



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO**

Rémi Hugo Soares de Lima

**MEDIDAS PREVENTIVAS PARA AS POEIRAS
PRODUZIDAS NA REABILITAÇÃO**

**MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL E DO AMBIENTE
DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE**

Trabalho efetuado sob a orientação do:

Orientador Professor Doutor Carlos Rafael da Silva Oliveira (IPVC)

Coorientadora Professora Doutora Paula Luísa Nunes Braga da Silva (UTAD)



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO**

Instituto Politécnico de Viana do Castelo - Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Mestrado em Engenharia Civil e do Ambiente

Rémi Hugo Soares de Lima

MEDIDAS PREVENTIVAS PARA AS POEIRAS PRODUZIDAS NA REABILITAÇÃO

Atesto a originalidade do trabalho

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Viana do Castelo para o cumprimento dos requisitos obrigatórios para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil e do Ambiente. Esta dissertação foi realizada sob orientação do Professor Doutor Carlos Oliveira e da Professora Doutora Paula Braga.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

AGRADECIMENTOS:

Quero agradecer ao meu orientador, Professor Carlos Rafael da Silva Oliveira da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, por todo o acompanhamento do meu trabalho, por toda a ajuda, pela excelente orientação, pelas sugestões dadas, por toda a disponibilidade mostrada ao longo do tempo e sobretudo pela transmissão de novos conhecimentos que sem dúvida serão importantes para a minha carreira profissional.

Quero igualmente agradecer a minha coorientadora, Professora Doutora Paula Luísa Nunes Braga da Silva da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, por todos os conhecimentos que me transmitiu sobre uma matéria que eu não dominava e onde não sentia grande à-vontade, quero agradecer igualmente por toda a sua disponibilidade demonstrada e por todas as sugestões dadas na apresentação de resultados ser a mais completa possível.

Um agradecimento também ao professor, José Ferreira da Silva da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, pela disponibilização de amostras para que pudessem ser estudadas e pela ajuda na caracterização do local de recolha das mesmas.

Agradeço igualmente ao Laboratório de Análise Estrutural e Microestrutural da Unidade de Investigação & Desenvolvimento em Materiais (UIDM) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, pelo fornecimento dos equipamentos necessários para o desenvolvimento da minha dissertação, ao Professor Manuel Ribeiro igualmente da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo por se ter disponibilizado para todo o tipo de ajuda necessária e ao Professor João Carlos de Castro Abrantes da mesma instituição pela realização dos ensaios necessários e pela ajuda na compreensão do funcionamento do processo.

Um agradecimento especial a minha família e amigos próximos, particularmente aos meus pais, a Diana, por todo o incentivo, valores transmitidos, ajuda e pela paciência demonstrada ao longo deste processo de formação moroso, sem nunca terem deixado de lutar comigo e de me apoiarem de forma a chegar até onde hoje cheguei.

Um enorme e sincero obrigado a todos do fundo do coração, permitiram-me finalizando esta dissertação ultrapassar uma etapa importante da minha vida.

RESUMO:

As poeiras respiráveis são frequentemente invisíveis a olho nu e são tão leves que podem permanecer no ar por período longo de tempo. Estas poeiras podem também atravessar grandes distâncias, em suspensão no ar, e afetar trabalhadores que aparentemente não correriam risco. É sabido que, aquando da execução de trabalhos de reabilitação, a produção de poeiras através do desmantelamento de materiais cresce bastante, podendo assim tornar-se perigosas, a curto ou longo prazo. A prevenção de riscos ocupacionais é muito mais eficaz, e geralmente mais barata, quando é considerada desde o estágio de planeamento das instalações e processos de trabalho, ou seja, com a antecipação dos riscos. A maneira como o trabalhador executa uma tarefa pode afetar consideravelmente a exposição. Assim, é importante treinar os trabalhadores para as boas práticas de trabalho. Como exemplos de práticas de trabalho que podem afetar a exposição podem ser citados, entre outros, o cuidado na transferência de materiais em pó, a velocidade de trabalho e a postura corporal do trabalhador para execução de sua tarefa. Uma correta execução das medidas de prevenção conhecidas, assim como um correto manuseamento do material e utilização de equipamentos de proteção, coletivos e individuais, são igualmente essenciais para a eficácia da redução de risco.

Palavras-chave: reabilitação de edifícios, poeiras, análises microscópicas, saúde pública, prevenção e segurança.

ABSTRACT:

Breathable dusts are often invisible to the naked eye and they are so light that can remain in the air for long periods of time. These dusts are also able to cross large distances, suspended in the air, and may affect workers who are apparently not at risk. It is well known that, during rehabilitation works, the production of dust through the dismantling of materials increases and may become dangerous, at small or long term, to the exposed workers. Occupational risk prevention is much more effective, and generally cheaper, when it is considered from the stage of planning of the premises and work processes, that is, with the anticipation of the risks. The way a worker performs a task can noticeably affect exposure, so it is important to train the workers for good safety practices. Examples of work practices that affect exposure may include, but are not limited to, care in the transfer of powdered materials, work speed and body posture to perform the task. Correct handling of the material and use of collective and individual protection equipment are also essential points to be considered.

Keywords: *building rehabilitation, dust, microscopic analysis, public health, prevention and safety.*

ÍNDICE:

AGRADECIMENTOS:	VI
RESUMO:	VIII
ABSTRACT:	X
ÍNDICE DE FIGURAS:	XV
ÍNDICE DE TABELAS:	XVIII
ÍNDICE DE EQUAÇÕES:	XIX
LISTA DE ACRÓNIMOS:	XX
LISTA DE SIMBOLOGIA:	XXII
1. INTRODUÇÃO:	1
1.1. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO:	2
1.2. ENQUADRAMENTO DA DISSERTAÇÃO:	3
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO:	3
2. OBRAS DE REABILITAÇÃO:	5
2.1. MATERIAIS UTILIZADOS NA REABILITAÇÃO:	6
2.2. MATERIAIS COM POSSÍVEL POTENCIAL TÓXICO:	26
2.2.1. Chumbo:	26
2.2.2. Amianto:	27
2.2.3. Sílica:	29
2.2.4. Carvão:	30
2.2.5. Óxido de Ferro, Sulfato de Bário e Óxido de Estanho:	31
3. POEIRAS:	32
3.1. PROBLEMAS ASSOCIADOS AS POEIRAS:	34
3.2. AS POEIRAS NA SAÚDE PÚBLICA:	35
3.3. DOENÇAS ASSOCIADAS:	36
3.4. PRINCIPAL LEGISLAÇÃO:	40

3.4.1. Chumbo:.....	40
3.4.2. Amianto:.....	42
3.4.3. Sílica:	43
3.4.4. Carvão:	45
3.4.5. Óxido de Ferro, Sulfato de Bário e Óxido de Estanho:	47
4. TIPOS DE ENSAIOS:.....	48
4.1. MICROSCÓPIO ELETRÓNICO DE VARRIMENTO (MEV):	49
Princípio de funcionamento:	50
4.2. ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA (EDS) OU DE DETEÇÃO DE COMPRIMENTO DE ONDA (WDS):.....	52
Princípio de funcionamento:	52
4.3. DIFRACÇÃO DE RAIO-X (DRX):	52
Princípio de funcionamento:	53
5. CASO DE ESTUDO:.....	56
5.1. CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS:	56
5.2. METODOLOGIA DE RECOLHA E ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS:.....	57
5.3. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS:	63
6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS:.....	67
6.1. MICROSCÓPIO ELECTRÓNICO DE VARRIMENTO (MEV):	67
Amostra 1 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):.....	67
Amostra 2 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):.....	68
Amostra 3 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):.....	69
Amostra 4 (Obra de Mujães - Recolha na sala):	70
Amostra 5 (Obra de Mujães - Recolha na cozinha):	71
Amostra 6 (Obra de Afife - Recolha da placa de fibrocimento):.....	72
6.2. ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA (EDS):	74
Amostra 1 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):.....	74
Amostra 2 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):.....	75

Amostra 3 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):.....	76
Amostra 4 (Obra de Mujães - Recolha na sala):	77
Amostra 5 (Obra de Mujães - Recolha na cozinha):	78
Amostra 6 (Obra de Afife - Recolha da placa de fibrocimento):.....	79
6.3. DIFRACÇÃO DE RAIO-X (DRX):	81
Amostra 1 (Obra de Afife - Recolha da cozinha):.....	82
Amostra 2 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):.....	83
Amostra 3 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):.....	84
Amostra 4 (Obra de Mujães - Recolha na sala):	85
Amostra 5 (Obra de Mujães - Recolha na cozinha):	86
Amostra 6 (Obra de Afife - Recolha da placa de fibrocimento):.....	87
6.4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS:	88
Discussão dos resultados obtidos em WDS e DRX comparados com as composições químicas dos materiais existentes no local:.....	88
7. MEDIDAS PREVENTIVAS ÀS POEIRAS:	95
7.1. POR INALAÇÃO:	102
7.2. POR INGESTÃO:	103
7.3. VIA CUTÂNEA:.....	104
7.4. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA OS CASOS DE ESTUDO:	109
8. CONCLUSÃO:	111
8.1. Sugestões de trabalhos futuros:.....	113
9. BIBLIOGRAFIA:	114

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1 - Elementos cerâmicos, azulejos (Rodríguez, 2016).....	7
Figura 2 - Exemplo de cimento cola, Weber (Constru-Básico, 2016).....	8
Figura 3 - Tubos em Policloreto de Vinilo (Martoni S.P.A., 2016).....	10
Figura 4 - Exemplo de bloco de tijolo cerâmico (Janobras Decor, 2016).....	11
Figura 5 - Elementos em metal (Total Matéria, 2016).....	13
Figura 6 - Placas de gesso cartonado (Sandra Ferreira Fontes, 2011).....	14
Figura 7 - Placas de gesso cartonado normal (Sandra Ferreira Fontes, 2011).....	15
Figura 8 - Placas de gesso cartonado Hidrófugo, (GYPTEC Ibérica, 2016).....	15
Figura 9 - Placas de gesso cartonado resistente ao fogo (Janobras Decor, 2016).....	16
Figura 10 - Saibro em estado natural (Colégio dos Arquitetos, 2016).....	17
Figura 11 - Cal em pó (Leroy Merlin, 2016).....	18
Figura 12 - Granito Amarelo de Vila Real (Granitos de Maceira, 2016).....	19
Figura 13 - Granito Rosa de Monção (Granitos de Maceira, 2016).....	19
Figura 14 - Granito Pedras Salgadas (Granitos de Maceira, 2016).....	20
Figura 15 - Granito Rosa de Monforte (Granitos de Maceira, 2016).....	21
Figura 16 - Mármore Azul (Granitos de Maceira, 2016).....	21
Figura 17 - Mármore Branco Calacata (Granitos de Maceira, 2016).....	22
Figura 18 - Rolo de Lã de Rocha (SOSCASAmat, s.d.).....	23
Figura 19 - Pigmentos de tinta (Emanuel Ferreira, 2010).....	25
Figura 20 - Resina de tinta (Química em cores, 2014).....	25
Figura 21 - Composição química da atmosfera terrestre (Diogo, 2013).....	32
Figura 22 - Tipos de radiação emitida por uma amostra quando submetida a um feixe de elétrons (Monteiro, 2005).....	50
Figura 23 - Esquema bidimensional da difração dos Raios-X por dois planos paralelos de um cristal separados pela distância (d) (Catarina Faria, 2016).....	53
Figura 24 - Cobertura em Placas de Fibrocimento, Afife.....	56
Figura 25 - Obra de reabilitação, Mujães.....	57
Figura 26 - Remoção do revestimento cerâmico das paredes da moradia, Afife.....	58
Figura 27 - Abertura de roços das paredes de alvenaria, moradia Afife.....	58
Figura 28 - Abertura de roços da parede de alvenaria e no piso, moradia Afife.....	59
Figura 29 - Cobertura moradia em Placas de Fibrocimento, Afife.....	59
Figura 30 - Imagens da recolha do Amianto.....	60
Figura 31 - Recolha da 1ª amostra na cozinha.....	61

Figura 32 - Recolha da 2ª amostra na cozinha.....	62
Figura 33 - Pino metálico com as diferentes amostras de pó.....	63
Figura 34 - Deposição da camada de carbono no pino metálico.....	64
Figura 35 - Equipamento de Microscopia Eletrónica de Varrimento.....	65
Figura 36 - Moagem das amostras em almofariz.....	66
Figura 37 - Equipamento de Difraccção Raios-X.....	66
Figura 38 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 45x e a da direita com uma ampliação de 50x.....	67
Figura 39 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 30x e a da direita com uma ampliação de 100x.....	68
Figura 40 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 30x e a da direita com uma ampliação de 21x.....	69
Figura 41 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 100x e a da direita com uma ampliação de 200x.....	70
Figura 42 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 37x e a da direita com uma ampliação de 75x.....	71
Figura 43 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 55x e a da direita com uma ampliação de 320x.....	72
Figura 44 - Espetros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Afife.....	82
Figura 45 - Espetros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Afife.....	83
Figura 46 - Espetros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Afife.....	84
Figura 47 - Espetros de DRX para a amostra recolhida na sala da obra de Mujães.....	85
Figura 48 - Espetros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Mujães.....	86
Figura 49 - Espetros de DRX para a amostra da placa de fibrocimento recolhida na obra de Afife.....	87
Figura 50 - Imagem ilustrativa de delimitação de obras (Gerador de preços, s.d.).....	95
Figura 51 - Sinais de identificação de perigos em obra (José Baptista, s.d.).....	96
Figura 52 - Equipamentos de proteção coletiva (Bressi, O que é um EPC?, 2015).....	97
Figura 53 - Exemplos de extrator e ventilador de ar (Mecalux Logismarket, 2000-2017).....	98
Figura 54 - Aspersiones utilizados na demolição de edifícios (Micro Aspersiones, 2017).....	99
Figura 55 - Equipamentos de proteção individual (Márcia Jorge, s.d.).....	99
Figura 56 - Esquema exemplificativo de como efetuar a descontaminação (Dias, 2016).....	100
Figura 57 - Mascara sem válvula (Segurvest, s.d.).....	102
Figura 58 - Mascara com válvula (Segurvest, s.d.).....	103
Figura 59 - Fato descartável (Segurvest, s.d.).....	105

Figura 60 - Fato descartável de costuras estanques (Segurvest, s.d.)	105
Figura 61 - Luva em Latex (Segurvest, s.d.)	106
Figura 62 - Luva descartável com pó (Segurvest, s.d.)	106
Figura 63 - Botas laváveis (Etché Securite, s.d.)	107
Figura 64 - Óculos policarbonato (Segurvest, s.d.)	107
Figura 65 - Óculos panorâmicos (Segurvest, s.d.)	108

ÍNDICE DE TABELAS:

Tabela 1 - Composição química do Cimento Cola.....	9
Tabela 2 - Composição química da argamassa.....	9
Tabela 3 - Composição química do Granito Rosa de Monção (Granitos de Maceira, 2016).	20
Tabela 4 - Composição química do Granito Pedras Salgadas (Granitos de Maceira, 2016).	20
Tabela 5 - Composição química da Mármore Azul (Granitos de Maceira, 2016).	22
Tabela 6 - Composição química Mármore Branco Calacata (Granitos de Maceira, 2016).	22
Tabela 7 - Composição da Lã de Rocha (Rockterm, 2011).	23
Tabela 8 - Quadro descritivo dos ensaios existentes.	48
Tabela 9 - Tabela resumo dos resultados que foram anteriormente obtidos nas análises de microscopia eletrónica de varrimento.	73
Tabela 10 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 1.	74
Tabela 11 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 2.	75
Tabela 12 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 3.	76
Tabela 13 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 4.	77
Tabela 14 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 5.	78
Tabela 15 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 6.	79
Tabela 16 - Tabela resumo dos componentes existentes nas diversas amostras.	80
Tabela 17 - Tabela resumo dos componentes existentes nas diversas amostras e das suas respetivas percentagens.	80
Tabela 18 - Gráfico ilustrativo de comparação das percentagens de cada componente nas diversas amostras.....	81
Tabela 19 - Quadro de composição química das amostras 1, 2 e 3.....	90
Tabela 20 - Relação dos materiais identificados com os resultados obtidos em DRX (1º conjunto de amostras).....	91
Tabela 21 - Quadro de composição química das amostras 4 e 5.....	92
Tabela 22 - Relação dos materiais identificados com os resultados obtidos em DRX (2º conjunto de amostras).....	93
Tabela 23 - Quadro de composição química da amostra 6.....	93
Tabela 24 - Tabela resumo da discussão de resultados obtidos em WDS e DRX.....	94
Tabela 25 - Normas Europeias sobre utilização de máscaras.	109

ÍNDICE DE EQUAÇÕES:

Equação 1 - Lei de Bragg.	53
--------------------------------	----

LISTA DE ACRÓNIMOS:

Acrónimo	Significado
SiO ₂	Dióxido de Silício
Al ₂ O ₃	Óxido de Alumínio
Fe ₂ O ₃	Óxido de Ferro
MgO	Óxido de Magnésio
Na ₂ O	Óxido de Sódio
K ₂ O	Óxido de Potássio
P ₂ O ₃	Óxido de Fósforo
SO ₃	Trióxido de Enxofre
TiO ₂	Dióxido de Titânio
Mn ₂ O ₃	Óxido de Manganeso
Cl	Cloro
Pr	Praseodímio
PVC	Policloreto de vinila
(CaO) ₃ SiO ₂	Silicato tricálcico
(CaO) ₂ SiO ₂	Silicato dicálcico
SO ₃	Sulfatos
CaO	Óxido de Cálcio
Ca(OH) ₂	Hidróxido de Cálcio
MnO	Manganês
P ₂ O ₅	Pentóxido de Fósforo
Pb ₃ (AsO ₄) ₂	Arsenato de chumbo
MEV	Microscópio Eletrónico de Varrimento
EDS	Espectroscopia de Energia Dispersiva
DRX	Difracção de Raio-X
STEM	Microscopia Eletrónica de Transmissão
Au	Ouro
C	Carbono
Cu	Cobre
ICDD	<i>International Center of Diffraction Data</i>
Au-Pd	Liga de ouro-paládio

Pt	Platina
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
WDS	Espectroscopia de Comprimento de Onda Dispersivo
SO ₂	Dióxido de Enxofre
H ₂ O	Água
Ca	Cálcio
OH	Hidróxido
Al	Alumínio
Pb	Chumbo
Mg	Magnésio
Fe	Ferro
Ni	Níquel
Si	Silício
O	Oxigénio
TEM	Microscopia eletrónica de transmissão
S	Enxofre
K	Potássio
Al	Alumínio
P	Fósforo
Ti	Titânio
Zn	Zinco
Na	Sódio
SiO ₂	Sílica ou Quartzo
CaCO ₃	Calcite
H	Hidrogénio
KAl Si ₃ O ₈	Microclina
CaAl ₂ Si ₂ O ₈	Anortita
Mg ₃ (Si ₂ O ₅ (OH) ₄)	Asbestos

LISTA DE SIMBOLOGIA:

Símbolo	Significado
nm	Nanómetros
kg/m ²	Quilograma por metro quadrado
µm	Micrómetro
cm ³	Centímetro cúbico
cm	Centímetro
mm	Milímetro
mg	Micrograma
mg	Miligramma
kV	Quilovolts
°C	Grau centígrado
mbar	Milibar
mA	Miliampere
Å	Angström
λ	Comprimento de onda
θ	Teta

1. INTRODUÇÃO:

Todos os locais de trabalho apresentam riscos associados inerentes ao ambiente ou ao processo operacional das diferentes atividades produzidas. Estes riscos refletem as condições inseguras do trabalho e são capazes de afetar a saúde, a segurança e o bem-estar do trabalhador. Estas condições podem ser divididas segundo dois grupos: condições relativas ao processo operacional, e que se designam por riscos de operação, por exemplo: pisos molhados ou escorregadios, degradação do equipamento, utilização de material ou equipamento frágil, entre muitos outros; ou condições relativas ao ambiente de trabalho, sendo estas por sua vez chamadas riscos ambientais, por exemplo: presença de substância ou preparação perigosa, presença de ambiente térmico inadequado, presença de ruído, presença de quantidades elevadas de certas substâncias, entre outras.

Existem quatro tipos de agentes agressivos no ambiente que podem afetar a saúde dos trabalhadores (Poeiras, 2010), sendo eles: químicos, físicos, biológicos e ergonómicos. São exemplo de cada um destes agentes: poeiras, fibras, fumos, neblinas, aerossóis, gases e vapores, no caso de agentes químicos. Os agentes físicos são o ruído, vibrações, ambiente térmico, radiações ionizantes e não ionizantes, pressões anormais, entre outros. Os agentes biológicos mais comuns são os vírus, bactérias ou fungos. Por fim, exemplos relacionados com fatores fisiológicos e psicológicos inerentes à execução das atividades profissionais são considerados agentes ergonómicos.

No desenvolvimento desta dissertação será dada especial atenção ao caso das poeiras nos locais de trabalho associadas a obras de reabilitação urbana, seus riscos, doenças associadas e as medidas preventivas para o combate das mesmas.

A libertação de poeiras, fibras ou fumos nos locais de trabalho levam ao aparecimento de doenças de carácter respiratório. Exemplos comuns como: Pneumoconiose, Asma Profissional, Pneumoconiose Benigna, Asbestose, Silicose, Beriliose, Pulmão negro, entre outras, são exemplos de doenças típicas contraídas pelo trabalhador. Torna-se assim importante que os trabalhadores estejam atentos aos tipos de produtos que manuseiam e a que estão expostos.

A correta caracterização do ambiente do local de trabalho é difícil o que faz com que seja problemático determinar o tipo de medidas a implementar, de forma a fazer uma prevenção eficaz de doenças derivadas do manuseamento de produtos perigosos ou do contacto com os mesmos. Uma implementação de medidas de prevenção adequadas e correta vigilância da

saúde dos trabalhadores pode contribuir para o decréscimo das doenças associadas à inalação de partículas.

Ao longo da dissertação vai ser possível perceber que as poeiras não se tratam de um elemento padrão, as mesmas assumem formas e tamanhos distintos. Consoante os agentes químicos presentes estas podem igualmente ser mais ou menos nocivas ao ser humano. Exemplos de materiais potencialmente tóxicos de fácil aparição na indústria da construção civil são: chumbo, amianto, sílica, radão, carvão, óxido de ferro, sulfato de bário e óxido de estanho, entre outros.

1.1. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO:

Os principais objetivos deste trabalho são:

1. Estudo dos constituintes que potencialmente podem provocar complicações em casos de demolições e reabilitações de edifícios;
2. Perceção dos riscos que esses mesmos constituintes podem carregar para saúde, breve introdução e descrição das doenças provocadas;
3. Recolha de amostras, especificamente pós em obra sujeitas a reabilitação com demolição de tetos e/ou paredes em diferentes tipos de edifícios e com diferentes idades a fim de criar uma perceção dos materiais usados e dos constituintes dos mesmos de acordo as épocas em que estes foram construídos;
4. Caracterização química e morfológica dos materiais existentes nos pós recolhidos;
5. Dar a conhecer o quadro legal que visa a proteção dos trabalhadores expostos a este tipo de risco, e nesse sentido a forma e os meios necessários para o cumprimento das obrigações legais;

6. Estudo de medidas de prevenção e orientações direcionadas a procedimentos adequados, que visem uma correta utilização das mesmas tanto pelos trabalhadores como pela entidade patronal;
7. Dar a conhecer aos trabalhadores, e aos seus representantes eleitos para a área da segurança, higiene e saúde no trabalho, um conjunto de informação técnica sobre os principais equipamentos básicos de proteção, tanto a nível coletivo, como a nível individual.

1.2. ENQUADRAMENTO DA DISSERTAÇÃO:

Este trabalho foi realizado no ano letivo 2015/2016, do curso de Engenharia Civil e do Ambiente, do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (IPVC), Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG), no âmbito da unidade curricular de Dissertação, pertencente ao 2º semestre do 2º ano de mestrado. Tem como objetivo a obtenção de grau Mestre em Engenharia Civil.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO:

Esta dissertação será dividida cinco capítulos fundamentais:

1. Abordagem geral ao tema da tese e seus subtemas associados;
2. Recolha de amostras no terreno;
3. Caracterização e interpretação dos resultados obtidos;
4. Apresentação de medidas preventivas;
5. Conclusões.

Na primeira fase são descritos, a dissertação, o tema, os seus objetivos, o material utilizado e também será feita uma abordagem mais geral a subtemas ligados a dissertação tais como: doenças associadas, materiais existentes em obra e sua composição química, e a respetiva legislação sobre os diversos agentes químicos.

A segunda fase diz respeito ao capítulo experimental da dissertação. Nesta fase foram escolhidas obras em fase de reabilitação a fim de fazer recolhas de poeiras. Estas obras foram escolhidas segundo os seguintes critérios: de preferências terão de se enquadrar em épocas de construção diferentes de forma a fornecer diferentes áreas de estudo.

Na terceira fase foram feitas todas as análises e os resultados discutidos e interpretados. Esta fase foi assim maioritariamente realizada em laboratório. A interpretação de resultados permitiu fornecer conhecimentos indispensáveis para a identificação das substâncias presentes em cada um dos ensaios realizados.

A quarta fase diz respeito a apresentação das medidas preventivas. Aqui o principal objetivo foi a correta escolha das medidas preventivas a utilizar segundo os resultados obtidos para os diferentes estudos realizados. Também se inclui nesta fase a apresentação do material de proteção coletiva e individual adequado em obra, e como utiliza-lo corretamente e em que circunstâncias.

A quinta e última fase diz respeito as conclusões finais da dissertação.

2. OBRAS DE REABILITAÇÃO:

A reabilitação urbana é uma forma de intervenção no território em que o património é mantido, no todo ou em parte substancial, e modernizado através de obras de remodelação ou beneficiação, construção, reconstrução ou alteração dos edifícios.

É sabido que a reabilitação implica a remoção de materiais já existentes no local para se poder efetuar a substituição por novos materiais. Tal acontece para melhorar a “estética” de cidades e aldeias, evitando que se tornem “cidades envelhecidas”. Atualmente, a reabilitação urbana é defendida por muitos autores como sendo uma das melhores soluções para povoar os centros urbanos das grandes cidades, apresentando inúmeras vantagens económicas e ambientais, nomeadamente, para quem procure um emprego na cidade, de forma a evitar o uso de transporte privado e adaptar-se às alternativas de transporte urbanas. É também vista como uma forma eficaz de atenuar o impacto economicamente negativo que a quebra da procura de novas construções provocou nas empresas do setor da construção civil e obras públicas, constituindo assim, uma excelente oportunidade a ser aproveitada pelas empresas do setor (Catarina Faria, 2016).

Este procedimento implica muitas vezes até a demolição de partes inteiras, o que leva a produção de resíduos e de poeiras, contribuindo para a poluição do meio ambiente. Sendo a reabilitação urbana uma área em crescimento substancial, é então do interesse de todos que haja o desenvolvimento de novos materiais de construção que, além de não necessitarem de grandes intervenções em termos de manutenção, contribuam para melhorar a qualidade do ar. É necessário intervir para que o património seja preservado, ao mesmo tempo que se criam melhores condições de habitabilidade nos edifícios e se melhora a qualidade de vida em toda a área envolvente.

O que acontece, muitas vezes, nestes casos de reabilitação é a possibilidade da existência de partículas que se mantêm nos edifícios, podendo estas apresentar diversos componentes, dependendo dos tipos de materiais existentes na sua constituição, como: ouro, prata, dióxido de titânio, cobre, entre outros. Potencialmente estas partículas podem apresentar toxicidade (Teixeira & Marques, 2011).

Para se poder entender o impacto que as poeiras da construção tem na saúde humana é preciso igualmente saber o que são nanopartículas. O termo nanopartícula não tem uma única definição. O termo “Nanopartícula”, aplicado literalmente, compreende uma partícula que, independentemente da sua constituição, forma, tipos de interações e aplicações, apresenta

um tamanho nanométrico (Nuno Araújo Franco, 2013). Segundo uma definição de 2007, nanopartícula é uma partícula com diâmetro nominal (geométrico, aerodinâmico, mobilidade, área projetada ou outra) menor do que cerca de 100 nm. Numa definição de 2008, nanopartícula é uma partícula que tem todas as suas três dimensões na ordem dos 100 nm ou menos, e pode ser referida como nano-objeto. As nanopartículas com dimensões abaixo dos 20 nm, são aquelas para as quais as propriedades físicas podem variar mais drasticamente em comparação com os materiais de tamanhos convencionais. Um outro conceito muito utilizado é o das nanoestruturas das nanopartículas, que consiste em partículas com características estruturais mais pequenas do que 100 nm, o que pode influenciar as suas propriedades biológicas, físicas, e químicas (Alberto Tielas, 2014).

Na realização da reabilitação alguns materiais existentes na obra são mantidos, mas isso não é o caso de muitos outros que por sua vez são substituídos por novos, mais adequados a atualidade. É neste ponto que entra o interesse em saber se as nanopartículas resultantes da reabilitação urbana, presentes nos materiais ou produzidas pelo homem, são tóxicas para a saúde humana ou não. Para isso procede-se a uma avaliação do teor e tipo das partículas. Para se efetuar este estudo são geralmente feitos levantamentos de diversos materiais, de forma aleatória, pois só assim são conhecidos os efeitos consoantes os diversos materiais tratados.

