

UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra



**Análise do ruído e das poeiras na envolvente de uma
pedreira de calcário**

Pedreira de Sangardão, Condeixa-a-Nova, Portugal

Joana Patrícia Marques Carvalhais

**Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra para obtenção do grau de Mestre em Geociências
Ramo Ambiente e Ordenamento do Território**

Orientador científico

Prof. Doutor Fernando Pedro Ortega de Oliveira Figueiredo
Faculdade Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Setembro, 2015

Foto de capa: Equipamentos (sonómetro, medidor de poeiras) utilizados na recolha de dados

Agradecimentos

Ao longo destes meses, houve um contributo direto ou indireto de várias pessoas que é necessário realçar pela sua ajuda e apoio. Gostaria de deixar o meu devido agradecimento:

Ao orientador da dissertação, Professor Doutor Fernando Pedro Figueiredo por toda a disponibilidade, amizade, orientação científica e apoio na realização deste projeto.

Ao Professor Doutor Fernando Castello Branco e à Professora Doutora Lídia Catarino que me ajudaram na escolha do tema e pelas sugestões ao longo deste trabalho.

Aos engenheiros da empresa Agrepor, Paulo Caetano e Lizuarte Gomes permitiram o acesso à pedreira e forneceram dados relativamente à empresa.

Ao encarregado Sr. Jorge Simões e ao Sr. Mendes pelo apoio prestado dentro da pedreira.

Ao Professor Doutor José Costa e Engenheiro João Carrilho do Departamento de Engenharia Mecânica que cederam o equipamento Handheld 3016 IAQ Particle Counter.

À Engenheira Marta Manaia e à Câmara Municipal de Condeixa que mostraram toda a disponibilidade e simpatia no fornecimento de dados.

Aos meus amigos que me orientaram sempre que tive dúvidas, Ben, Álvaro, André Paiva, Manel, Fábio Antunes, muito obrigado.

Aos meus amigos que me apoiaram e não deixaram desistir, Joana Namorado, Conguito, Meireles, Telma, Sara, Cátia, Joana Ferreira, Gi, Lara, André, Pedro, Verena, Maria, obrigado.

Aos meus amigos, que me aturaram imensas vezes a dizer que nunca ia ser capaz de escrever uma tese, não vos consigo nomear todos, mas estão no meu coração.

À minha patroa Bete pela compreensão nas vezes em que me ausentei do trabalho.

Ao meu namorado Ricardo Auxiliar, pela leitura da dissertação, verificação dos erros e pela paciência que demonstrou nesta fase da minha vida.

Por fim, à minha família, por todo o apoio, acompanhamento, motivação, e por terem sempre acreditado em mim, mãe e pai obrigado pelo vosso esforço em todos os sentidos, João e Luana, obrigado manos, Tia Ana, Tio Luís, Tia Té, Avó Rosa, Dona Ilda, Primos Pedro, Filipe e Bárbara, obrigado por todo o apoio que me deram.

Resumo

O presente trabalho apresenta uma metodologia para avaliar o impacto acústico e a emissão de poeiras numa pedreira e na sua envolvente. Como exemplo aplicou-se o estudo à pedreira de Sangardão, Condeixa-a-Nova, distrito de Coimbra, que produz agregados de calcário.

Para a realização da análise de ruído e da presença de poeiras foram selecionados 27 locais considerando três situações distintas: zona da pedreira (13), os aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira (8) e a estrada EN1 que passa junto da pedreira (6). Em cada ponto foram determinados os parâmetros meteorológicos da temperatura e vento (intensidade e direção) que poderão influenciar a propagação das poeiras. Os dias em que os dados foram recolhidos foram casuais, com o intuito de estarem presentes diferentes condições atmosféricas.

Os equipamentos utilizados para o registo dos diversos valores foram os seguintes: o sonómetro 2250 Light da Brüel & Kjær para medição de ruído; o equipamento Handheld 3016 IAQ Particle Counter para medição das poeiras; o GPS Garmin Dakota 20 para obter as coordenadas dos pontos; e a estação meteorológica Oregon WMR200 para registo de condições atmosféricas.

Da análise dos resultados, em termos do ruído ambiente, considerando que para a área estudada existe uma ausência de classificação eficaz de “zonas sensíveis” e “zonas mistas”, concluímos que o ruído é elevado na área da pedreira (73,14 dB (A)) e na estrada EN1 (71,07 dB (A)). Nos aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira o ruído ambiente apresenta um valor médio de 58,36 dB (A), estando de acordo com o valor limite legislado (L_{den}) correspondente a 65 dB (A) se for uma “zona mista” e ultrapassa o limite legislado de 55 dB (A) se for uma “zona sensível”. Em relação ao ruído ocupacional verifica-se que os valores de exposição ao ruído são mais elevados dentro da área da pedreira. Foi feito um estudo preliminar e em média na pedreira os valores de exposição diária ao ruído são ($L_{ex, 8h}$) de 70,97 dB (A). Segundo a legislação este valor está abaixo do limite, mas é necessário ter em conta que a medição não foi realizada junto dos trabalhadores, pelo que será necessário ter em conta medidas preventivas de redução da exposição ao ruído, pois existem trabalhadores muito expostos que devem utilizar uma proteção auditiva adequada.

Na envolvente da pedreira os valores de ruído observados nem sempre estão diretamente relacionados com a atividade da pedreira, mas sim com o tráfego rodoviário da estrada EN1 que lhe é próxima. A média dos valores de exposição diária ao ruído

($L_{ex, 8h}$) é de 69,46 dB (A). O valor L_{Cpico} não ultrapassa os 130,5 dB (C), apresentando por isso um nível de risco reduzido.

Relativamente à presença de poeiras, o valor médio obtido foi inferior a 5 mg/m^3 , valor máximo admissível em partículas respiráveis no ar (0 a $10,0 \text{ }\mu\text{m}$), considerando um teor médio em sílica de 5%. A maior concentração de partículas localiza-se na pedreira com uma concentração média de $0,92 \text{ mg/m}^3$. As partículas PM10 são as que apresentam maior concentração com $6,66 \text{ mg/m}^3$. Neste local os trabalhadores muito expostos devem usar equipamento de proteção individual. Junto à estrada EN1, a média da concentração de partículas é aproximadamente $0,29 \text{ mg/m}^3$. Nas populações mais próximas da pedreira a média da concentração ainda é menor, apresentando um valor de $0,07 \text{ mg/m}^3$.

Conclui-se que o impacte relativo ao ruído e poeiras está circunscrito ao perímetro da pedreira, não havendo impacte para os aglomerados populacionais na vizinhança. O ruído provocado pela estrada EN1 é o que mais afeta as populações. Em relação às poeiras, nos dias com vento moderado a forte com direção N-S, poderá haver uma maior risco dissipação de poeiras na direção das populações.

Palavras-chave: Calcário, Pedreira, Ruído, Poeiras, Impacte

Abstract

This article presents a methodology for assessing both the acoustic impact and the dust emission phenomenon in a quarry and its surroundings. The quarry used for this study was *Sangardão's* limestone quarry in *Condeixa-a-Nova*, district of Coimbra.

In order to proceed with the analysis of noise and dust presence, 27 (twenty seven) locations were selected bearing in mind three distinct scenarios: quarry's landsite (13), nearest population agglomerates and quarry surroundings (8) EN1 national roadway network near the quarry's landsite (6). In each point there were determined the meteorological parameters of temperature and wind (intensity and direction), which, presumably, influence dust propagation. The data was collected on casual days with the purpose of promoting a variety of atmospheric conditions.

The gathering and recording of the different values was achieved by using the following equipment: Sound Level Meter 2250 Light from Brüel & Kjær for noise measurement; Handheld 3016 IAQ Particle Counter for dust measurement; Garmin GPS Dakota 20 for point coordinate gathering; the weather station Oregon WMR200 was used as a weather recording.

From the results analysis for ambient noise and considering the case study location, there is an absence of accurate classification of "sensitive areas" and "mixed areas" – thereby, we concluded that noise is high in the quarry area (73,14 dB (A)) and in the national road EN1 (71,07 dB (A)). The ambient noise has an average value of 58,36 dB (A) for the nearest population agglomerates and quarry surroundings, which resembles to the legislated threshold (L_{den}) of 65 dB for "mixed areas" and transcends the legislated threshold of 55 dB (A) for "sensitive areas". Regarding the occupational noise, we verified that the exposure values to noise are higher inside quarry's area. It was conducted a preliminary study of noise exposure and, in average, the values of daily exposure to noise are ($L_{ex, 8h}$) 70,97 dB (A). According to the legislation, this value is below the legislated threshold, although it is necessary to point out that the measurements weren't taken side-by-side with workers, and there will be necessary to undertake preventive measures to reduce noise exposure – since there are highly exposed workers which should carry adequate hearing protection.

As for the quarry surroundings, the noise values observed weren't always directly related to mining activities, but rather to road traffic from the national road EN1 next to it. The average value of daily exposure ($L_{ex, 8h}$) is 69,46 dB (A). The L_{Cpico} value does not surpass the 130,5 dB (C) presenting, therefore, a reduced level of risk.

As a matter of dust presence, the obtained value was under 5 mg/m^3 , maximum value admissible for breathing airborne particles ($0 - 10,0 \text{ }\mu\text{m}$), considering an average content in silica of 5%. The highest particle concentration is located within the quarry and it's averaged in $0,92 \text{ mg/m}^3$. The PM10 particles are the ones which present higher concentration with $6,66 \text{ mg/m}^3$. Within this location, workers highly exposed should wear individual protection equipment. Near the roadway EN1, the average particle concentration is about $0,29 \text{ mg/m}^3$. In the nearest quarry populations the average concentration is even lower, with a value of $0,07 \text{ mg/m}^3$.

In conclusion, the impact due to noise and dust is confined to quarry's perimeter, having no substantial impact on population agglomerate in the neighbourhood. Noise from EN1 national roadway is what most affects population. As for dust, days with moderate wind blowing N-S direction, may imply greater risk of dust dissipation towards population.

