito complexo fazer esta análise, pois o tipo de materiais e consequentemente o número de horas de trabalho a que está associado esse material é muito variado. As avaliações terão que ser feitas para um ano civil, para se considerar o efeito acumulativo de todos os materiais e do numero de horas de trabalho ao longo de um ano manuseados no terminal portuário.

A "rama de açúcar" é um dos materiais a granel, de acordo com o historial, que mais se manuseia no terminal portuário. Relativamente ao "Método Stoffenmanager" a "rama de açúcar" tem um risco para o efeito na saúde dos trabalhadores muito baixo. De acordo com os dados inseridos sobre a FDS (elementos químicos) neste método, a análise é feita qualitativamente, o que resulta numa substância que não é tóxica para o organismo. Contudo, como foi dito no enquadramento teórico a nível da toxicidade de uma substância, os valores da dose são um dos elementos essenciais para avaliarmos a resposta ao efeito dessa mesma substância no efeito da saúde no trabalhador. No "Método Ótico" a avaliação quantitativa é feita através da medição durante a descarga do material. Contudo as avaliações para serem mais rigorosas terão que ser feitas durante o número total de horas e durante o ano civil para este tipo de material, para se avaliar o risco integral dos efeitos na saúde do trabalhador.

Dos resultados obtidos pelo "Método Stoffenmanager" pode-se concluir que o trabalhador com maior risco é o operador da pá-carregadora que está localizado no "interior do armazém" e no porão do navio. O "Método Ótico" permite chegar à mesma conclusão em que todos os trabalhadores no

“interior do armazém” estão expostos a uma maior concentração de matéria particulada.

De acordo com a literatura em medições executadas em portos, existem áreas com concentrações de matéria particulada de variadas granulometrias, tanto finas como grosseiras. A variedade de materiais além da “rama de açúcar” é imensa e os valores de concentrações de matéria particulada são elevados (Almeida, et al. 2011.b).

4.4 – Considerações finais

As medidas de prevenção e proteção devem permitir reduzir o risco tão baixo quanto razoavelmente possível (ALARP - *as low as reasonably practicable*). A prevenção no local de trabalho deve iniciar-se pela eliminação, proibição, substituição e quaisquer outras medidas que minimizem a quantidade e qualidade da exposição a substâncias e agentes perigosos. Depois desta prevenção deve-se seguir para a proteção coletiva dos trabalhadores e se não for possível então aplicar as medidas individuais.

Com base em toda a informação disponibilizada na avaliação, pode passar-se à ação, visando a eliminação de todos os riscos ou se tal não for possível, a sua minimização.

As medidas de controlo de riscos englobam medidas de proteção, prevenção e correção, de melhoria, que seguem sempre a mesma ordem (BSI, 2004):

- **Tecnológicas:** Medidas que permitem eliminar ou substituir o perigo, que podem passar pela alteração de determinado processo, procedimento ou tecnologia.
- **Organizacionais:** Pode passar pela formação, informação e sensibilização dos trabalhadores relativamente a cada um dos perigos e respetivas medidas de controlo do risco, ajuste de horários e pausas para descanso, implementação de boas práticas, etc..
- **Coletivas:** Já tem em consideração as medidas anteriores e neste caso englobam as medidas coletivas de proteção. Podem ser medidas complementares dirigidas à globalidade do grupo de trabalhadores, como por exemplo, sinalização ou até mesmo cartazes com instruções, etc..
- **Individuais:** Aplicação de medidas de proteção Individual.
- **Emergência e Primeiros socorros:** Aplicável a todos os perigos identificados, já que remete para a necessidade de se ter sempre disponível um sistema de resposta às emergências e condições para prestar os primeiros-socorros adequados a cada possível situação de emergência. Aqui estão incluídas ainda as condições de boas comunicações e sistema de alerta e/ou alarme, assim que necessário.

De acordo com o enquadramento legal que protege os trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho, no Decreto-Lei nº 24/2012, o empregador deve implementar medidas de prevenção e proteção mediante as seguintes ações:

- A conceção e organização de métodos de trabalho adequados;
- A utilização de equipamento adequado para trabalhar com agentes químicos;
- A utilização de processos de manutenção que garantam a segurança e a saúde dos trabalhadores;
- A redução ao mínimo do número de trabalhadores expostos ou suscetíveis de estar expostos;
- A redução ao mínimo da duração e do grau de exposição;
- A adoção de medidas de higienização adequadas;
- A redução ao mínimo da quantidade de agentes químicos necessários à atividade;
- A utilização de processos de trabalho adequados que assegurem nomeadamente, a segurança durante o manuseamento, a armazenagem e o transporte de agentes químicos perigosos e respetivos resíduos.