2.1. MATERIAIS UTILIZADOS NA REABILITAÇÃO:

Materiais presentes na demolição:

Consoante as amostras, sejam elas referentes a recolha feita na moradia de Afife ou a recolha feita na Quinta de Mujães, pode-se encontrar e identificar diversos materiais, tais como:

1. Obra de reabilitação Afife:

- **Elementos Cerâmicos (Azulejos);**

Consistem em peças de cerâmica de pouca espessura, geralmente, de forma quadrada, em que uma das faces é vidrada, resultado da cozedura de um revestimento denominado como esmalte, tornando-se impermeável e brilhante. Esta face pode ser monocromática ou policromática, podendo ou não apresentar relevo. O azulejo é geralmente usado em grande

número como elemento associado à arquitetura em revestimento de superfícies interiores ou exteriores ou pode igualmente ser usado como elemento decorativo isolado.



Figura 1 - Elementos cerâmicos, azulejos (Rodríguez, 2016).

➤ Composição química:

- ✓ Óxidos;
- ✓ Carbetos;
- ✓ Nitretos;
- ✓ Oxinitretos.

➤ Origem Mineralógica:

- ✓ Quartzo;
- ✓ Bauxita;
- ✓ Mulita;
- ✓ Apatita;
- ✓ Zircônia;
- ✓ Entre outros.

- **Cimento cola:**

O Cimento cola, como o nome indica, é utilizado para colagem de peças cerâmicas em paredes e pavimentos interiores ou exteriores. A sua utilização facilita a aplicação de revestimentos tanto verticalmente como horizontalmente, permitindo ao mesmo tempo regularizar e fixar as peças desejadas, visto que este material tem grande aderência (ou adesão) tanto em zonas rugosas como lisas.



Figura 2 - Exemplo de cimento cola, Weber (Constru-Básico, 2016).

➤ **Composição química do Cimento cola:**

- ✓ É geralmente composto por areia, cimento, inertes de sílica, aditivos específicos orgânicos e/ou inorgânicos. Pode conter amianto e por fim por alguns produtos químicos tais como:

Dióxido de Silício (SiO_2)

Óxido de Alumínio (Al_2O_3)

Óxido de Ferro (Fe_2O_3)

Cal (CaO)

Óxido de Magnésio (MgO)

Óxido de Sódio (Na_2O)

Óxido de Potássio (K_2O)

Óxido de Fósforo (P_2O_3)
Trióxido de Enxofre (SO_3)
Dióxido de Titânio (TiO_2)
Óxido de Manganês (Mn_2O_3)

Tabela 1 - Composição química do Cimento Cola.

- **Argamassa:**

A argamassa, produto resultante da mistura de um ligante com um agregado e água, pode ser definida como todo e qualquer material com propriedades aglutinantes. Às argamassas podem, contudo, adicionar-se certos elementos que irão favorecer determinadas características da pasta. Neste âmbito, são inseridos os adjuvantes ou as pozolanas. Os ligantes são produtos utilizados para ligar ou aglomerar outros como areias e gravilhas.

Estes materiais, com o tempo, modificam a estrutura química e contribuem para o endurecimento da pasta. Os agregados têm uma forte influência no comportamento das argamassas. Há vários fatores, como, a dureza, a forma dos grãos, a granulometria e a porosidade que afetam o comportamento da argamassa (Maria Goreti Margalha, 2010).

- Composição química da argamassa:

Dióxido de Silício (SiO_2)
Óxido de Alumínio (Al_2O_3)
Óxido de Ferro (Fe_2O_3)
Cal (CaO)
Óxido de Magnésio (MgO)
Óxido de Sódio (Na_2O)
Óxido de Potássio (K_2O)
Cloro (Cl)
Trióxido de Enxofre (SO_3)
Praseodímio (Pr)

Tabela 2 - Composição química da argamassa.

- **Tubos PVC:**

O policloreto de polivinila (também conhecido como cloreto de vinila ou policloreto de vinilo) mais conhecido pelo acrónimo PVC, é um plástico não 100% originário do petróleo. É obtido pela reação de polimerização de cloretos de vinilo (cloroeteno).



Figura 3 - Tubos em Policloreto de Vinilo (Martoni S.P.A., 2016).

- Composição química do policloreto de vinilo:

- ✓ O PVC contém, em peso, 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio - sal de cozinha) e 43% de eteno (derivado do petróleo).

- **Bloco de tijolo cerâmico:**

O tijolo é um produto cerâmico, de cor avermelhada, geralmente com forma retangular, usado na construção civil, artesanal ou industrial. É um dos principais materiais de construção. O tijolo tradicional é fabricado com argila e tem a cor avermelhada devido ao cozimento, podendo este ser maciço ou furado.



Figura 4 - Exemplo de bloco de tijolo cerâmico (Janobras Decor, 2016).

- **Betão:**

O Betão é um material formado pela mistura de cimento, agregados grossos e finos e água. Para além destes componentes básicos, pode também conter adjuvantes e adições (ex. cinzas volantes) (Grupo Cimpor, 2016). O cimento é composto por clínquer e outras adições que distinguem os diversos tipos de betão existentes. Geralmente o clínquer é o principal item na composição de cimentos, sendo composto de silicato tricálcico $(\text{CaO})_3\text{SiO}_2$ e silicato dicálcico $(\text{CaO})_2\text{SiO}_2$. O betão pode ser a base de: (NP EN 197-1, Cimento, 2001) (Joana de Sousa Coutinho, 2002)

Cimento Portland (CEM I 52,5R) (Cimpor, 2016):

- Clínquer = 95%
- Constituintes adicionais minoritários 5%
- Sulfato de cálcio, regulador de presa.
 - Composição:
 - ✓ Perda ao fogo (P.F) = 5,0%
 - ✓ Resíduo insolúvel (R.I) = 5,0%
 - ✓ Sulfatos (SO_3) = 4,0%
 - ✓ Cloretos (Cl) = 0,10%

Cimento Portland (CEM I 42,5R) (Cimpor, 2016):

- Clínquer = 95%
- Constituintes adicionais minoritários = 5%

- Sulfato de cálcio regulador de presa.
 - Composição:
 - ✓ Perda ao fogo (P.F) = 5,0%
 - ✓ Resíduo insolúvel (R.I) = 5,0%
 - ✓ Sulfatos (SO₃) = 4,0%
 - ✓ Cloretos (Cl) = 0,10%

Cimento Portland de Calcário (CEM II/A-L 42,5R) (Cimpor, 2016):

- 80% = Clínquer = 94%
- 6% = Calcário = 20%
- Sulfato de cálcio regulador de presa.
 - Composição:
 - ✓ Sulfatos (SO₃) = 4,0%
 - ✓ Cloretos (Cl) = 0,10%

Cimento Portland de Calcário (CEM II/B-L 32,5N) (Cimpor, 2016):

- 65% = Clínquer = 79%
- 21% = Calcário = 35%
- Sulfato de cálcio regulador de presa.
 - Composição:
 - ✓ Sulfatos (SO₃) = 3,5%
 - ✓ Cloretos (Cl) = 0,10%

Cal Hidráulica (Natural NHL 5) (Cimpor, 2016):

- Calcário margoso cozido com extinção e moagem;
- Sulfato de cálcio regulador de presa.
 - Composição:
 - ✓ Sulfatos (SO₃) = 3,0%
 - ✓ Cal livre = 3%

- **Metais (Derivados dos materiais de corte utilizados em obra ou chapas):**

Os metais podem ser derivados de chapas, perfis metálicos ou condutas existente no local. Podem igualmente ser provenientes do desgaste de máquinas de corte, utilizadas na demolição dos materiais existentes.

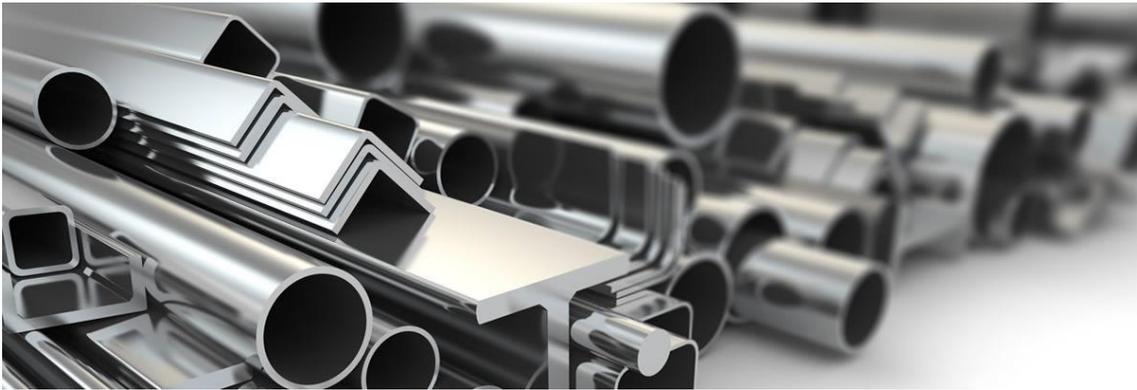


Figura 5 - Elementos em metal (Total Matéria, 2016).

Em geral, todos os metais podem ser classificados como:

- ✓ Metais ferrosos;
- ✓ Metais não ferrosos;
- ✓ Ligas metálicas.

Os metais mais usados são: o ferro, o alumínio, o cobre, o titânio, o zinco, o magnésio, entre outros.

Ferro é o componente básico de aço. Quando o carbono, um não-metal, é adicionado ao ferro em quantidades de 2,1%, o resultado é uma liga conhecida como aço (material muito utilizado na construção civil) (Total Matéria, 2016).

➤ Composição química dos materiais metálicos:

- ✓ O grupo de metais ferrosos é composto principalmente de ferro, sendo que eles podem ter pequenas quantidades de outros metais ou outros elementos, adicionados para dar as propriedades necessárias, tais como carbono, manganês, níquel, cromo, silício, titânio, tungstênio, etc.
- ✓ Não-ferrosos são metais que não contem ferro como componente. Os metais puros mais comuns são: alumínio, cobre, chumbo, zinco, estanho, prata e ouro.
- ✓ Ligas: a liga é um metal formado pela mistura de dois ou mais metais e às vezes outros elementos.

- **Gesso Cartonado:**

Gesso cartonado ou gesso laminado é um material de construção muito usado na construção civil por representar algumas vantagens em relação à utilização tradicional de tijolo e cimento para fazer paredes e tetos. As suas propriedades de aderência são também importantes. É um bom isolante térmico e acústico. Possui uma baixa condutibilidade térmica e um bom desempenho acústico. É inócuo e extremamente fácil de trabalhar. O gesso é um material ecológico em todas as suas fases de aproveitamento, desde a mineração da gipsita, a sua matéria-prima, até à aplicação final nos sistemas de construção a seco (Sandra Ferreira Fontes, 2011). É bastante usado nas divisórias interiores de habitações e em tetos falsos. É conhecido como gesso cartonado, atualmente denominado por PGL - Placas de Gesso Laminado, na medida em que é composto maioritariamente por gesso sendo depois aplicada uma película de celulose de papel, na superfície, em forma de lâmina, que permite um acabamento perfeito, bastando a utilização de tinta ou outro qualquer acabamento para fazer o acabamento final. A forma das PGL obtém-se de forma automática, por um processo contínuo de laminação com produções resultando em espessuras, larguras e comprimentos estandardizados.



Figura 6 - Placas de gesso cartonado (Sandra Ferreira Fontes, 2011).

Existem diversos tipos de placas de gesso, consoante o que se pretende. As placas podem assim ser definidas como (Martins Ferreira, 2016):

- ✓ Normal:

É a placa de gesso laminado cujos componentes (gesso e celulose) são de composição “standard”. Apresenta-se na forma de placas, de diferentes espessuras e comprimentos, com

uma largura padrão de 1200 mm. Fabrica-se segundo a norma UNE 102.023, a qual define suas características mínimas. Encontra-se classificada como M-1 (Não Inflamável).



Figura 7 - Placas de gesso cartonado normal (Sandra Ferreira Fontes, 2011).

✓ Hidrófugo:

São placas às quais se incorpora óleo siliconado tanto na sua celulose superficial como na sua alma de gesso (tratamento hidrófugo). Para sua diferenciação em obra, a celulose é de cor verde.



Figura 8 - Placas de gesso cartonado Hidrófugo, (GYPTEC Ibérica, 2016).

✓ Resistente ao Fogo:

É uma placa de gesso cartonado normal com fibra de vidro incorporada na alma de gesso, o que faz com que se consiga aumentar a sua capacidade de resistência ao fogo. De forma a distinguir-se em obra, a celulose é cor-de-rosa.



Figura 9 - Placas de gesso cartonado resistente ao fogo (Janobras Decor, 2016).

✓ Incombustível:

Placa constituída por uma alma de gesso, reforçada com a incorporação de fibra de vidro, e cujas celuloses foram substituídas por véus, também de fibra de vidro. A diferença do resto das placas (M-1 não inflamáveis) está classificada segundo a sua reação ao fogo como M0-Incombustível.

➤ Composição química:

Gesso é o termo genérico de uma família de aglomerantes simples, constituídos basicamente de sulfatos, mais ou menos hidratados, e anidros de cálcio. São obtidos pela calcinação da gipsita natural, constituída por sulfato de cálcio di-hidratado e geralmente acompanhada, numa certa proporção, de impurezas com sílica, alumina, óxido de ferro, carbonatos de cálcio e magnésio, $\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$.

Tem composição estequiométrica média (Barbosa, 2016):

- ✓ 32,5% de CaO;
- ✓ 46,6% de SO^3 ;
- ✓ 20,9% de H_2O .

2. Obra de reabilitação Mujães:

- **Argamassa (a base de saibro e cal):**

É um ligante com inertes, constituída essencialmente por saibro e cal. Nos dias que correm as argamassas são essencialmente constituídas por cimento, areia e água, mas em alguns casos, nomeadamente em casas com características mais antigas, é normal a associação de outros materiais tais como: cal, saibro, barro, ou outros para a obtenção de propriedades específica (Pinto, Gomes, & Pinto, 2006).

- **Composição química do saibro:**

Saibro é o produto de alteração de rochas quartzo-feldspáticas, como granitos e gnaisses. É um produto de decomposição química incompleta, constituído por uma mistura de argila, areia e pedregulho. É uma rocha incoerente devido à caulinição dos feldspatos, mas apresenta uma textura bem conservada.

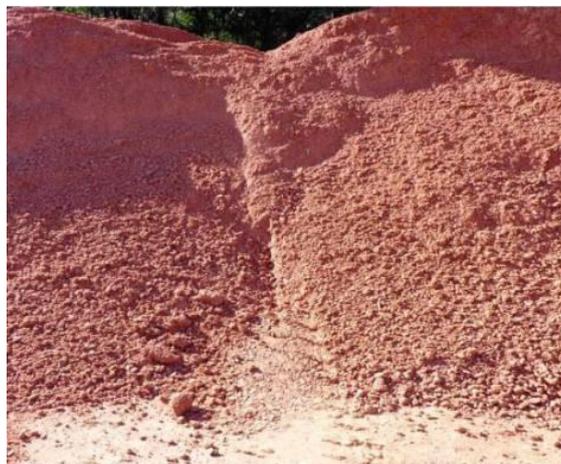


Figura 10 - Saibro em estado natural (Colégio dos Arquitetos, 2016).

- **Composição química da cal (ou hidróxido de cálcio):**

É uma base inorgânica, de fórmula química Ca(OH)_2 , formada pela junção do catião Ca^{2+} e dois aniões OH^- (hidróxido). Em condições ambientais, apresenta-se no estado sólido, tem cor branca e é pouco solúvel em água (Cardoso, 2015).



Figura 11 - Cal em pó (Leroy Merlin, 2016).

- **Pedras Naturais:**

As pedras naturais, ao contrário dos materiais fabricados utilizados na construção civil, possuem entre si características físicas muito singulares, pois provêm de formações geológicas díspares. Cada tipo de pedra natural pertence a um dos três processos de formação: as rochas ígneas que resultam diretamente da solidificação do magma, as rochas sedimentares formadas a partir do material gerado pela destruição erosiva de rochas preexistentes e as rochas metamórficas que sofrem um conjunto de transformações e reações quando são sujeitas a condições de pressão e temperaturas diferentes das que presidiram à sua génese (André Pacheco, 2012).

Granitos:

Os granitos tem a sílica como elemento ácido predominante, razão pela qual existe uma classificação com base no teor de sílica: rocha ácida ($\text{SiO}_2 > 66\%$), rocha neutra ou básica ($\text{SiO}_2 < 52\%$). São conhecidos diversos tipos de granitos, tais como:

✓ **Amarelo de Vila Real:**

O granito Amarelo de Vila Real, oriundo do Distrito de Vila Real, possui uma cor amarelo-esbranquiçado a amarelo-acastanhado, de granulado médio ou médio a grosseiro e leve tendência porfiroide, de duas micas, com alteração mais ou menos pronunciada e foliação incipiente. A sua tonalidade tem tendência para variar um pouco da periferia para o interior das massas rochosas, sobretudo na vizinhança das diáclases. No seio da massa granítica podem ocorrer encraves de granito de granulado mais fino, agregados biotíticos e raros filonetes

aplíticos e pegmatíticos, em geral oblíquos à fracturação principal, além de filonetes de quartzo centimétricos e decimétricos encaixados segundo o principal sistema de fraturas (André Pacheco, 2012).



Figura 12 - Granito Amarelo de Vila Real (Granitos de Maceira, 2016).

✓ Rosa de Monção:

Granito de granulado grosseiro, porfiroide, predominantemente biotítico, com cor rosada clara determinada pela tonalidade dos megacristais de feldspato potássico.



Figura 13 - Granito Rosa de Monção (Granitos de Maceira, 2016).

➤ Composição química:

Dióxido de Silício (SiO ₂)	71.39 %
Óxido de Alumínio (Al ₂ O ₃)	13.79 %
Óxido de Ferro (Fe ₂ O ₃) (total)	3.39 %
Manganês (MnO)	0.06 %
Cal (CaO)	1.53 %
Óxido de Magnésio (MgO)	0.38 %
Óxido de Sódio (Na ₂ O)	3.67 %
Óxido de Potássio (K ₂ O)	4.69 %
Dióxido de Titânio (TiO ₂)	0.22 %

Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	0.14 %
H ₂ O+	0.78 %
H ₂ O-	0.16 %

Tabela 3 - Composição química do Granito Rosa de Monção (Granitos de Maceira, 2016).

✓ **Pedras Salgadas:**

Granito cinzento claro, de duas micas e granulado médio, com megacristais de feldspato.



Figura 14 - Granito Pedras Salgadas (Granitos de Maceira, 2016).

➤ **Composição química:**

Dióxido de Silício (SiO ₂)	72.67 %
Óxido de Alumínio (Al ₂ O ₃)	12.99 %
Óxido de Ferro (Fe ₂ O ₃) (total)	2.14 %
Manganês (MnO)	0.06 %
Cal (CaO)	1.21 %
Óxido de Magnésio (MgO)	0.41 %
Óxido de Sódio (Na ₂ O)	3.73 %
Óxido de Potássio (K ₂ O)	5.59 %
Dióxido de Titânio (TiO ₂)	Vest.
Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	0.11 %
H ₂ O+	0.59 %
H ₂ O-	0.11 %

Tabela 4 - Composição química do Granito Pedras Salgadas (Granitos de Maceira, 2016).

✓ **Rosa de Monforte:**

Granito biotítico com aspeto geral homogéneo, granulado médio e cor rosada intensa, determinada pela tonalidade do feldspato potássico.



Figura 15 - Granito Rosa de Monforte (Granitos de Maceira, 2016).

Mármore:

✓ **Azul:**

Mármore cinzento-escuro, com zonas de cinzento mais claro, de granularidade média.

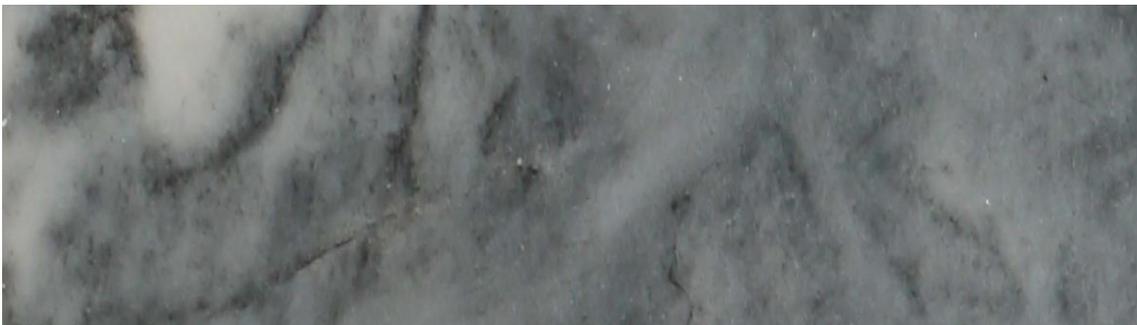


Figura 16 - Mármore Azul (Granitos de Maceira, 2016).

➤ **Composição química:**

Dióxido de Silício (SiO ₂)	0.36 %
Óxido de Alumínio (Al ₂ O ₃)	0.69 %
Óxido de Ferro (Fe ₂ O ₃) (total)	0.11 %
Manganês (MnO)	Vest.
Cal (CaO)	53.89 %

Óxido de Magnésio (MgO)	0.99 %
Óxido de Sódio (Na ₂ O)	0.04 %
Óxido de Potássio (K ₂ O)	0.06 %
Dióxido de Titânio (TiO ₂)	Vest.
P.R.	43.47 %

Tabela 5 - Composição química da Mármore Azul (Granitos de Maceira, 2016).

✓ **Branco Calacata:**

Mármore de cor branca, com presença de vergada. Grão médio. Utilizado sobretudo em pavimentos, no interior ou em soleiras de portas.



Figura 17 - Mármore Branco Calacata (Granitos de Maceira, 2016).

➤ **Composição química:**

Dióxido de Silício (SiO ₂)	1.45 %
Óxido de Alumínio (Al ₂ O ₃)	0.54 %
Óxido de Ferro (Fe ₂ O ₃) (total)	0.14 %
Manganês (MnO)	Vest.
Cal (CaO)	54.31 %
Óxido de Magnésio (MgO)	0.44 %
Óxido de Sódio (Na ₂ O)	0.06 %
Óxido de Potássio (K ₂ O)	0.19 %
Dióxido de Titânio (TiO ₂)	Vest.
P.R.	42.97 %

Tabela 6 - Composição química Mármore Branco Calacata (Granitos de Maceira, 2016).

3. Materiais comuns a ambas as obras:

- **Lã de Rocha:**

A lã de rocha é um material isolante térmico, e isolante acústico, com características incombustíveis e imputrescível, isolante técnico, isolante térmico, anti vibrações e proteção contra incêndio para aplicações de construção, industriais ou navais (ROCKWOOL, 2015).



Figura 18 - Rolo de Lã de Rocha (SOSCASAmat, s.d.).

➤ **Composição química:**

- ✓ Material rico em alumínio e com baixo teor em sílica (ROCKWOOL, 2015).

Produto	Conteúdo % em Peso
Fibra de rocha	96 a 99,5
Ligante	< 4
Óleo Solúvel	< 0,2

Tabela 7 - Composição da Lã de Rocha (Rockterm, 2011).

- **Tintas:**

Existem quatro grandes famílias de constituintes das tintas (Associação Portuguesa Tintas, 2014):

- i. Ligante (uma ou mais resinas, que constituem o veículo fixo): Responsável pelas principais propriedades do revestimento. As tintas são classificadas de acordo com a natureza química do ligante, que é o constituinte mais importante.
- ii. Solventes e diluentes (eventualmente água) que constituem o veículo volátil: Os solventes dissolvem a resina, enquanto os diluentes reduzem a viscosidade da tinta a um nível adequado para a sua aplicação; a seleção criteriosa do solvente, ou mistura de solventes, influencia a lacagem da película e a velocidade de secagem.
- iii. Aditivos: São materiais normalmente adicionados em pequenas quantidades, com o objetivo de controlar uma ou mais das propriedades da tinta. Como exemplo de aditivos podem considerar-se: agentes dispersantes/molhantes; secantes; biocidas; inseticidas; inibidores de corrosão; absorvedores UV; anti-peles; anti espuma, etc.
- iv. Matérias pulverulentas.
- v. Pigmentos: Conferem a cor e opacidade à tinta e influenciam muitas das suas propriedades, incluindo a durabilidade, resistência à corrosão, resistência ao fogo, etc.
- vi. Cargas: Tem um papel ao nível do controlo do brilho, da reologia da tinta, da dureza, resistência à riscagem, permeabilidade, aderência, etc.

➤ Composição química:

- ✓ Os pigmentos são geralmente compostos metálicos naturais;
 - i. A cor branca é obtida com óxido de zinco, carbonato de chumbo, óxido de titânio, sulfato de bário ou sulfureto de zinco;
 - ii. A cor amarela com óxido de ferro ou cromados;
 - iii. O azul com ferrocianeto de potássio;
 - iv. O vermelho com óxido de ferro;
 - v. O verde é mistura de ferrocianeto de potássio, que deriva da cor azul com óxido de ferro, que deriva do amarelo.
 - vi. A cor preta é obtida através de constituintes de carbono;



Figura 19 - Pigmentos de tinta (Emanuel Ferreira, 2010).

- ✓ As cargas podem ser: caulino, mica, silicato de magnésio, sílica das diatomites, carbonato de cálcio ou sulfato de bário;
- ✓ Os veículos são: óleos, resinas ou misturas de ambos (óleo de linhaça, óleo de Soja e resinas como a borracha colorada);



Figura 20 - Resina de tinta (Química em cores, 2014).

- ✓ Os secantes são compostos orgânico-metálicos de chumbo, cobalto e manganês.

2.2. MATERIAIS COM POSSÍVEL POTENCIAL TÓXICO:

Sabe-se através do estudo das características de diversos constituintes, que são de grande perigo para a saúde humana se em contacto por longos períodos de tempo ou em contacto com grandes quantidades. Podem ser encontrados nas mais diversas formas e nos mais diversos produtos. Os principais constituintes tóxicos para a saúde pública são, por exemplo: o Chumbo, o Amianto, a Sílica, o Carvão, Óxido de Ferro, Sulfato de Bário e Óxido de Estanho. Na indústria da construção e da reabilitação a forma mais usual de encontrar estes constituintes é aquando da demolição, sobre a forma de poeiras que se propagam pelo ar até as vias respiratórias, ou então por contacto direto no corpo. Estes constituintes encontram-se geralmente em revestimentos, tintas, colas, resinas entre outras substâncias.

2.2.1. Chumbo:

O chumbo foi um dos primeiros metais que o homem aprendeu a usar. Há evidências de que já era utilizado na Ásia Menor em 4.000 a.C. Como o chumbo já é utilizado de forma tão intensiva e por tão longo tempo, a história da intoxicação por chumbo é extensa. No entanto, foi Hipócrates o primeiro a ligar os sintomas da intoxicação a seu fator causal. Durante a Idade Média, a intoxicação por chumbo foi totalmente esquecida e somente no século XVI o chumbo apareceu novamente na literatura médica, quando Celso descreveu a “doença dos mineiros”. A primeira descrição moderna da intoxicação por chumbo foi realizada em 1839 por Tanquerel, com base em 1.200 casos. O seu estudo foi tão completo que, desde então, pouco foi acrescentado aos sinais e sintomas clínicos da intoxicação por ele descritos. Mesmo com o amplo conhecimento da causa, apresentação clínica e da prevenção da intoxicação por chumbo, esta patologia ainda é comum em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento.

O chumbo existe na crosta terrestre em pequenas quantidades; os minérios de chumbo mais importantes são a galena (PbS), a anglesite (PbSO₄) e a cerusite (PbCO₃), com 86%, 68% e 77% de chumbo, respetivamente (Poeiras, 2010).

É um dos metais mais utilizados na indústria: a principal aplicação do chumbo e do seu óxido (PbO) é no fabrico de baterias elétricas para veículos automóveis. Graças à sua excelente resistência à corrosão, o chumbo encontra muitas aplicações na indústria da construção civil e, principalmente, na indústria química. É resistente ao ataque de muitos ácidos, porque forma

um próprio revestimento protetor de óxido. Como consequência desta característica, o chumbo é muito utilizado na fabricação e manuseamento do ácido sulfúrico. As ligas de chumbo são muito diversas e muito usadas na indústria: a adição de uma pequena percentagem de arsénio ou antimónio ao chumbo, aumenta a sua dureza e resistência mecânica, protegendo-o do desgaste; as ligas de estanho-chumbo são utilizadas no revestimento de certos cabos elétricos. A solda é uma liga de chumbo com estanho, em proporções variáveis de acordo com o ponto de fusão pretendido (a adição de bismuto, cádmio ou mercúrio, também pode alterar o ponto de fusão da solda) (Poeiras, 2010).

A sua utilização como película envolvente para cabos de telefone e de televisão é uma das formas mais conhecidas do uso da utilização do chumbo. A ductilidade única do chumbo torna-o particularmente apropriado para esta aplicação, porque pode ser estirado para formar um revestimento contínuo em torno dos condutores internos. O uso de chumbo em pigmentos tem sido muito importante, porém a sua utilização tem diminuído bastante. O pigmento, que contém este elemento, é o branco de chumbo, outros pigmentos importantes são o sulfato básico de chumbo e os cromatos de chumbo. Utiliza-se uma grande variedade de compostos de chumbo, como os silicatos, os carbonatos e os sais de ácidos orgânicos, como estabilizadores contra o calor e a luz para os plásticos de cloreto de polivinila (PVC). Também se usam silicatos de chumbo para a fabricação de vidros e cerâmicas.

2.2.2. Amianto:

O amianto, também conhecido como asbesto, é uma designação comercial genérica para a variedade fibrosa de seis minerais metamórficos de ocorrência natural e utilizados em vários produtos comerciais. Trata-se de um material com grande flexibilidade e resistências tênsil, química, térmica e elétrica muito elevadas e que além disso pode ser tecido.