Keyword: Limestone, Quarry, Noise, Dust, Impact

Índice

Agradecimentos.....	I
Resumo	II
Abstract	IV
Índice de Figuras	VIII
Índice de Tabelas	X
Abreviaturas.....	XI
1. Introdução.....	1
1.1. Âmbito.....	1
1.2. Enquadramento.....	1
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Estrutura geral da dissertação.....	3
2. Estado da arte	4
2.1. Caracterização da indústria extrativa	7
2.2. Enquadramento legal e Normativo	8
2.2.1. Legislação aplicada à Indústria Extrativa	8
2.2.2. Regulamentação de Segurança e Saúde e Ambiente Aplicável à Indústria Extrativa.....	9
2.2.3. Legislação aplicada ao ruído.....	10
2.2.4. Legislação aplicada às poeiras	16
2.3. Ruído	17
2.3.1. Propagação do ruído.....	20
2.3.2. Tipos de Ruído.....	21
2.3.3. Efeitos do ruído na saúde humana.....	22
2.4. Poeiras.....	23
2.4.1. Sílica.....	24
2.4.2. Pneumoconiose – Silicose	25
3. Caracterização da área.....	27
3.1. Enquadramento geográfico	27
3.2. Enquadramento geológico	29
3.3. Enquadramento hidrográfico	30
3.4. Enquadramento climático.....	31
3.4.1. Temperatura do ar	31
3.4.2. Precipitação	32
3.4.3. Regime de ventos	33
3.5. Atividade e processo de exploração da Pedreira.....	35
4. Metodologia aplicada.....	36
4.1. Recolha de dados	39
4.1.1. Equipamento de medição do ruído.....	41
4.1.2. Equipamentos de medição de poeiras	42
4.1.3. Estação meteorológica e equipamento GPS	43

5. Análise de resultados.....	44
5.1. Ruído	44
5.2. Poeiras.....	46
5.3. Primeira campanha de recolha de dados	47
5.4. Segunda campanha de recolha de dados	50
5.5. Terceira campanha de recolha de dados	55
5.6. Discussão de resultados	58
6. Conclusões e perspectivas futuras	60
6.1. Conclusões	60
6.2. Perspetiva para trabalhos futuros.....	62
Bibliografia.....	63
Anexos.....	67

Índice de Figuras

Figura 2.1: Produção de agregados de construção, por substância entre os anos 2007 a 2014 (DGEG, 2015).....	8
Figura 2.2: Variação da pressão sonora (adaptado Ferreira & Guerreiro, 2010).....	18
Figura 2.3: Propagação do ruído através da variação da pressão (adaptado Ferreira & Guerreiro, 2010)	18
Figura 2.4: Curvas de ponderação (Valadas & Leite, 2004)	19
Figura 2.5: Adição de níveis de pressão sonora (Valadas & Leite, 2004)	20
Figura 2.6: Ruído contínuo (Ferreira & Guerreiro, 2010).....	21
Figura 2.7: Ruído intermitente (Ferreira & Guerreiro, 2010).	21
Figura 2.8: Ruído impulsivo (Ferreira & Guerreiro, 2010).....	21
Figura 2.9: Espectro rico em baixas frequências, com características tonais na banda de 1/3 de oitava dos 500 Hz (Mateus, 2008).....	22
Figura 2.10: Ruído de baixas frequências (Brüel & Kjær 2008).....	22
Figura 2.11: Tipo de frações de partículas e a sua deposição no organismo (Santos, 2001)....	24
Figura 3.1: Localização da área em estudo: a) – Distrito de Coimbra; b) – Municípios de Coimbra; c) – Concelho de Condeixa-a-Nova; d – Acessos rodoviários (EN1).....	27
Figura 3.2: Localização da área estudada nos extratos das Cartas Militares de Portugal, 240, 241, 250 e 251, à escala 1/25 000 (adaptado Geomega, EIA Relatório -Síntese - Vol.II, 2008).	28
Figura 3.3: Extrato da Carta Geológica de Portugal, folha 19 – C (Figueira da Foz). (Adaptado IGM, 1976).....	29
Figura 3.4: Bacia hidrográfica do Mondego (adaptado de INAG, 2015).....	30
Figura 3.5: Gráfico com os valores médios mensais da temperatura do ar, no período 1981 – 2010 (IPMA).....	32
Figura 3.6 Distribuição dos valores de precipitação média mensal 1950 – 2003 (IPMA)	32
Figura 3.7: Distribuição dos valores de precipitação acumulada mensal 1950 – 2003 (IPMA) ..	33
Figura 3.8: Gráfico com a média do regime de ventos entre 2001 a 2009 (Condeixa (13G/02UG))	34
Figura 3.9: Gráfico com a predominância média do regime de ventos entre 2001 a 2009 (Condeixa (13G/02UG))	34
Figura 4.1: Metodologia utilizada.....	36
Figura 4.2: Localização dos pontos de amostragem na pedreira e sua envolvente (Google earth, 2015)	37
Figura 4.3: Fotografias de alguns locais de medição com o sonómetro e o equipamento de poeiras.....	40
Figura 4.4: Sonómetro 2250-L da Brüel & Kjær	41
Figura 4.5: Calibrador tipo 4231 (Brüel & Kjær)	42
Figura 4.6: Medidor de partículas Handheld 3016 – IAQ.....	42
Figura 5.1: Espectro com características tonais na banda de 1/3 de oitava dos 100 Hz	45

Figura 5.2: Distribuição dos valores de ruído ambiental correspondente à campanha do mês de março para os 14 pontos amostrados.....	48
Figura 5.3: Distribuição dos valores de exposição pessoal diária ao ruído correspondente à campanha do mês de março para os 14 pontos amostrados	49
Figura 5.4: Distribuição dos valores do nível de pressão sonora de pico correspondente à campanha do mês de março para os 14 pontos amostrados	50
Figura 5.5: Distribuição dos valores de ruído ambiental correspondente à campanha do mês de abril para os 23 pontos amostrados.....	51
Figura 5.6: Distribuição dos valores de exposição pessoal diária ao ruído correspondente à campanha do mês de abril para os 23 pontos amostrados	52
Figura 5.7: Distribuição dos valores do nível de pressão sonora de pico correspondente à campanha do mês de abril para os 23 pontos amostrados	53
Figura 5.8: Distribuição dos valores a) Partículas respiráveis PM 2,5; b) Partículas respiráveis PM 5; c) Partículas respiráveis PM 10, correspondentes à campanha do mês de abril	54
Figura 5.9: Distribuição dos valores de ruído ambiente correspondente à campanha do mês de julho para os 27 pontos amostrados.....	55
Figura 5.10: Distribuição dos valores de exposição pessoal diária ao ruído correspondente à campanha do mês de julho para os 27 pontos amostrados.....	56
Figura 5.11: Distribuição dos valores do nível de pressão sonora de pico correspondente à campanha do mês de julho para os 27 pontos amostrados.....	57
Figura 5.12: Distribuição dos valores a) Partículas respiráveis PM 2,5; b) Partículas respiráveis PM 5; c) Partículas respiráveis PM 10, correspondentes à campanha do mês de julho.....	58

Índice de Tabelas

Tabela 2.1: Classificação Portuguesa de atividade económica, revisão 3 (CAE - Rev. 3) (Instituto Nacional de Estatística (INE), 2007)	7
Tabela 2.2: Limites para o ruído ambiente (RGR, 2007)	11
Tabela 2.3: Incrementos no nível de ruído (RGR).....	12
Tabela 2.4: Valores limite de exposição e os valores de ação (DL n.º 182/2006)	15
Tabela 2.5: Concentrações máximas admissíveis de poeiras (DL n.º 162/90).....	16
Tabela 2.6: Chemical Abstract Service Registry Number (CAS) da sílica cristalina, do α – Quartzo e da Cristobalite; valor limite de exposição e consequências para a saúde humana (NP 1796:2007)	16
Tabela 3.1: Parâmetros e período correspondente	31
Tabela 3.2: Regime de ventos entre 2001 a 2009 (Condeixa (13G/02UG)).....	33
Tabela 4.1: Descrição da localização dos pontos de amostragem	38
Tabela 5.1: Valores limite de exposição e os valores de ação (DL n.º 182/2006)	45
Tabela 5.2: Concentrações máximas admissíveis de poeiras (DL n.º162/90).....	46
Tabela 5.3: Valor limite de exposição (NP 1796:2007).....	46

Abreviaturas

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ACT	Autoridade para as Condições de Trabalho
CAE	Classificação Portuguesa de Atividades Económicas
CAS	Chemical Abstract Service Registry Number
CMA	Concentrações Máximas Admissíveis
DGEG	Direção Geral da Energia e Geologia
DL	Decreto – Lei
DRA	Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente
DSEF-RG	Direção de Serviços de Estratégia e Fomento dos Recursos Geológicos
EIA	Estudo de Impacte Ambiental
EN	Estrada Nacional
EODS	European Occupational Disease Statistics
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Fiequimetal	Federação Intersindical das Indústrias Metalúrgicas, Químicas, Elétricas, Farmacêutica, Celulose, Papel, Gráfica, Imprensa, Energia e Minas
GEP	Gabinete de Estratégia e Planeamento
GPS	Global Positioning System
IE	Indústria Extrativa
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
IGM	Instituto Geológico e Mineiro
NP	Norma Portuguesa
REAI	Regime de Exercício da Atividade Industrial
RGR	Regulamento Geral do Ruído
Snirh	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
VLE	Valor Limite de Exposição
VLE – CD	Valor Limite de Exposição – Curta Duração
VLE – CM	Valor Limite de Exposição – Concentração Máxima
VLE – MP	Valor Limite de Exposição – Média Ponderada

1. Introdução

1.1. Âmbito

A presente dissertação foi elaborada no âmbito do Mestrado em Geociências, ramo de Ambiente e Ordenamento, lecionado na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra. A mesma foi realizada para a obtenção do grau de Mestre em Geociências.

A recolha de dados deste trabalho foi efetuada na pedreira de Sangardão, Condeixa-a-Nova, distrito de Coimbra, que produz agregados de calcário. Resulta numa metodologia para avaliar o impacte acústico e a emissão de poeiras na pedreira e na sua envolvente.

1.2. Enquadramento

A indústria extrativa é uma atividade com grande importância na construção civil, contudo a extração da rocha desencadeia alguns problemas ambientais. Apesar de existirem normas ambientais que regulamentam a realização da atividade extrativa, as áreas exploradas sofrem modificações, muitas vezes irreversíveis no relevo e na cobertura vegetal (Cruz, *et al.*, 2014).

A indústria extrativa portuguesa está legalmente definida como indústria de risco elevado, devido às características inerentes à própria atividade, já que muitos processos produtivos incluem métodos que podem originar lesões à integridade física, efeitos adversos na saúde, danos no meio ambiente ou a combinação destes (Gruenzner, 2003).

A atividade realizada na pedreira a céu aberto é constituída essencialmente por tarefas como a perfuração de rocha e pegadas de fogo (quando o desmonte é feito através de explosivo), taqueamento (quando do desmonte resultam blocos de dimensão impossível de serem transportados e processados), carga, transporte, descarga e processamento da rocha.

Das tarefas desenvolvidas na pedreira resultam vários tipos de riscos, onde se destacam os mais significativos, como:

- Os riscos mecânicos, que estão relacionados com o movimento de objetos, máquinas, entre outros instrumentos de trabalho (Guerreiro, 2005).
- O ruído causado pela interação da perfuradora com a rocha, pelo uso de explosivos, pela laboração dos britadores, moinhos, tambores de lavagem, crivos e tapetes transportadores. O ruído é gerado pelos equipamentos

utilizados na remoção e transporte da rocha (geralmente por pás carregadoras, escavadoras giratórias, dumpers e camiões), (Ferreira & Guerreiro, 2010).