Na instalação portuária o objeto do estudo e de acordo com os resultados obtidos, diversas medidas de controlo de riscos poderão ser implementadas, começando pelas tecnológicas e seguindo para as organizacionais, coletivas, individuais, emergência e primeiros socorros.

Relativamente à aplicação das medidas tecnológicas de controlo, existem algumas soluções que não são compatíveis com a operação de carga/descarga destas substâncias, como por exemplo o manuseamento do agente químico de quantidades elevadas para quantidades médias e a humedificação do material. Estas medidas podem elevar muito os custos relativamente à operação, devido ao tempo de descarga e a alteração química do material respetivamente. Assim recomenda-se o estudo de análise custo/benefício da aplicabilidade de medidas tecnológicas para evitar/reduzir o nível de exposição dos trabalhadores a partículas totais em suspensão devido ao manuseamento de materiais a granel, adotando melhores técnicas disponíveis que evitem a libertação de poeiras, de forma economicamente sustentável, nomeadamente:

- Requalificação da Tolda Ecológica existente, com reforço do sistema de despoeiramento, aspiração e filtragem de matéria particulada;
- Instalação de uma bacia de lavagem de pneus;
- Ventilação mecânica com aspiração localizada dimensionada aos edifícios de apoio, portaria, local de armazenagem e equipamentos;
- Reforço do sistema de filtros de manga na zona de armazenagem.

Minimizando a criação de matéria particulada através das técnicas disponíveis para despoeiramento, será minimizado o risco da exposição a matéria particulada dos trabalhadores expostos na zona do terminal portuário e na zona de armazenagem. A aplicação das medidas tecnológicas, tolda ecológica e da bacia de lavagem de pneus, permite a diminuição de emissão de matéria particulada em toda a área do terminal portuário e de toda a zona envolvente.

Na zona de descarregamento da concha da grua para a tolda, deverá ser utilizada a tolda ecológica com sistema de despoeiramento, conforme o exemplo da figura 4.29.



Figura 4.10 – Exemplo de uma tolda ecológica

A implementação de uma bacia de lavagem de pneus irá reduzir a exposição a matéria particulada, nos operacionais da tolda e dos veículos pesados. Existem alguns tipos de bacias que podem ser utilizados, como por exemplo as bacias inundadas, os canais contracorrente, as bacias de baixa pressão de inundação e as bacias de limpeza de alta pressão. O último exemplo é tido como o que tem menos desvantagens. Existem algumas vantagens neste tipo de bacia, como por exemplo: os bicos de pressão que permitem uma melhor lavagem dos pneus, exige pequenas áreas de bacia; os bicos de pulverização verticais com espaçamentos permitem a limpeza de todo o pneu e baixo consumo de água. Esta bacia de lavagem possui um sistema de lavagem automático, que arranca quando o veículo passa. As águas são recolhidas num tanque de retenção e reutilizadas novamente nas lavagens dos pneus. Estas bacias têm que ser construídas o mais perto da alimentação da água e do efluente industrial e o mais longe do local de saída do terminal portuário.

Relativamente à zona dos edifícios de apoio, portaria, local de armazenagem e equipamentos, em especial o manuseamento da pá-carregadora, deve ser aplicada uma ventilação mecânica adequadamente dimensionada, e o próprio equipamento de ventilação estar preparado com acessórios direcionados para filtragem de matéria particulada respirável (como por exemplo os filtros HEPA).

Na zona de armazenagem, além da ventilação natural que já existe, recomenda-se uma complementação com uma ventilação mecânica de extração que remova as poeiras antes de

alcançar a zona de respiração do trabalhador. Os filtros de manga são máquinas concebidas para purificar grandes volumes de ar poeirento sendo o ar contaminado conduzido até ao filtro por uma rede de tubagem. Por exemplo, nos filtros VENTIL (figura 4.30), o ar é aspirado para dentro do filtro por meio de depressão criada por um ventilador e é filtrado ao passar por múltiplas mangas de filtragem ocas e de forma cilíndrica. O pó agarra-se à superfície exterior das mangas deixando que o ar purificado passe através da superfície de filtragem. O sistema também está equipado com uma unidade eletrónica programável, que permite a limpeza das mangas de modo automático (Ventil, 2012). Este equipamento deverá ser aplicado nos armazéns onde se faz o manuseamento de substâncias pulverulentas. A pá-carregadora deve ser adequada de acordo com as normas de segurança para o trabalhador.