O amianto é constituído por feixes de fibras. Estes feixes, por seu lado, são constituídos por fibras extremamente finas e longas facilmente separáveis umas das outras com tendência a produzir um pó de partículas muito pequenas que flutuam no ar e aderem às roupas. As fibras podem ser facilmente inaladas ou engolidas podendo causar graves problemas de saúde. Agora que a produção de produtos ou materiais que contêm amianto cessou na União Europeia, subsiste o risco de exposição ao amianto proveniente de materiais e produtos que

ainda se encontram em edifícios, instalações fabris e equipamentos. O amianto é resistente ao calor até 1000 graus e contra ácidos moderados e tem uma resistência à tração ainda maior que fios de aço com igual perfil. Em temperaturas acima dos 1200 graus °C, o amianto transforma-se em Olivina e suas variedades (E-CIVIL, 2012).

Os seis minerais asbestiformes pertencem a dois grupos principais:

- Grupo da serpentina:
 - ✓ Crisótilo;

- Grupo das anfíbolas:
 - ✓ Crocidolite;
 - ✓ Amosite;
 - ✓ Antofilite asbestiforme;
 - ✓ Tremolite asbestiforme;
 - ✓ Actinolite asbestiforme.

As fibras de crisótilo são enroladas enquanto as fibras de amianto de anfíbolas são cilíndricas. Os vários minerais do grupo das anfíbolas diferem uns dos outros nos teores de cálcio, magnésio, sódio e ferro neles contidos. Tanto os minerais do grupo da serpentina como os do grupo das anfíbolas ocorrem em variedades fibrosas e não fibrosas, sendo as variedades fibrosas designadas amianto. Têm sido identificadas variedades asbestiformes de várias outras anfíbolas (E-CIVIL, 2012).

Usado na antiguidade em mechas de lanternas, a resistência do amianto ao fogo é desde há muito aproveitada para uma variedade de propósitos. Foi utilizado em tecidos mortuários no antigo Egito bem como para fazer uma toalha de mesa para Carlos Magno, que de acordo com a lenda este atirou ao fogo para a limpar (E-CIVIL, 2012).

Atualmente o amianto é utilizado em mais de 3000 produtos, havendo aplicações específicas para os diferentes tipos.

- Grupo da serpentina (O crisótilo é o mineral mais utilizado na produção de amianto.)
As suas aplicações são inúmeras incluindo (E-CIVIL, 2012):
 - ✓ Revestimentos de travões;
 - ✓ Embraiações de automóveis;

- ✓ Revestimentos e coberturas de edifícios;
 - ✓ Gessos e estuques;
 - ✓ Revestimentos à prova de fogo;
 - ✓ Roupas de proteção à prova de fogo.
- Grupo das anfíbolos:
 - ✓ Tubagens e coberturas de edifícios (misturado com cimento);
 - ✓ Isolamentos térmicos e acústicos;
 - ✓ Revestimentos de teto.

Quase todas as pessoas são expostas ao amianto em algum momento das suas vidas. No entanto, a maioria das pessoas não adoece em consequência dessa exposição. As pessoas que adoecem devido à exposição ao amianto são geralmente aquelas expostas de forma regular, a maior parte das vezes no seu posto de trabalho em que contactam diretamente com o material ou através de contacto ambiental substancial (E-CIVIL, 2012).

2.2.3. Sílica:

Sílica é o nome comum dado ao composto químico dióxido de silício (SiO_2), o qual pode ocorrer na forma cristalina ou amorfa (não cristalina). A sílica cristalina pode-se encontrar em mais do que uma forma: por exemplo, quartzo, tridimite e cristobalite. Na natureza, o quartzo é o mais comum; é componente de solos e rochas; consequentemente os trabalhadores poderão estar expostos a poeiras de quartzo em muitas atividades e indústrias. A tridimite e a cristobalite encontram-se em rochas e solos e são produzidas em algumas operações industriais, quando se aquece α -quartzo ou sílica amorfa (por exemplo, em processos de fundição e produção de tijolos e cerâmica). A queima de resíduos agrícolas também poderá levar à transformação de sílica amorfa em cristobalite (Claudinei Machado, 2011).

As 3 formas de sílica, quartzo, tridimite e cristobalite, são as que poderão apresentar tamanho de partícula respirável quando os trabalhadores manuseiam ou desintegram mecanicamente objetos que as contenham. É frequente denominá-las de sílica livre (ou sílica não combinada) para as distinguir das formas combinadas (silicatos).

A sílica é o principal componente da areia, trabalhadores da fabricação de vidros, areia, engenheiros, técnicos e funcionários que tenham algum contato com o pó produzido pelo manuseamento de diversos tipos de exploração de rochas também podem estar sujeitos a uma exposição excessiva a este tipo de componente. A exposição ocupacional dá-se por meio da inalação, pelo trabalhador, de poeira contendo sílica livre cristalizada. Qualquer trabalho com exposição à poeira de sílica como: mineração; corte de pedras e rochas; extração mineral; construção de estradas e construção civil; trabalhar com produtos abrasivos; fabricação de vidro ou mesmo trabalhos de escultor são trabalhos de risco (Claudinei Machado, 2011).

Segundo (Henry LeChatelier), os principais locais onde podemos encontrar sílica são:

- No seu estado natural, num certo número de rochas silicatadas, principalmente como materiais de construção;
- A sílica pura é muito comum na areia para a confeção das argamassas;
- Os silicatos naturais são utilizados para numerosas fabricações industriais. A aplicação mais imediata refere-se à fabricação dos produtos industriais como cerâmicos. Desde as mais remotas idades da história humana, prepararam-se pela cozedura de matérias argilosas, isto é, dum silicato de alumina hidratado:
 - ✓ Tijolos para a construção de casas;
 - ✓ Telhas para a sua cobertura;
 - ✓ Azulejos de revestimento, etc.
- Uma indústria duma importância comparável à cerâmica, e repousando igualmente sobre a utilização das matérias siliciosas naturais, é a vidraria. O vidro dá a claridade às nossas habitações, preservando-nos também do frio. O vidro é uma matéria siliciosa, pois contém cerca de 70 por 100 de sílica. Certas rochas naturais têm exatamente esta proporção de sílica e podendo-nos servir delas, pela simples fusão para fabricar vidro.

2.2.4. Carvão:

Designa-se por carvão, o sedimento fóssil, orgânico, sólido, combustível, negro, formado de restos de vegetais, geralmente ao abrigo do ar e sob a ação da pressão e da temperatura, solidificado por baixo de camadas geológicas.

Os carvões vegetais são obtidos através da pirólise da madeira, a qual resulta em um resíduo sólido rido em carbono fixo, além de subprodutos gasosos (CO₂, CO, H₂) e líquidos (alcatrões,

ácido acético, álcool metílico). Os carvões utilizados na indústria siderúrgica podem ser de origem vegetal ou mineral. Estes últimos, destacam-se as turfas, os linhitos, as hulhas e os antracitos (em ordem crescente de tempo de formação), sendo as hulhas (ou carvões betuminosos) os mais comuns. A composição típica de um carvão vegetal geralmente ronda, 5% de cinzas, 25% de substâncias voláteis e 70% carbono fixo.

Os carvões minerais são constituídos basicamente de matéria vegetal decomposta e fossilizada, convertendo-se progressivamente em turfas, linhitos, hulhas (carvões betuminosos) e antracitos. Para adequar suas características físico-químicas, os carvões minerais devem ser submetidos a um processo de coqueificação, do qual resulta o coque siderúrgico (ou simplesmente coque). Um carvão betuminoso adequado à produção de coque apresenta a seguinte composição média: cinzas 7%, substâncias voláteis 3%, carbono fixo 60% (Silvia Martins, 2013).

2.2.5. Óxido de Ferro, Sulfato de Bário e Óxido de Estanho:

Segundo o artigo (Poeiras, 2010), a Siderose resulta da inalação do óxido de ferro; a Baritose, da inalação de sulfato de bário e a Estanose, da inalação de partículas de óxido de estanho. Embora estas poeiras sejam evidentes numa radiografia ao tórax, não causam grandes reações no pulmão, de modo que os indivíduos expostos a eles não manifestam sintomas nem deterioração funcional do sistema respiratório.

3. POEIRAS:

São conhecidos os seguintes valores da composição volumétrica do ar puro: Azoto (78,08 %); Oxigénio (20,94 %); Árgon (0,93 %); Dióxido de carbono (0,03 %); Hidrogénio (0,00005 %); Gases raros, exceto árgon (vestígios).

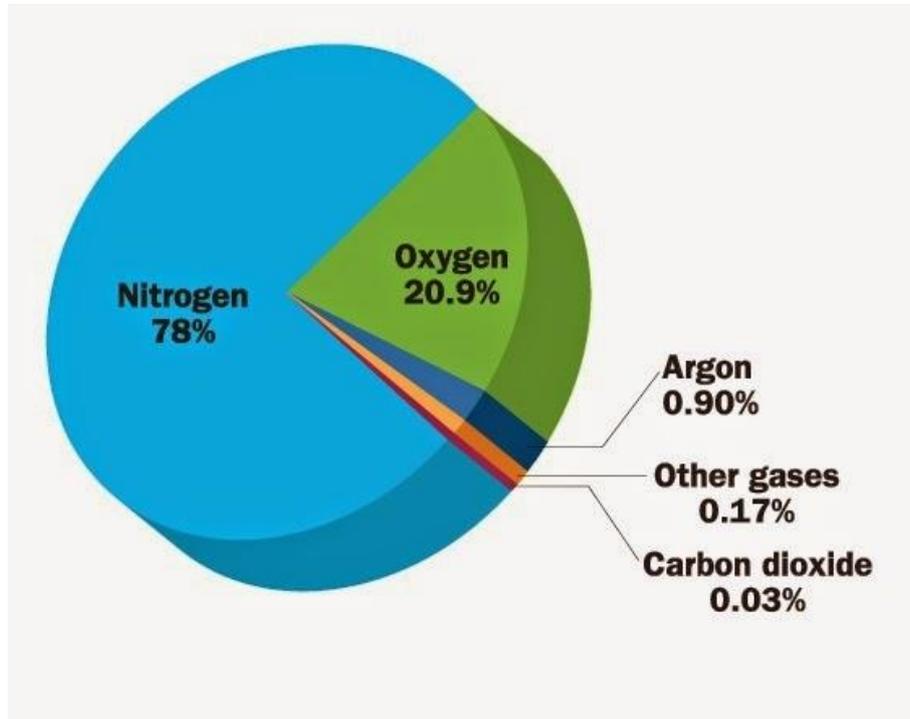


Figura 21 - Composição química da atmosfera terrestre (Diogo, 2013).

O vapor de água é também um constituinte do ar, sendo variável a sua proporção. A atmosfera de alguns locais de trabalho contém outras substâncias suscetíveis de modificar, mais ou menos profundamente, a sua composição. A poluição pode também resultar de uma alteração quantitativa na composição do ar. Diz-se, portanto, que o ar está poluído ou contaminado quando contém substâncias estranhas à sua composição normal, ou mesmo quando aparenta estar normal no aspeto qualitativo mas possui alterações quantitativas, pela presença de uma ou várias substâncias em concentrações superiores às habituais (Poeiras, 2010).

Os agentes químicos podem encontrar-se no local de trabalho, em suspensão e em estados diferentes, como:

1. No estado sólido sob a forma de poeiras, fibras ou fumos:

- Poeiras: suspensão no ar de partículas esferoidais de pequeno tamanho dar valor, formadas durante o manuseamento de certos materiais e por processos mecânicos de desintegração (Poeiras, 2010);

Existem diversos tipos de poeiras, tais como (Samancta, 2012):

- i. Poeiras tóxicas: estas são geralmente produzidas quando se trabalha com substâncias que sejam, elas próprias, substâncias tóxicas (por exemplo, chumbo, mercúrio, crómio, etc.). Se inaladas, podem danificar os pulmões ou entrar na corrente sanguínea e distribuir-se por todo o corpo.
 - ii. Poeiras incomodativas: estas podem ser geradas pelo manuseamento de materiais, como por exemplo: farinha/cereais; pez; cimento; serradura; grãos de café e chá; negro de fumo (toner para fotocopiadora/imprensa). Estes tipos de poeiras são, de uma forma geral, apenas irritantes, mas em forma concentrada podem ser perigosos para a saúde.
 - iii. Poeiras inflamáveis: as poeiras inflamáveis deslocam-se pelo ar em nuvens e podem ser facilmente inflamadas, desencadeando uma chama súbita ou uma explosão. Podem ser incendiadas por uma faísca ou chama viva, ou ainda por terem pousado sobre uma superfície quente. Quando as poeiras inflamáveis se pousam e inflamam, podem apresentar chamas ou simplesmente arder em combustão lenta. Segundo Samancta (Samancta, 2012), “é altamente improvável que, no decurso do seu trabalho, se venha a deparar com poeiras inflamáveis”.
- Fibras: partículas aciculares provenientes da degradação mecânica, cujo comprimento excede, em mais de 3 vezes, o diâmetro (Poeiras, 2010);
 - Fumos: suspensão no ar de partículas esféricas provenientes de uma combustão incompleta ou resultante da sublimação de vapores, geralmente depois da volatilização a elevadas temperaturas de metais fundidos (Poeiras, 2010).

2. No estado líquido, sob a forma de aerossóis ou neblinas (Poeiras, 2010):

- Aerossóis: suspensão no ar de gotículas cujo tamanho não é visível à vista desarmada e provenientes da dispersão mecânica de líquidos;
 - Neblinas: suspensão no ar de gotículas líquidas visíveis e produzidas por condensação de vapor.
3. No estado gasoso, sob a forma de gases ou vapores (Poeiras, 2010):
- Gases: estado físico de certas substâncias a 25 °C e 760 mm Hg;
 - Vapores: fase gasosa de substâncias que nas condições padrão (25 °C e 760 mm Hg), se encontram no estado sólido ou líquido.

Outros tipos de materiais que podem ser encontrados na atmosfera são os nanomateriais. Estes são particularmente perigosos, pois podem ser absorvidos diretamente na corrente sanguínea através da pele e através das membranas pulmonares por inspiração. Devem ser considerados perigosos para a saúde independentemente da matéria de que forem feitos (Samancta, 2012).

3.1. PROBLEMAS ASSOCIADOS AS POEIRAS:

O termo “poeiras” não possui qualquer significado científico exato, mas é normalmente definido como um sólido que foi reduzido a pó ou partículas finas. A dimensão das partículas é tão importante como a natureza do pó para estabelecer se a substância é considerada perigosa. Em geral, os mais perigosos tipos de poeiras são aqueles com partículas muito pequenas, invisíveis para o olho humano, como é o caso dos pós finos. Este tipo de partículas são suficientemente pequenas para serem inaladas, mas ao mesmo tempo suficientemente grandes para permanecerem presas no tecido pulmonar e não serem exaladas (Samancta, 2012).

Conforme o tipo de poeiras ou partículas que estão em contacto com o organismo, estas produzem diferentes ações. Algumas causam reações alérgicas, como o pólen das plantas,

responsável pela febre do feno ou por um tipo de asma. Partículas de pó de quartzo são muito mais agressivas ao tecido pulmonar, causando cicatrizes profundas e permanentes, em relação ao pó de carvão ou de óxido de estanho. Outras partículas, como as poeiras de amianto, são muito conhecidas pelo seu potencial cancerígeno.

No sector da construção civil, nomeadamente na reabilitação por demolição e substituição de materiais, são inúmeras as situações em que os trabalhadores se encontram em contacto ou expostos a partículas, como poeiras, fibras ou fumos, nos seus diversos estados, e é de grande importância ter conhecimento dos potenciais efeitos provocados pelas mesmas na nossa saúde e as consequências a curto e longo prazo.

3.2. AS POEIRAS NA SAÚDE PÚBLICA:

Existem diversas vias que possibilitam a entrada de poeiras no organismo do ser humano, ou seja, que permitem que o trabalhador possa ser contaminado. As principais formas de contaminação conhecidas, são (Poeiras, 2010):

- Por ingestão, através da via digestiva;
- Por inalação, através de via respiratória;
- Por contacto com a pele, através de via cutânea.

A suscetibilidade que cada individuo apresenta ao estar em contacto com as diversas formas de poeiras, existem igualmente variáveis que condicionam a forma como um trabalhador está exposto às poeiras. Essas variáveis são (Poeiras, 2010):

- Vias de penetração;
- Local de exposição, visto que uma exposição a poeiras num local arejado pode ser inofensiva, e tornar-se grave num local fechado;

- Frequência. Respirar durante um ou dois dias pó de cimento provoca dificuldades respiratórias; mês após mês, ano após ano, pode levar ao aparecimento de edema pulmonar, ainda que as concentrações no ar sejam muito baixas;
- Quantidade de poeira em contacto com o organismo;
- Toxicidade da poeira.

Segundo (Poeiras, 2010), a maioria das poeiras penetra no organismo humano através das vias respiratórias. A inalação é de longe a forma mais importante de interação. Nos locais de trabalho, as 3 formas de contaminação estão intimamente associadas e na maioria dos casos ocorrem simultaneamente, embora com graus de extensão diferentes, consoante a natureza da poeira e da atividade desenvolvida.

3.3. DOENÇAS ASSOCIADAS:

São inúmeras as doenças que estão associadas ao contacto com as poeiras, seja através de via cutânea, por ingestão ou inalação. Algumas das doenças de origem ocupacional devem-se à inalação de partículas nocivas, nuvens, vapores ou gases existentes em suspensão na atmosfera dos locais de trabalho. O local exato das vias aéreas, ou dos pulmões, onde chega a substância inalada e o tipo de doença pulmonar que desencadeia, dependem do tamanho e do tipo das partículas. As maiores podem ficar retidas no nariz ou nas vias aéreas superiores, mas as mais pequenas atingem os pulmões.

Uma vez ali, algumas partículas dissolvem-se e podem passar para a corrente sanguínea; as defesas do corpo eliminam as que não se dissolvem. O organismo tem vários mecanismos para eliminar as partículas aspiradas. Nas vias respiratórias, o muco cobre as partículas de modo a que seja fácil expulsá-las através da tosse. Nos pulmões, existem células purificadoras especiais que “engolem” a maioria das partículas e as tornam inofensivas.

As principais doenças ocupacionais conhecidas, e que tem como fonte de origem as poeiras, muito comuns na construção civil, são:

1. Pneumoconiose:

Denominação coletiva para um grupo de doenças pulmonares crónicas provocadas pela inalação de poeiras que contêm minerais específicos. O termo inclui uma série de doenças cujo nome advém das poeiras que as causaram (Samancta, 2012).

2. Asma Profissional:

Uma das principais doenças associadas é a asma profissional. A asma profissional é um espasmo reversível das vias aéreas pulmonares, causado pela aspiração no local de trabalho de partículas ou vapores que atuam como irritantes, ou causam uma reação alérgica. A asma profissional pode causar dispneia, opressão no peito, respiração sibilante, tosse, rinorreia e lacrimejo. Nalguns casos, a respiração sibilante é o único sintoma. Os sintomas podem verificar-se durante a jornada de trabalho, mas, muitas vezes, começam algumas horas depois de ela ter terminado. Além disso, os sintomas podem aparecer e desaparecer durante uma semana, ou mais, após exposição.

Muitas substâncias podem provocar espasmos das vias aéreas, o que dificulta a respiração. Alguns indivíduos são particularmente sensíveis aos agentes irritantes que se encontram no ar (Samancta, 2012).

3. Pneumoconiose Benigna:

Doença provocada quando poeiras aparentemente inofensivas são inaladas e depositadas nos pulmões de tal forma que passam a ser visíveis através de Raios-X. Não causam danos no tecido pulmonar e, por conseguinte, a doença não é incapacitante. Trata-se de uma perturbação mais frequentemente associada a poeiras de metais, tais como o ferro ou o estanho (Samancta, 2012).

4. Asbestose:

A asbestose é uma formação extensa de tecido cicatricial, nos pulmões, causada pela aspiração do pó de amianto. O amianto é composto por silicato de mineral fibroso de composição química diversa. Quando inalado, as fibras de amianto fixam-se profundamente nos pulmões, causando cicatrizes. A inalação de amianto pode também produzir o espessamento dos dois folhetos da membrana que reveste os pulmões (a pleura). As pessoas que trabalham com amianto correm o risco de sofrer doenças pulmonares. Os operários que trabalham na demolição de construções com isolamento de amianto também correm risco, embora menor.

Quanto maior for o período de exposição às fibras de amianto, maior é o risco de contrair uma doença relacionada com o amianto (Manual MSD, 2009).

5. Silicose:

A silicose é a formação permanente de tecido cicatricial nos pulmões causada pela inalação de pó de sílica (quartzo). A silicose, a doença profissional mais antiga que se conhece, desenvolve-se em pessoas que inalaram pó de sílica durante muitos anos. O pó de sílica é o elemento principal que constitui a areia, sendo por isso frequente a exposição entre os mineiros, os cortadores de arenito e de granito, os operários das fundições e os oleiros.

Os sintomas aparecem, geralmente, após 20 ou 30 anos de exposição ao pó. No entanto, nos trabalhos em que se utilizam jatos de areia, na construção de túneis e no fabrico de sabões abrasivos que requerem quantidades elevadas de pó de sílica, os sintomas podem surgir em menos de 10 anos. Quando se inala, o pó de sílica entra nos pulmões e as células depuradoras, como os macrófagos, engolem-no. As enzimas libertadas pelas células depuradoras causam a formação de tecido cicatricial nos pulmões. No princípio, as zonas cicatrizadas são pequenas protuberâncias redondas (silicose nodular simples), mas numa fase mais avançada, reúnem-se em grandes massas (conglomerados silicóticos). Estas áreas cicatrizadas não permitem a passagem do oxigénio para o sangue de forma normal. Assim os pulmões perdem elasticidade e é necessário um maior esforço para respirar (Manual MSD, 2009).

6. Pulmão Negro:

O pulmão negro (pneumoconiose dos carvoeiros) é uma doença pulmonar causada pela acumulação de pó de carvão nos pulmões.

É consequência da aspiração do pó de carvão durante muito tempo. No pulmão negro simples, o pó do carvão acumula-se à volta das vias respiratórias inferiores, bronquíolos. Apesar de o pó de carvão ser relativamente inerte e não provocar demasiadas reações, estende-se por todo o pulmão e numa radiografia observa-se sob a forma de pequenas manchas. O pó de carvão não obstrui as vias respiratórias. Todos os anos, 1 a 2 % das pessoas com pulmão negro simples desenvolvem uma forma mais grave da doença, denominada fibrose maciça progressiva, na qual se formam cicatrizes em áreas extensas do pulmão (com um mínimo de 1,5 cm de diâmetro). A fibrose maciça progressiva piora, mesmo que a pessoa já não esteja exposta ao pó de carvão. O tecido pulmonar e os vasos sanguíneos dos pulmões podem ficar

destruídos pelas cicatrizes. Na síndrome de Caplan (uma perturbação pouco frequente que pode afetar os mineiros de carvão que sofrem de artrite reumatoide) desenvolvem-se, rapidamente grandes nódulos redondos. Tais nódulos podem formar-se nos indivíduos que sofreram uma exposição significativa ao pó do carvão, inclusive sem terem pulmão negro (Manual MSD, 2009).

7. Beriliose:

A beriliose é uma inflamação pulmonar causada pela aspiração de pó ou vapores que contêm berílio. No passado, o berílio extraía-se das minas para ser utilizado nas indústrias químicas e eletrónicas e no fabrico de lâmpadas fluorescentes. Atualmente, utiliza-se principalmente na indústria aeroespacial. Além dos trabalhadores destas indústrias, algumas pessoas que vivam perto das refinarias de berílio podem também desenvolver beriliose.

A diferença entre a beriliose e as outras doenças pulmonares ocupacionais é que os processos pulmonares parecem produzir-se somente em indivíduos sensíveis ao berílio e que representam, aproximadamente, 2 % dos que estão em contacto. A doença pode manifestar-se, inclusive, nas pessoas que sofreram uma exposição relativamente breve ao berílio e os sintomas podem tardar 10 a 20 anos a aparecer (Manual MSD, 2009).

8. Pneumonite:

Inflamação dos tecidos pulmonares, ou dos bronquíolos, essencialmente provocada pela inalação de poeiras contendo metais. Os sintomas são semelhantes à pneumonia, mas o nível de gravidade é variável, dependendo do metal inalado. As causas mais comuns são as poeiras de cádmio e de berílio (Samancta, 2012).

9. Mesotelioma da pleura:

Tumor dos pulmões, causado principalmente pela exposição ao amianto (Samancta, 2012).

10. Cancro do pulmão:

Pode seguir-se a qualquer exposição ao amianto, mas também pode surgir da exposição a outros componentes como por exemplo o chumbo (Samancta, 2012).

3.4. PRINCIPAL LEGISLAÇÃO:

Através da análise da legislação existente e em vigor é possível perceber que consoante o caso de exposição a diferentes materiais a legislação varia. No caso das poeiras também, podemos ao longo da legislação encontrar, no caso da exposição às mesmas, a respetiva legislação, estando esta bem definida. Ou seja, podemos interpretar a legislação de diferentes formas consoante a exposição, ao chumbo, ao amianto, a sílica, entre outros por exemplo.

Desta forma é apresentada a principal legislação em vigor para os casos dos materiais potencialmente tóxicos que anteriormente foram descritos.

3.4.1. Chumbo:

As doenças profissionais decorrentes da exposição ao chumbo estão devidamente caracterizadas no Decreto Regulamentar nº 76 / 2007 de 17 de Julho.

Excerto do DR nº 76 / 2007 - Chumbo.

A exposição ao chumbo ocorre principalmente por inalação (de poeiras e fumos), nos trabalhadores ocupacionalmente expostos. A deposição, retenção e absorção de partículas de chumbo no trato respiratório depende de fatores tais como:

- Tamanho da partícula;
- Densidade;
- Solubilidade;
- Ritmo respiratório;
- Duração da exposição;
- Concentração na atmosfera;
- Suscetibilidade do trabalhador.

É pela via respiratória que o risco se torna maior, dado que possibilita a absorção para o sangue de 35% a 50% do chumbo inalado. Pela via digestiva, apenas 10% de chumbo ingerido passa para o sangue, o que pode facilmente acontecer se se fumar, beber ou comer no local de trabalho. Como sintomas de intoxicação pelo chumbo pode-se referir:

- Fadiga e diminuição da capacidade física;
- Alterações do sono;
- Dores nos músculos;
- “Cólica saturnina” com dores abdominais, náuseas e vômitos.

Segundo a IARC, *International Agency for Research on Cancer*, os compostos inorgânicos de chumbo são provavelmente carcinogénicos para o Homem; os compostos orgânicos de chumbo não são classificados como carcinogénicos para o Homem.

Na Norma Portuguesa 1796, apresentam-se os valores limite de exposição adotados para as substâncias:

- Arsenato de chumbo, expresso em $Pb_3(AsO_4)_2$;
- Chumbo elementar e compostos inorgânicos, expressos em Pb;
- Cromato de chumbo, expresso em Pb e expresso em Cr;
- Tetraetil de chumbo, expresso em Pb;
- Tetrametil de chumbo, expresso em Pb.

A utilização de chumbo está abrangida por legislação nacional específica, nomeadamente:

- ✓ **Decreto-Lei nº 274 / 89 de 21 de Agosto**, relativo à proteção dos trabalhadores contra os riscos resultantes da exposição ao chumbo e aos seus compostos iónicos nos locais de trabalho, **com as alterações introduzidas no Artº 22º, pela Lei nº 113 / 99 de 3 de Agosto** (Desenvolve e concretiza o regime geral das contraordenações laborais, através da tipificação e classificação das contraordenações correspondentes à violação da legislação específica de segurança, higiene e saúde no trabalho em certos sectores de atividades ou a determinados riscos profissionais);
- ✓ **Lei nº 35 / 2004 de 29 de Julho, que regulamenta a Lei nº 99 / 2003 de 27 de Agosto**, que aprovou o Código do Trabalho.

3.4.2. Amianto:

As doenças profissionais decorrentes da exposição ao amianto estão devidamente caracterizadas no Decreto Regulamentar nº 76 / 2007 de 17 de Julho.

Excerto do DR nº 76 / 2007 - Amianto.

A asbestose é uma formação extensa de tecido cicatricial nos pulmões, causada pela aspiração do pó de amianto. Quando se inala, as fibras de amianto fixam-se profundamente nos pulmões, causando cicatrizes. A inalação de amianto pode também produzir o espessamento dos dois folhetos da membrana que reveste os pulmões (a pleura).

Os indivíduos que trabalham com o amianto correm o risco de sofrer doenças pulmonares. Os operários que trabalham na demolição de construções com isolamento de amianto também correm risco, embora menor. Quanto mais tempo um indivíduo estiver exposto às fibras de amianto, maior é o risco de contrair uma doença com ele relacionada.

Os sintomas da asbestose aparecem gradualmente só depois da formação de muitas cicatrizes e quando os pulmões perdem a sua elasticidade. Os primeiros sintomas são a dispneia ligeira e a diminuição da capacidade para o exercício. Por vezes a inalação de fibras de amianto pode fazer com que se acumule líquido no espaço que se encontra entre as camadas pleurais (cavidade pleural). Os mesoteliomas causados pelo amianto são um tipo de cancro que não se consegue curar. Desenvolvem-se, de modo geral, ao fim de 30 ou 40 anos de exposição ao amianto.

O cancro do pulmão está relacionado, em parte, com o grau de exposição às fibras de amianto; no entanto, entre os indivíduos que sofrem de asbestose, o cancro do pulmão desenvolve-se quase exclusivamente naqueles que também fumam. Ao inalar fibras de amianto não se tem consciência imediata do seu efeito nocivo. Nos indivíduos com antecedentes de exposição ao amianto, o médico poderá diagnosticar asbestose com uma radiografia ao tórax que mostre alterações características. Para determinar se um tumor pleural é canceroso, o médico poderá efetuar uma biopsia. As doenças causadas pela inalação de amianto podem prevenir-se, diminuindo ao máximo o pó e as fibras de amianto no local de trabalho.