- As poeiras libertadas em operações de perfuração, circulação de máquinas e nas estações de britagem.
- As vibrações causadas pela manipulação de máquinas.
- Riscos térmicos, resultantes da variação da temperatura e humidade no local de trabalho.
- Riscos elétricos são suscetíveis a ocorrer quando instalações elétricas estão desprotegidas ou em mau estado de conservação.
- Riscos associados ao uso de explosivos, em que o manuseamento de explosivos é utilizado de forma incorreta no desmonte da rocha, que podem originar danos graves nos trabalhadores, nas instalações, nos equipamentos e no meio ambiente (Guerreiro, 2005).

Para atingir um elevado volume de produção em curtos intervalos de tempo, são introduzidas novas tecnologias que nem sempre são acompanhadas com adequadas formações aos trabalhadores (Guerreiro, 2005).

De acordo com o gabinete de estratégia e planeamento (GEP), que fornece a informação estatística de acidentes de trabalho resultantes da recolha e tratamento das participações e mapas enviados mensalmente ao GEP pelas companhias de seguros e empresas com capacidade financeira para a auto cobertura dos riscos de acidentes de trabalho, o setor das indústrias extrativas lidera a incidência da sinistralidade mortal. Em 2009, a incidência mortal foi de 44,8 acidentes por cada 100 000 trabalhadores. Segundo o GEP cerca de 36,4 % dos acidentes de trabalho ocorreram em "Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto". Em 2010 e 2011 a indústria extrativa registou o total de 8 acidentes de trabalho mortais. Nos anos 2014 e 2015 foram registados outros 8 acidentes mortais nesta indústria (ACT, 2015).

O presente estudo concentra-se numa metodologia para avaliar o impacto acústico e a emissão de poeiras numa pedreira e na sua envolvente para a saúde dos trabalhadores, da população e do meio ambiente, pretendendo-se comparar os valores obtidos para os níveis de ruído e poeiras medidos com os valores limite definidos na legislação vigente.

Com este trabalho procura-se demonstrar quais as situações onde os limites legais são excedidos. Caso os valores limites legais sejam excedidos procura-se contribuir com uma tipologia de monitorização e indicar medidas a implementar nos locais em que ocorram pontos críticos na pedreira e na sua envolvente.

1.3. Objetivos

Este documento tem como objetivo global avaliar o impacto acústico e a emissão de poeiras respiráveis numa pedreira e na sua envolvente. O estudo aplicou-se à pedreira de Sangardão, Condeixa-a-Nova, distrito de Coimbra, que produz agregados de calcário.

Os objetivos específicos são:

- Caracterizar os parâmetros: ruído e poeiras;
- Determinar se o ruído emitido pela pedreira cumpre os valores legislados para os trabalhadores e para o meio ambiente;
- Determinar as concentrações de poeiras respiráveis na área da pedreira e na envolvente;
- Analisar a influência das condições meteorológicas na propagação das poeiras;
- Efetuar um estudo comparativo entre os valores obtidos: no interior da pedreira, na via de comunicação e na envolvente.

Com este estudo espera-se que os conhecimentos resultantes contribuam para reforçar a importância e a importância da adoção de medidas de controlo, sugerindo soluções de melhoria para a exposição ao ruído e às poeiras, procurando diminuir a exposição dos trabalhadores e preservar o meio ambiente.

1.4. Estrutura geral da dissertação

A dissertação encontra-se estruturada em 7 capítulos. O presente capítulo – Introdução – aborda o âmbito em que esta dissertação foi realizada, as questões introdutórias e sobretudo os objetivos da dissertação, tentando focar a atenção do leitor e elucidá-lo. No segundo capítulo – Estado da arte – foi realizada uma pesquisa de informação sobre as variáveis de estudo e o enquadramento legal da atividade em questão, reunindo materiais e ferramentas úteis. No terceiro capítulo – Caracterização da área – fazem-se os enquadramentos regionais da área de estudo, a nível geográfico, geológico, hidrogeológico e climatológico. Neste capítulo também é apresentada a atividade e o processo de exploração da Pedreira. O quarto capítulo – Metodologias – contempla uma breve abordagem metodológica, com os processos, técnicas e equipamentos escolhidos para a realização deste estudo. No quinto capítulo – Análise de resultados – são apresentados os resultados e a respetiva discussão dos mesmos. No sexto capítulo são apresentadas as conclusões da dissertação e sugeridas propostas de intervenções futuras.

2. Estado da arte

A pesquisa bibliográfica foi efetuada com as seguintes palavras-chave: higiene, segurança e ambiente, ruído, poeiras, impactes ambientais e pedreira, conjugadas com palavras em inglês: noise and dust. Para fazer o levantamento de informação foram utilizados diversos tipos de plataformas (bibliotecas físicas e virtuais, bases de dados, artigos científicos e “sites” institucionais).

A estratégia adotada foi conjugar e pesquisar uma ou mais destas palavras-chaves, procurando documentos publicados após o ano 2000, ler os resumos de cada um deles e selecionar os que aparentavam ter um maior interesse potencial para o estudo, começando a reunir informação útil.

Nesta primeira fase foi efetuado o enquadramento do tema do ponto de vista histórico e evolutivo, seguido da identificação e caracterização das variáveis alvo deste estudo, correlacionando com o enquadramento legal da atividade e as preocupações da comunidade científica nas várias vertentes abordadas.

Existem inúmeros trabalhos publicados e desenvolvidos no âmbito do tema desta dissertação, mas só alguns foram selecionados.

Com o intuito de caracterizar a área em estudo foi utilizada a carta geológica de Portugal na escala 1/50000, folha 19 – C, acompanhada da notícia explicativa de Rocha, *et. al.*, (1981), neste documento são descritas as idades e as unidades geológicas. Antão (1994) desenvolveu um estudo aplicado à pedreira de Sangardão em Coimbra de “Caraterização de materiais calcários”. Este trabalho foi importante para complementar o enquadramento legal, nomeadamente o enquadramento geomorfológico e geológico. O enquadramento hidrogeológico foi complementado com base no trabalho de Oliveira (2011) que apresentou um estudo baseado no “Impacto das alterações climáticas na qualidade das águas subterrâneas de aquíferos carbonatados em Portugal”. Este trabalho consistiu na elaboração de uma base de dados nacional de parâmetros hidroquímicos, hidrodinâmicos e climáticos de três sistemas aquíferos carbonatados cársicos. A recolha de dados desse trabalho foi efetuada com recurso do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (Snirh). Criada a base de dados o objetivo foi avaliar a qualidade da água e a influência do clima sobre a mesma, assim como a sensibilidade do nível piezométrico aos regimes de precipitação históricos.

Para desenvolver o seguinte trabalho foi necessário partir da pesquisa bibliográfica na área de higiene e segurança do trabalho, sendo assim recorreu-se ao “Manual de higiene e segurança do trabalho” de Miguel (2012) em que são abordadas

as diversas temáticas em relação à higiene, segurança e saúde no trabalho. Enquadrando este manual nos temas abordados na dissertação, ele especifica o tipo de partículas existentes e quais as frações que são respiráveis, neste manual o ruído é abordado num extenso capítulo, partindo das características, passando pelas medições e consequências, finalizando com as medidas de controlo do ruído. No âmbito desta área Guerreiro (2005) publicou um artigo de “Condições de segurança, higiene e saúde no trabalho em explorações de rocha ornamental e industrial”. Este trabalho aborda as diferenças do ciclo de produção em rochas ornamentais e industriais e é efetuada uma avaliação preliminar dos riscos característicos de cada um dos tipos de exploração. Para cada risco foram apresentadas medidas de prevenção com o objetivo de eliminar os riscos ou reduzir.

Na fase seguinte houve a necessidade de procurar trabalhos já publicados no âmbito desta dissertação. Um desses casos foi o trabalho desenvolvido por Pereira (2012), que se intitula “Estudo de riscos físicos associados a uma pedreira de calcário, caso de estudo na pedreira de Vale de Junco, Portunhos, Cantanhede”. Neste trabalho foram analisados os seguintes parâmetros: ruído, poeiras e vibrações em postos de trabalho. Outro trabalho analisado foi a dissertação realizada por Silva (2009) “Estudo Integrado de variáveis ocupacionais na Indústria Extrativa” em que o objetivo foi caracterizar os parâmetros ruído, PM10 e ambiente térmico junto do sistema torva/primário e verificar a existência, ou não, de relações entre eles e com parâmetros operacionais. Em 2013, Campos fez um “Estudo de poeiras respiráveis e a análise da pluma de poeiras numa pedreira a céu aberto”, foi realizada a amostragem de poeiras em seis postos de trabalho. Este estudo serviu para verificar que a população envolvente da pedreira pode ser afetada pelas poeiras provenientes da pedreira e que a dispersão de poeiras depende principalmente das condições meteorológicas. Foi consultada também a dissertação submetida por Mendes (2011), onde foi realizado um “estudo em trabalhadores potencialmente expostos a níveis sonoros superiores a 85 dB, para estudar a perdas auditivas em trabalhadores expostos ao ruído ocupacional excessivo e a existência de uma correlação entre essa perda, a idade e a exposição”. Um outro estudo consultado, foi escrito por Cerdeira (2013), teve como objetivo “monitorizar o ruído e as vibrações produzidos por equipamentos integrantes nos processos produtivos da pedreira” e os resultados obtidos mostram que sem a proteção auditiva, a exposição diária ($L_{EX,8h}$) dos operadores era superior ao valor limite de exposição (VLE). Asdrubali & Baldinelli (2003), publicaram o artigo “A methodology for impact assessment and acoustic monitoring of quarry activities”, este artigo apresenta uma metodologia para avaliar o impacto acústico na área da extração. O estudo foi feito

numa pedreira situada em Perugia (Itália). Foi realizada uma análise preliminar para: localizar áreas sensíveis, caracterizar todas as diferentes fontes de ruído na pedreira e determinar a sua contribuição para o clima acústico global. Após esta análise, foi implantado um modelo de simulação para as fontes de ruído na pedreira e através de medições de ruído, foi verificada a sua fiabilidade. O modelo permitiu salientar a contribuição específica de cada fonte para o ruído global, criar diferentes mapas de ruído, avaliar a eficácia de atenuações acústicas. A fiabilidade do modelo foi avaliada por um ano com o controlo do ruído da área da pedreira.

Em estudos de âmbito mais específico em relação ao ruído existe o artigo “o ruído e a indústria extrativa” da autoria de Ferreira & Guerreiro (2010), em que são abordados os fenómenos associados à produção de ruído, apresentando as definições principais, o enquadramento legal, os meios e técnicas de monitorização e medidas de minimização e controlo que podem ser aplicadas em minas e pedreiras.