Figura 4.11 – Filtro VENTIL -Tipo

Além destas medidas preventivas, pode-se ainda implementar no local de trabalho outras medidas de prevenção, tais como:

- Adotar boas práticas de higiene e segurança, como por exemplo proceder ao fecho das janelas do veículo durante as operações de descarga;
- Aplicação dos meios e equipamentos associados à atividade portuária e à tipologia dos materiais a operar;
- A redução da dimensão da pá (Artínano et al., 2006);
- A altura a que a pá é aberta para descarregar o material, sendo que quanto mais junto da tolda menos matéria particulada liberta (Artínano et al., 2006);
- Manutenção regular e sistemática dos equipamentos;
- Utilização de equipamento individual de proteção respiratória, como por exemplo as máscaras de proteção a poeiras, no caso de maior risco de exposição ao trabalhador e esgotadas todas as outras medidas de prevenção;
- Uso de aspiradores no lugar de vassouras com um sistema de humificação de alta pressão;

- Redução do número de trabalhadores expostos, permanecendo no local somente os trabalhadores que estão a exercer a atividade;
- Plano de informação e formação sobre as atividades e características dos materiais aos trabalhadores em várias línguas, devido à panóplia de línguas que os intervenientes na operação podem ter;
- Informação aos trabalhadores sobre as instruções de trabalho associadas às substâncias manuseadas;
- Vigilância periódica da saúde dos trabalhadores relativamente às doenças respiratórias;
- Boas condições de limpeza;
- Conhecimento das condições meteorológicas, no sentido de avaliar os métodos de manuseamento do material e os equipamentos necessários para evitar ao máximo a exposição a matéria particulada;
- Estabelecimento de plataformas de diálogo de informação e lições aprendidas, partilha com outros terminais portuários acerca da implementação de melhores técnicas disponíveis e boas práticas;
- Estabelecimento de protocolos com instituições de investigação, inovação e desenvolvimento, nomeadamente universidades e institutos superiores, para aquisição e desenvolvimento de novas medidas de prevenção mais eficientes e eficazes.
- Plano de Monitorização regular durante as operações de descarga, caracterizando a matéria particulada quanto às suas características físico, químicas e biológicas;

5 – Conclusões e desenvolvimentos futuros

Neste último capítulo pretende-se esboçar as principais conclusões deste estudo e apontar algumas sugestões para futuros trabalhos.

5.1 – Conclusões

Este estudo teve como objetivo a avaliação de risco dos trabalhadores à exposição por inalação de matéria particulada provenientes do manuseamento de diferentes materiais a granel num terminal portuário. Esta investigação revelou-se um desafio pela dificuldade em encontrar literatura e estudos que relacionem as operações de carga/descarga de materiais pulverulentos em instalações portuárias com a atividade ocupacional. A instalação portuária do estudo caracteriza-se pela descontinuidade e aleatoriedade das operações portuárias, pela diversidade de substâncias manuseadas e pelas atividades laborais associadas. Para além disso a coexistência de atividades em local interior/“*indoor*” e local exterior/“*outdoor*”.

Os resultados obtidos pelo “Método Stoffenmanager” e pelo “Método Ótico” permitiram concluir que as atividades com maior concentração de matéria particulada acontecem no interior do armazém e no porão do navio, envolvendo um maior risco para a saúde dos trabalhadores expostos a estas concentrações, sendo que a atividade que apresenta um maior tempo de exposição corresponde à do operador da pá-carregadora.

Com a aplicação do “Método Stoffenmanager” foi possível identificar, dos cinco materiais em estudo, o adubo granulado como a substância/fonte de emissão com maior perigosidade a que os trabalhadores se encontravam expostos. Adicionalmente, foi possível avaliar a eficácia da aplicação das medidas de minimização da exposição dos trabalhadores às substâncias analisadas. Ao implementar as medidas tecnológicas nas atividades dos trabalhadores em maior risco verificou-se a redução da prioridade média para baixa. No entanto, este método de acordo com a especificidade da atividade, poderá apresentar resultados sub-estimados devido a algumas especificidades, como por exemplo:

- não integra na sua análise as atividades ao ar livre, minimizando a classificação global atribuída ao risco,
- não procede a uma análise qualitativa não permitindo uma efetiva comparação com os limites legais,
- não considera as condições meteorológicas e as condições marítimas que afetam a concentração da matéria particulada na atmosfera,
- não são consideradas outras fontes de emissão de matéria particulada da vizinhança, nomeadamente, da rodovia e de outras indústrias existentes,

- não considera o efeito cumulativo da exposição a mais do que uma substância,
- não avalia a matéria particulada quanto à sua característica física e biológica.