Atualmente o número de indivíduos que sofrem de asbestose é menor, mas os mesoteliomas continuam a aparecer em indivíduos que estiveram expostos até há 40 anos. Os fumadores que estiveram em contacto com o amianto podem reduzir o risco de cancro deixando de fumar. A maioria dos tratamentos para a asbestose alivia os sintomas. Drenar o líquido à volta

dos pulmões também pode facilitar a respiração. Os mesoteliomas são invariavelmente mortais.

A utilização desta substância está abrangida por legislação nacional específica, nomeadamente:

- ✓ **Decreto-Lei nº 479 / 85 de 13 de Novembro**, que fixa as substâncias, os agentes e os processos industriais que comportam risco cancerígeno, efetivo ou potencial, para os trabalhadores profissionalmente expostos;
- ✓ **Decreto-Lei nº 301 / 2000 de 18 de Novembro**, relativo à proteção dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos;
- ✓ **Lei nº 35 / 2004 de 29 de Julho**, que regulamenta a **Lei nº 99 / 2003 de 27 de Agosto**, que aprovou o Código do Trabalho;
- ✓ **Decreto-Lei nº 266 / 2007 de 24 de Julho**, relativo à proteção sanitária dos trabalhadores contra os riscos de exposição ao amianto durante o trabalho.

3.4.3. Sílica:

As doenças profissionais decorrentes da exposição à sílica estão devidamente caracterizadas no Decreto Regulamentar nº 76 / 2007 de 17 de Julho.

Excerto do DR nº 76 / 2007 - Sílica.

A silicose é a formação permanente de tecido cicatricial nos pulmões, causada pela inalação de pó de sílica.

É a doença profissional mais antiga que se conhece, desenvolve-se em indivíduos que inalaram pó de sílica durante muitos anos. O pó de sílica (α -quartzo) é o elemento principal que constitui a areia, sendo por isso frequente a exposição entre os mineiros do metal, os cortadores de arenito e de granito, os operários das fundições e os oleiros.

Os sintomas aparecem geralmente, após 20 ou 30 anos de exposição às poeiras. No entanto, nos trabalhos em que se utilizam jatos de areia, na construção de túneis e no fabrico de sabões

abrasivos que requerem quantidades elevadas de pó de sílica, os sintomas podem surgir em menos de 10 anos.

Quando se inalam, as poeiras de sílica entram nos pulmões e as células purificadoras, como os macrófagos, “engolem-nas”. As enzimas libertadas pelas células purificadoras causam a formação de tecido cicatricial nos pulmões. No princípio, as zonas cicatrizadas são pequenas protuberâncias redondas, mas ao fim de algum tempo, reúnem-se em grandes massas. Estas áreas cicatrizadas não permitem a passagem do oxigénio para o sangue como habitualmente. Assim, os pulmões perdem elasticidade e é necessário mais esforço para respirar. O pulmão lesado submete o coração a um esforço excessivo e pode causar insuficiência cardíaca, a qual por sua vez, pode evoluir para a morte.

Além disso, os indivíduos com silicose expostos ao microrganismo causador da tuberculose são mais propensos a desenvolvê-la do que aqueles que não estão afetados pela silicose.

A silicose diagnostica-se com uma radiografia ao tórax que mostra o padrão típico de cicatrizes e nódulos. O controlo da produção do pó no local de trabalho pode ajudar a prevenir a silicose.

Os fatores que determinam a maior ou menor probabilidade de um trabalhador desenvolver silicose são, entre outros:

- A concentração atmosférica da fração respirável de poeira e o seu teor em sílica;
- A duração da exposição;
- A suscetibilidade individual.

Os trabalhadores expostos ao pó da sílica devem fazer radiografias ao tórax com regularidade, de modo a que seja possível detetar qualquer anomalia o mais cedo possível. Se a radiografia revelar silicose, o médico poderá aconselhar o trabalhador a evitar a exposição permanente à sílica.

A silicose é incurável. No entanto, pode deter-se a evolução da doença, interrompendo a exposição à sílica desde os primeiros sintomas. Um indivíduo com dificuldade em respirar pode sentir alívio com o tratamento utilizado para a doença pulmonar crónica obstrutiva, como são os medicamentos que dilatam os brônquios e expõem as secreções das vias aéreas.

Dado que os indivíduos que sofrem de silicose têm um elevado risco de contrair tuberculose, devem submeter-se periodicamente a exames médicos.

A utilização de sílica está abrangida por legislação nacional específica, nomeadamente:

- ✓ Decreto-Lei nº 162 / 90 de 22 de Maio (Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras);
- ✓ Lei nº 35 / 2004 de 29 de Julho, (que regulamenta a Lei nº 99 / 2003 de 27 de Agosto, que aprovou o Código do Trabalho).

3.4.4. Carvão:

As doenças profissionais decorrentes da exposição ao carvão estão devidamente caracterizadas no Decreto Regulamentar nº 76 / 2007 de 17 de Julho.

Excerto do DR nº 76 / 2007 - Carvão.

I. Carvão betuminoso (hulha):

Carvão com um poder calorífico superior > a 24 MJ/kg. Alcatrão de hulha: obtido por destilação da hulha. Breu de hulha: derivado do alcatrão de hulha. Óleos de hulha: obtido por destilação do alcatrão de hulha.

II. Carvão de coque (carvão metalúrgico):

Derivado do carvão betuminoso (hulha). Carvão utilizado nas coquerias, para a produção de coque.

III. Carvão de madeira:

Produto da combustão lenta e incompleta da madeira. A instalação de transformação de madeira em carvão de madeira, independentemente da sua forma, dos materiais utilizados e do seu rendimento designa-se por carvoeira.

IV. Carvão selecionado (purificado):

Carvão preparado contendo quantidades mínimas de impurezas (cinzas, enxofre).

Excerto do DR nº 76 / 2007 - Derivados do carvão.

O pulmão negro (pneumoconiose dos carvoeiros) é uma doença pulmonar causada pela acumulação de pó de carvão nos pulmões. É consequência da aspiração do pó de carvão durante muito tempo.

No pulmão negro simples, o pó do carvão acumula-se à volta das vias respiratórias inferiores (bronquíolos). Apesar de o pó de carvão ser relativamente inerte e não provocar demasiadas reações, estende-se por todo o pulmão e numa radiografia observa-se sob a forma de pequenas manchas. O pó de carvão não obstrui as vias respiratórias. Todos os anos, 1 % a 2 % dos indivíduos com pulmão negro simples desenvolvem uma forma mais grave da doença, denominada fibrose maciça progressiva, na qual se formam cicatrizes em áreas extensas do pulmão (com um mínimo de 1,5 cm de diâmetro). A fibrose maciça progressiva piora mesmo que o indivíduo já não esteja exposto ao pó de carvão. O tecido pulmonar e os vasos sanguíneos dos pulmões podem ficar destruídos pelas cicatrizes.

O pulmão negro simples, geralmente, não produz sintomas.

Contudo, a tosse e a falta de ar aparecem, com facilidade, em muitos dos afetados com fibrose maciça progressiva, uma vez que também têm enfisema (causado pelo fumo dos cigarros) ou bronquite (causada pelo fumo dos cigarros ou pela exposição a outros poluentes industriais). Por outro lado, na fase de maior gravidade há tosse e, às vezes, uma dispneia incapacitante.

O médico deve estabelecer o diagnóstico, quando deteta as manchas características na radiografia ao tórax do indivíduo que esteve exposto ao pó do carvão durante muito tempo, em regra alguém que trabalhou nas minas, no subsolo, pelo menos 10 anos.

Pode-se prevenir o pulmão negro eliminando o pó do carvão no local de trabalho.

Os trabalhadores do carvão deverão fazer radiografias ao tórax, de modo que a doença possa ser detetada na fase inicial. Quando esta se deteta, o trabalhador deve ser transferido para uma zona com baixas concentrações de pó de carvão para prevenir a fibrose maciça progressiva.

A prevenção é fundamental pois não há cura para o pulmão negro. O indivíduo que não pode respirar livremente pode beneficiar dos tratamentos utilizados para a doença pulmonar crónica obstrutiva, como os fármacos que permitem manter as vias aéreas abertas e livres de secreções.

Na síndrome de Caplan (uma perturbação pouco frequente que pode afetar os mineiros do carvão que sofrem de artrite reumatoide) desenvolvem-se rapidamente grandes nódulos redondos no pulmão. Tais nódulos podem formar-se nos indivíduos que sofreram uma exposição significativa ao pó do carvão, inclusive sem ter pulmão negro.

A utilização do alcatrão de hulha e da hulha está abrangida por legislação nacional específica, respetivamente:

- ✓ Pelo **Decreto-Lei nº 301 / 2000 de 18 de Novembro**, relativo à proteção dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos;
- ✓ Pela **Lei nº 35 / 2004 de 29 de Julho**, que regulamenta a **Lei nº 99 / 2003 de 27 de Agosto**, que aprovou o Código do Trabalho.

3.4.5. Óxido de Ferro, Sulfato de Bário e Óxido de Estanho:

As doenças profissionais decorrentes da exposição a estas substâncias estão devidamente caracterizadas no Decreto Regulamentar nº 76 / 2007 de 17 de Julho.

Excerto do DR nº 76 / 2007 - Sulfato de bário, Óxido de estanho e Óxido de ferro.

A siderose é uma pneumoconiose causada pela inalação de poeiras e fumos contendo óxidos de ferro.

Pode ocorrer em trabalhadores expostos a atividades extrativas de minério de ferro, produção de pigmentos naturais, metalurgia de aço, ferro e ligas, soldadura a arco elétrico, polimento de metais com óxidos de ferro em cutelaria de aço e prata e atividades afins.

Dependendo da atividade profissional, existe exposição a outros agentes potencialmente prejudiciais, quando inalados juntamente com o ferro. Na mineração de ferro, os óxidos de ferro podem estar associados à sílica em concentrações variáveis, causando lesão pulmonar mista chamada sidero silicose.

A utilização do óxido de ferro e do óxido de estanho está abrangida por legislação nacional específica, respetivamente:

- ✓ Pela **Lei nº 35 / 2004 de 29 de Julho**, que regulamenta a **Lei nº 99 / 2003 de 27 de Agosto**, que aprovou o Código do Trabalho;

Pelo **Decreto-Lei nº 305 / 2007 de 24 de Agosto**, que estabelece a segunda lista de valores limite de exposição profissional indicativos, que altera o anexo do **Decreto-Lei nº 290 / 2001 de 16 de Novembro**.

4. TIPOS DE ENSAIOS:

No que toca a análise da composição química e física de materiais, poeiras, consistência dos mesmos, existe um variado leque de métodos. Cada método incide de forma mais ou menos pormenorizada sobre determinadas características que se pretende estudar. Pode-se assim estudar com esses ensaios as características:

- ✓ Físicas;
- ✓ Térmicas;
- ✓ Morfológicas;
- ✓ Mecânicas;
- ✓ Tribológicas;
- ✓ Químicas.

No quadro seguintes temos o nome de diversos ensaios existentes, bem como as características que cada um deles estuda, e igualmente a, ou as normas que a eles estão associados se assim for o caso.

Ensaio	Área de Actividade	Norma
Análise de Brilho	Físicas	
Difracção de Raios X	Físicas	BS EN 13925-1 (secção 7.2); BS EN 13925-2 (excepto secção 6.3 e 6.6)
Distribuição de tamanhos de partículas por espectrometria de difracção laser	Físicas	ISO 13320
Ensaio de dureza Shore	Físicas	ASTM D2240
Micro dureza	Físicas	NP EN ISO 6507-1; ASTM E384
Picnometria de hélio	Físicas	
Porosímetria por intrusão de mercúrio	Físicas	ISO 15901-1
Análise Térmica (TG-DSC/DTA)	Térmicas	
Condutividade térmica	Térmicas	
Dilatometria	Térmicas	
Análise topográfica superficial	Morfológicas	ISO 4287; ISO 4288
Microscopia electrónica de varrimento com sistema EDS e WDS (análise química por raios X)	Morfológicas / Químicas	
Fluorescência de Raios X	Químicas	
Avaliação de esforços de corte em processos de maquinagem	Mecânicas	
Avaliação de esforços de corte em torneamento mecânico	Mecânicas	
Ensaio mecânicos	Mecânicas	ISO 6892-1; ISO 527-1; ISO 527-2; ASTM D 638; ISO 7438
Ensaio de Erosão	Tribológicas	
Ensaio de Abrasão	Tribológicas	
Equipamento de deslizamento unidireccional (Pino-Disco)	Tribológicas	

Tabela 8 - Quadro descritivo dos ensaios existentes.

No seguimento da elaboração desta tese os tipos de ensaios que foram efetuados e serão descritos são os seguintes:

- ✓ Microscópio Eletrónico de Varrimento, MEV;
- ✓ Espectroscopia de Energia Dispersiva, EDS, ou de deteção de comprimento de onda, WDS;
- ✓ Difracção de Raio-X, DRX.

4.1. MICROSCÓPIO ELETRÓNICO DE VARRIMENTO (MEV):

O MEV é um poderoso instrumento utilizado no apoio à investigação científica, bem como no desenvolvimento e controlo da qualidade de materiais (AJSC Monteiro, 2005). A microscopia eletrónica de varrimento permite obter imagens semelhantes às que se podem obter por microscopia ótica de reflexão, mas numa gama de ampliação extraordinariamente superior (desde 10x até 18000x), com uma profundidade de campo de 30 μ m. A aplicação desta técnica à área dos filmes finos permite determinar a espessura, analisar a microestrutura, identificar defeitos e impurezas, realizar estudos de adesão, corrosão e fratura (Monteiro, 2005).

A interação que existe entre esse feixe e os materiais à superfície permite obter um vasto conjunto de informação, que após processamento se transforma em imagens, espectros e mapas de análise química, imagens de composição física entre outros (Instituto Pedro Nunes, 2013).

Quando esta técnica se associa a um espectrómetro de raios X de energia dispersiva (EDS) ou de deteção do comprimento de onda (WDS), é possível realizar eficazmente e com elevada rapidez, a caracterização química das regiões observadas com grande precisão geométrica, sendo utilizados múltiplos aplicativos de *software* para aglutinar esta informação. Associando-se outros dispositivos é também possível utilizar o MEV para trabalho em modo de microscopia eletrónica de transmissão (STEM), situação em que o feixe atravessa o material observado permitindo revelar outro tipo de características do mesmo (Instituto Pedro Nunes, 2013). Esta técnica possibilita igualmente o conhecimento de algumas características em materiais sólidos, tais como morfologia, microestrutura e topografia da superfície, podendo ser aplicada a diversos materiais: metálicos, poliméricos, biológicos, cerâmicos, materiais de construção, ou mesmo artefactos arqueológicos.

Princípio de funcionamento:

O princípio de funcionamento baseia-se na incidência de um feixe de eletrões num ponto da superfície da amostra-alvo, e a subsequente recolha dos sinais eletrónicos emitidos pelo material-alvo. As amostras são percorridas sequencialmente por um feixe de eletrões acelerado por uma tensão que varia entre 0 e 40KV, finamente focado através de um sistema de lentes eletromagnéticas. Da interação do feixe eletrónico com a amostra resulta a emissão de diversos tipos de radiação e eletrões, entre os quais os eletrões secundários utilizados na formulação da imagem da amostra (com energias inferiores a 50eV). Os eletrões secundários são eletrões da amostra que sofrem excitação e “escapando-se” da superfície. Os eletrões retro difundidos permitem a distinção, na amostra em análise, de regiões de átomos leves e pesados (Monteiro, 2005).

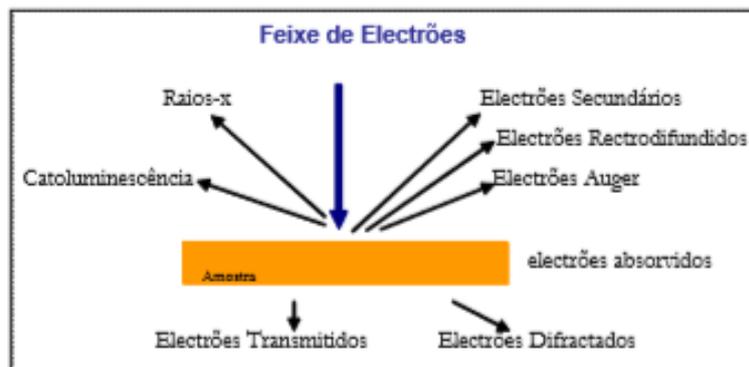


Figura 22 - Tipos de radiação emitida por uma amostra quando submetida a um feixe de eletrões (Monteiro, 2005).

A observação de imagens obtidas através da deteção de ES tem forte contraste topográfico, sendo o contraste uma consequência da emissão dos eletrões retro difundidos, cuja intensidade é crescente com o número atómico (AJSC Monteiro, 2005).

Para a aplicação desta técnica exige-se normalmente que os materiais sejam eletricamente condutores. No caso de não o serem, o processo utilizado na preparação de amostras é a pulverização catódica (método versátil que permite, para além de outras aplicações, o revestimento de amostras utilizando Ouro (Au), carbono (C) ou Cobre (Cu) tornando-as, desta forma, condutoras). Os sistemas EDS e WDS permitem determinar a composição química de amostras de tamanhos reduzidos, dando a possibilidade de fazer uma análise quase pontual.

Desta forma, enquanto o MEV permite visualizar imagens, o EDS e WDS permitem a imediata identificação da sua composição (Instituto Pedro Nunes, 2013).

A análise simultânea dos sinais recolhidos pelos detetores permite caracterizar cada ponto da amostra em termos de: topografia (ES e ER); número atómico (ER); propriedades cristalinas (ER); composição química elementar (ER); campos magnéticos (ER); orientação cristalina local da amostra (ER). A conjugação das técnicas MEV/EDS permite obter imagens tridimensionais da amostra, e mapas de composição dos elementos à superfície da amostra (Monteiro, 2005).

A informação obtida por MEV não se limita apenas a criar uma imagem da amostra, é também capaz de fornecer a sua caracterização elementar. Quando os eletrões colidem com a amostra é gerada uma grande variedade de sinais, porém os que fornecem mais informação são os eletrões secundários, eletrões retro difundidos e Raios-X (Olea, 2002).

No que se refere ao sistema EDS e WDS, quando o feixe de eletrões incide sobre um material, ocorre a excitação de eletrões para níveis energéticos mais elevados. Ao voltarem para a sua posição inicial, estes libertam a energia adquirida a qual é emitida em comprimento de onda no espectro de raios X. Múltiplos detetores instalados na câmara do MEV medem a energia associada a esse eletrão identificando-o através da sua energia característica sendo assim possível determinar quais os elementos químicos que estão presentes no ponto de incidência do feixe (Instituto Pedro Nunes, 2013).

Vários exemplos da aplicação deste tipo de ensaios, são (Instituto Pedro Nunes, 2013):

- ✓ Análise de partículas contaminantes em sistemas fabris;
- ✓ Recolha e observação das partículas e sua morfologia e determinação da sua composição química para determinar a proveniência da contaminação;
- ✓ Estudo e caracterização da morfologia de fraturas;
- ✓ Estudo de processo de desgaste e/ou deterioração de peças;
- ✓ Observação de defeitos produtivos de superfícies revestidas (eletroquímicas, PVD, CVD, etc.);
- ✓ Análise de revestimentos finos;
- ✓ Observação de partículas e suspensões;
- ✓ Medição de dispositivos a escala micro e nano.

4.2. ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA (EDS) OU DE DETEÇÃO DE COMPRIMENTO DE ONDA (WDS):

Quando a técnica de microscopia eletrónica de varrimento se associa a um espectrómetro de raios X de energia dispersiva (EDS) ou de deteção do comprimento de onda (WDS), é possível realizar de forma rápida e eficaz a caracterização química das regiões observadas com grande precisão geométrica, sendo utilizados múltiplos aplicativos de *software* para aglutinar esta informação.

Os sistemas EDS e WDS permitem determinar a composição química de amostras com tamanhos muito reduzidos, possibilitando uma análise quase pontual, assim sendo desta forma, enquanto o MEV nos permite visualizar imagens, o EDS e WDS permitem a imediata identificação da sua composição (Instituto Pedro Nunes, 2013).

Princípio de funcionamento:

No que se refere ao sistema EDS e WDS, quando o feixe de eletrões incide sobre um material, ocorre a excitação de eletrões para níveis energéticos mais elevados. Ao voltarem para a sua posição inicial, estes libertam a energia adquirida a qual é emitida em comprimento de onda no espectro de raios X. Múltiplos detetores instalados na câmara do MEV medem a energia associada a esse eletrão identificando-o através da sua energia característica sendo assim possível determinar quais os elementos químicos que estão presentes no ponto de incidência do feixe (Instituto Pedro Nunes, 2013).

4.3. DIFRACÇÃO DE RAIOS-X (DRX):

Esta radiação surge basicamente de um feixe de eletrões acelerados, a partir de uma diferença de potencial da ordem de 35KV, entre um cátodo e um alvo metálico (geralmente de cobre) que funciona como ânodo, e em que todo o processo é mantido em vácuo (Monteiro, 2005).

A Difração de Raios-X é uma técnica de identificação da estrutura de materiais que permite fazer uma análise qualitativa e semi-quantitativa dos elementos químicos na superfície dos materiais. Esta técnica é uma das principais técnicas de caracterização macroestrutural de materiais cristalinos cuja aplicação principal é a identificação de compostos cristalinos, tanto inorgânicos como orgânicos. Cada material cristalino possui características únicas e específicas

como é o caso dos planos cristalinos e das suas respectivas distâncias interplanares, assim como as densidades atômicas ao longo de cada plano. Esses critérios são a base de um padrão difratométrico, que permite a identificação do material através das posições angulares e intensidades relativas dos feixes difratados (J. L. Antoniassi, 2010).

Princípio de funcionamento:

Os Raios-X são difratados pelos átomos de diferentes planos de átomos de um cristal, separados pela distância (d). Parte da radiação incidente é refletida pelo primeiro plano de átomos, mas a restante radiação penetra na estrutura, sendo refletida pelos restantes planos de átomos interiores. Os percursos percorridos pelos raios refletidos pelos planos dos átomos interiores são superiores aos dos planos dos átomos exteriores. Sempre que a diferença de percurso entre os raios difratados ($2d\text{sen}\theta$) se igualar a um múltiplo inteiro (n), do comprimento de onda (λ), da radiação incidente, ocorre interferência construtiva, verificando-se a lei de Bragg:

$$n\lambda = 2d\text{sen}\theta$$

Equação 1 - Lei de Bragg.

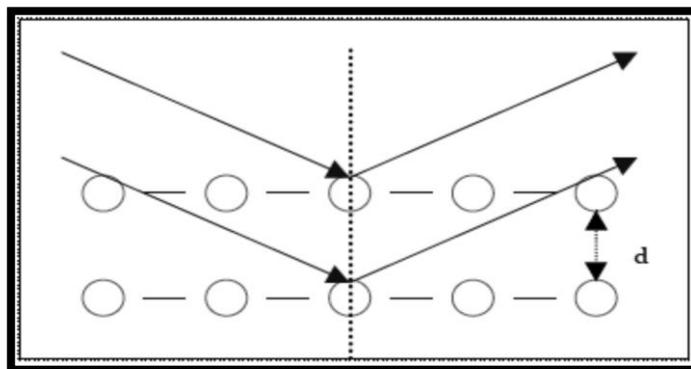


Figura 23 - Esquema bidimensional da difracção dos Raios-X por dois planos paralelos de um cristal separados pela distância (d) (Catarina Faria, 2016).

Um espectro de difracção de Raios-X típico consiste numa sequência de picos caracterizados pelas suas posições, intensidades, larguras, etc. Existem fatores que promovem o alargamento dos padrões de difracção, nomeadamente: o tamanho de grão e as tensões uniformes e não uniformes. A largura do pico de difracção é influenciada pelo número de átomos, ou seja, pelo

volume do cristal. Quanto menor é o tamanho de grão maior é o alargamento do pico de difracção. As tensões não uniformes, num cristal, originam deformações não homogéneas que variam ao longo do volume do material, originando o alargamento dos picos de difracção. Tensões de compressão uniformes, na direcção paralela à superfície, originam uma diminuição do espaçamento, d , entre os planos, ocorrendo uma contração da célula unitária, e um deslocamento dos picos de difracção (Monteiro, 2005).

A identificação de fases é realizada pela comparação dos difractograma de uma amostra desconhecida com difractogramas de uma base de dados de referência. A base de dados de difracção mais utilizada é a ICDD (*International Center of Diffraction Data*). É ainda possível construir fichas padrão de fases puras ou de difractogramas obtidos da literatura. A difracção de Raios-X permite analisar materiais maciços e revestimentos. No caso de materiais maciços e pós, é utilizada geralmente uma geometria de Bragg-Brentano. No caso dos revestimentos, estes podem ser de vários micrómetros (como por exemplo uma camada de corrosão num metal) ou de poucos nanómetros (como por exemplo um revestimento fino em substrato de vidro). Nestes casos utiliza-se uma geometria de feixe paralelo (com incidência rasante, com baixo ângulo de incidência (Θ)). A profundidade de penetração do feixe na amostra depende normalmente da densidade do material a analisar, do comprimento de onda do feixe e do ângulo de incidência. Normalmente nesta geometria é de poucos micrómetros com o objetivo de obter a máxima informação do filme. A área irradiada da amostra é a máxima possível e constante durante toda a gama angular do ensaio (Instituto Pedro Nunes, 2013).

As principais aplicações desta técnica de análise são (Instituto Pedro Nunes, 2013):

- ✓ Análise qualitativa e quantitativa da(s) fase(s) presentes em substâncias puras ou em mistura de fases.
- ✓ Análise da influência da temperatura e/ou condições não ambientais, tais como humidade, pressão e atmosfera na estabilidade da amostra (mudanças fase, oxidação e decomposição).
- ✓ Análise da estrutura dos materiais com determinação de propriedades tais como tamanho grão, orientações preferenciais, parâmetros de rede e tensões residuais.

A análise de Raios-X é usada nas mais diversas áreas de pesquisas e processos de controlo industriais, como por exemplo (Instituto Pedro Nunes, 2013):

- ✓ Caracterização de novos materiais;
- ✓ Identificação de amostras desconhecidas, como por exemplo resíduos.
- ✓ Averiguação da presença de amianto.

- ✓ Processos de controlo em muitas indústrias, tais como: materiais de construção, metalúrgica, químicas e farmacêuticas, para identificação física e quantificação;
- ✓ Determinação da cristalinidade da fase;
- ✓ Determinação do teor de fase amorfa, em misturas;
- ✓ Identificação de minerais em amostras geológicas;
- ✓ Otimização de parâmetros de fabrico para resistência ao desgaste de cerâmicos e biomateriais;
- ✓ Determinação do polimorfismo;
- ✓ Investigação do comportamento de materiais sob condições ambientais controladas, tais como elevadas temperaturas.

5. CASO DE ESTUDO:

Para garantir uma amostragem variada, a fim de ter vários exemplos de composições químicas das amostras, a recolha foi feita em locais distintos com características e épocas distintas também. Em cada local foram recolhidas amostras em compartimentos diversos.

5.1. CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS:

Foram elaborados dois levantamentos.

1. O primeiro edifício estudado foi uma moradia, situada em Afife, Viana do Castelo. Trata-se de uma moradia de construção recente que foi submetida a remodelações. Os levantamentos foram efetuados em 2016, e foram efetuados numa cozinha e a placas de fibrocimento existentes na cobertura.



Figura 24 - Cobertura em Placas de Fibrocimento, Afife.

2. O segundo edifício em estudo foi uma pequena Quinta particular, situada em Mujães, freguesia igualmente pertencente a Viana do Castelo. Faz parte de uma construção de estilo antigo, edifício construído por volta da década de 50. É uma Quinta composta por um edifício principal e ligado ao este existe um edifício secundário com fim de servir para cozinha de jardim. Os levantamentos foram todos efetuados no edifício

principal, na cozinha e na sala de estar. As amostras foram recolhidas em Junho de 2016.



Figura 25 - Obra de reabilitação, Mujães.

5.2. METODOLOGIA DE RECOLHA E ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS:

A recolha foi feita em diversos locais dentro de cada caso de estudo. Foi utilizado um pincel de forma a poder recolher as partículas pretendidas. Para que as amostras não corressem o risco de contaminação com outro tipo de partículas, foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e devidamente fechadas.

✓ Obra de reabilitação de moradia, Afife:

1. Amostras recolhidas na cozinha:

- i. Na cozinha foram recolhidas duas amostras distintas: a primeira amostra diz respeito a recolha de pó vindo da remoção parcial do revestimento cerâmico das paredes.



Figura 26 - Remoção do revestimento cerâmico das paredes da moradia, Afife.

- ii. A segunda amostra é proveniente de pó de resíduos resultantes da abertura de roços nas paredes (em alvenaria de tijolo), onde foi feita a remoção dos revestimentos cerâmicos.



Figura 27 - Abertura de roços das paredes de alvenaria, moradia Afife.



Figura 28 - Abertura de roços da parede de alvenaria e no piso, moradia Afife.

2. Amostras recolhidas na cobertura:

- i. O segundo levantamento diz respeito a recolha de amostras numa placa, resultantes da remoção da cobertura de chapa ondulada de fibrocimento.



Figura 29 - Cobertura moradia em Placas de Fibrocimento, Afife.

Recolha da amostra de pó da placa de fibrocimento:

Figura 30 - Imagens da recolha do Amianto.