De entre os trabalhos de cariz estritamente científico desenvolvidos no âmbito de avaliar o impacte acústico e a emissão de poeiras na área de estudo e nos domínios envolventes, destaca-se o estudo de impacte ambiental realizado para a ampliação integrada das áreas de exploração das pedreiras de Vale da Pia e de Sangardão, levados a cabo pela empresa Geomega (2008). Existem ainda dois trabalhos realizados pela empresa Publiambiente (2005): avaliação do nível de empoeiramento, em termos de poeiras totais, provenientes da laboração conjunta das Pedreiras “Vale da Pia” e “Sangardão e avaliação do impacte do ruído no ambiente envolvente, resultante da laboração integrada das pedreiras “Vale da Pia” e “Sangardão”. Estes dois trabalhos foram feitos no âmbito do estudo de impacte ambiental realizado pela Geomega.

Carvalhais *et al.*, (2015) realizou um trabalho sobre análise do ruído e poeiras na envolvente de uma pedreira de calcário, Pedreira de Sangardão em Condeixa-a-Nova, onde identifica que o ruído ambiental não é apenas provocado pela pedreira, mas pela circulação rodoviária da estrada EN 1 e as concentrações de poeiras PM10 são mais elevadas na área da pedreira, apesar de não exceder o limite imposto pelo DL nº182/2006.

2.1. Caracterização da indústria extrativa

O Decreto-Lei n.º 381/2007, de 14 de novembro, estabelece a Classificação Portuguesa de Atividades Económicas, Revisão 3, designada por CAE — Rev. 3, que constitui o quadro comum de classificação de atividades económicas a adotar a nível nacional. A atividade económica abordada ao longo desta dissertação insere-se na secção “Indústria Extrativa”. A empresa que procede à exploração desta pedreira tem como denominação social Agrepor Agregados - Extração de inertes, S.A.. Na tabela seguinte é apresentada a estrutura de classificação.

Tabela 2.1: Classificação Portuguesa de atividade económica, revisão 3 (CAE - Rev. 3) (Instituto Nacional de Estatística (INE), 2007)

Secção	B – Indústrias Extrativas
Divisão	08 - Outras indústrias extrativas
Grupo	081 - Extração de pedra, areia e argila
Classe	0811 - Extração de rochas ornamentais e de outras pedras para construção, de calcário, de gesso, de cré e de ardósia
Subclasse	08112 – Extração de granito ornamental e rochas similares
Subclasse secundária	08121 - Extração de saibro, areia e pedra britada 08113 - Extração de calcário e cré.

A indústria extrativa tem um papel importante na economia portuguesa, particularmente a nível do sector produtivo. Segundo os dados recolhidos da Direção Geral da Energia e Geologia (DGEG) (figura 2.1), a produção na indústria extrativa tem vindo a diminuir. Este recuo é derivado pela atual crise no sector da construção, que é o principal cliente da indústria extrativa a céu aberto em Portugal (Silva, 2009). A produção de pedra britada calcária e das areias e saibros tem diminuído anualmente, enquanto que a produção de pedra britada siliciosa aumentou entre 2010 - 2011 e em 2014. Uma razão para este aumento prende-se com a construção de barragens (Baixo Sabor, Ribeiradio – Ermida, Foz Tua e Fridão) e reforço da potência (Picote II, Bemposta II, Alqueva II, Venda Nova III) (EDP, 2015).

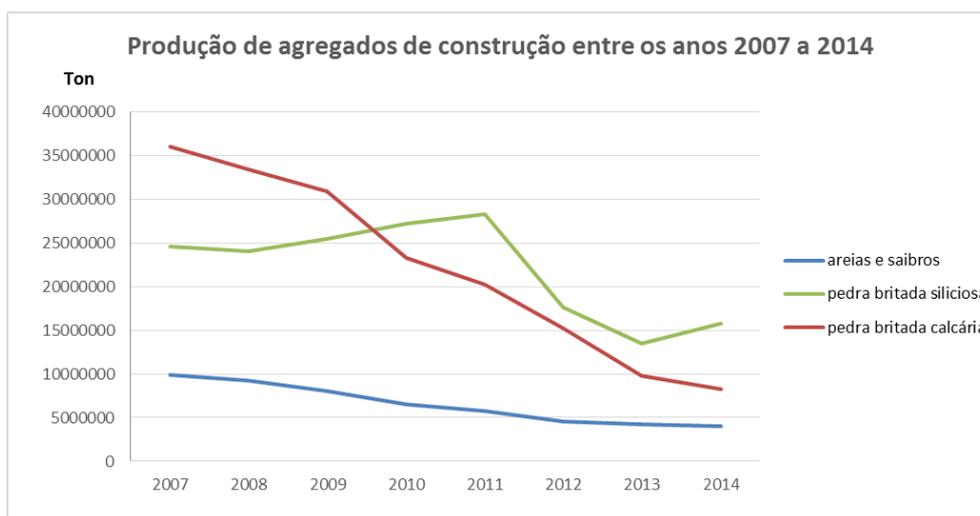


Figura 2.1: Produção de agregados de construção, por substância entre os anos 2007 a 2014 (DGEG, 2015)

2.2. Enquadramento legal e Normativo

2.2.1. Legislação aplicada à Indústria Extrativa

A **Lei n.º 54/2015**, de 22 de agosto, estabelece as bases do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional, incluindo os localizados no espaço marítimo nacional. A presente lei regula ainda a qualificação como recursos geológicos dos bens que apresentem relevância geológica, mineira ou educativa, com vista à sua proteção ou aproveitamento, sem prejuízo das demais qualificações ao abrigo dos regimes relativos à conservação da natureza e ao património cultural. O artigo 39º deste diploma refere que as áreas de exploração das massas minerais têm a designação legal de pedreiras. Esta lei veio revogar o Decreto - Lei n.º 90/90, de 16 de março.

O **Decreto-Lei n.º 340/2007, de 12 de outubro** - Altera o Decreto-Lei n.º 270/2001 de 6 de outubro, que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais (pedreiras). O DL n.º 270/2001, de 6 de outubro, procurou introduzir no procedimento de licenciamento e fiscalização das pedreiras normas que garantissem a adequação das explorações existentes à lei e a necessária ponderação dos valores ambientais.

No entanto, este diploma veio a revelar-se, na prática, demasiado exigente ao pretender regular através de um regime único um universo tão vasto e diferenciado como é o do aproveitamento das massas minerais das diversas classes de pedreiras.

O presente diploma tem, pois, como objetivo essencial adequar o DL n.º 270/2001, de 6 de outubro, à realidade do sector, o que permitirá que sejam

cumpridos os fins a que inicialmente se propôs, tornando possível o necessário equilíbrio entre os interesses públicos do desenvolvimento económico, por um lado, e da proteção do ambiente, por outro.

O **Decreto-Lei n.º 209/2008, de 29 de outubro**, estabelece o regime de exercício da atividade industrial (REAI), com o objetivo de prevenir os riscos e inconvenientes resultantes da exploração dos estabelecimentos industriais, visando salvaguardar a saúde pública e dos trabalhadores, a segurança de pessoas e bens, a higiene e segurança dos locais de trabalho, a qualidade do ambiente e um correto ordenamento do território, num quadro de desenvolvimento sustentável e de responsabilidade social das empresas.

2.2.2. Regulamentação de Segurança e Saúde e Ambiente Aplicável à Indústria Extrativa

A **Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro**, regulamenta o regime jurídico da promoção e prevenção da segurança e da saúde no trabalho, de acordo com o previsto no artigo 284.º do Código do Trabalho, no que respeita à prevenção. Segundo o artigo 79º, a atividade profissional na indústria extrativa é uma atividade classificada como sendo de risco elevado.

No **Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de maio**, é aprovado o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras.

O presente Regulamento tem por objetivo a prevenção técnica dos riscos profissionais e a higiene nos locais de trabalho onde se desenvolvem atividades que visem a exploração de minas e pedreiras.

O **Decreto-Lei n.º 324/95, de 29 de novembro**, transpõe para a ordem jurídica interna as Diretivas nºs 92/91/CEE, de 3 de novembro, e 92/104/CEE, de 3 de dezembro, relativas às prescrições mínimas de saúde e segurança a aplicar nas indústrias extrativas por perfuração a céu aberto ou subterrâneas. O diploma está regulamentado pelas seguintes portarias:

Portaria n.º 197/96, de 4 de julho, que regula as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extrativas por perfuração previstas no Decreto-Lei nº 324/95, de 29 de novembro.

Portaria n.º 198/96, de 4 de julho, que regulamenta as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extrativas a céu aberto ou subterrâneas.

2.2.3. Legislação aplicada ao ruído

A legislação de ruído ambiente que enquadra a adoção da norma Portuguesa **NP ISO 1996**, o **Regulamento Geral do Ruído (RGR)** aprovado pelo **Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro** e o **Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho**, transpõe a Diretiva nº 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de julho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente (DRA). O DL n.º 9/2007, de 17 de janeiro foi retificado pela Declaração de Retificação n.º 18/2007, de 16 de março, e alterado pelo Decreto-Lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto. O DL n.º 146/2006, de 31 de julho foi retificado pela Declaração de Retificação n.º 57/2006, de 31 de agosto.

A **Norma Portuguesa NP ISO 1996** de 2011 é constituída por duas partes. É denominada por "Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente", e é conciliada com a Norma Internacional ISO 1996 "Acoustics. Description, measurement and assessment of environmental noise". Esta norma estabelece os procedimentos a adotar na realização de ensaios acústicos para avaliação de exposição a níveis de ruído ambiente exterior e para avaliação da incomodidade devida ao ruído.

NP ISO 1996-1 (2011) "Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 1 apresenta as grandezas fundamentais e métodos de avaliação."

NP ISO 1996-2 (2011) "Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 2 apresenta a determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente."

Regulamento Geral do Ruído (RGR) (2007), estabelece o regime de prevenção e controlo da poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações. Por definição, a poluição sonora é a produção de sons, ruídos ou vibrações que podem acarretar vários problemas.

O RGR aplica-se às atividades ruidosas permanentes e temporárias e a outras fontes de ruído suscetíveis de causar incomodidade, designadamente:

- a) Construção, reconstrução, ampliação, alteração ou conservação de edificações;
- b) Obras de construção civil;
- c) Laboração de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços;
- d) Equipamentos para utilização no exterior;
- e) Infra-estruturas de transporte, veículos e tráfegos;
- f) Espetáculos, diversões, manifestações desportivas, feiras e mercados;

g) Sistemas sonoros de alarme.

O RGR também pode ser aplicável ao ruído de vizinhança.