Com a aplicação do “Método Ótico”, foi possível avaliar a dimensão e concentração em tempo real da matéria particulada em todas as atividades do terminal portuário, permitindo uma avaliação por comparação com valores de limite de exposição legais. No entanto, com este método não é possível saber qual a caracterização física, química e biológica da matéria particulada presente e consequentemente avaliar o risco ocupacional efetivo dos trabalhadores expostos. A aplicação do método no presente estudo, só por indisponibilidade do equipamento versus compatibilidade da existência de navios focalizou numa das cinco substâncias analisadas no “Método Stoffenmanager”. Em estudos futuros seria interessante proceder a campanhas de amostragem com as outras quatro substâncias permitindo assim uma análise comparativa mais robusta entre os métodos.

Para uma análise mais conclusiva, as avaliações deveriam ser realizadas de uma forma continuada a todos os materiais que são manuseados a granel, acompanhando as diversas atividades portuárias. Além disso, estudos comprovam que mesmo não estando a manusear os materiais existem outras fontes de emissão na área envolvente, que não são tidas em conta na avaliação de risco. Assim, essas avaliações deveriam ser realizadas antes, durante e após o manuseamento dos materiais, considerando o potencial efeito cumulativo da diversa matéria particulada oriundas das diversas fontes de emissão causadoras de eventuais efeitos negativos na saúde dos trabalhadores. Uma prática de aplicação conjunta do “Método Stoffenmanager” e do “Método Ótico” permitiria complementar a avaliação de riscos da exposição por inalação dos trabalhadores a matéria particulada em instalações portuárias, pelo conhecimento em tempo real da concentração e dimensão de matéria particulada em simultâneo, com a sua caracterização física e química adequada às diversas atividades dos trabalhadores.

Num ambiente portuário com elevada concentração de matéria particulada, o conhecimento das fontes de emissão, a par da caracterização química, física e biológica e consequente toxicidade permitiria a definição de um ponto de partida eficaz na redução da exposição com localização na redução das fontes de emissão, o que poderá causar um potencial impacto na saúde do trabalhador e por consequência na saúde humana em geral.

5.2 – Desenvolvimentos futuros

Neste estudo, foi feita uma análise da avaliação de risco de exposição por inalação dos trabalhadores a matéria particulada em instalações portuárias. Esta análise foi estimada em termos de materiais

manuseados e em termos do número de horas expostas a esse mesmo material. Como sugestão e em síntese, alguns aspetos deverão ser considerados em trabalhos futuros nomeadamente:

- Proceder a monitorizações durante a atividade de manuseamento das quatro substâncias para as quais não foi possível proceder à análise no “Método Ótico” (adubo granulado, fosforite, carbonato de sódio e cloreto de potássio), mas que foram analisadas no “Método Stoffenmanager”, de modo a permitir uma análise comparativa mais robusta entre a aplicação dos métodos da avaliação de risco da exposição por inalação a matéria particulada para os trabalhadores;
- Proceder a avaliações de risco de exposição por inalação dos trabalhadores a matéria particulada em instalações portuárias nos momentos antes, durante e após cargas e descargas de substâncias para um período de tempo de um ano civil, de modo a garantir uma análise mais significativa;
- Identificar e avaliar as fontes de emissão de poluentes atmosféricos no terminal portuário e envolvente, de modo a complementar o estudo de avaliação de risco de exposição por inalação dos trabalhadores.