✓ Obra de reabilitação da Quinta particular, Mujães:

Nesta obra foram recolhidas amostras na cozinha, na sala e no exterior da habitação. Na cozinha a recolha foi feita em duas zonas, piso e soleira da janela. A terceira recolha, que diz respeito a parte exterior da habitação, foi depois descartada por poder estar contaminada com matéria orgânica.

Recolha no Piso:



Figura 31 - Recolha da 1ª amostra na cozinha.

Recolha na Soleira da janela:

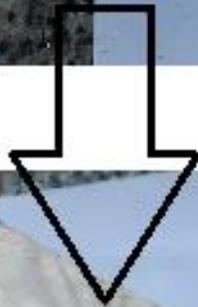


Figura 32 - Recolha da 2ª amostra na cozinha.

5.3. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS:

Após a recolha das amostras, as mesmas foram tratadas de forma a poder realizar as análises pretendidas. A montagem para observação foi realizada em pinos circulares de alumínio, utilizando cola para fixação.



Figura 33 - Pino metálico com as diferentes amostras de pó.

Para uma correta análise é necessário que as amostras sejam condutoras, mas, quando isto não acontece, é possível torná-las condutoras através de diversos processos físicos como evaporação ou então a deposição de iões. O revestimento das amostras leva igualmente a que as camadas depositadas melhorem o nível de emissão de eletrões, pois emitem mais eletrões que o material da amostra, facilitando a construção da imagem e previne a acumulação de campos elétricos estáticos na amostra devido a irradiação elétrica. Outra razão para a metalização, mesmo quando há condução mais do que suficiente, é melhorar o contraste. Geralmente o mais utilizado é o revestimento por deposição de iões metálicos de ouro (Au), liga de ouro-paládio (Au-Pd), platina (Pt), carbono (C), tungstênio, entre outros. O revestimento com carbono é usado para revestir regiões da superfície em que os átomos de ouro não têm cobertura efetiva, uma vez que são átomos maiores. Também é recomendado para superfícies com diferenças de altura, visto que pelo método da evaporação, os átomos espalham-se de forma mais uniforme. As fibras de carbono são aquecidas a uma temperatura a rondar os 2000°C, em vácuo, e evaporadas sobre a amostra. Apesar de o carbono não ser

propriamente um excelente emissor de elétrons, este elemento consegue fornecer um caminho condutor sobre as amostras mesmo em camadas muito finas, daí a sua grande.



Figura 34 - Deposição da camada de carbono no pino metálico.

Assim sendo, após a deposição do carbono no pino, as amostras foram observadas em Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV). A este equipamento estava acoplado um equipamento WDS, o que permitiu a obtenção da composição química elementar.



Figura 35 - Equipamento de Microscopia Eletrónica de Varrimento.

Para a visualização das imagens em MEV/EDS foi utilizado o modo de Baixo Vácuo, sendo que também existe a técnica em alto vácuo onde se obtém uma maior qualidade, sendo usada uma pressão parcial no interior da câmara de 1,33 mbar e uma tensão de aceleração de 30 kV. Foram tiradas várias fotomicrografias com resoluções distintas.

Apos a realização desta primeira análise em MEV/EDS, as amostras foram analisadas por difração de Raios-X (DRX), para permitir uma análise dos compostos cristalinos presentes. Para isso foi necessário previamente proceder á moagem das partículas num almofariz para que as amostras ficassem com um tamanho homogéneo.



Figura 36 - Moagem das amostras em almofariz.

Os minerais cristalinos presentes foram analisados por difração de raios-X, utilizando um difratómetro *Bruker D8 Advance DaVinci* com radiação $\text{Cu-K}\alpha$ filtrada com filtro de Ni, tensão aplicada de 40 kV e intensidade de corrente de 40 mA, numa gama de 2θ de 10 a 100° (passo de 0.02° e 0.5 segundos por passo). A identificação de fases foi realizada pelo *software* EVA 4.0 (*Bruker* AXS) com base em fichas JCCPS da ICDD. A quantificação das fases presentes foi calculada por refinamento de *Rietveld*, utilizando o *software* TOPAS versão 5 (*Bruker* AXS).

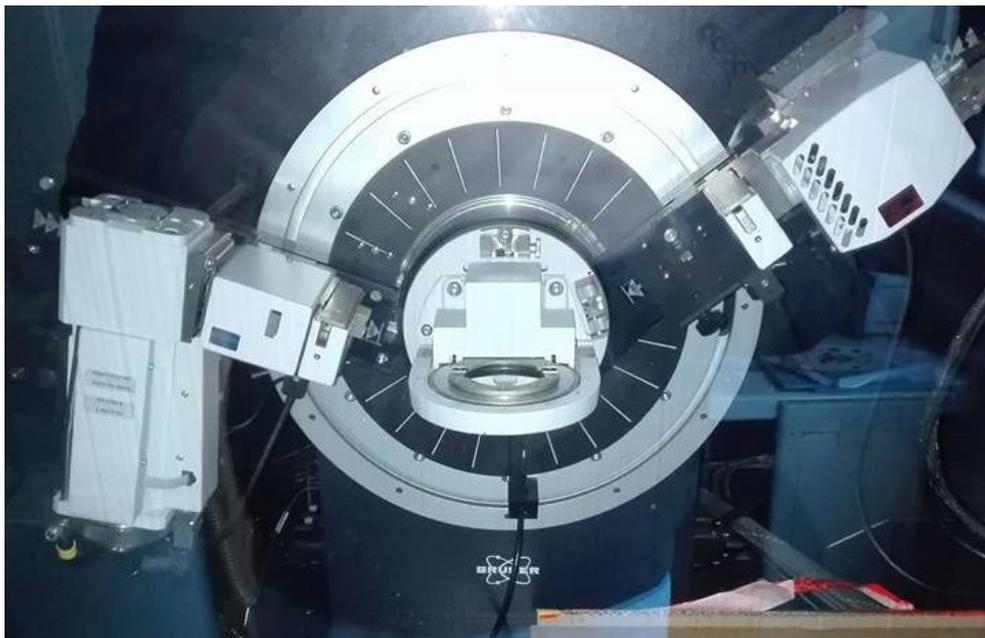


Figura 37 - Equipamento de Difracção Raios-X.

6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS:

6.1. MICROSCÓPIO ELECTRÓNICO DE VARRIMENTO (MEV):

Amostra 1 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):

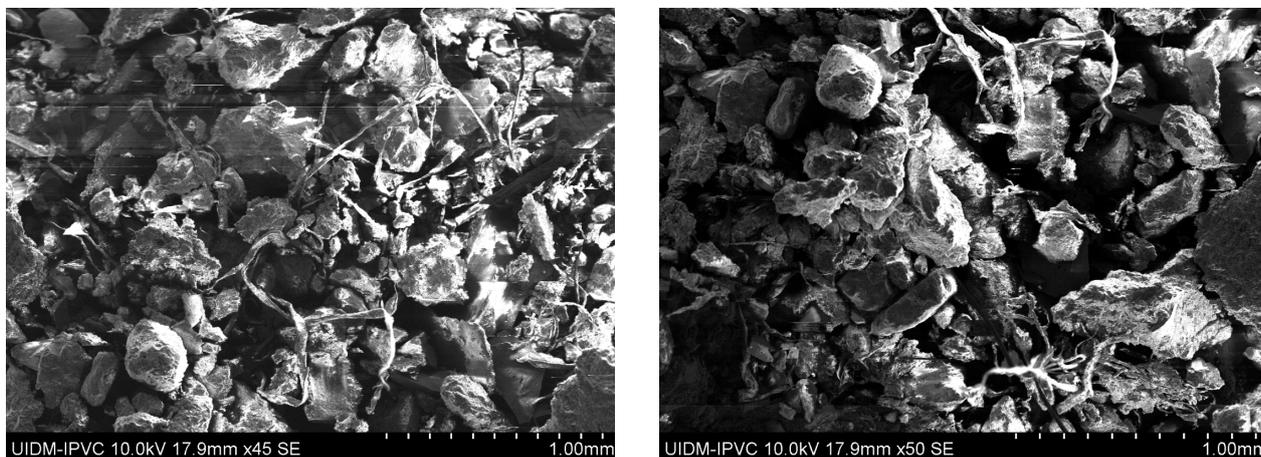


Figura 38 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 45x e a da direita com uma ampliação de 50x.

Análise da imagem da direita:

1. Tamanho:

Na amostra são visíveis partículas com tamanhos distintos, as partículas de maior dimensão tem cerca de 542,86 μm e as de menor dimensão, 71,43 μm .

2. Heterogeneidade:

É possível perceber pelas imagens que as partículas apresentam tamanhos diferentes, mas não existe uma diferenciação demasiado pronunciada.

Por sua vez, em termos de forma é possível verificar que a amostra é muito pouco homogénea apresentando partículas com formas completamente distintas.

3. Forma:

A amostra apresenta partículas com forma maioritariamente arredondada, existindo algumas partículas com formas mais pontiagudas. Em volta das partículas de maior dimensão são visíveis filamentos.

Amostra 2 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):

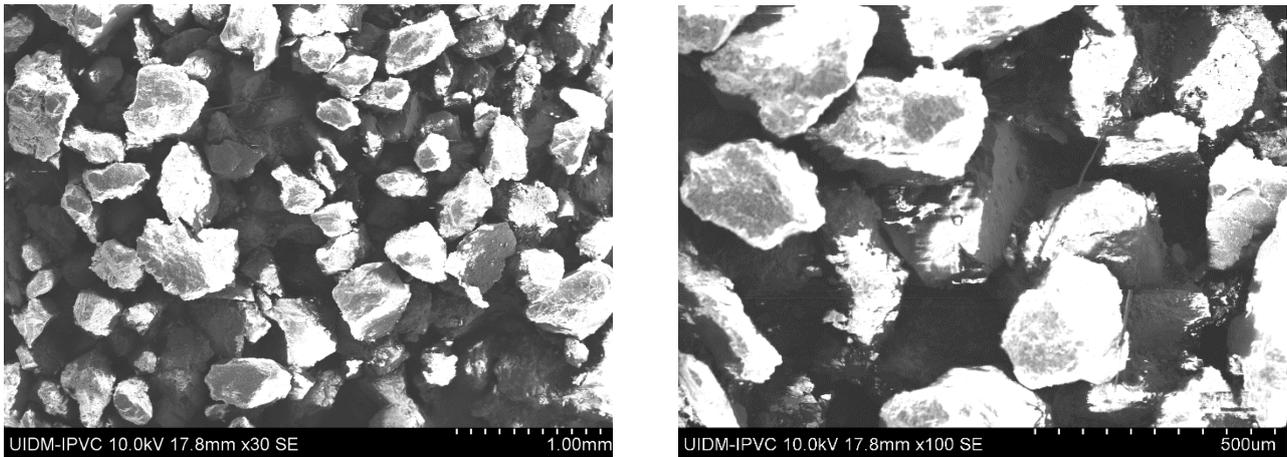


Figura 39 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 30x e a da direita com uma ampliação de 100x.

Análise imagem da esquerda:

1. Tamanho:

As partículas da amostra apresentam tamanhos semelhantes. As de maior dimensão têm o tamanho de cerca de 695,65 μm e as de menor dimensão de 204,35 μm .

2. Heterogeneidade:

Esta amostra pode ser considerada uma amostra homogênea, pois é possível verificar que, tanto em termos de forma como tamanho, se trata de uma amostra com partículas muito semelhantes.

É possível perceber pelas imagens que em relação à dimensão, as partículas são semelhantes, não apresentando uma diferença muito significativa.

Relativamente à forma, é possível ver que a amostra é muito equivalente apresentando partículas de formas muito semelhantes.

3. Forma:

A forma varia sensivelmente entre partículas ovais ou partículas com formas retangulares mais pontiagudas.

Amostra 3 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):

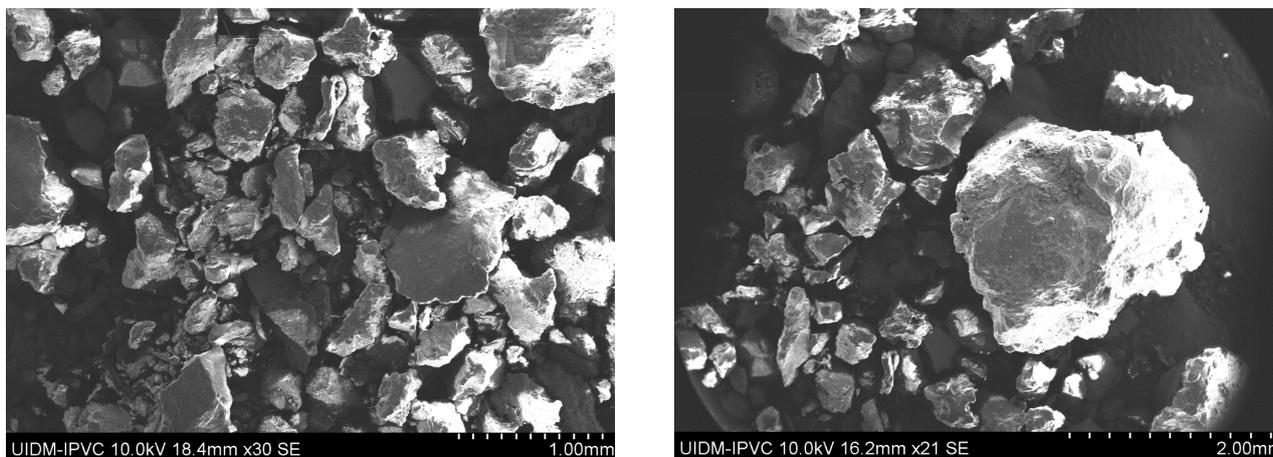


Figura 40 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 30x e a direita com uma ampliação de 21x.

Análise da imagem da esquerda:

1. Tamanho:

Na amostra são visíveis partículas com tamanhos muito distintos. As partículas de maior dimensão tem o tamanho de 1004,26 μm e as de menor tamanho têm a dimensão de 425,53 μm .

2. Heterogeneidade:

Esta amostra apresenta partículas com tamanhos e formas bastante diferentes.

É uma amostra com tamanhos muito distintos entre as partículas. A forma das partículas é igualmente muito diversificada, sendo que na sua maioria predominam partículas com uma forma mais alongada e pontiaguda.

3. Forma:

A forma das partículas é oval, arredondada ou partículas retangulares alongadas, podendo ser algo pontiagudas.

Amostra 4 (Obra de Mujães - Recolha na sala):

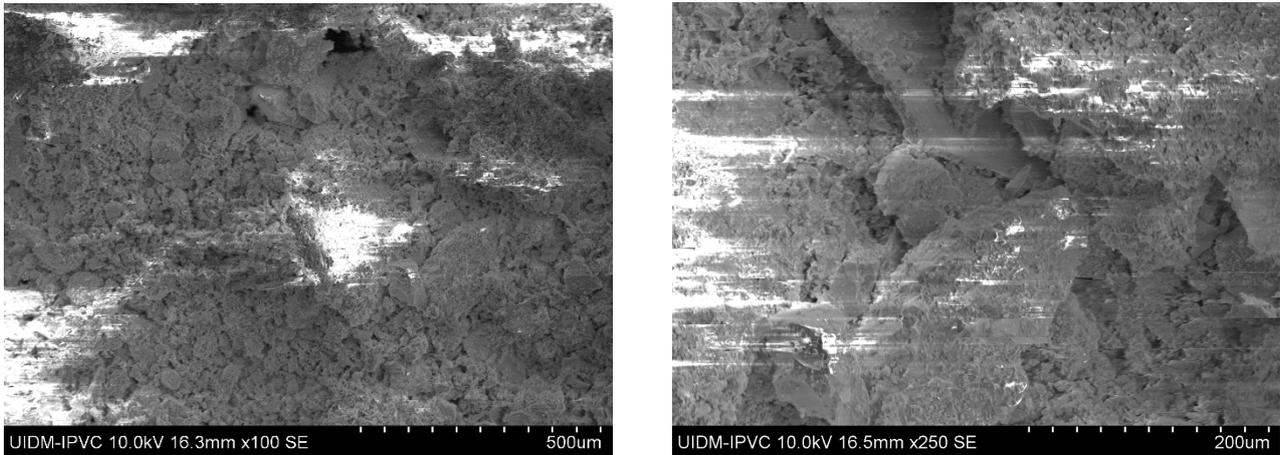


Figura 41 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 100x e a da direita com uma ampliação de 200x.

Análise da imagem da direita:

1. Tamanho:

É possível ao ver com atenção nas imagens que se trata de uma amostra onde predominam partículas de tamanhos muito reduzidos. Pelo meio existem partículas de maior dimensão, onde fica ideia que as partículas de menor dimensão fica “coladas”. As partículas de maior dimensão têm o tamanho de 242,96 µm e as de menor cerca de 10,37µm.

2. Heterogeneidade:

É possível perceber pelas imagens que se trata de uma amostra que podemos considerar homogénea em termos de tamanho das partículas, mesmo apresentando maioritariamente partículas de pequena dimensão onde são igualmente visíveis pelo meio uma partículas de maior dimensão.

3. Forma:

Em termos de forma é possível ver que a amostra é homogénea, sendo que as partículas de menor dimensão são maioritariamente ovais, e as de maior dimensão são maioritariamente alongadas e pontiagudas.

Amostra 5 (Obra de Mujães - Recolha na cozinha):

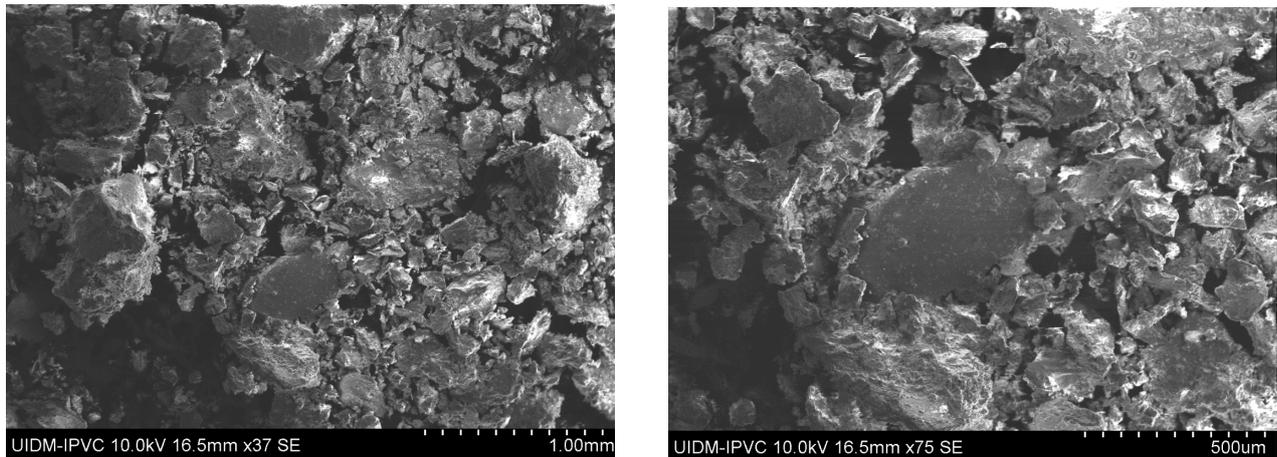


Figura 42 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 37x e a da direita com uma ampliação de 75x.

Análise da imagem da direita:

4. Tamanho:

Esta amostra é uma amostra de tamanhos muito diferentes, apresentando maioritariamente partículas de pequenos tamanhos, tendo pelo meio partículas com tamanhos muito maiores. As partículas de maior dimensão têm o tamanho de 657,89 μm e as de menor cerca de 28,07 μm .

5. Heterogeneidade:

É possível perceber pelas imagens que se trata de uma amostra heterogénea em termos de tamanho das partículas. Apresenta tamanhos muito distintos.

Em termos de forma é possível ver que a amostra é muito pouco homogénea apresentando partículas com formas muito distintas.

6. Forma:

A amostra apresenta partículas com formas ovais, retangulares e algumas arredondadas. As partículas são maioritariamente pontiagudas independentemente do seu tamanho.

Amostra 6 (Obra de Afife - Recolha da placa de fibrocimento):

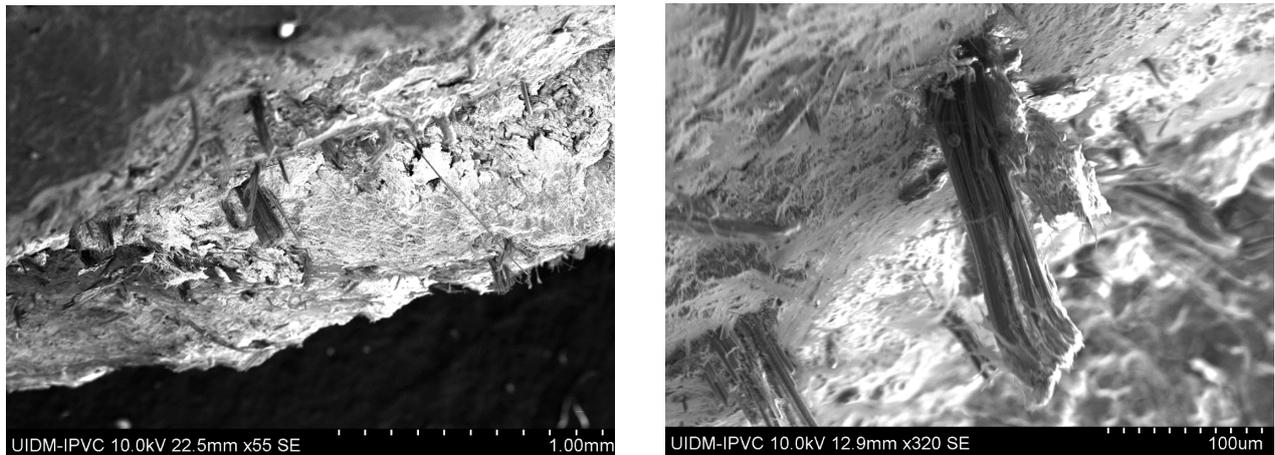


Figura 43 - Imagens da microscopia de varrimento, sendo a imagem da esquerda uma ampliação de 55x e a da direita com uma ampliação de 320x.

Análise da imagem da direita:

1. Tamanho:

Esta amostra é um caso particular, trata-se de pó de uma placa ondulada de fibrocimento, sendo que a amostra foi observada na forma de uma placa e não sob a forma de pós. Sendo assim, o interesse está mais direcionado para a observação das “agulhas de amianto” visíveis nas imagens. As partículas de maior dimensão têm o tamanho de 219,18 μm e as de menor tamanho têm a dimensão de 20,41 μm , isto em termos de comprimento das mesmas. Não é possível dar uma espessura concreta através deste ângulo obtido com as imagens.

2. Forma:

É possível ver pelas imagens que a forma das partículas é do tipo de agulhas, ou filamentos arredondados, sendo que as mesmas se apresentam aglomeradas. Essas agulhas estão espalhadas por toda a amostra.

Na tabela seguinte, é possível ver de forma resumida os resultados que foram anteriormente obtidos nas análises de microscopia eletrónica de varrimento.

Microscopia Eletrónica de Varrimento				
Amostras	Características			
	Tamanho		Heterogeneidade	Forma
Máximo	Mínimo			
Amostra 1	542,86µm	71,43µm	Heterogenia	Arredondada, Filamentos, Retangulares pontagudas
Amostra 2	695,65µm	204,35µm	Homogenia	Ovais ou Retangulares pontagudas
Amostra 3	1004,26µm	425,53µm	Heterogenia	Oval, Arredondadas ou Retangulares alongadas
Amostra 4	242,96µm	10,37µm	Homogenia	Ovais, Retangulares ou Arredondadas
Amostra 5	657,89µm	28,07µm	Heterogenia	Pontagudas; Ovais, Retangulares ou Arredondadas
Amostra 6	219,18µm	20,41µm	x	Agulhas ou Filamentos arredondados

Tabela 9 - Tabela resumo dos resultados que foram anteriormente obtidos nas análises de microscopia eletrónica de varrimento.

Podemos concluir com a análise das imagens das diversas amostras que, em todos os casos as amostra não são heterogéneas, mostrando partículas de distintas formas e tamanhos variáveis, à exceção da segunda amostra que apresenta tamanhos e formas na maioria muito semelhantes.

Com a análise de dispersão por comprimento de onda (WDS) perceber-se-á se o facto de as amostras serem recolhidas em zonas diferentes mas no mesmo edifício, faz com que as amostras apresentem composição química semelhante.

6.2. ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA (EDS):

Antes de mais, é preciso explicar que em todas as análises químicas o componente que se revelou mais presente foi o oxigénio, mas esse não é considerado nestas análises, pois apesar de poder fazer parte dos compostos, este surge numa quantidade elevadíssima em todas as análises, sendo que não é do nosso interesse estudar a percentagem de oxigénio. Este pode derivar do simples facto de que este pode derivar de componentes orgânicos presentes no pó das amostras. Sendo assim, nos gráficos foi ocultada a coluna referente ao oxigénio.

Amostra 1 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):

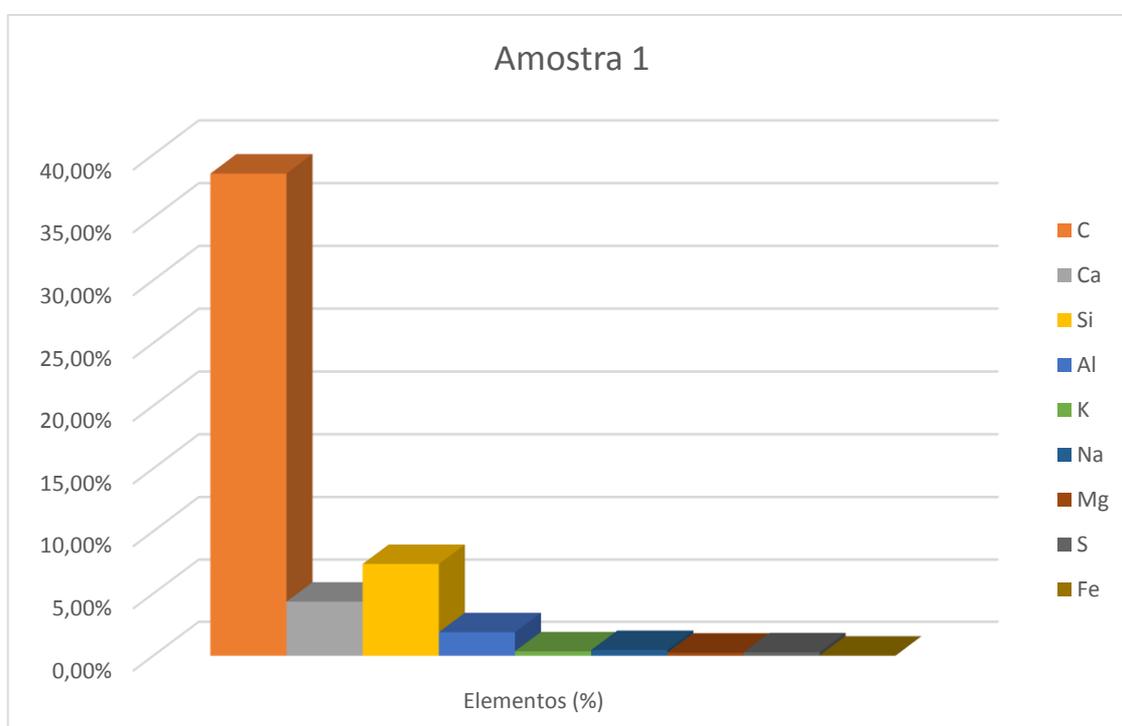


Tabela 10 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 1.

Observando o gráfico é possível ver que o constituinte químico que aparece em maior percentagem é o carbono (C), com um valor de 38,49%. Este valor elevado de carbono pode estar inflacionado pelo facto de antes de serem analisadas as amostras estas sofreram um processo de deposição de carbono a fim de facilitar a análise no MEV a que está associado o WDS. É possível verificar igualmente a presença de sódio (Na), num valor de 0,46% que pode não ser significativa e devida ao suor do contacto manual com a amostra. As percentagens de ferro (Fe), enxofre (S), magnésio (Mg) e potássio (K) são residuais, sendo elas de 0,02%, 0,28%, 0,26%, e 0,36% respetivamente. O cálcio (Ca), 4,35%, e o silício (Si), 7,38%, poderão estar

associados aos resíduos de argamassas. O alumínio (Al) presente, 1,89%, poderá ter a ver com elementos metálicos existentes no local ou constituinte de alguma tinta.