Este regulamento classifica os locais como “zonas sensíveis” e “zonas mistas” em relação à suscetibilidade ao ruído.

As zonas sensíveis são descritas como “áreas definidas em plano de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais e similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento noturno.”

As zonas mistas descrevem-se como “áreas definidas em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos a definição de zona sensível.”

O RGR estabelece os seguintes períodos de referência:

Período diurno (L_d): compreende o intervalo de tempo entre as 07:00 e as 20:00 horas;

Período do entardecer (L_e): compreende o intervalo de tempo entre as 20:00 horas e as 23:00 horas;

Período noturno (L_n): compreende o intervalo de tempo entre as 23:00 e as 07:00 horas.

Os valores limite de ruído são estabelecidos de acordo com o tipo de zona considerado, expressos pelo indicador de Ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}) e pelo indicador de Ruído noturno (L_n). O parâmetro L_{den} é dado pela expressão seguinte:

$$L_{den} = 10 \times \log_{24} \left[13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right] \quad (1)$$

Na tabela 2.2 é apresentado o limite máximo de ruído, segundo o tipo de zona.

Tabela 2.2: Limites para o ruído ambiente (RGR, 2007)

Tipo de local	L_{den}	L_n
Zona Sensível	55 dB (A)	45 dB (A)
Zona Mista	65 dB (A)	55 dB (A)

No RGR o artigo 13º refere que a instalação e o exercício de atividades ruidosas permanentes em zonas mistas, nas envolventes das zonas sensíveis ou mistas ou na

proximidade dos recetores sensíveis isolados estão sujeitos aos limites referidos no artigo 11º e ao cumprimento do critério de incomodidade que estabelece o seguinte:

- $LA_{eq}(on) - LA_{eq}(off) < 5 \text{ dB(A)}$, entre as 7 e as 20 horas
- $LA_{eq}(on) - LA_{eq}(off) < 4 \text{ dB(A)}$, entre as 20 e as 23 horas
- $LA_{eq}(on) - LA_{eq}(off) < 3 \text{ dB(A)}$, entre as 23 e as 7 horas

$LA_{eq}(on)$ representa o nível sonoro contínuo equivalente ponderado em A, com a fonte ruidosa em funcionamento.

$LA_{eq}(off)$ representa o nível sonoro contínuo equivalente ponderado em A, com a fonte ruidosa inativa.

As diferenças que foram apresentadas anteriormente poderão ser incrementadas pelo valor D em função da duração acumulada de ocorrência do ruído particular e da duração total do período de referência, segundo a tabela seguinte.

Tabela 2.3: Incrementos no nível de ruído (RGR)

Valor da relação (q) entre a duração acumulada de ocorrência do ruído particular e a duração total do período de referência	D em dB(A)
$q \leq 12,5 \%$	4
$12,5 \% < q \leq 25 \%$	3
$25 \% < q \leq 50 \%$	2
$50 \% < q \leq 75 \%$	1
$q < 75 \%$	0

O anexo I do RGR indica como se aplica o Critério de Incomodidade. O valor do L_{Aeq} do ruído ambiente determinado durante a ocorrência do ruído particular deve ser corrigido de acordo com as características tonais ou impulsivas do ruído particular, passando a designar-se por nível de avaliação, L_{Ar} , aplicando a seguinte fórmula:

$$L_{Ar} = L_{Aeq} + K1 + K2 \quad (2)$$

Em que, $K1$ é a correcção tonal e $K2$ é a correcção impulsiva.

Estes valores são $K1 = 3 \text{ dB(A)}$ ou $K2 = 3 \text{ dB(A)}$ se for detetado que as componentes tonais ou impulsivas, respetivamente, são características específicas do ruído particular, ou são $K1 = 0 \text{ dB(A)}$ ou $K2 = 0 \text{ dB(A)}$ se estas componentes não forem identificadas. Caso se verifique a coexistência de componentes tonais e impulsivas a correcção a adicionar é de:

$$K1 + K2 = 6 \text{ dB(A)} \quad (3)$$

O método para detetar as características tonais do ruído dentro do intervalo de tempo de avaliação, consiste em averiguar, no espectro de um terço de oitava, se o nível sonoro de uma banda excede o das adjacentes em 5 $dB(A)$ ou mais, caso em que o ruído deve ser considerado tonal.

O método para detetar as características impulsivas do ruído dentro do intervalo de tempo de avaliação consiste em determinar a diferença entre o nível sonoro contínuo equivalente, L_{Aeq} , medido em simultâneo com característica *impulsiva* e *fast*. Se esta diferença for superior a 6 $dB(A)$, o ruído deve ser considerado impulsivo.

A **Norma ISO 9612: 2009** especifica um método para medir a exposição dos trabalhadores ao ruído no ambiente de trabalho e cálculo do nível de exposição ao ruído. O método consiste na análise do trabalho, na seleção da estratégia, na medição, no tratamento de erros e na avaliação dos cálculos de incerteza e apresentação dos resultados.

O **Decreto-Lei n.º 182/2006** transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva Comunitária n.º 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído.

Segundo este Decreto - Lei quando fazemos a análise do ruído é importante reter alguns conceitos:

Exposição pessoal diária ao ruído: $L_{EX,8h}$, o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas (T_0), que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em $dB(A)$, dado pela expressão:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \log \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \quad (4)$$

Em que:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \frac{[P_A(t)]^2}{(P_0)^2} dt \right\} \quad (5)$$

Em que:

T_e é a duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho;

T_0 é a duração de referência de oito horas (28 800 segundos);

$P_A(t)$ é a pressão sonora instantânea ponderada A, expressa em Pascal (Pa), a que está exposto um trabalhador;

P_0 é a pressão de referência $P_0 = 2 \times 10^{-5} Pa = 20 \mu Pa$

Exposição pessoal diária efetiva, $L_{EX,8h,efect}$, a exposição pessoal diária ao ruído tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protetores auditivos, expressa em $dB(A)$, calculada pela expressão:

$$L_{EX,8h,efect} = 10 \log \left[\left(\frac{1}{8} \right) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1 L_{Aeq, Tk, efect})} \right] \quad (6)$$

Em que:

T_k é o tempo de exposição ao ruído k ;

$L_{Aeq,Tk,efect}$ é o nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protetores auditivos;

O presente DL n.º 182/2006, no anexo V, apresenta as indicações e orientações para a seleção de protetores auditivos, em função da atenuação por bandas de oitava:

- Mede-se o nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A, em cada banda de oitava, $L_{Aeq,f,Tk}$, do ruído a que cada trabalhador está exposto, para cada posto de trabalho que ocupa, definindo assim o espectro correspondente ao ruído k a que o trabalhador está exposto durante Tk horas por dia;
- Determinar os níveis globais, em $dB(A)$ por banda de oitava, $L_{63}, L_{125}, \dots, L_n, \dots, L_{8000}$, de acordo com a seguinte equação:

$$L_n = L_{Aeq,f,Tk} - M_f + 2_{sf} \quad (7)$$

em que,

sf é o valor do desvio padrão da atenuação ($dB(A)$);

M_f é o valor médio da atenuação dos protetores auditivos em cada banda de frequência, ambos indicados pelo fabricante ($dB(A)$);

- Com os níveis globais, obtidos como indicado na alínea b), calcular o nível sonoro contínuo equivalente, $L_{Aeq,Tk,efect}$, de cada ruído que ocorra durante o tempo Tk , estando o trabalhador equipado com protetores auditivos, pela equação:

$$L_{Aeq,f,Tk} = 10 \log \sum_n 10^{0,1 L_n} \quad (8)$$

Nível de pressão sonora de pico L_{Cpico} , o valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em $dB(C)$, dado pela expressão:

$$L_{Cpico} = 10 \log \left(\frac{P_{Cpico}}{P_0} \right)^2 \quad (9)$$

Em que P_{cpico} é o valor máximo da pressão sonora instantânea a que o trabalhador está exposto, ponderado C, expresso em Pascal;

Nível sonoro contínuo equivalente $L_{Aeq,T}$, ponderado A de um ruído num intervalo de tempo T , é o nível sonoro, expresso em $dB (A)$, obtido pela expressão:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} \int_1^2 \frac{[P_A(t)]^2}{(P_0)^2} dt \right\} \quad (10)$$

Em que:

T é o tempo de exposição de um trabalhador ao ruído no trabalho $T = t_2 - t_1$;

$P_A(t)$ é a pressão sonora instantânea ponderada A, expressa em Pascal, a que está exposto um trabalhador;

Nível sonoro ponderado A L_{PA} , o nível da pressão sonora, em $dB (A)$, ponderado de acordo com a curva de resposta normalizada A, dado pela expressão:

$$L_{PA} = 10 \log \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2 \quad (11)$$

Em que:

P_0 é a pressão de referência $P_0 = 2 \times 10^{-5} Pa = 20 \mu Pa$

P_A é o valor eficaz da pressão sonora ponderada A, expresso em pascal, a que está exposto um trabalhador;

Valores de ação superior e inferior. Corresponde aos níveis de exposição diária ou semanal ou aos níveis da pressão sonora de pico que em caso de ultrapassagem implicam a tomada de medidas preventivas adequadas à redução do risco para a segurança e saúde dos trabalhadores;

Valores limite de exposição. Enuncia o nível de exposição diária ou semanal ou o nível da pressão sonora de pico que não deve ser ultrapassado.

No artigo 3 ° do DL n.º 182/2006 estão definidos os valores limite de exposição e os valores de ação como podemos observar na tabela 2.4.

Tabela 2.4: Valores limite de exposição e os valores de ação (DL n.º 182/2006)

	$L_{EX,8h} = \overline{L_{EX,8h}}$	L_{Cpico}
Valores limites de exposição:	87 dB (A)	140 dB (C) equivalente a 200 Pa
Valores de ação superiores	85 dB (A)	137 dB (C) equivalente a 140 Pa
Valores de ação inferiores	80 dB (A)	135 dB (C) equivalente a 112 Pa

No artigo 6º são apresentados os deveres do empregador para assegurar a redução da exposição dos trabalhadores ao ruído. De acordo com a legislação aplicável, no artigo 7º se o empregador não puder evitar a exposição ao ruído, este deve disponibilizar aos trabalhadores equipamentos de proteção individual.

2.2.4. Legislação aplicada às poeiras

O **Decreto-Lei n.º 162/90 de 22 de maio**, aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras, anexo ao presente diploma e que dele faz parte integrante. No Artigo 147º, são apresentadas as concentrações máximas admissíveis (CMA) de poeiras (tabela 2.5), são em função do teor em sílica, os valores são os seguintes:

Tabela 2.5: Concentrações máximas admissíveis de poeiras (DL n.º 162/90)

Teor em sílica	Concentrações máximas admissíveis
Inferior a 6%	5 mg/m ³
Entre 6% e 25%	2 mg/m ³
Superior a 25%	1 mg/m ³

A **Portaria n.º 198/96, de 4 de abril**, regulamenta as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extrativas a céu aberto ou subterrâneas.