Referências Bibliográficas

- ACGIH (2013). TLVs and BEIs Based on the Documentation of the Threshold limit Values for chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. Defining the Science of Occupational and Environmental Health : ACGIH.
- Almeida S.M. (2004). Caracterização e origem do aerossol atmosférico em zona urbano-industrial. Universidade de Aveiro: Tese de Doutoramento.
- Almeida S.M., Silva A.V. & Freitas M.C. (2011.a). Characterization of heavy metals and rare earth elements emissions from phosphorite handling in harbours- INAA and PIXE. J Radioanal Nucl Chem, 2012, 294: 277-281.
- Almeida S.M., et al. (2011.b). Characterization of dust material emitted during harbour activities by k_0 -INAA and PIXE. J Radioanal Nucl Chem, 2012, 291:77-82.
- Annalee Y., & Tord, K. (1998). Riesgos Ambientals para la salud. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, 1998. Pág 53.1-53.5.
- Arhami P., Delfino, A., Tjoa T. & Sioutas C. (2009). Associations between Personal, Indoor, and Residential Outdoor Pollutant Concentrations: Implications for Exposure Assessment to Size-Fractionated Particulate Matter. Journal of the Air & Waste Management Association, 59, 392-404.
- Artinãno B., et al. (2006). Measurement of particulate concentrations produced during bulk material handling at the Tarragona harbor. Atmospheric Environment, vol. 41-30, (2007) 6344-6355.
- BLS, Bureau of Labor Statistics, United States Department of Labor (2012). Incidence rates and numbers of nonfatal occupational illnesses by major industry sector, category of illness, and ownership, 2011. Acedido em Abril 16, 2013, em <http://www.bls.gov/news.release/osh.t06>.
- Boyd R.D., Pichaimuthu S.K. & Cuenat A. (2011). New approach to inter-technique comparisons for nanoparticle size; using atomic force microscopy, nanoparticle tracking analysis and dynamic light scattering. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 387, 35-42.
- Brown M., Wilson R., MacNee W., Stone V. & Donaldson K. (2001). Size-Dependent Proinflammatory Effects of Ultrafine Polystyrene Particles: A Role for Surface Area and Oxidative Stress in the Enhanced Activity of Ultrafines. Toxicology and Applied Pharmacology, 175, 191–199.
- Brook R., Brook J., Urch B., Vincent R., Rajagopalan S. & Silverman F. (2002). Inhalation of Fine Particulate Air Pollution and Ozone Causes Acute Arterial Vasoconstriction in Healthy Adults. American heart Association 1534-1536.
- Brooke, I.M. (1998). A UK Scheme to Help Small Firms Control Health Risks from Chemicals: Toxicological Considerations. Ann. Occup. Hyg., vol. 42, 377-390.
- Brunekreef B. & Forsberg B. (2005). Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. European Respiratory Journal, vol. 26: 309–318.
- BSI - British Standard Institutions 2004. BS 8800:2004 Guide to occupational health and safety management systems, British Standard Institutions, UK.
- Carpenter D., Arcaro K. & Spink D.(2002). Understanding the Human Health Effects of Chemical Mixtures. Environmental Health Perspectives, volume 110, s 1.

- Cherrie J. & Aitken R. (1999). Measurement of human exposure to biologically relevant fractions of inhaled aerosols. *Institute Occupational Medicine*, 56:747-752.
- Clementi L. A., Vega J. R., Orlande H.R.B. & Gugliotta L.M. (2012). Size distribution of nanoparticles by dynamic light scattering. Comparison of Bayesian and Tikhonov inversion methods. *Inverse Problems in Science and Engineering*, 20:7, 973-990.
- Cohen, A.J. et al. (2005). The Global Burden of Disease Due to Outdoor Air Pollution, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues*, 68:13-14, 1301-1307.
- Conferência Geral da Organização Internacional do Trabalho (1981). Convenção nº155- Convenção sobre a segurança, a saúde dos trabalhadores e o ambiente de trabalho. Genebra.
- Conselho das Comunidades Europeias (1989). Diretiva do Conselho 89/391/CEE. Aplicação de medidas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, Nº L183, 1-8.
- Decreto-Lei n.º 102/2010 de 23 de Setembro. *Diário da República* nº 186/2010 – 1.ª Série. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 98/2010 de 11 de Agosto. *Diário da República* nº155/2010 - 1.ª Série. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 24/2012 de 06 de Fevereiro. *Diário da República*, nº 26/2012 - 1.ª Série. Ministério da Economia e do Emprego. Lisboa.
- Decreto Regulamentar n.º 76/2007 de 17 de Julho. *Diário da República*, nº 136/2007 - 1.ª Série. Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social. Lisboa.
- Devi J. J., Gupta T, & Tripathi N. (2009). Assessment of personal exposure to inhalable indoor and outdoor particulate matter for student residents of an academic campus (IIT-Kanpur). *Inhalation Toxicology*, 21(14): 1208–1222.
- Dubois A & Dautrebande L. (1958). Acute effects of breathing inert dust particles and of carbachol aerosol on the mechanical characteristics of the lungs in man. Changes in response after inhaling sympathomimetic aerosols. *The Journal of Clinical Investigation*. Vol. 37-12, 1746-1755.
- Dubowsky S., Suh H., Schwartz J., Coull B. & Gold D. 2006. Diabetes, Obesity, and Hypertension May Enhance Associations between Air Pollution and Markers of Systemic Inflammation. *Environmental Health Perspectives* vol. 114, no.7, 992-998.
- EASHW, European Agency for Safety and Health at Work (2008). Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health, Office for official publications of the European Communities. Luxembourg.
- EEA, European Environment Agency (2012). Air quality in Europe. Office Publications of the European Union. EEA. Report/nº4. Luxembourg.
- EEA, European Environment Agency (2013). Every breath we take improving air quality in Europe. Office Publications of the European Union. EEA. signals. Luxembourg.
- ECHA, European Chemical Agency. Guidance on REACH and CLP implementation. Acedido Junho 28, 2012, em <http://echa.europa.eu/web/guest/support/guidance-on-reach-and-clp-implementation>.
- European Commission (1996). Guidance on Risk assessment at work. Office for Official publications of the European communities. Luxembourg.