Amostra 2 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):

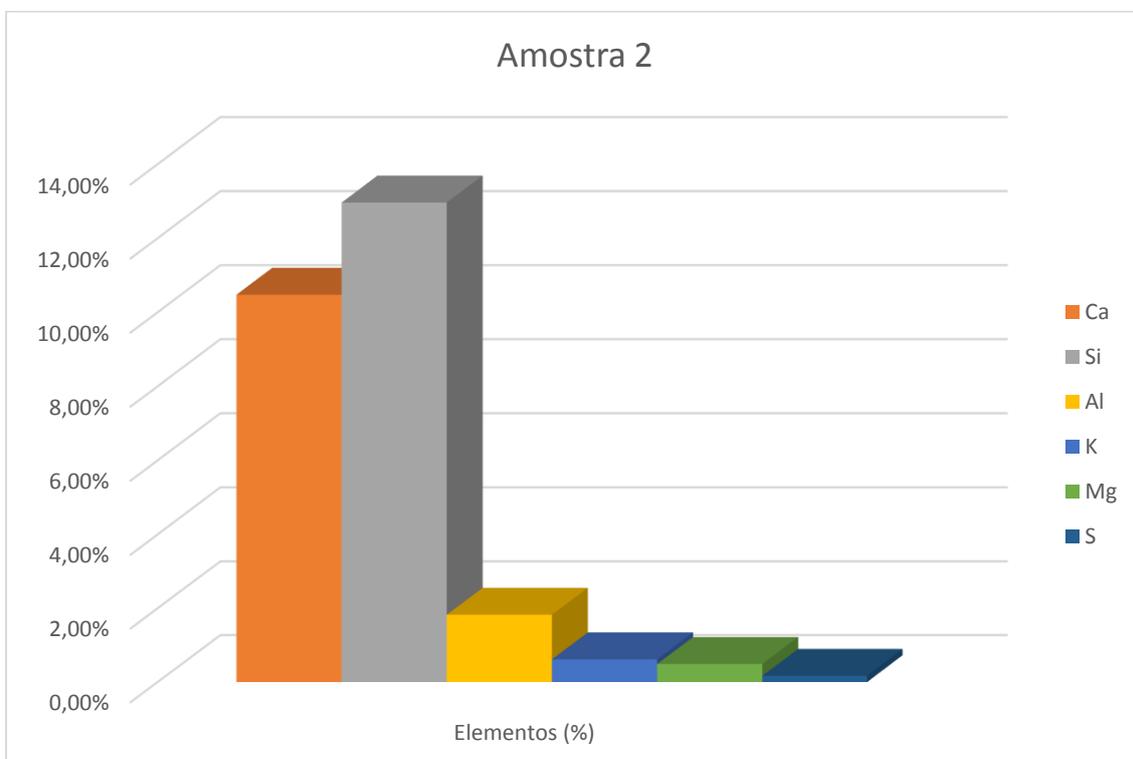


Tabela 11 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 2.

No gráfico desta amostra é possível observar que os componentes que se encontram em maior percentagem são o cálcio (Ca), com 10,48%, e o silício (Si), com percentagem de 12,97%. Estes valores, mais significativos em comparação com outras substâncias como o alumínio (Al), 1,83%, potássio (K), 0,62%, magnésio (Mg), 0,49%, enxofre (S), 0,17%, levam a concluir que existem resíduos de argamassas de reboco na amostra. Os valores mais residuais dos outros componentes podem derivar da presença de vestígios de tinta, na amostra de cimentos cola por exemplo.

Amostra 3 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):

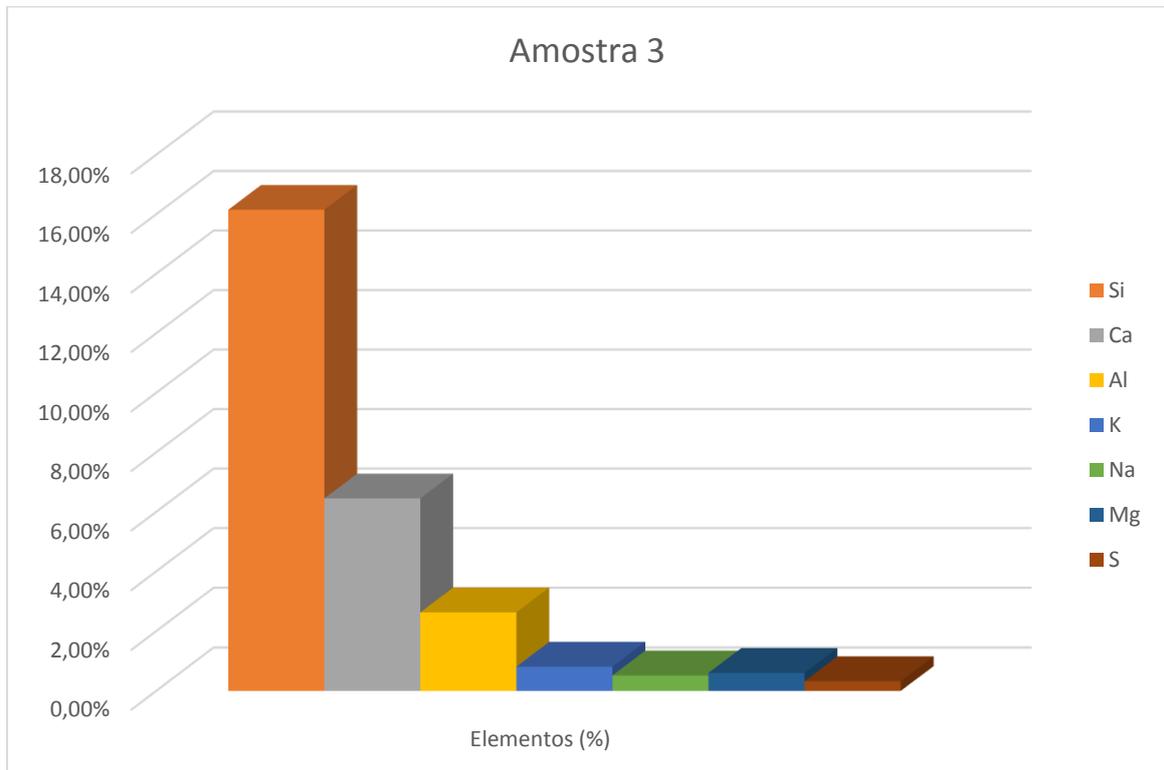


Tabela 12 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 3.

Nesta amostra o silício (Si), com uma percentagem de 16,15%, destaca-se claramente dos outros componentes, podendo isso indicar a presença de resíduos de granitos, pois a composição desta pedra natural consiste em sílica, como seu elemento ácido predominante. O segundo componente mais significativo é o cálcio (Ca), com 6,45%, e o alumínio (Al), com 2,63%. Os elementos potássio (K), 0,81%, sódio (Na), 0,52%, magnésio (Mg), 0,60% e enxofre (S), 0,32% aparecem em quantidades mais residuais.

Amostra 4 (Obra de Mujães - Recolha na sala):

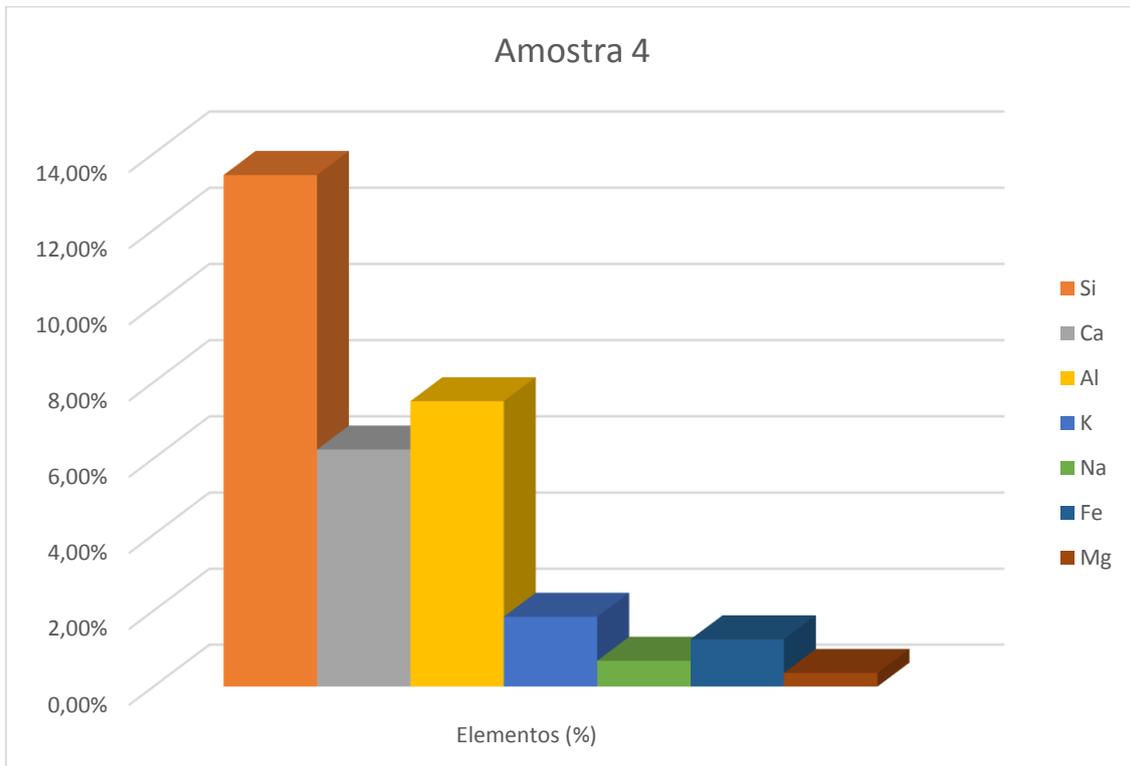


Tabela 13 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 4.

Nesta amostra o silício (Si), com uma percentagem de 13,44%, é o elemento químico predominante, o que pode ser sinal de uma presença de granitos no local. O segundo componente mais significativo é o alumínio (Al), com 7,50%, e o cálcio (Ca), com 6,23%. O potássio (K), com 1,84%, o sódio (Na), com 0,68%, o magnésio (Mg), com 0,36%, e o ferro (Fe), com 1,25%, são elementos químicos que também surgem nas análises com uma percentagem mais residual.

Amostra 5 (Obra de Mujães - Recolha na cozinha):

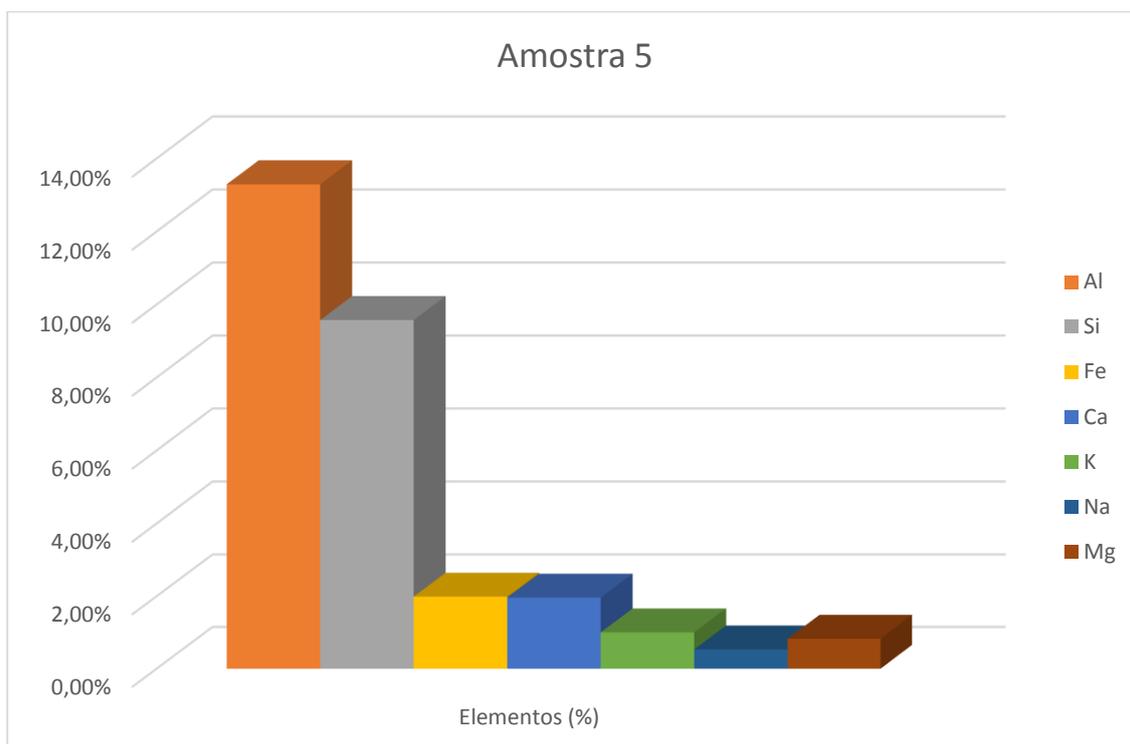


Tabela 14 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 5.

Nesta amostra o elemento que se destaca é o alumínio (Al), com uma percentagem de 13,29% que podemos considerar significativa em comparação com os restantes. Isto é indicativo de que existe predominância de materiais metálicos ou então de resíduos de mármore, visto que um dos maiores componentes da mesma é o óxido de alumínio. O silício (Si), com 9,57%, é o componente que se apresenta com segunda maior percentagem na amostra, sendo o cálcio (Ca), 1,96%, potássio (K), 1,00%, magnésio (Mg), 0,83% e o ferro (Fe), 1,99%, os restantes componentes presentes, estes em quantidades menos expressivas. O sódio (Na), com uma percentagem de 0,53%, também é detetado, sendo que este pode ser desprezado pois a sua existência pode derivar do suor.

Amostra 6 (Obra de Afife - Recolha da placa de fibrocimento):

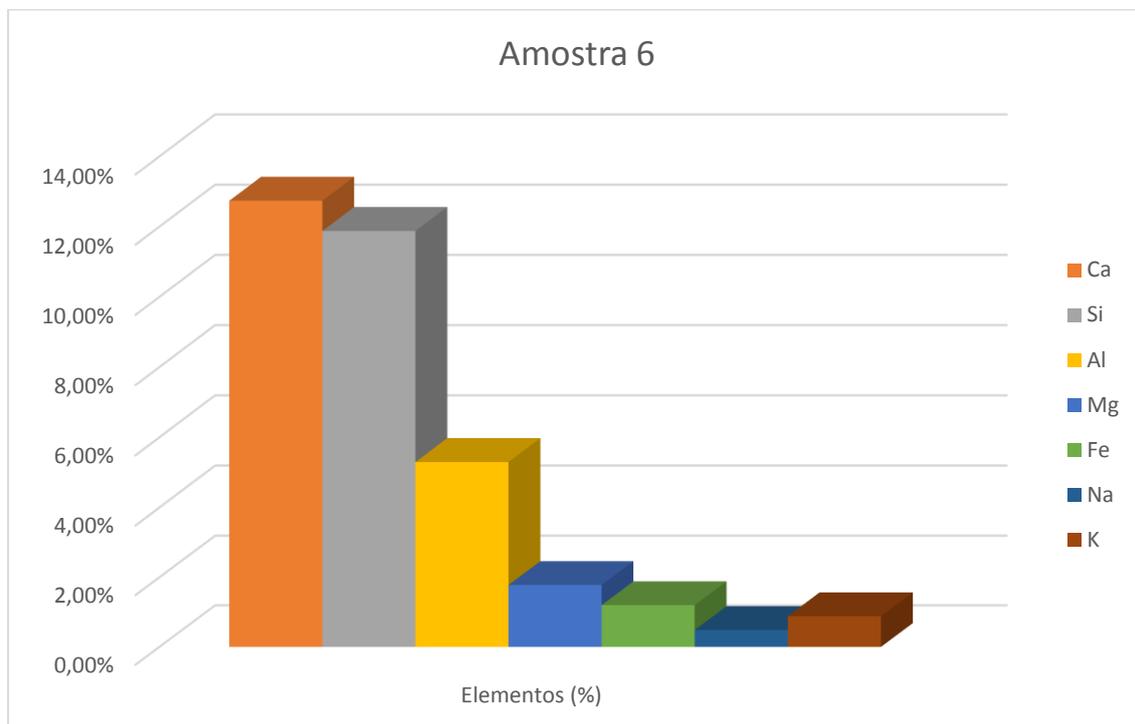


Tabela 15 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na amostra 6.

Esta é uma amostra em que é conhecida a sua composição, visto que se trata de pó de uma placa de fibrocimento. É possível ver, pelo gráfico, que os componentes que existem em maior predominância neste tipo de material são o cálcio (Ca), com 12,74%, silício (Si), com 11,88%, e o alumínio (Al), com uma percentagem de 5,29%. Também existem pequenas percentagens de potássio (K), 0,88%, magnésio (Mg), 1,78%, e ferro (Fe), 1,20%. Tal como anteriormente o sódio (Na), com 0,48%, pode ser desprezado por poder surgir devido ao manuseamento da amostra com as mãos.

Como é possível observar, o potássio (K), o cálcio (Ca), o silício (Si), o magnésio (Mg) e o alumínio (Al) são os constituintes comuns em todas as amostras. O carbono (C) surge apenas na primeira amostra. O enxofre (S) surge apenas na primeira, segunda e terceira amostra. O ferro apenas na primeira, quarta, quinta e sexta amostra.

A tabela que se segue é uma tabela resumo onde é possível ver quais os componentes existentes nas diversas amostras.

as análises surge sempre em quantidades residuais tal como o magnésio (Mg), o ferro (Fe) e o potássio (K).

O gráfico seguinte serve de gráfico ilustrativo de comparação das percentagens de cada componente nas diversas amostras.

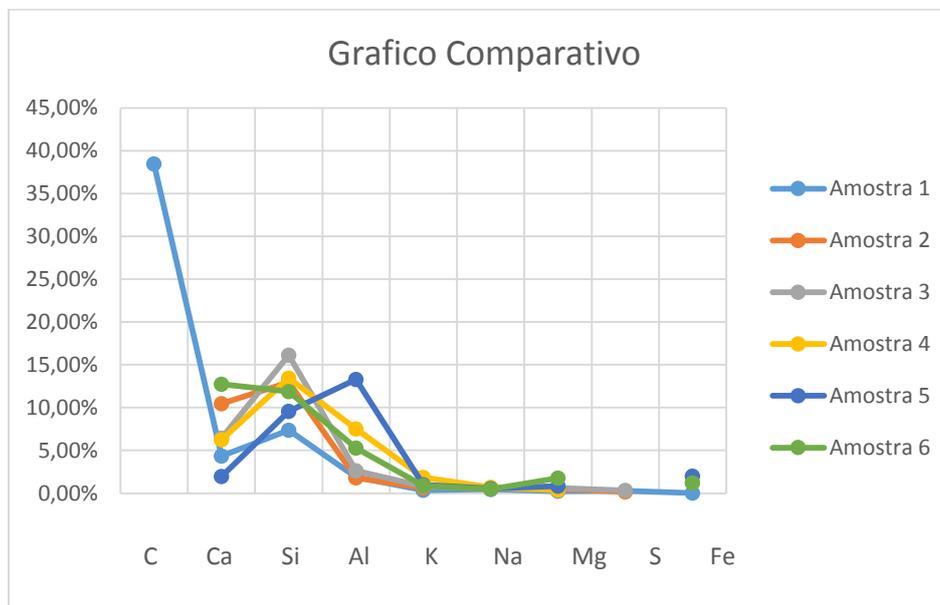


Tabela 18 - Gráfico ilustrativo de comparação das percentagens de cada componente nas diversas amostras.

6.3. DIFRACÇÃO DE RAIOS-X (DRX):

No difratómetro, é obtido um registo gráfico dos sinais que as reflexões originam em detetores eletrónicos de radiação. Para a análise correta dos difractogramas, são necessários dados de referência para estes servirem de base. Foram assim tidos como base os resultados da base de dados do equipamento, para a elaboração do WDS.

Os dados que servem de base são importantes para uma correta identificação dos compostos químicos existentes nas amostras e através dos mesmos é possível fazer uma identificação mais pormenorizada.

No estudo de análises DRX é importante ter uma noção do que são os Índices de Miller dos planos cristalinos. Os índices de Miller são uma notação utilizada em cristalografia para definir famílias de planos, ou seja, indicando-se as coordenadas de um vetor no espaço recíproco, que é normal à família de planos. Os índices de Miller são representados pela tripla entre parênteses (hkl), onde h, k e l são inteiros com maior divisor comum igual a 1, ou seja, em três dimensões.

Amostra 1 (Obra de Afife - Recolha da cozinha):

O seguinte gráfico diz respeito aos espectros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Afife.

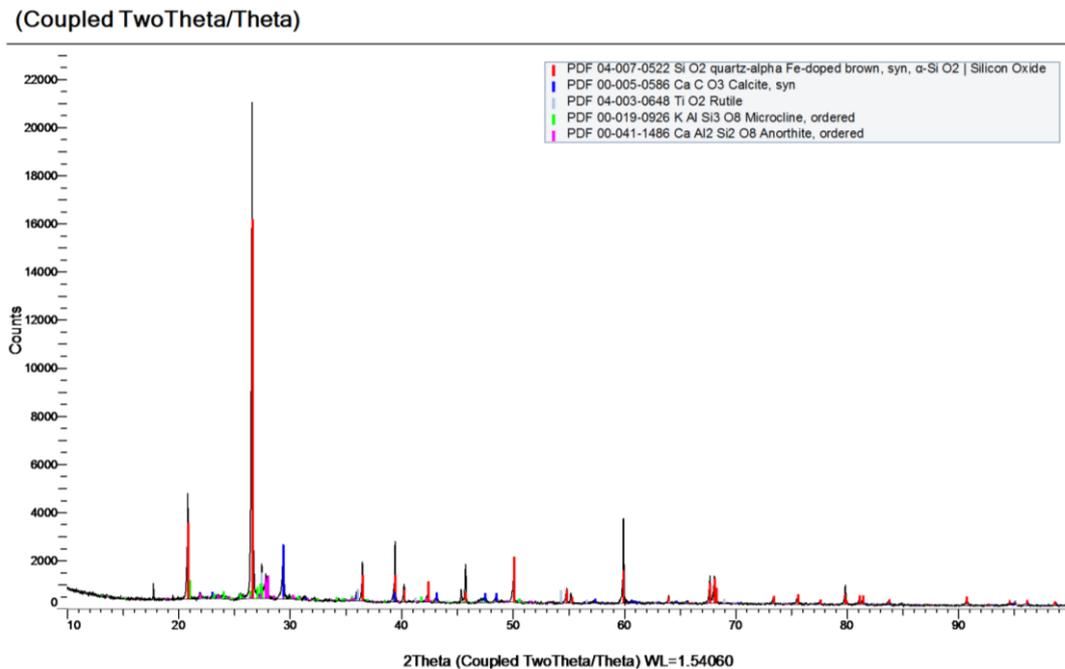


Figura 44 - Espectros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Afife.

Os picos de maior intensidade evidenciados através da análise DRX, correspondem aos seguintes compostos:

- ✓ Os picos de difração para a Sílica (SiO_2) surgem em correspondência aos ângulos de difração 2θ de, 20.9° , 26.7° , 50.5° e 59.5° .
- ✓ Os picos de difração para a Calcite (CaCO_3) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 29.2° .
- ✓ Os picos de difração para o Dióxido de Titânio (TiO_2) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de, 27.4° e 54.2° .
- ✓ Os picos de difração para a Microclina (feldspato alcalino) ($\text{KAl Si}_3\text{O}_8$) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de, 21.0° e 27.5° .
- ✓ Os picos de difração para a Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) o surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 27.9° .

Amostra 2 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):

O seguinte gráfico diz respeito aos espectros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Afife.

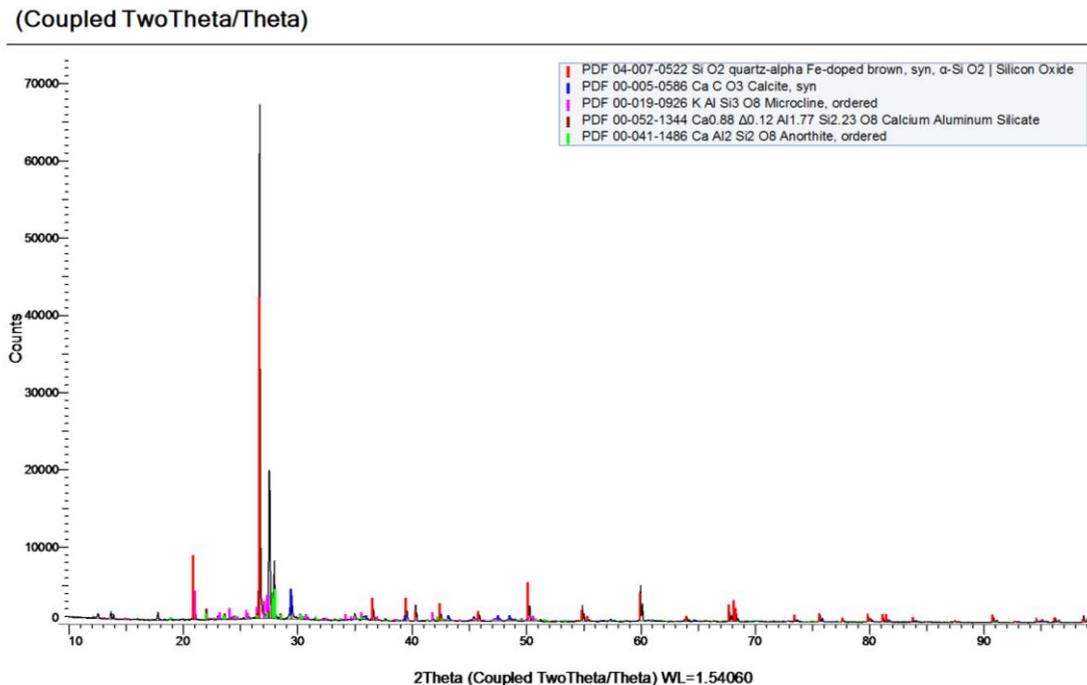


Figura 45 - Espectros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Afife.

Os picos de maior intensidade evidenciados através da análise DRX, correspondem aos seguintes compostos químicos:

- ✓ Os picos de difração para a Sílica (SiO_2) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 20.9° , 26.7° e 50.1° .
- ✓ Os picos de difração para a Calcite (CaCO_3) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 29.2° .
- ✓ Os picos de difração para a Microclina (feldspato alcalino) (KAlSi_3O_8) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 21.0° .
- ✓ Os picos de difração para o Silicato de Cálcio e Alumínio surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 22.0° .
- ✓ Os picos de difração para a Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) surgem em correspondência aos ângulos de difração 2θ de 27.9° e 28.0° .

Amostra 3 (Obra de Afife - Recolha na cozinha):

O seguinte gráfico diz respeito aos espetros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Afife.

(Coupled TwoTheta/Theta)

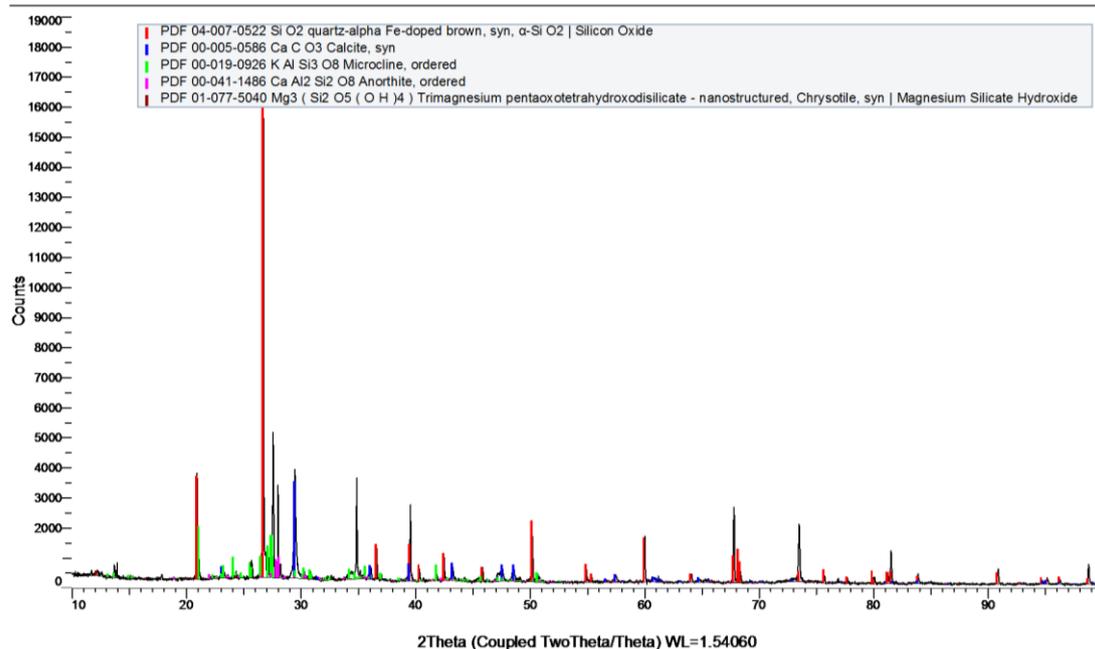


Figura 46 - Espetros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Afife.

Os picos de maior intensidade evidenciados através da análise DRX, correspondem aos seguintes compostos químicos:

- ✓ Os picos de difração para a Sílica (SiO_2) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 20.9° , 26.7° , 50.5° e 59.5° .
- ✓ Os picos de difração para a Calcite (CaCO_3) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 29.2° , 39.2° e 43° .
- ✓ Os picos de difração para a Microclina (feldspato alcalino) (KAlSi_3O_8) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 21.0° , 24.0° , 27.0° e 27.5° .
- ✓ Os picos de difração para a Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 27.9° e 28.0° .
- ✓ Os picos de difração para o Asbestos, ou Amianto, surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 24.3° .

Nota:

Asbestos ($Mg_3(Si_2O_5(OH)_4)$) e um asbesto do tipo Crisotila (amianto branco), também chamado “Serpentina”. Neste caso trata-se de fibras longas e enroladas.

O risco de desenvolver doenças relacionadas com o contacto com fibras de amianto, cancro do pulmão por exemplo, varia conforme o tipo de fibras em questão.

Estudos de grupos de pacientes expostos a fibras do tipo Crisotila mostram apenas um moderado aumento no risco do cancro do pulmão. Por outro lado, a exposição às fibras de anfibólio ou para uma conjugação de ambos os tipos de fibras aumenta o risco de cancro do pulmão em duas vezes (Articles, 2016).

Amostra 4 (Obra de Mujães - Recolha na sala):

O seguinte gráfico diz respeito aos espetros de DRX para a amostra recolhida na sala da obra de Mujães.