A **Norma Portuguesa (NP) 1796:2007** estabelece os valores limite de exposição a agentes químicos, os Valores Limite de Exposição (VLE) são propostos pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Os valores VLE que esta norma apresenta, observados na tabela 2.6, são distintos dos valores do DL n.º 162/90, de 22 de maio, legalmente, são os valores do DL n.º 162/90, de 22 de maio que prevalecem.

Tabela 2.6: Chemical Abstract Service Registry Number (CAS) da sílica cristalina, do α – Quartzo e da Cristobalite; valor limite de exposição e consequências para a saúde humana (NP 1796:2007)

Substância - designação	N.º CAS	VLE – MP (mg/m ³)	Base de VLE
Sílica, cristalina	14808-60-7	0,025	Fibrose pulmonar; Cancro do pulmão
α – Quartzo	1317-95-9		
Cristobalite	14461-46-1		

Segundo a norma, existem três categorias de VLE:

O **Valor Limite de Exposição – Média Ponderada (VLE – MP)** corresponde à concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde.

O **Valor Limite de Exposição – Curta Duração (VLE – CD)** corresponde à concentração à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar repetidamente expostos por curtos períodos de tempo, desde que o valor de VLE – MP não seja excedido e sem que ocorram efeitos adversos. O VLE – CD é definido como uma exposição VLE – MP de 15 minutos que nunca deve ser excedida durante o dia de trabalho, mesmo que a média ponderada seja inferior ao valor limite.

O **Valor Limite de Exposição – Concentração Máxima (VLE – CM)** corresponde à concentração que nunca deve ser excedida durante qualquer período de exposição.

2.3. Ruído

Atualmente, a poluição sonora é um dos principais fatores de degradação da qualidade do ambiente, constituindo um problema para a saúde pública, que acaba por condicionar a qualidade de vida das populações e dos ecossistemas.

Do ponto de vista físico, a definição de ruído é dada por, vibração mecânica estatisticamente aleatória de um modo elástico (Miguel, 2012). Mais vulgarmente, podemos definir o ruído como um conjunto de sons desagradáveis ou incomodativos. Quando atinge um determinado nível torna-se incómodo, pode provocar fadiga, alterações no sistema nervoso e traumatismos auditivos (Ferreira & Guerreiro, 2010).

As perturbações que a vibração de uma superfície sólida produz no meio, propagando-se nele em todas as direções, originam o ruído. No ar esta perturbação manifesta-se em pequenas flutuações de pressão que são detetadas pelo ouvido humano (figura 2.2). As vibrações deslocam-se através do ar sob a forma de ondas que transmitem a pressão (figura 2.3) (Ferreira & Guerreiro, 2010). A unidade de pressão sonora é o decibel, dB. O decibel é uma razão logarítmica entre a pressão sonora verificada e o valor de referência. Na figura 2.2 podemos observar os valores de nível de pressão sonora que varia entre 0 dB (limiar da audição) e 130 dB (limiar da dor) (Silva, 2010).

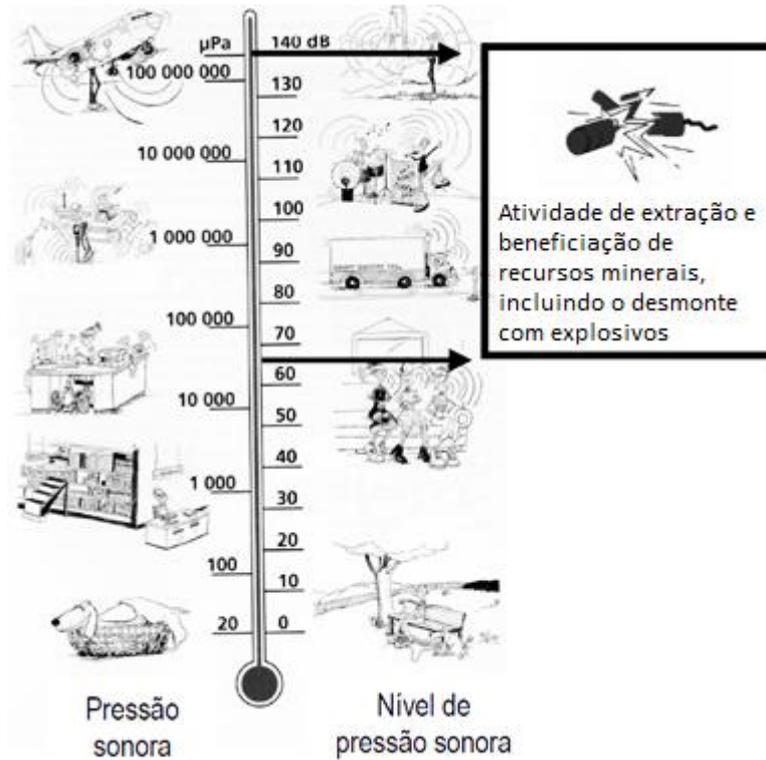


Figura 2.2: Variação da pressão sonora (adaptado Ferreira & Guerreiro, 2010)

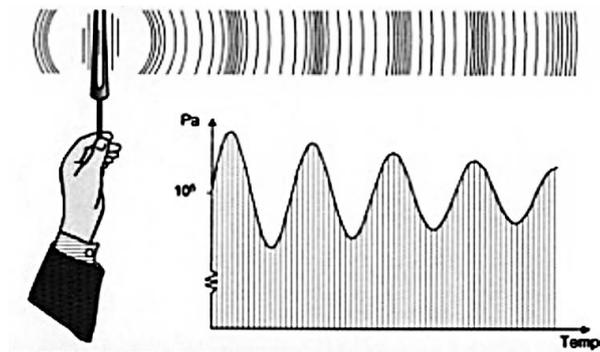


Figura 2.3: Propagação do ruído através da variação da pressão (adaptado Ferreira & Guerreiro, 2010)

Como a gama de pressões sonoras a que o ouvido humano é sensível e muito variada, torna-se pouco prática quando se utiliza na sua unidade de referência – o Pascal (Pa) como podemos observar na figura 2.2. É vantajoso recorrer a um cálculo matemático, convertendo a escala linear de pressão sonora em Pascal (Pa), numa escala logarítmica de nível de pressão sonora em decibel (dB). Na nova escala, a relação entre um som correspondente ao limiar da audição humana e um som doloroso, abrange apenas 120 unidades (Valadas & Leite, 2004).

O cálculo da pressão sonora encontra-se representado pela seguinte equação:

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \quad (12)$$

Em que:

L_p é o nível de pressão sonora expresso em dB;

p é a pressão sonora expressa em Pa;

p_0 corresponde à pressão sonora de referência ($p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa} = 20 \mu \text{ Pa}$) que corresponde ao limiar mínimo da audição humana.

Um nível de pressão sonora, expresso em decibel (dB), não é verdadeiramente representativo da sensação auditiva humana devido ao facto do ouvido humano ser pouco sensível às frequências muito baixas (infra-sons, abaixo dos 20 Hertz) bem como às muito altas (ultra-sons, acima dos 20 000 Hertz). Sendo assim, quando queremos que um aparelho de medição de ruído apresente um comportamento idêntico ao ouvido humano, são utilizados filtros de ponderação. Existem vários filtros normalizados (A, B, C, e D) que correspondem de forma não linear a diferentes frequências, é possível observar na figura 2.4 (Cerdeira, 2013), ainda nesta figura concluímos que a zona de maior sensibilidade é a gama situa-se entre os 1000 Hz e os 5000 Hz. O filtro mais importante a nível de ruído industrial é o filtro de ponderação A, pois é o que traduz a resposta do ouvido humano (Miguel, 2012).

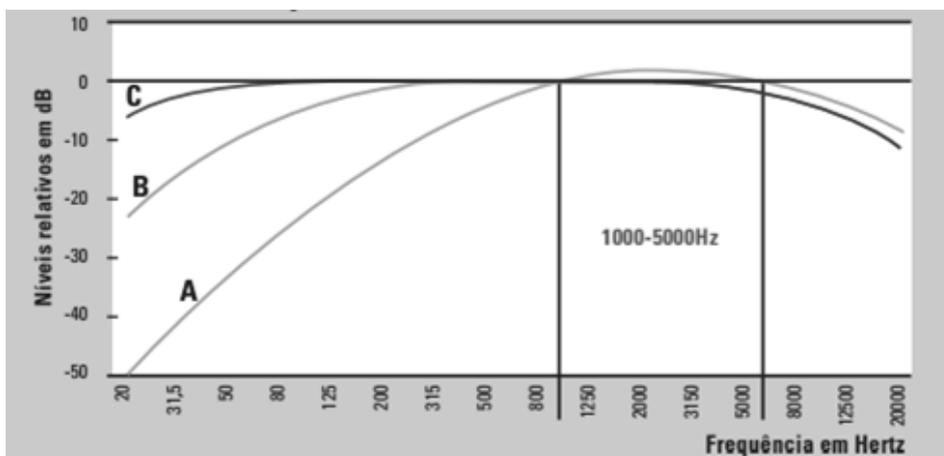


Figura 2.4: Curvas de ponderação (Valadas & Leite, 2004)

Quando duas fontes sonoras emitem simultaneamente ruídos cujos correspondentes níveis de pressão sonora ponderado A diferem em 10 dB (A) ou mais, o ruído resultante do funcionamento das duas fontes terá um nível de pressão sonora ponderado A igual ao do mais elevado dos dois ruídos.

O ruído que apresentar menor amplitude é ocultado pelo de maior amplitude. Num determinado ponto, a soma de dois níveis de pressão sonora, L_{p1} e L_{p2} , resultantes do ruído emitido por duas fontes distintas em funcionamento simultâneo, pode ser obtida recorrendo ao gráfico da figura 2.5.