- EPA, European Protection Agency (2013). Particulate Matter. Acedido Abril, 2013, em <http://www.epa.gov/pm>.
- EPA, European Protection Agency (2012). Our Nation's Air. Status and trends through,2010. U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning Standards Research Triangle Park, North Carolina, 3-5.
- García-Ortega P., Rovira E., Bartolomé B, Martínez A., Mora E. & Richart C. (1998). Epidemia de asma alérgica a polvo de soja. Estudio clínico e inmunológico de los pacientes afectados. *Med Clin (Barc)* ; 110: 731-735.
- Gupta A.K., Patil R.S. & Gupta S.K. (2002) Emissions of gaseous and particulate pollutants in a port and harbour region in India. *Environmental Monitoring and Assessment* 80, 187-205.
- Hämäläinen P., Saarela I. & Takala J. (2009). Global trend according to estimated number of occupational accidents and fatal work-related diseases at region and country level. *National Safety Council, NSC- Journal of safety Research*.
- Heitbrink W., Todd W., Cooper T. & O'brien D. (1990).The Application of Dustiness Tests to the Prediction of Worker Dust Exposure. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 51:4, 217-223.
- ILO, International Laboral Organization (2005). Prevention: a global strategy. Promoting safety and health at work. The ILO Report for World Day for Sfety and Health at Work. 1-16.
- ILO, International Laboral Organization (2012). Origins and History. Acedido Junho 01, 2012, em <http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/history/>.
- ILO, International Laboral Organization (2013). The Prevention of occupational diseases. The ILO Report for the World Day for Safety and Health at Work, 28 April.
- ISO, International Organization for Standardization (1994). Air Quality-General Aspects- Vocabulary. Second edition 1994. ISO 4225.
- Karjalainem A., & Niederlaender E (2004). Occupational Disesses in Europe in 2001. Eurostat. Statistics in focus. Population and Social conditions.15/2004.
- Kelly F., & Fussell J. (2012). Size, source and chemical composition as determinants of toxicity attributable to ambient particulate matter. *Atmospheric Environment* 60, 504-526.
- Kulkarni P, Baron P. & Willeke K. (2011). Aerosol Measurement :Principles , Techniques, and Aplications.Third Edition. Jonh Wiley & Sons, Inc. Third Edition.
- Lighthouse Worldwide Solutions (2005). Hand held Airborne particle Counter. Handheld Particle Counter. Operating manual. Model 3016/5016.
- Lei nº102/2009 de 10 de Setembro. Diário da República n.º 176/2009 – I Série. Assembleia da República. Lisboa.
- Lioy, P. (1990). Assessing total human exposure to contaminants. *American Chemical Society. Environ. Sci. Technol.*, Vol 24, No.7, 938-945.
- Lioy, P. (1991). Assessing human exposure to airborne pollutants. *Environ. Sci. Technol.*, Vol 25, No.8, 1361-1362.
- Marquart H, et al. (2008). 'Stoffenmanager', a web-Based Control Banding Tool Using an Exposure Process Model. *Ann. Occup. Hyg.* 52: 429– 441.