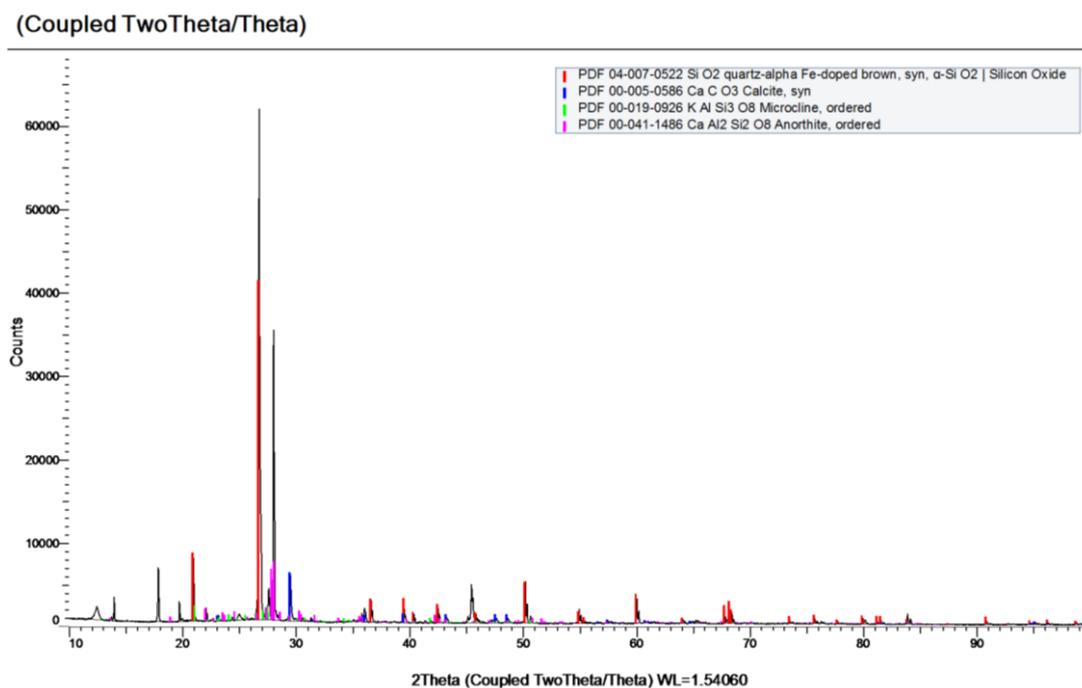


Figura 47 - Espetros de DRX para a amostra recolhida na sala da obra de Mujães.

Os picos de maior intensidade evidenciados através da análise DRX, correspondem aos seguintes elementos químicos:

- ✓ Os picos de difração para a Sílica (SiO_2) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 20.9° , 26.7° , 50.1° e 59.9° .
- ✓ Os picos de difração para a Calcite (CaCO_3) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 29.2° .
- ✓ Os picos de difração para a Microclina (feldspato alcalino) ($\text{KAl Si}_3\text{O}_8$) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 21.0° e 27.5° .
- ✓ Os picos de difração para a Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 27.9° e 28.0° .

Amostra 5 (Obra de Mujães - Recolha na cozinha):

O seguinte gráfico diz respeito aos espectros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Mujães.

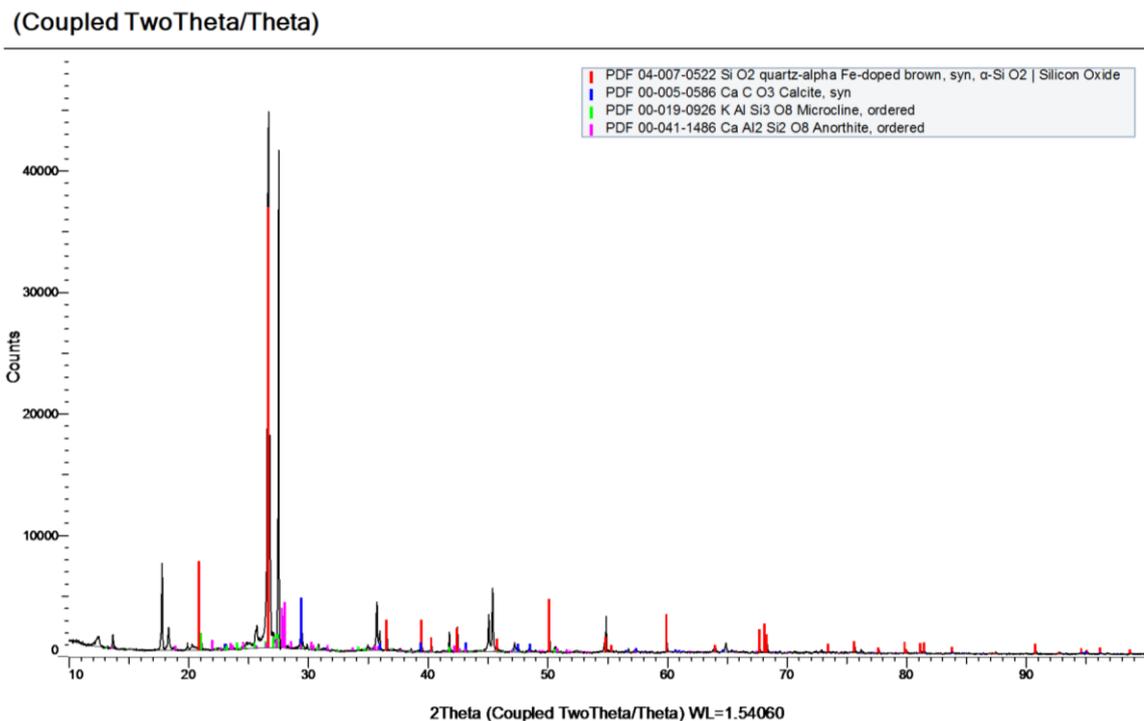


Figura 48 - Espectros de DRX para a amostra recolhida na cozinha da obra de Mujães.

Os picos de maior intensidade evidenciados através da análise DRX, correspondem aos seguintes elementos químicos:

- ✓ Os picos de difração para a Sílica (Si O₂) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 20.9°, 26.7°, 50.1° e 59.9°.
- ✓ Os picos de difração para a Calcite (CaCO₃) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 29.2°.
- ✓ Os picos de difração para a Microclina (feldspato alcalino) (KAl Si₃O₈) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 21.0° e 27.5°.
- ✓ Os picos de difração para a Anortita (CaAl₂Si₂O₈) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 27.9° e 28.0°.

Amostra 6 (Obra de Afife - Recolha da placa de fibrocimento):

O seguinte gráfico diz respeito aos espectros de DRX para a amostra da placa de fibrocimento recolhida na obra de Afife.

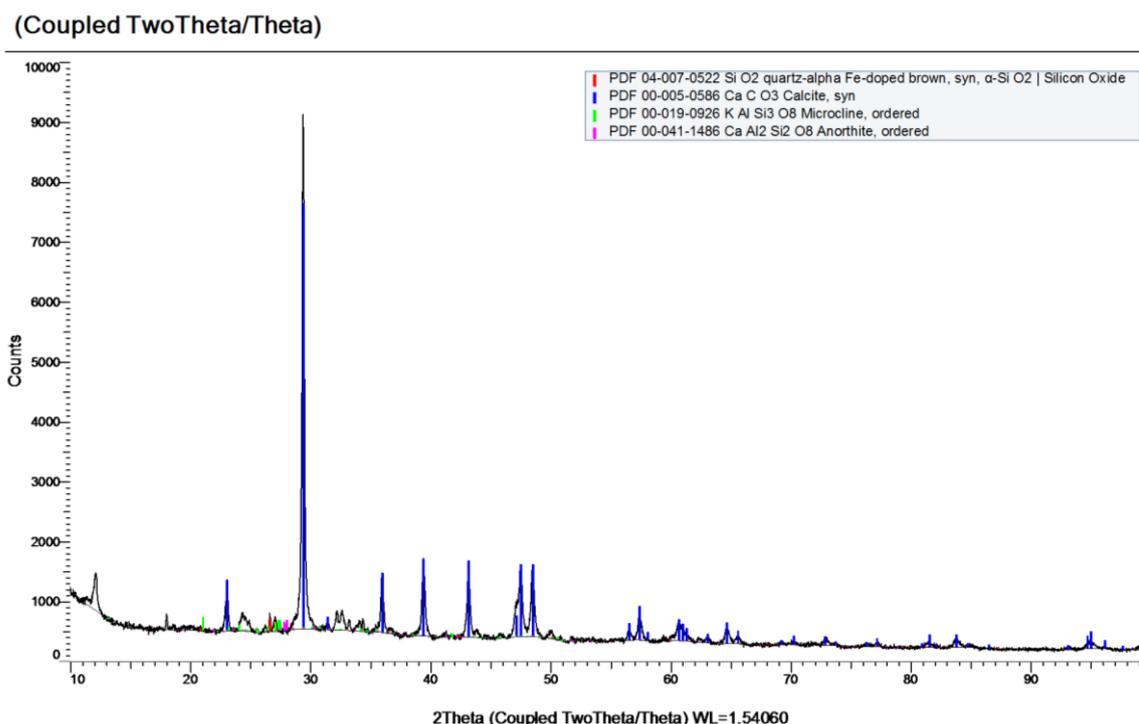


Figura 49 - Espectros de DRX para a amostra da placa de fibrocimento recolhida na obra de Afife.

Os picos de maior intensidade evidenciados através da análise DRX, correspondem aos seguintes elementos químicos:

- ✓ Os picos de difração para a Sílica (Si O₂) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 26.7°.
- ✓ Os picos de difração para a Calcite (CaCO₃) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 29.2°, 39.2°, 43.2°, 47.5° e 48.5°.
- ✓ Os picos de difração para a Microclina (feldspato alcalino) (KAl Si₃O₈) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 21.0° e 27.5°.
- ✓ Os picos de difração para a Anortita (CaAl₂Si₂O₈) surgem em correspondência aos ângulos de difração de 2θ de 27.9° e 28.0°.

6.4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS:

Para discutir os resultados obtidos com os resultados esperados, é necessário saber quais as composições químicas dos materiais que foram identificados no local. No ponto 2 desta dissertação já foram abordados estes temas.

Discussão dos resultados obtidos em WDS e DRX comparados com as composições químicas dos materiais existentes no local:

Para facilitar a análise dos resultados obtidos, será mais fácil analisar em conjunto as amostras recolhidas nos dois locais. Para isso serão analisadas em conjunto as seguintes amostras:

1. Conjunto de Amostras, 1, 2 e 3 - dizem respeito às recolhas obtidas na obra de reabilitação de Afife;
2. Conjunto de Amostras, 4 e 5, - dizem respeito às recolhas obtidas na obra de reabilitação de Mujães;
3. Amostra 6, referente a uma placa de fibrocimento da obra de reabilitação de Afife.

Materiais identificados nos locais de recolha e suas respectivas composições químicas predominantes:

Obra de reabilitação em Afife:

- ✓ Argamassas: Composição química: Quartzo (SiO_2), Potássio (K), Cal (Ca(OH)_2) e Feldspato (K, O, Na, Ca, Si, Al).
- ✓ Betão: Composição química: Silício (Si), Cálcio (Ca) e Oxigénio (O).
- ✓ Tubo de PVC: Composição química: Cloro (Cl), Carbono (C) e Hidrogénio (H).
- ✓ Metais: Composição química: Zinco (Zn) e Ferro (Fe).
- ✓ Gesso acartonado: Composição química: Cálcio (Ca), Enxofre (S), Oxigénio (O) e Hidrogénio (H).
- ✓ Cerâmicos: Composição química: Feldspato (K, O, Na, Ca, Si, Al), Argila (Si e Al) e Calcário (Si, Al e P).
- ✓ Cimento cola: Composição química: Areia e Cimento (Si e Ca).
- ✓ Isolamentos: Composição química essencialmente: Alumínio (Al), Ferro (Fe), Magnésio (Mg), Potássio (K) e Cálcio (Ca).
- ✓ Tintas: Composição química: Carbonato de Cálcio (CaCO_3).

Obra de reabilitação em Mujães:

- ✓ Argamassas: Composição química: Quartzo (SiO_2), Potássio (K), Cal (Ca(OH)_2) e Feldspato (K, O, Na, Ca, Si, Al).
- ✓ Granitos: Composição química essencialmente: Quartzo (SiO_2) e Feldspato (K, O, Na, Ca, Si, Al).
- ✓ Metais: Composição química essencialmente: Zinco (Zn) e Ferro (Fe).
- ✓ Isolamentos: Composição química essencialmente: Alumínio (Al), Ferro (Fe), Magnésio (Mg), Potássio (K) e Cálcio (Ca).

- ✓ Tintas: Composição química essencialmente: Carbonato de Cálcio (CaCO_3).

Obra de reabilitação em Afife (pó de fibrocimento):

- ✓ Amianto ou asbesto, nas placas: Composição química: Silicatos hidratados de ferro e magnésio que podem conter também cálcio e sódio.

A. Resultados obtidos em **WDS** relativos ao **conjunto 1** de amostras recolhidas:

Elementos	Amostra		
	1	2	3
Carbono (C)	X		
Cálcio (Ca)	X	X	X
Silício (Si)	X	X	X
Alumínio (Al)	X	X	X
Potássio (K)	X	X	X
Sódio (Na)	X		X
Magnésio (Mg)	X	X	X
Enxofre (S)	X	X	X
Ferro (Fe)	X		

Tabela 19 - Quadro de composição química das amostras 1, 2 e 3.

Como é possível verificar, a composição química obtida nas análises WDS está de acordo com as composições químicas dos materiais que foram identificados no local da recolha, com a exceção do aparecimento de Enxofre (S) componente químico que à partida não seria esperado. Este facto pode resultar da infiltração de águas das chuvas, podendo conter enxofre, ou pode ter origem na existência de teias de aranha, por exemplo.

Segundo o WDS também foi possível apurar que as percentagens mais elevadas são as seguintes:

Na amostra 1: Carbono (C) com 38,49%, seguido do Silício (Si) com 7,38%;

Na amostra 2: Silício (Si) com 12,97%, seguido do Cálcio (Ca) com 10,48%;

Na amostra 3: Silício (Si) com 16,15%, seguido do Cálcio (Ca) com 6,45%.

B. Resultados obtidos em **DRX** relativos ao **conjunto 1** de amostras recolhidas:

Na amostra 1, a composição da amostra foi a seguinte: Sílica (SiO₂), Calcite (CaCO₃), Dióxido de Titânio (TiO₂), Microclina (feldspato alcalino) (KAlSi₃O₈) e Anortita (CaAl₂Si₂O₈);

Na amostra 2, a composição da amostra foi a seguinte: Sílica (SiO₂), Calcite (CaCO₃), Dióxido de Titânio (TiO₂), Microclina (feldspato alcalino) (KAlSi₃O₈) e Anortita (CaAl₂Si₂O₈) e Silicato de cálcio e alumínio (Ca_{0.88} Al_{0.12} Si_{2.23} O₈);

Na amostra 3, a composição da amostra foi a seguinte: Sílica (SiO₂), Calcite (CaCO₃), Dióxido de Titânio (TiO₂), Microclina (feldspato alcalino) (KAlSi₃O₈) e Anortita (CaAl₂Si₂O₈) e Asbestos (Mg₃(Si₂O₅(OH)₄)).

Nota: Asbestos (Mg₃(Si₂O₅(OH)₄)) e um asbesto do tipo Crisotila (amianto branco), também chamado “Serpentina”. Neste caso trata-se de fibras longas e enroladas.

Nos resultados WDS destacam-se a presença em maior quantidade de Silício (Si) e de Cálcio (Ca), que aparecem na forma de em Sílica (Quartzo) (SiO₂) e Calcite (CaCO₃), em DRX.

Na amostra 3, existe a presença de Asbestos (Amianto), constituinte que não era esperado, podendo esse facto derivar de uma contaminação da amostra 3 com a amostra 6. Essa contaminação pode ter sido derivada de um mau acondicionamento da amostra nos respetivos sacos de recolha, por exemplo.

A tabela seguinte faz a relação existente entre os materiais previamente identificados no local de recolha das amostras com os resultados obtidos em DRX:

	Materiais identificados no local
Sílica (Quartzo)	Argamassa; Betão; Isolamentos; Gesso acartonado
Calcite	Argamassa; Betão; Isolamentos; Tubos PVC
Dióxido de Titânio	Cimento Cola
Microclina	Argamassa; Cerâmicos
Silicato de cálcio e alumínio	Tinta
Asbestos	Sem materiais identificados

Tabela 20 - Relação dos materiais identificados com os resultados obtidos em DRX (1º conjunto de amostras).

A. Resultados obtidos em **WDS** relativos ao **conjunto 2** de amostras recolhidas:

Elementos	Amostra	
	4	5
Carbono (C)		
Cálcio (Ca)	X	X
Silício (Si)	X	X
Alumínio (Al)	X	X
Potássio (K)	X	X
Sódio (Na)	X	X
Magnésio (Mg)	X	X
Enxofre (S)		
Ferro (Fe)	X	X

Tabela 21 - Quadro de composição química das amostras 4 e 5.

É possível ver que a composição química obtida nas análises WDS está de acordo com as composições químicas que foram apuradas segundo os materiais que foram identificados no local da recolha.

Segundo o WDS também foi possível apurar que as percentagens mais elevadas são as seguintes:

Na amostra 4: Silício (Si) com 13,44%, seguido do Alumínio (Al) com 7,50%;

Na amostra 5: Alumínio (Al) com 13,29%, seguido do Silício (Si) com 9,57%.

B. Resultados obtidos em **DRX** relativos ao **conjunto 2** de amostras recolhidas:

Na amostra 4, a composição foi a seguinte: Sílica (SiO_2), Calcite (CaCO_3), Microclina (feldspato alcalino) (KAlSi_3O_8) e Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$);

Na amostra 5, a composição foi a seguinte: Sílica (SiO_2), Calcite (CaCO_3), Microclina (feldspato alcalino) (KAlSi_3O_8) e Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$).

Nos resultados de WDS destacaram-se a presença em maior quantidade de Silício (Si) convertido em Sílica (Quartzo) (SiO_2), e de Alumínio (Al), nas formas de Microclina (feldspato alcalino) (KAlSi_3O_8) e Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), segundo os resultados de DRX.

A tabela seguinte faz a relação existente entre os materiais previamente identificados no local de recolha das amostras com os resultados obtidos em DRX:

	Materiais identificados no local
Sílica (Quartzo)	Argamassa; Isolamentos; Granitos
Calcite	Argamassa; Isolamentos; Granitos
Anortita	Granitos
Microclina	Argamassa; Cerâmicos

Tabela 22 - Relação dos materiais identificados com os resultados obtidos em DRX (2º conjunto de amostras).

A. Resultados obtidos em **WDS** relativos a amostra do “conjunto” 3:

	Amostra
Elementos	6
Carbono (C)	
Cálcio (Ca)	X
Silício (Si)	X
Alumínio (Al)	X
Potássio (K)	X
Sódio (Na)	X
Magnésio (Mg)	X
Enxofre (S)	
Ferro (Fe)	X

Tabela 23 - Quadro de composição química da amostra 6.

A composição química obtida nas análises WDS está igualmente de acordo com as composições químicas que foram apuradas segundo o estudo dos constituintes da placa de fibrocimento no local onde foi realizada a recolha.

Segundo o WDS também foi possível apurar que as percentagens mais elevadas são as seguintes:

Na amostra 6: Cálcio (Ca) com 12,74%, seguido do Silício (Si) com 11,88%.

B. Resultados obtidos em **DRX** relativos ao “conjunto” 3:

Na amostra 6, a composição da amostra foi a seguinte: Sílica (SiO_2), Calcite (CaCO_3), Microclina (feldspato alcalino) (KAlSi_3O_8) e Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$);

Nos resultados WDS destacaram-se a presença em maior quantidade de Silício (Si) na forma de Sílica (Quartzo) (SiO_2), e de Cálcio (Ca), que surgem como sendo Calcite (CaCO_3) e Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), na análise por DRX.

É de notar neste caso particular, por se tratar de uma amostra de pó de placa de fibrocimento, que poderíamos ser induzidos a esperar uma presença mais relevante de Asbesto (Amianto), no entanto tal não acontece, e de facto as maiores concentrações são efetivamente as de Cálcio (Ca) e de Silício (Si).

A tabela seguinte serve de tabela resumo onde estão descritos todos os resultados obtidos tanto nas análises WDS como nas análises DRX:

		Análises WDS	Análises DRX
Obra de Afife	Amostra 1	C; Ca; Si; Al; K; Na; Mg; S; Fe	Sílica (SiO_2); Calcite (CaCO_3); Dióxido de Titânio (TiO_2); Microclina (KAlSi_3O_8); Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)
	Amostra 2	Ca; Si; Al; K; Mg; S	Sílica (SiO_2); Calcite (CaCO_3); Dióxido de Titânio (TiO_2); Microclina (KAlSi_3O_8); Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$); Silicato de cálcio e alumínio ($\text{Ca}_{0.88} \Delta_{0.12} \text{Al}_{1.77} \text{Si}_{2.23} \text{O}_8$)
	Amostra 3	Ca; Si; Al; K; Na; Mg; S	Sílica (SiO_2); Calcite (CaCO_3); Dióxido de Titânio (TiO_2); Microclina (KAlSi_3O_8); Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$); Silicato de cálcio e alumínio ($\text{Ca}_{0.88} \Delta_{0.12} \text{Al}_{1.77} \text{Si}_{2.23} \text{O}_8$); Asbestos ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$)
Obra de Mujães	Amostra 4	Ca; Si; Al; K; Na; Mg; Fe	Sílica (SiO_2); Calcite (CaCO_3); Microclina (KAlSi_3O_8); Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)
	Amostra 5	Ca; Si; Al; K; Na; Mg; Fe	Sílica (SiO_2); Calcite (CaCO_3); Microclina (KAlSi_3O_8); Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)
Obra de Afife	Amostra 6	Ca; Si; Al; K; Na; Mg; Fe	Sílica (SiO_2); Calcite (CaCO_3); Microclina (KAlSi_3O_8); Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)

Tabela 24 - Tabela resumo da discussão de resultados obtidos em WDS e DRX.

7. MEDIDAS PREVENTIVAS ÀS POEIRAS:

Existem três formas possíveis de exposição às poeiras, sendo estas:

- ✓ Exposição cutânea;
- ✓ Exposição por ingestão;
- ✓ Exposição por inalação.

Pode-se definir como principais medidas de prevenção a adotar e bem delimitadas, as seguintes (Poeiras, 2010):

- a) Dar informação/formação aos trabalhadores sobre os riscos associados à manipulação de materiais potencialmente perigosos (amianto, radão, sílica, chumbo, cimento, carvão, entre outros) e medidas de prevenção e procedimentos a observar;

É de grande importância dar informação e formação aos trabalhadores sobre os riscos de manipulação dos materiais perigosos, bem como a minimização da duração da exposição, as atividades. Estas devem ser organizadas de forma a serem executadas durante o tempo estritamente necessário, e devem ser organizadas de forma a serem executadas pelo número de trabalhadores estritamente necessário, bem como em zonas condicionadas e com acesso limitado.

- b) Delimitar e sinalizar a zona de trabalho com identificação dos elementos perigosos, como se ilustra na figura 50;



Figura 50 - Imagem ilustrativa de delimitação de obras (Gerador de preços, s.d.).

É de grande importância a delimitação do local de trabalho, quer para evitar a entrada de pessoas estranhas ao estaleiro, quer para a proteção contra terceiros e dos trabalhadores, minimizando o risco de acidentes em obra. A sinalização de perigo (figura 51) é tão mais importante consoante o tipo de perigo existente no local, seja ele físico ou químico.

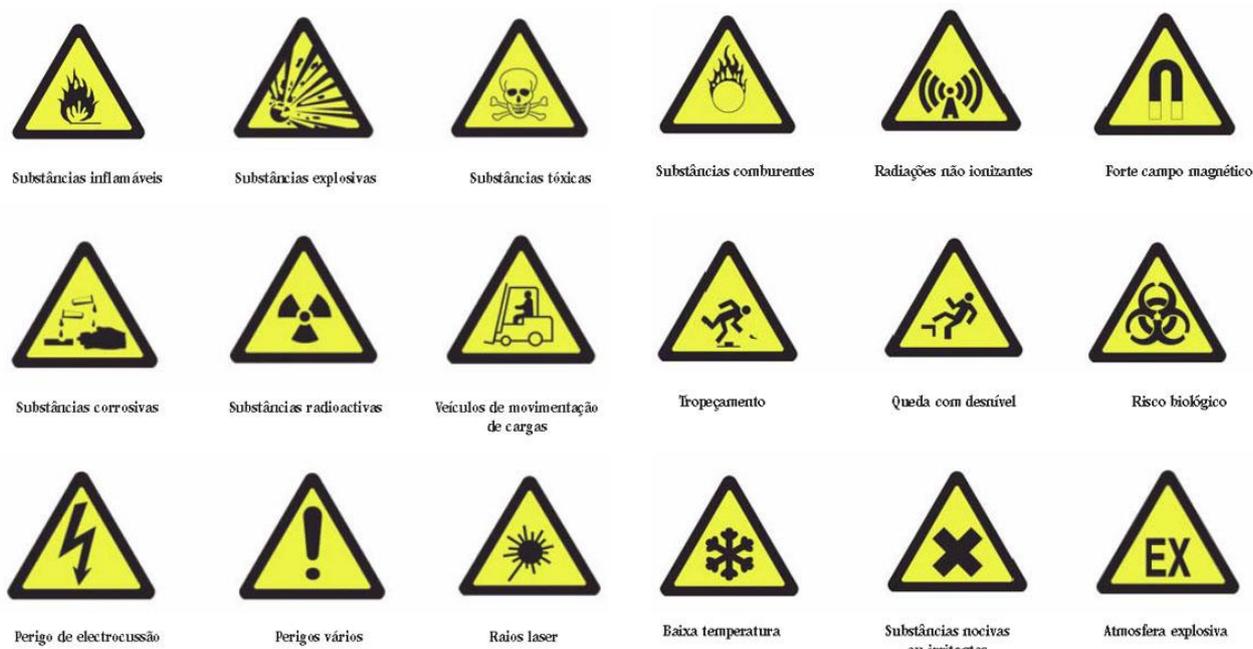


Figura 51 - Sinais de identificação de perigos em obra (José Baptista, s.d.).

- c) Afetar e disponibilizar máquinas e equipamentos de trabalho com prévia verificação das respetivas condições de utilização e manutenção;

Os equipamentos deverão ser selecionados e instalados tendo em conta as características do agente a manipular, bem como a área envolvente do local onde serão instalados. Estes equipamentos, tal como as instalações afetas deverão igualmente ser alvo de revisão e manutenção sistemática, com registo documental da respetiva execução.

- d) Montar os equipamentos de proteção coletiva planeados e assegurar a utilização efetiva e correta dos equipamentos de proteção individual previstos;

Os Equipamentos de Proteção Coletiva (figura 52), tem como objetivo proporcionar a preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, em geral, bem como a de terceiros.

Os Equipamentos de Proteção Coletiva podem ir desde a sinalização de segurança, fitas e barreiras de delimitação do local, proteção de partes móveis de máquinas e equipamentos, corrimão de escadas, capelas químicas, guardas corpos e rodapé entre outros. Estes

equipamentos permitem por exemplo, reduções nos acidentes de trabalho, melhor comodidade por ser equipamento coletivo face ao equipamento de proteção individual, melhoria nas condições do trabalho, um baixo custo a longo prazo e uma maior eficácia e eficiência nas atividades (Bressi, O que é um EPC?, 2015).



Figura 52 - Equipamentos de proteção coletiva (Bressi, O que é um EPC?, 2015).

Neste ponto inclui-se um tipo específico de proteção coletiva que são os extratores ou ventiladores:

Os extratores consistem na aspiração dos agentes químicos perigosos o mais próximo possível do local onde são gerados. Desta forma, impede-se que o contaminante se disperse no ambiente de trabalho. A extração localizada constitui o método mais adequado para o controlo das concentrações atmosféricas de substâncias em suspensão no ar e que apresentam um risco potencial para a saúde ocupacional (Poeiras, 2010).

Os ventiladores por sua vez consistem numa diluição rápida do agente químico em ar não contaminado, geralmente por colocação de ventiladores localizados em janelas ou sobre as cabeças nos locais de trabalho. Os ventiladores podem operar trazendo ar não contaminado a um ambiente, desta maneira forçando o agente químico a sair através das saídas naturais, tais como portas e janelas, ou através da sucção do ar ambiente gerando um vácuo parcial, que é preenchido pela entrada de ar não contaminado (Poeiras, 2010).

Na figura 53 podemos ver o exemplo de dois tipos de extrator de ar e de ventilador.



Figura 53 - Exemplos de extrator e ventilador de ar (Mecalux Logismarket, 2000-2017).

Os aspersores de água (figuras 54) são também um método conhecido de proteção coletiva.

Através de um método de nebulização, as micro gotas de água dispersadas pelo sistema conseguem atrair as partículas de pó e fazer com que estas entrem em processo de precipitação. O débito de água usada na nebulização por cada sistema varia consoante o canhão industrial adquirido, sendo que pode atingir valores entre os 0,2 L/min e os 0,5 L/min, no caso dos macro aspersores os valores incidem entre os 16 L/min e os 32 L/min. Deste modo é possível o abatimento das poeiras, sem dar um efeito molhado. Nestes sistemas são produzidas micro gotas de água inferiores a 10 micron uma vez que quanto menores as gotas, maior capacidade possuem de captar as partículas do pó (Micro Aspersores, 2017).

Estes sistemas são muito vantajosos pois permitem:

- Abatimento de pó;
- Redução dos riscos de Incêndio;
- Redução da temperatura nos meses mais quentes;
- Melhoramento das condições de ambiente de trabalho;
- Redução do pó suspenso em cerca de 80% (Em alguns casos é mesmo possível alcançar os 100% de redução de pó suspenso);
- Portabilidade do sistema;
- Baixo custo de manutenção.