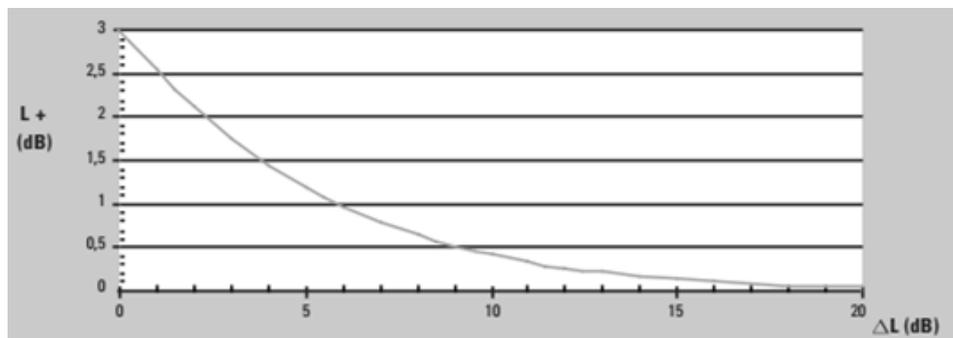


Figura 2.5: Adição de níveis de pressão sonora (Valadas & Leite, 2004)

Para calcular a adição da pressão sonora existem duas opções. Utilizando a seguinte metodologia:

1 – Calcular a diferença, ΔL , entre os dois níveis de pressão sonora que se pretende adicionar;

2 - Para o valor de ΔL , ler no gráfico o correspondente valor de $L+$;

3 - Adicionar o valor de $L+$ ao nível de pressão sonora mais elevado;

4 - O resultado obtido no ponto 3 corresponde ao nível de pressão sonora global das duas fontes em funcionamento simultâneo;

5 – Quando se pretende somar mais do que dois níveis de pressão sonora, o procedimento é semelhante, devendo ser somados dois a dois por ordem crescente do respetivo valor.

Também podemos calcular a adição da pressão recorrendo à seguinte expressão matemática:

$$L_{p_1} + L_{p_2} = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{L_{p_1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p_2}}{10}} \right) \quad (13)$$

2.3.1. Propagação do ruído

O ruído diminui com a distância do recetor à fonte sonora, propagando-se até atingir um obstáculo. Existem solos que absorvem o ruído, dificultando a propagação e solos que refletem o ruído, facilitando a propagação (Valadas & Leite, 2004).

Para além deste dois fatores, a absorção atmosférica; a morfologia e a altimetria do terreno; a existência de obstáculos; as condições meteorológicas (direção e

velocidade do vento, variações de temperatura e humidade relativa do ar, contribuem para a sua atenuação do ruído (Valadas & Leite, 2004).

2.3.2. Tipos de Ruído

O ruído pode ser classificado em 5 tipos diferentes:

Ruído Contínuo – Ruído cujos níveis de pressão sonora e espectro de frequência se mantêm constantes no tempo (figura 2.6) (Ferreira & Guerreiro, 2010).

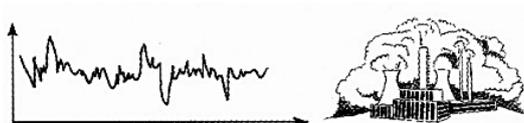


Figura 2.6: Ruído contínuo (Ferreira & Guerreiro, 2010)

Ruído Intermitente – Ruído cujos níveis de pressão sonora e o espectro de frequência variam em intervalos bem definidos, podendo ser periódico (é exemplo o ruído típico da operação de perfuração, figura 2.7) (Ferreira & Guerreiro, 2010).

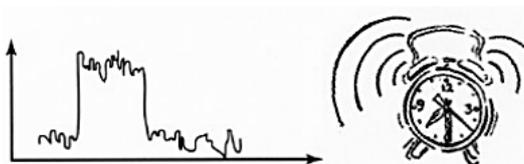


Figura 2.7: Ruído intermitente (Ferreira & Guerreiro, 2010).

Ruído de Impulsivo – Ruído de curta duração dura menos que 200 ms, apresenta um nível de pressão sonora bastante elevado (um exemplo deste ruído é a detonação de substâncias explosivas, figura 2.8) (Ferreira & Guerreiro, 2010).

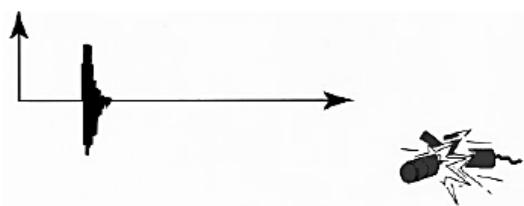


Figura 2.8: Ruído impulsivo (Ferreira & Guerreiro, 2010)

Ruído Tonal - Ruído cujo nível de uma das bandas, no espectro de 1/3 de oitava, excede em 5dB ou mais o nível das bandas adjacentes (figura 2.9) (Brüel & Kjær, 2008).

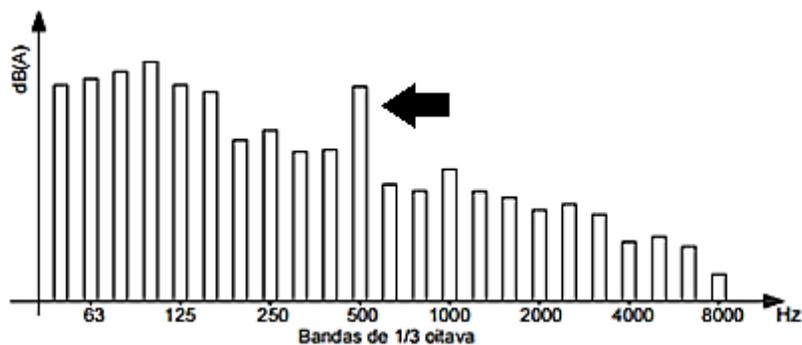


Figura 2.9: Espectro rico em baixas frequências, com características tonais na banda de 1/3 de oitava dos 500 Hz (Mateus, 2008)

Ruído de Baixas Frequências - Ruído de baixa frequência (audível) entre o 20 Hz e 500 Hz e o inaudível (infrassons), que ocorre entre os 0 Hz e os 20 Hz (figura 2.10) (Brüel & Kjær, 2008).



Figura 2.10: Ruído de baixas frequências (Brüel & Kjær 2008)

2.3.3. Efeitos do ruído na saúde humana

Segundo a APA foram efetuados vários estudos e concluiu-se que o ser Humano tem a capacidade de adaptar-se ao ruído continuado. Este fenómeno ocorre, à custa de alterações fisiológicas e psicológicas de cada indivíduo (Valadas & Leite, 2004).

Os efeitos que o ruído pode causar na saúde humana agrupam-se em:

Efeitos físicos: ocorrem alterações nas propriedades físicas do sistema auditivo, podendo originar perdas auditivas. As perdas auditivas podem ser temporárias ou permanentes. Perdas auditivas permanentes são resultantes da exposição a níveis sonoros elevados ao longo de vários anos e verificam-se principalmente em trabalhadores do ramo industrial.

Efeitos fisiológicos: ocorrem alterações na atividade do corpo humano, como por exemplo: alterações da pressão sanguínea, do ritmo cardíaco e respiratório, e tensões musculares.

Efeitos psicológicos: ocorrem alterações no comportamento, pode causar: irritabilidade, stress, fadiga, diminuição da capacidade de concentração.

2.4. Poeiras

A poluição do ar ambiente pode afetar com maior ou menor gravidade a saúde dos trabalhadores e pode também ter consequências prejudiciais para a produção e para o ambiente (Macedo, 1988).

As substâncias químicas ou agentes químicos podem apresentar-se nos três estados da matéria: líquido, sólido e gasoso (Silva, 2009).

As poeiras são um agente químico em estado sólido, que podem ser definidas como uma suspensão no ar de partículas esféricas de pequeno tamanho, formadas pelo manuseamento de certos materiais e por processos mecânicos de desintegração (Miguel, 2012).

As poeiras podem distinguir-se segundo o tipo de lesão que causam (Miguel, 2012):

Poeiras fibrogénicas ou pneumoconióticas: podem provocar reações químicas ao nível dos alvéolos pulmonares, dando origem a doenças graves como as pneumoconioses. São exemplos a sílica livre, cristalina (silicose) e amianto (asbestose).

Poeiras inertes: acumulam-se nos alvéolos pulmonares, mas não produzem alterações pulmonares significativas. Neste tipo de poeiras podem citar-se exemplos como alguns carbonatos, celulose e caulino.

Poeiras tóxicas ou sistémicas: A absorção pode ocorrer por via respiratória ou digestiva e podem provocar lesões em um ou mais órgãos, de uma forma rápida e em concentrações elevadas ou lentamente e em baixas concentrações. Podem originar, cancro e alterações a nível do sistema nervoso. São exemplo a maioria das poeiras de origem metálica, como o chumbo, cádmio, mercúrio, arsénio e berílio.

Poeiras sensibilizantes: podem atuar sobre a pele ou sobre o aparelho respiratório, causando alergias e irritações. Constituem exemplos as madeiras tropicais, o crómio e as resinas.

O local de deposição das partículas no organismo, figura 2.11, depende diretamente do tamanho das partículas. A NP 1796:2007 classifica as partículas em diferentes frações:

Partículas inaláveis – Apresentam um diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 100 µm, são capazes de ser inaladas pelo nariz e pela boca e classificadas como agentes potencialmente perigosos.

Partículas torácicas - Apresentam um diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 25 μm e o diâmetro aerodinâmico médio é igual a 10 μm , são agentes potencialmente perigosos e capazes de penetrar além da laringe, podendo atingir a região pulmonar e alveolar.

Partículas respiráveis - Apresentam um diâmetro aerodinâmico igual ou inferior 10 μm e o diâmetro aerodinâmico médio é igual a 4 μm , são agentes potencialmente perigosos capazes de penetrar na região alveolar. No caso da sílica cristalina, a fração de poeira respirável é a mais importante devido às consequências para a saúde (Silva, 2010).

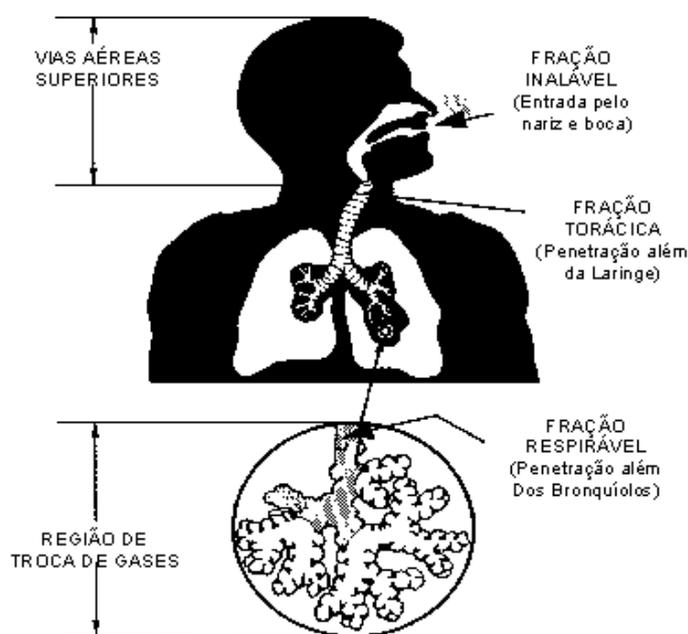


Figura 2.11: Tipo de frações de partículas e a sua deposição no organismo (Santos, 2001)

2.4.1. Sílica

Sílica é o nome comum dado ao composto químico dióxido de silício e apresenta a fórmula química 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: α , β – quartzo (forma mais comum presente em quase todos os tipos de rocha existentes), α , β -tridimita ; α , β -cristobalite. sendo — α a designação dada à formada a baixa temperatura e β à formada a alta temperatura (Bon, 2006).