- Martín, et al. (2007). Estimates of atmospheric particle emissions from bulk handling of dusty materials in Spanish Harbours. *Atmospheric Environment* 41-30, 6356–6365.
- Miguel Alberto S.S.R. (2012). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. Porto Editora 12ª Edição. Porto
- Ministry of Social Affairs and Employment. Stoffenmanager 4.5. Acedido entre Julho 27, 2012 e Agosto 06, 2012, em <http://www.stoffenmanager.nl/>.
- Monn C. (2001). Exposure assessment of air pollutants: a review on spatial heterogeneity and indoor/outdoor/personal exposure to suspended particulate matter, nitrogen dioxide and ozone. *Atmospheric environment*, 35, 1-32.
- Munoz O. & Hovenier J.W. (2011). Laboratory measurements of single light scattering by ensembles of randomly oriented small irregular particles in air. A review. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* 112, 2011, 1646-1657.
- Nardineli C. (1980). Child Labor and the Factory Acts. *The Journal of Economic History*, Vol. 40, No. 4, 739-755.
- NLM, National Library of Medicine, 2012. Chemical Information. Quartz, Phosphorus Pentoxide e Sodium Carbonate. Acedido Agosto 13, 2012, em <http://sis.nlm.nih.gov/chemical.html>.
- NRC, National Research Council (1983). *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC, National Research Council (1991). *Human exposure assessment for airborne pollutants*. National Academy Press. Washington, D.C.
- Nie W., et al.,(2012). Atmospheric concentrations of particulate sulfate and nitrate in Hong Kong during 1995 e 2008: Impact of local emission and super-regional transport. *Atmospheric Environment*, 1-9.
- NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health (2012). *Generation and Behavior of Airborne Particles (Aerosols)*. Acedido Junho 29, 2012, em <http://www.cdc.gov/niosh/topics/aerosols/>.
- NP EN 481 (2004). *Norma Portuguesa para atmosferas dos locais de trabalho: definição do tamanho das frações para medição das partículas em suspensão no ar*. Lisboa: Instituto de Português da Qualidade.
- NP 1796 (2007). *Norma Portuguesa para saúde e segurança no trabalho: valores limite de exposição profissional a agentes químicos*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade,
- NP 4397 (2008). *Norma Portuguesa para sistemas de gestão da segurança e saúde do trabalho*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 15051 (2011). *Norma Portuguesa para atmosferas dos locais de trabalho. Medição do empoeiramento dos materiais a granel. Requisitos e métodos de ensaio de referência*. Lisboa: Instituto de Português da Qualidade.
- Oberdorster G., Ferin J., & Lehnert B. (1994). Correlation between Particle Size, in Vivo Particle Persistence, and Lung Injury. *Environmental Health Perspectives*, Vol. 102, Suppl. 5 173-179.
- Oberdorster, et al. (2004). Translocation of Inhaled Ultrafine Particles to the Brain. *Inhalation Toxicology*, 16, 437-445.

- Ott, W. (1990): Total Human Exposure: Basic Concepts, EPA Field Studies, and Future Research Needs. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 40:7, 966-975.
- Paustenbach D. (1989). *The Risk Assessment of Environmental and Human Health Hazards: A Textbook of Case Studies*. Wiley-Interscience publication, pág 1-124.
- Pensis I., Mareels J., Dahmann D. & Mark D. (2009). Comparative Evaluation of the Dustiness of Industrial Minerals According to European Standard EN 15051, 2006. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 54, No. 2, pp. 204–216.
- PNAAS, Plano Nacional de Ação Ambiente e Saúde (2007). *Projeto de Plano Nacional de Ação Ambiente e Saúde*. Agência Portuguesa do Ambiente e Direcção-Geral da Saúde.
- PNS, Plano Nacional de Saúde 2004/2010 (2004). Ministério da Saúde, Direcção - Geral da Saúde. Volume I – Prioridades.
- Pope III A., et al. (2002). Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *American Medical Association*, Vol. 287, No 9, 1132-1141.
- Pope III A., et al. (2004). Cardiovascular Mortality and Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution. *Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease*. American Heart Association, 109, 71-77.
- Prista J. & Uva S. (2002). *Aspetos gerais de Toxicologia para Médicos do Trabalho*. Escola Nacional de Saúde Pública: Obras Avulsas nº6, 2002, 117pág. Lisboa.
- REACH (2009). REACH – how is it going? Trevor Ogden. Chief Editor, *Annals of Occupational Hygiene*, Vol. 54, 1-4.
- Regulamento (CE) nº725/2004 de 31 de Março. Parlamento Europeu e do Conselho. Reforço da proteção dos navios e das instalações portuárias. *Jornal Oficial da União Europeia* (2004). Nº L 129, 1-91.
- Regulamento (CE) n.º 1907/2006 de 18 de Dezembro. Parlamento Europeu e do Conselho. Registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas (REACH), que cria a Agência Europeia das Substâncias Químicas. *Jornal Oficial da União Europeia* (2006). Nº L 396, 1 – 854.
- Regulamento (CE) nº1272/2008 (2008). Parlamento Europeu e do Conselho. Classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas. *Jornal Oficial da União Europeia* (2008) - Nº L 353, 1-1355.
- Regulamento REACH (2006) Registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas. Acedido Junho 29, 2012, em <http://www.reachhelpdesk.pt/>.
- Resolução da Assembleia da Republica nº112/2010 de 25 de Outubro. *Diário da República*, nº 207 - 1.ª Série. Aprova o Protocolo de 2002 relativo à Convenção da Organização Internacional do Trabalho sobre a segurança e a saúde dos trabalhadores, 1981. Lisboa.
- Saldiva P., et al. (2002). Lung Inflammation Induced by Concentrated Ambient Air Particles Is Related to Particle Composition. *Am J Respir Crit Care Med* Vol 165. pp 1610–1617, 2002.
- Silva V., et al. (2011). INAA and PIXE characterization of heavy metals and rare earth elements emissions from phosphorite handling in harbours. Instituto Tecnológico e Nuclear. Lisboa.