Figura 54 - Aspersores utilizados na demolição de edifícios (Micro Aspersores, 2017).

Outro tipo de proteção existente e com igual importância são os Equipamentos de Proteção Individual (figura 55). Estes são responsáveis pela proteção e integridade do indivíduo com o intuito também de minimizar os riscos ambientais do ambiente de trabalho e promover a saúde, bem-estar e evitar os acidentes e doenças ocupacionais (Raffaella Bressi, 2017).

De acordo com o Ministério do Trabalho e Emprego “Todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.” (Ministério do Trabalho e Emprego).

É relevante informar que é da obrigação da entidade patronal, identificar os riscos, definir os equipamentos de proteção individual necessários para combater esses mesmos riscos, e é de igual obrigação fornecer os equipamentos e assegurar-se de que os mesmos são utilizados.

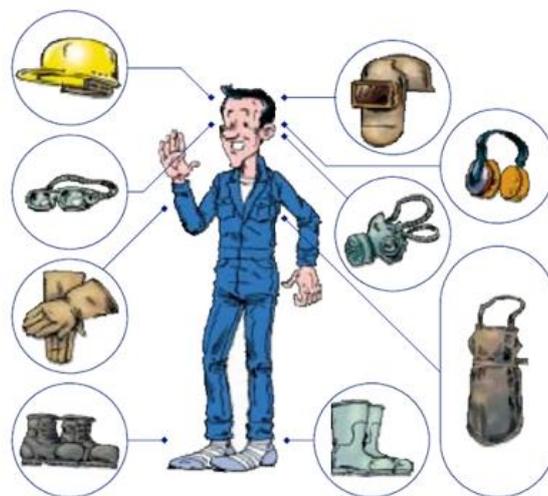


Figura 55 - Equipamentos de proteção individual (Márcia Jorge, s.d.).

- e) Aspirar e/ou lavar os equipamentos e ferramentas;

Os locais de trabalho e as instalações deverão também ser alvo de medidas de higiene adequadas. A limpeza do local de trabalho e instalações não deverá constituir um risco adicional para o trabalhador que a execute. Deverão ser promovidas boas práticas de trabalho que incluam tarefas de arrumação e limpeza (“housekeeping”) (Poeiras, 2010).

- f) Após saírem das zonas de trabalho com exposição ao risco químico e físico, os trabalhadores deverão passar sempre pela zona de descontaminação, para limpeza pessoal (tal como exemplificado na figura 56).

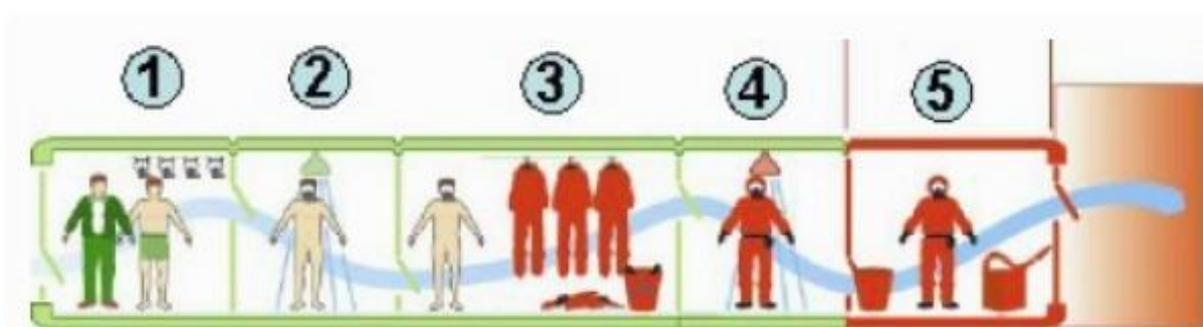


Figura 56 - Esquema exemplificativo de como efetuar a descontaminação (Dias, 2016).

As boas práticas, correspondem a uma unidade com cinco compartimentos, com dois compartimentos de duche. Este sistema de cinco compartimentos destina-se a trabalhadores que usem fatos-macaco impermeáveis e selados que são lavados debaixo do chuveiro. Após a remoção dos fatos-macaco lavados, que podem ser guardados no compartimento central, o trabalhador utiliza o chuveiro do compartimento seguinte (Dias, 2016). A unidade de descontaminação deverá apresentar os seguintes requisitos:

- i. Ser inteiramente lavável, com chuveiro de água quente adaptável e áreas separadas, quer para o vestuário limpo, quer para o vestuário de trabalho descartável contaminado;
- ii. Existir um certificado que comprove as características referidas no parágrafo anterior;
- iii. Apresentar o «compartimento limpo» aquecido para ser possível mudar de roupa em condições adequadas;
- iv. Ser testada e considerada isenta de contaminação antes de chegar ao estaleiro;

- v. Apresentar espelhos que permitam aos trabalhadores verificar se estão a colocar corretamente o equipamento de proteção respiratória, bem como o fato-macaco;
- vi. Existir, no mínimo, um chuveiro (unidade de descontaminação) por cada quatro operários.

Quando se fala em medidas de proteção individual é impossível não associar as mesmas aos equipamentos de proteção individual. Estes equipamentos são a última barreira física que existe entre o trabalhador e o agente perigoso. Sabendo que as principais vias de contaminação do ser humano no local de trabalho são por inalação, ingestão ou cutânea, é muito importante fazer uma correta proteção respiratória, ocular e cutânea.

Quando existe contacto com agentes perigosos, é essencial completa e correta proteção. Tal requer que haja uma total impermeabilização do corpo através de equipamento especializado.

Como equipamentos de proteção individual mais frequentes tem se:

- Fatos-macacos descartáveis;
- Luvas descartáveis;
- Máscaras;
- Botas laváveis;

Também é importante evitar o contacto das poeiras com os olhos. Para isso, deverão ser igualmente utilizados equipamentos adequados. Neste caso, os equipamentos de proteção individual mais conhecidos são:

- Óculos de proteção;
- viseira de proteção;
- Lava-olhos (permitem a descontaminação rápida e eficaz dos olhos).

No mercado existe uma vasta gama de equipamentos de proteção individual disponíveis. Dessa forma, os equipamentos deverão ser escolhidos tendo em conta o tipo de poeiras existentes no ambiente do local de trabalho. De seguida são apresentados vários exemplos dos equipamentos de proteção individual antes referidos para cada caso específico.

7.1. POR INALAÇÃO:

Na exposição por inalação, as poeiras alojam-se nos pulmões podendo aí permanecer durante anos, o que mais tarde pode levar a doenças graves. Um dos exemplos mais conhecidos é o do amianto. As suas fibras ficam em suspensão no ar quando mexidas, são inaladas e alojam-se nos pulmões, ficando presas nos alvéolos. Esse processo é irreversível, ou seja, não voltando essas fibras a soltar-se ou a serem expulsas pelo organismo.

Para proteção das vias respiratórias, é essencial o uso de proteções que não permitam que as poeiras entrem no nosso organismo. Pode-se assim recorrer a:

- a) Máscara auto filtrante;
- b) Semi máscara mais filtro ou;
- c) Máscara mais filtro;

Nas figuras 57 e 58 são apresentados dois exemplos de proteção individual para as vias respiratórias:

MÁSCARAS FFP1, FORMATO CONCHA SEM VÁLVULA:



Breve descrição do material:

Formato concha. Ajuste nasal regulável. Reforço da orla em mousse sobre o ajuste nasal. Teste opcional de dolomite para um conforto respiratório prolongado (Segurvest, s.d.).

Figura 57 - Mascara sem válvula (Segurvest, s.d.).

MÁSCARAS FFP3 FORMATO CONCHA COM VÁLVULA:



Breve descrição do material:

Formato concha. Ajuste nasal regulável. Junção facial integral ultra macia. Válvula de expiração alta performance (Segurvest, s.d.).

Figura 58 - Mascara com válvula (Segurvest, s.d.).

7.2. POR INGESTÃO:

No que diz respeito à exposição por ingestão, esta pode ocorrer através de alimentos e águas que estejam contaminadas, sendo que a sua ingestão não é recomendável.

É relevante ter a noção de que em caso de possível ingestão de alimentos ou água contaminada, os efeitos nocivos para a saúde podem ocorrer a curto ou longo prazo. Em caso de “envenenamento”, que provoque efeitos secundários instantâneos, é imperativo que o trabalhador, ou a pessoa em questão, se desloque o mais rapidamente possível a um posto de saúde apropriado a fim de ser corretamente observado por um responsável de saúde qualificado.

Os hábitos contrários às medidas de higiene pessoal mais elementares favorecem a ingestão involuntária e sistemática dos agentes químicos perigosos existentes no local de trabalho. Neste caso devem ser adotadas medidas de higiene adequadas, devem ser tomadas medidas como a proibição de comer, beber ou fumar nos locais onde estejam presentes agentes perigosos.

Deste modo, ao trabalhador que manipule agentes químicos, deve ser facultada roupa de trabalho, promovendo-se a sua utilização durante o horário de trabalho, devem igualmente

existir instalações para higiene pessoal, que possam ser usadas antes das refeições evitando assim uma possível contaminação dos alimentos, e no final de cada dia de trabalho, devendo assim ser disponibilizados locais para guardar, em separado, a roupa de trabalho e a roupa pessoal.

7.3. VIA CUTÂNEA:

No que diz respeito à exposição cutânea, desta podem resultar lesões localizadas em forma de nódulos, abrasão na pele, irritação ou reações alérgicas, mais ou menos pronunciadas. A exposição pode ser evitada facilmente com medidas de precaução simples, tais como a utilização de luvas e fatos de proteção durante o contacto com os materiais.

Na proteção cutânea podem ser usados:

- a) Luvas de proteção (luvas essas que devem ser escolhidas consoante o agente com o qual a pessoa, ou trabalhador, vai ter contacto. As luvas deverão ser, preferencialmente, descartáveis para que não haja risco de perda da sua máxima efetividade;
- b) Fatos de proteção;
- c) Calçado de proteção.

Nestes casos pode se também incluir, como métodos de proteção, os chuveiros de segurança e os lava-olhos. Estes constituem um sistema de emergência mais habitual para os trabalhadores que manipulam agentes químicos perigosos (Poeiras, 2010).

Nas figuras 59, 60, 61, 62 e 63 são apresentados vários exemplos de proteção individual para proteções cutâneas:

FATO DESCARTÁVEL:

Figura 59 - Fato descartável (Segurvest, s.d.).

Breve descrição do material:

Macacão descartável com micróporos capa laminada. Elástico na cintura, pulsos e tornozelos. “Zip” com o gabinete aba. Proteção contra poeiras, “sprays” e líquidos. Oferece uma barreira contra microrganismos. Anti estático (Segurvest, s.d.).

FATO-MACACO COM CAPUZ DESCARTÁVEL, COSTURAS ESTANQUES:

Figura 60 - Fato descartável de costuras estanques (Segurvest, s.d.).

Breve descrição do material:

Fato de macaco com capuz elástico. Fecho com “zip”, duplo cursor sob pala. Elástico de aperto na cintura, atrás, e nos tornozelos. Punhos de malha. 70% polipropileno, 30% polietileno. Anti estático (Segurvest, s.d.).

LUVA EM LÁTEX REVESTIDA A BORRACHA, ALTA VISIBILIDADE:



Figura 61 - Luva em Latex (Segurvest, s.d.).

Breve descrição do material:

Luva de malha látex alta qualidade, sem costuras. Revestimento em borracha, na palma e ponta dos dedos. 100% Látex. Revestimento, 100% borracha (Segurvest, s.d.).

LUVAS DESCARTÁVEIS EM NITRILO, COM PÓ:



Figura 62 - Luva descartável com pó (Segurvest, s.d.).

Breve descrição do material:

Luvras nitrilo ambidestras, com pó, por dentro com amido de milho. Uso único (Segurvest, s.d.).

BOTA IMOBILIZADORA PARA ESTALEIRO:**Breve descrição do material:**

Botas imobilizadoras, para estaleiro, antiderrapante, contra perfuração e resistente à abrasão (Etché Securite, s.d.).

Figura 63 - Botas laváveis (Etché Securite, s.d.).

Neste sentido de proteção cutânea também pode ser inserida a proteção da visão. Nas figuras 64 e 65 serão exemplificados dois exemplos de equipamentos adequados para a proteção da visão:

ÓCULOS VISITANTE POLICARBONATO:**Breve descrição do material:**

Óculos policarbonato monobloco incolor. Ventilação direta lateral. Proteções laterais. Perfuração das hastes para cordão (Segurvest, s.d.).

Figura 64 - Óculos policarbonato (Segurvest, s.d.).

ÓCULOS PANORÂMICOS CINZA:Breve descrição do material:

Óculos panorâmicos policarbonato incolor. Ventilação indireta. Armação flexível em policloreto de vinilo (PVC) e “nylon”. Ecrã largo com efeito antirreflexo. Ecrã panorâmico adaptável ao suporte de óculos de correção e à meia-máscara respiratória de uso curto. Larga banda elástica (Segurvest, s.d.).

Figura 65 - Óculos panorâmicos (Segurvest, s.d.).

7.4. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA OS CASOS DE ESTUDO:

Nas amostras estudadas foram detetadas partículas que podem ser nocivas para a saúde numa exposição prolongada, mas de modo geral nenhuma delas se encontra na forma de gases ou vapor químico, sabemos assim que a forma mais correta de combate aos agentes nocivos nestes casos é a utilização de fatos de proteção corporal (total, sendo eles descartáveis ou não), botas, luvas e viseiras, tais os exemplos que foram dados ao longo dos pontos 7.1, 7.2 e 7.3.

No que toca a utilização de proteção individual sobre a forma de máscara, temos de obedecer ao que as normas europeias nos dizem, através do conhecimento do poder de retenção as partículas que pretendemos.

Normas Europeias:

Norma	Definição
EN 136	Máscaras completas características, ensaios e marcação.
EN 140	Semi máscaras e quartos de máscara - Requisitos, ensaios e marcação.
EN 141	Conjunto bucal com pinça nasal - Características, ensaios e marcação.
EN 148-1	Uniões roscadas para peças faciais - Parte 1 - União roscada normal.
EN 149	Semi máscaras filtrantes contra as partículas - Características, ensaios e marcação.

Tabela 25 - Normas Europeias sobre utilização de máscaras.

Os EPI's de vias respiratórias do tipo filtrante, só devem ser utilizados quando a concentração de oxigénio na atmosfera seja de, pelo menos 16% em volume.

Os filtros empregues nas máscaras classificam-se em:

1. **Mecânicos** - proteção de pós e partículas, distinguem-se pela cor branca, letra **P** e o número de acordo com o seu poder de retenção;

P1 - poder de retenção normal para partículas sólidas,

P2 - alto poder de retenção para partículas sólidas e líquidas,

P3 - máximo poder de retenção para partículas sólidas e líquidas.

2. **Químicos** - protegem de gases e vapores químicos classificados por letra, cor e o número indica o poder de retenção (1, 2 ou 3).

Nº	
1	Normal
2	Alto
3	Máximo

3. **Combinados (mecânicos e químicos)** - protegem simultaneamente gases e partículas, distinguem-se pela combinação de letras, números e cor.

Teríamos assim de fazer a utilização de **máscaras de filtros mecânicos** para a proteção de pós e partículas. Não sabendo ao certo qual o tamanho mais reduzido de partícula que estes filtros conseguem reter, a escolha mais correta seria optar pelo lado da segurança fazendo uma escolha de **referências P2 ou P3**, que dizem respetivamente respeito a um alto ou máximo poder de retenção de partículas sólidas e líquidas.

8. CONCLUSÃO:

Chegado ao fim deste trabalho de investigação podem considerar-se atingidos os objetivos propostos no início do mesmo. Hoje em dia a reabilitação assume um papel cada vez mais importante no setor da construção, daí a importância de estudos sobre as medidas preventivas, a ter em conta na caracterização das partículas de pó, considerando a possibilidade de efeitos nocivos sobre a saúde dos trabalhadores. É importante realizar análises como as descritas ao longo da dissertação, ensaios MEV, ensaios EDS ou WDS e ensaios DRX, pois através dos mesmos consegue-se ter uma visão geral dos elementos que se poderão encontrar nos materiais dos edifícios em estudo, e também perceber a existência de elementos com potencial tóxico para a saúde humana.

É igualmente importante fazer um estudo dos materiais que existiam no local das demolições, pois como foi possível verificar existiam muitos materiais que apresentam na sua composição química elementos semelhantes. Este conhecimento prévio facilita assim a correspondência dos elementos químicos com os diferentes materiais.

Sabendo que foram escolhidos dois edifícios de idades diferentes, um mais antigo e outro mais recente, foi possível concluir que não existiam diferenças significativas nos elementos presentes. Também não foram encontrados metais pesados, cobre, chumbo, crómio ou amianto no estudo do edifício mais antigo. No entanto no edifício mais recente foram encontrados elementos como amianto, sendo que a sua presença seria espectável uma vez que se tratava de um telhado em placas de fibrocimento.

Na análise WDS e DRX da obra mais recente (Afife), concluiu-se que os elementos obtidos estão de acordo com os elementos que estavam presentes no local, aparecendo C, Ca, Si, Al, K, Na, Mg e F. No entanto detetou-se a presença de enxofre (S), elemento que não era esperado e que pode estar relacionado com a existência de matéria orgânica nas amostras. Não surgiram elementos previsíveis como P, Zn e Cl, derivados de cerâmicos, metais e tubos de PVC, respetivamente. Na obra mais antiga (Mujães), os elementos obtidos, Ca, Si, Al, K, Na, Mg e F, estão de acordo com os elementos que seria previsível de encontrar. Neste caso também não foram descobertos elementos como o Zn, que de certa forma era previsto.

Na comparação dos elementos presente nas diferentes obras foi possível ver que não existem diferenças acentuadas. Apenas uma diferença ao nível do teor em carbono (C) foi observada, elemento que existe apenas numa das amostras da obra de Afife. Pode-se igualmente concluir

que a maior diferença visível está ao nível das percentagens dos elementos presentes, predominando o C, Si e Ca na obra mais recente, e o Si e o Al na obra mais antiga.

Os elementos químicos comuns encontrados nas obras foram: quartzo (SiO_2), podendo encontrar-se em argamassas e granitos; potássio (K) podendo encontrar-se em argamassas e isolamentos; cal (Ca(OH)_2), podendo encontrar-se em argamassas; feldspato (K, O, Na, Ca, Si, Al) podendo encontrar-se em granitos, argamassas e cerâmicas; cálcio (Ca) podendo encontrar-se em betão, gesso, cimento cola, amianto e isolamentos; zinco (Zn) podendo encontrar-se em metais; ferro (Fe) podendo encontrar-se em metais, isolamentos e amianto; alumínio (Al), podendo encontrar-se em isolamentos; magnésio podendo encontrar-se em isolamentos e amianto; e carbonato de Cálcio (CaCO_3), podendo encontrar-se em tintas.

Elementos como o silício (Si), que pode ser encontrado no betão; o cloro (Cl), o carbono (C), o Hidrogênio (H), que podem encontrar-se nos tubos de PVC; o hidrogénio (H), pode encontrar-se no gesso acartonado; a argila (Si e Al) e o calcário (Si, Al e P), que podem encontrar-se nos elementos cerâmicos; e o sódio (Na), que pode encontrar-se no amianto, são elementos apenas existentes nas análises da obra de Afife.

Também foram encontrados outros elementos como o oxigênio (O), enxofre (S) e sódio (Na). Esses elementos não foram tidos em conta, sendo desprezados por poder derivar do suor das próprias mãos (sódio); ou por poder derivar de matéria orgânica tal como teias de aranha por exemplo (oxigênio e enxofre).

O tipo de amianto encontrado foi um Asbestos ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$) sendo um asbesto do tipo Crisotila (amianto branco), também chamado “Serpentina”. Este tipo de elemento mostra ter apenas um moderado aumento no risco do cancro do pulmão comparado a fibras de anfibólio ou para uma conjugação de ambos os tipos de fibras.

Tendo em conta que as poeiras têm grande tendência a manterem-se em suspensão na atmosfera durante um certo período de tempo, e sabendo os elementos presentes nas mesmas, a sua forma e dimensão das partículas, bem como formas de contaminação possível, pode-se concluir que os EPI's são a medida de prevenção/proteção mais eficaz no local de trabalho, assim como a colocação de extratores para ventilar os espaços e extrair o pó existente, assim como a pulverização com água para atenuar a suspensão das partículas no ar.

8.1. Sugestões de trabalhos futuros:

Com base neste trabalho de investigação e dada a emergência da reabilitação no nosso país e a nível europeu seria de grande interesse no futuro a realização de trabalhos sobre:

- O estudo da eficácia dos EPI's no combate as poeiras que ficam em suspensão;
- A procura de novas medidas preventivas mais completas e eficazes na reabilitação de imóveis (e conseqüente demolições de zonas específicas), visto estarem cada vez na ordem do dia, com a realização de mais estudos deste tipo;
- Desenvolver meios que evitem a propagação das poeiras com recurso à água.

9. BIBLIOGRAFIA:

- Alberto Tielas, B. G. (2014). Nanomateriais - Guia para o Espaço Industrial SUDOE., (p. 7). Portugal. Obtido de <http://www.carboninspired2.com>
- André Pacheco. (2012). Caracterização de sistemas de fixação indireta em pedra natural. Lisboa.
- Articles. (2016). *Quais são os tipos de fibras de amianto?* Obtido de Articles: <http://www.reskona.com/pt/1568.html>
- Associação Portuguesa Tintas. (2014). *Associação Portuguesa Tintas*. Obtido de <http://www.aptintas.pt/composicao.aspx>
- Barbosa, F. R. (24 de 10 de 2016). Obtido de Gesso na construção civil: http://api.ning.com/files/PPBthYeJg1kPV80*oUtfMgnBrzpFH04UoKAegiqYuiWiX3bWnBVxCZs-keZd1DpGjI5hHi-tpRNwxc4c90Lg2GBS65GLYbEX/GessonaConstruoCivil.pdf
- Bressi, R. (8 de 4 de 2015). *O que é um EPC?* Obtido de INBEP Blog: <http://blog.inbep.com.br/o-que-e-um-epc/>
- Bressi, R. (23 de 1 de 2017). Obtido de INBEP Blog: <http://blog.inbep.com.br/equipamento-de-protecao-individual-epi/>
- Catarina Faria. (2016). Avaliação do teor e tipo de partículas e nanopartículas existentes em obras de reabilitação urbana., (p. 4). Vila Real.
- Cimpor. (2016). Manual de Construção Cimpor., (pp. 7-11).
- Claudinei Machado. (2011). *Proteção Respiratória - Tudo sobre proteção respiratória* . Obtido de <http://www.protecaorespiratoria.com/silicose/>
- Colégio dos Arquitetos. (2016). *O que é Saibro*. Obtido de <http://www.colegiodearquitetos.com.br/dicionario/2009/04/o-que-e-saibro-2/>
- Constru-Básico. (7 de 12 de 2016). *Constru-Básico Shopping da Construção*. Obtido de <http://www.construbasico.com.br/product/cimento-cola-aci-20-kg-weber-quartzolit.html>
- Dias, E. (2016). *Segurança do Trabalho na Construção*. Obtido de Verlag Dashofer: <http://seguranca-na-construcao.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=7648>
- Diogo. (2013). *Mito & Realidade*. Obtido de http://cidadino.blogspot.pt/2015_04_01_archive.html
- E-CIVIL. (2012). *E-CIVIL, descomplicando a engenharia*. Obtido de <http://www.ecivilnet.com/artigos/amianto.htm>
- Emanuel Ferreira. (2010). *Arte - Pigmentos*. Obtido de <http://arteoulivros.blogspot.pt/2010/10/arte-pigmentos.html>
- Etché Securite. (s.d.). *Direct Industry*. Obtido de <http://www.directindustry.com/pt/prod/etche-securite/product-8649-1373169.html>

- Gerador de preços. (s.d.). *Gerador de Preços*. Obtido de http://www.brasil.geradordeprecos.info/reabilitacao/Seguranca_e_saude/Sinalizacao_provisoria_de_obras/Sinalizacao_de_zonas_de_trabalho/Fita_de_sinalizacao_com_cercas_moveis.html
- Granitos de Maceira. (2016). *Granitos de Maceira, SA*. Obtido de <http://www.granitos-maceira.com/>
- GYPTEC Ibérica. (2016). *GYPTEC Ibérica*. Obtido de <http://www.gyptec.eu/placas.php>
- Henry LeChatelier. (s.d.). *A sílica e os silicatos*.
- Instituto Pedro Nunes. (2013). *LED&MAT Meios e Serviços*. Obtido de <https://www.ipn.pt/>
- J. L. Antoniassi. (2010). *A difração de Raios-X com o método Rietveld aplicada a baixitas de porto trombetas, PA*. Brasil - São Paulo.
- Janobras Decor. (5 de 12 de 2016). *Janobras Materiais de Construção*. Obtido de <http://www.janobras.pt/>
- Joana de Sousa Coutinho. (2002). *Materiais de Construção 2*. Porto.
- José Baptista. (s.d.). *Segurança, Higiéne e Saúde do trabalho*. Obtido de Verlag Dashofer: <http://www.hst.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=24402>
- Leroy Merlin. (2016). Obtido de <http://www.leroymerlin.com.br/cal-para-construcao-e-pintura>
- Manual MSD. (2009). *Doenças do aparelho respiratório - Doenças pulmonares de origem ocupacional*. Obtido de Manual MSD - Edição de saúde para a família: <http://www.manuaismsd.pt/>
- Márcia Jorge. (s.d.). *Risca o RISCO*. Obtido de http://riscaorisco.blogspot.pt/2012_06_01_archive.html
- Maria Goreti Margalha. (2010). *Argamassas - Conservação e Recuperação do Património*. Évora.
- Martins Ferreira. (25 de 11 de 2016). Obtido de http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwi1mfCYpsTQAhUmlxQKHTcNAuMQFggmMAE&url=http%3A%2F%2Fmartinsferreira.pt%2Ftabelas%2Fgesso_cartonado.pdf&usg=AFQjCNFae5ZCXzMwynSBGq0QjDY5nUaquQ&bvm=bv.139782543,d.d24
- Martoni S.P.A. (6 de 12 de 2016). *Martoni S.P.A*. Obtido de <http://www.martoni.it/it/prodotti/pressione>
- Mecalux Logismarket. (2000-2017). *Mecalux Logismarket*. Obtido de Mecalux Logismarket: <https://www.logismarket.pt/alugatudo/ventiladores/1879999170-932353159-p.html>
- Micro Aspersores. (2017). *Micro Aspersores - Construção Civil*. Obtido de Micro Aspersores: <http://pt.microaspersores.com/construcao-civil/>
- Ministério do Trabalho e Emprego. (s.d.). *Norma Regulamentadora nº 06 (NR-06) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE)*.

- Monteiro, A. J. (2005). Revestimentos multicamada PVD com comportamento electrocrómico. Universidade do Minho.
- Nuno Araújo Franco. (2013). Nanopartículas e suas Aplicações em Ciências Farmacêuticas., (p. 3). Porto.
- Olea, C. A. (2002). *Caracterização por microscopia electrónica do aço SAE1141 microligado ao Nb*. Porto: Tese de Mestrado.
- Pinto, A. P., Gomes, A., & Pinto, J. B. (2006). Argamassas.
- Poeiras. (2010). *Poeiras*. Obtido de www.fiequimetal.pt/images/livros/Poeiras_2010.pdf
- Química em cores. (2014). Obtido de <http://quimicaemcores.blogspot.pt/2014/06/do-que-sao-feitas-as-tintas.html>
- Raffaella Bressi. (23 de 1 de 2017). *O que é EPI?* Obtido de INBEP Blog: <http://blog.inbep.com.br/equipamento-de-protecao-individual-epi/>
- Rockterm. (2011). Obtido de http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=0ahUKEwi4vdTopMHQAUGvhQKHzy4DN8QFghPMac&url=http%3A%2F%2Fportal.termolan.pt%2Ftermolan%2FUserFiles%2FDownloads%2FFicha_seguranca.pdf&usq=AFQjCNEMj2y7pmXyDM9_HXOmcKhL_iHrUA&bvm=bv.139782543
- ROCKWOOL. (2015). Obtido de <http://download.rockwool.es/media/132797/ficha%20de%20seguridad%2001-2013pt.pdf>
- Rodríguez. (7 de 12 de 2016). *Principales tipos de materiales*. Obtido de <http://www.materialesde.com/principales-tipos-de-materiales/>
- Samancta. (12 de 10 de 2012). *Poeiras e nanopartículas*. Obtido de Comissão Europeia - Fiscalidade e União Aduaneira: http://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/PT/Safety/Dust_PT.htm
- Sandra Ferreira Fontes. (2011). Condições Técnicas de Aplicação de Tectos Falsos Suspensos em Gesso Cartonado . (pp. 4-21). Porto: FEUP.
- Segurvest. (s.d.). *Equipamentos de proteção individual*. Obtido de Segurvest: <http://www.segurvest.pt/wp/>
- Silvia Martins. (2013). *Materiais de construção mecânica apostila*. Obtido de Ebah: <http://www.ebah.pt/content/ABAAAe8OYAC/materiais-construcao-mecanica-apostila>
- SOSCASAmat. (s.d.). *SOSCASAmat*. Obtido de <http://soscasa.pt/mat/La-de-Rocha-MK-30>
- Teixeira, V., & Marques, C. (2011). *A Nanociência, a Nanotecnologia e o Calçado por CTCP - Centro Tecnológico do Calçado de Portugal*. São João da Madeira: Compete.
- Total Matéria. (11 de 12 de 2016). *Total Matéria*. Obtido de <http://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=ComposicaodeMetais&LN=PT>