- Solomon P. & Sioutas C. (2008). Continuous and semicontinuous monitoring techniques for particulate matter mass and chemical components: a synthesis of findings from EPA's supersites program and related studies. TECHNICAL PAPER ISSN:1047-3289 J. Air & Waste Manage. Assoc. 58:164 –195. Air & Waste Management Association
- Stoffenmanager, a web-Based Control Banding Tool Using an Exposure Process Model (2008). Oxford University Press on behalf of the British Occupational Hygiene Society. Volume nº 52, Nº 6, 429-441.
- Thurston G. & Spengler D. (1983). Mass and Elemental Composition of Fine and Coarse Particles in Six U.S. Cities. Journal of the Air Pollution Control Association, 33:12, 1162-1171.
- Tran L., Buchanan D., Cullen T., Searl A., Jones A.D. & Donaldson K. (2000). Inhalation of poorly soluble particles. II. Influence of particle surface area on inflammation and clearance. Inhalation Toxicology, 12:1113-1126.
- TSI (2013). DusttrakTM II Aerosol Monitor Theory of Operation. Acedido agosto, 2013 em <http://www.tsi.com/ProductView.aspx?id=21992>
- Uva A.S. & Faria M. (2000). Exposição Profissional a Substâncias Químicas: diagnostico das situações de risco. Revista Portuguesa de Saúde Pública, vol.18, nº1, 5-10.
- Uva A.S. & Faria M. (2006). Avaliação e gestão do risco em Saúde Ocupacional: algumas vulnerabilidades. Revista Portuguesa de Saúde Pública, vol.6, 5-12.
- Uva A.S (2007). Prevenção dos riscos profissionais: novos desafios. Soc. Portuguesa de Medicina do Trabalho – S/t.6, 63-67.
- Ventil (2012). Filtros de Manga. Ventil – Engenharia do Ambiente, Lda. Acedido a 2012-08-14 <http://www.ventil.pt/>.
- Viegas S., Faísca V., Dias H., Clérigo A., Carolino E. & Viegas C. (2013). Occupational Exposure to Poultry Dust and Effects on the Respiratory System in Workers. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A:Current Issues, 76:4-5, 230-239.
- Vincent J. (1994). Measurement of Coarse aerosols in workplaces. A Review. Division of Environmental and Occupational Health, January 1994, Vol. 119.
- Vincent. J. (1994). Measurement of fine aerosols in workplaces. A Review. Division of Environmental and Occupational Health, January 1994, Vol. 119.
- Williams P., Robert J. & Stephen R. (2000). Principles of Toxicology Environmental and Industrial Applications. Second Edition. Wiley-Interscience Publication.
- WHO, World Health Organization (2005). Particulate matter air pollution: how it harms health. Fact sheet EURO/04/05. WHO.
- Wynne B. (1992). Uncertainty and environmental learning. Reconceiving science and policy in the preventive paradigm. Global Environmental Change, 111-127
- Zhang Q., et al.(2003). Comparative Toxicity of Standard Nickel and Ultrafine Nickel in Lung after Intratracheal Instillation. Journal of Occupational Health. Vol. 45:23-30.