A principal fonte de sílica é o quartzo, este mineral é componente de solos e rochas; sendo assim 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 (Fiequimetal & Dias 2010).

Todas as formas cristalinas de sílica são frequentemente denominadas sílica cristalina livre (ou sílica combinada). A sílica cristalina livre é a que pode apresentar tamanho de partícula respirável quando os trabalhadores manuseiam ou desintegram mecanicamente objetos que as contenham (Fiequimetal & Dias 2010).

2.4.2. Pneumoconiose – Silicose

A pneumoconiose é uma doença respiratória causada pela inalação de poeiras no local de trabalho, sendo por isso considerada uma doença ocupacional.

Podemos classificar as pneumoconioses da seguinte forma:

Pneumoconioses fibrogénicas: Originam uma alteração permanente ou destruição da estrutura alveolar (silicose, asbestose);

Pneumoconioses não-fibrogénicas: Causam uma reação pulmonar mínima, sendo potencialmente reversível (certos casos como na baritose e em alguns raros casos de siderose) e não muda a estrutura alveolar (estanose, siderose, baritose).

Existem inúmeros tipos de pneumoconioses, os mais frequentes são a silicose e a asbestose (Silva, 2009).

A silicose é uma doença pulmonar, fibronodular intersticial difusa, caracteriza-se pela exposição a grandes quantidades de sílica livre (Santos, *et al.*, 2010).

A doença profissional Silicose está devidamente caracterizada no Decreto Regulamentar n.º6/2001, de 5 de maio, que foi alterado pelo Decreto Regulamentar n.º76/2007, de 17 de julho. O fator de risco provocado pela sílica encontra-se no capítulo 2 que corresponde a doenças do aparelho respiratório, nomeadamente: fibrose pulmonar consecutiva à inalação de poeiras contendo sílica livre ou combinada, diagnosticada radiograficamente; complicações sílico-tuberculose; enfisema pulmonar e pneumotórax espontâneo e insuficiência cardíaca direita. O decreto refere que “Trabalhos com rochas ou minerais contendo sílica, nas minas, túneis, pedreiras e outros locais”, são trabalhos que estão exposto à inalação de poeiras contendo sílica livre ou combinada.

A silicose é talvez a pneumoconiose mais antiga. É a principal causa de invalidez entre as doenças respiratórias ocupacionais. Em 2001, o European Occupational Disease Statistics (EODS) classificou -a como a sexta doença respiratória ocupacional mais frequente. Em Portugal é a patologia respiratória mais notificada (Santos, *et al.*, 2010).

Dependendo da concentração de sílica cristalina respirável inalada, a silicose pode ser de três tipos: silicose aguda ou silicoproteinose, silicose acelerada e silicose crónica. A silicose aguda ou silicoproteinose desenvolve -se entre alguns meses a 5 anos após exposição a elevadas concentrações a sílica livre. A silicose acelerada é desenvolvida entre 5 a 10 anos após a primeira exposição a concentrações elevadas de sílica. A silicose crónica é a forma de apresentação mais comum e ocorre cerca de 15 anos após a primeira exposição à sílica livre, com concentrações relativamente baixas de partículas (Santos, *et al.*, 2010).

O controlo da produção de poeiras no local de trabalho pode ajudar a prevenir a silicose. Alguns dos fatores que determinam a maior ou menor probabilidade de um trabalhador desenvolver silicose são: a concentração atmosférica da fração respirável de poeira e o seu teor em sílica; o tempo de exposição e a suscetibilidade individual (Fiequimetal & Dias, 2010).

A silicose é diagnosticada com uma radiografia ao tórax que mostra o padrão típico de cicatrizes e nódulos, sendo assim os trabalhadores expostos às poeiras de sílica devem fazer radiografias ao tórax com regularidade, para que seja possível detetar qualquer anomalia o mais cedo possível (Fiequimetal & Dias, 2010).

3. Caracterização da área

3.1. Enquadramento geográfico

A área em estudo situa-se no distrito de Coimbra, concelho de Condeixa-a-Nova. O concelho compreende uma área de aproximadamente 140 km², aglomerando dez freguesias. Os acessos às vias de comunicação localizam-se junto à estrada nacional EN1 e próximo da autoestrada A1 (figura 3.1).

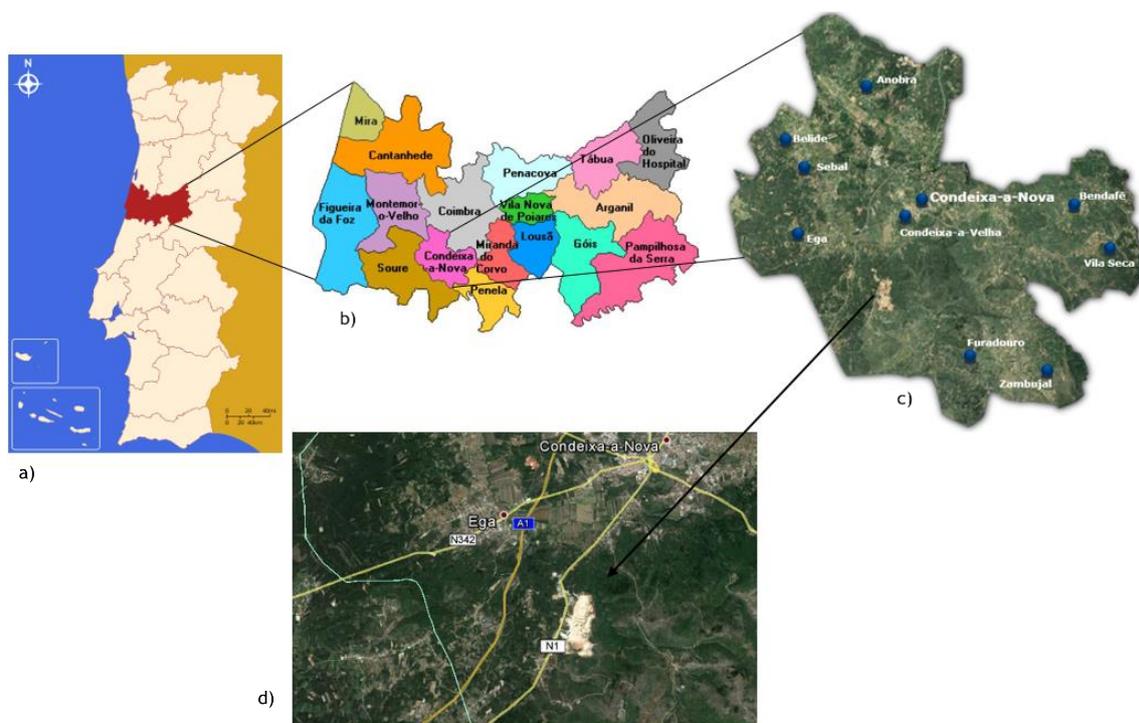


Figura 3.1: Localização da área em estudo: a) – Distrito de Coimbra; b) – Municípios de Coimbra; c) – Concelho de Condeixa-a-Nova; d) – Acessos rodoviários (EN1)

A pedreira e a sua envolvente estão representadas pelas folhas das cartas militares n.º 240, 241, 250 e 251, à escala 1/25 000 dos Serviços Cartográficos do Instituto Geográfico do Exército. Na figura 3.2, a preto encontra-se delimitada a área estudada e a azul a área da pedreira.

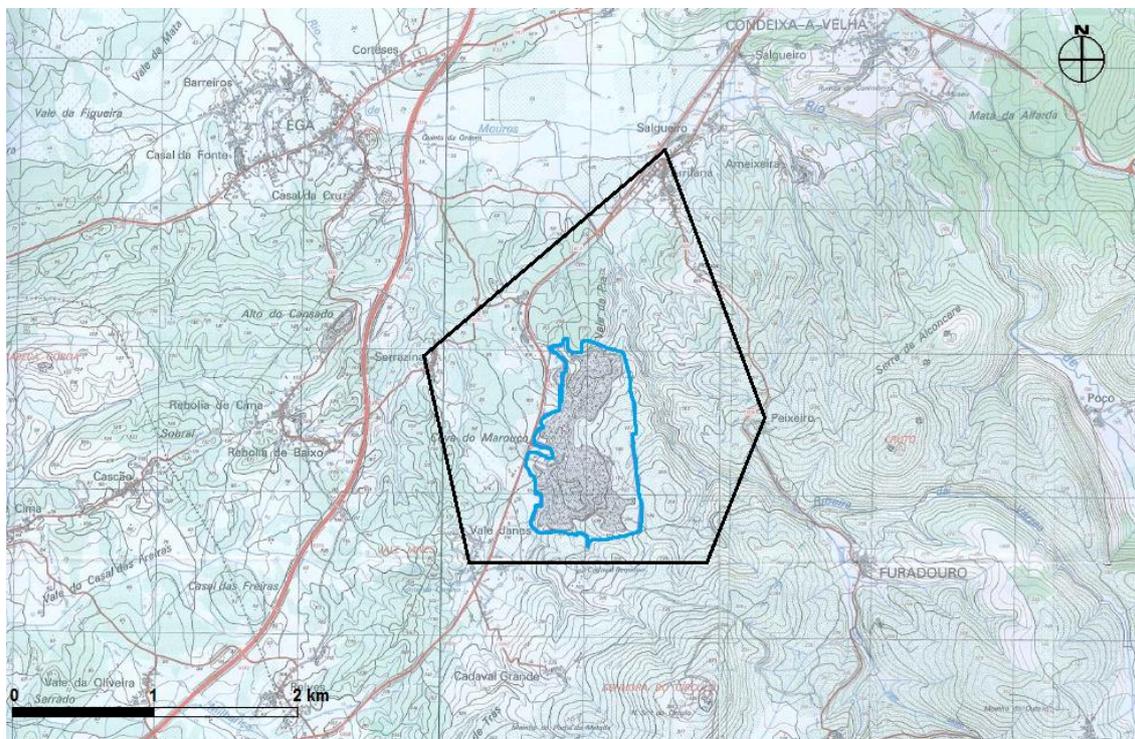


Figura 3.2: Localização da área estudada nos extratos das Cartas Militares de Portugal, 240, 241, 250 e 251, à escala 1/25 000 (adaptado Geomega, EIA Relatório -Síntese - Vol.II, 2008).

Conforme as unidades territoriais estatísticas de Portugal, a área em estudo enquadra-se na sub-região estatística portuguesa Baixo Mondego (NUT III), na região Centro, (NUT II) de Portugal Continental (NUT I).

3.2. Enquadramento geológico

A pedreira enquadra-se pela Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000, correspondendo à folha 19 C – Figueira da Foz, (figura 3.3).

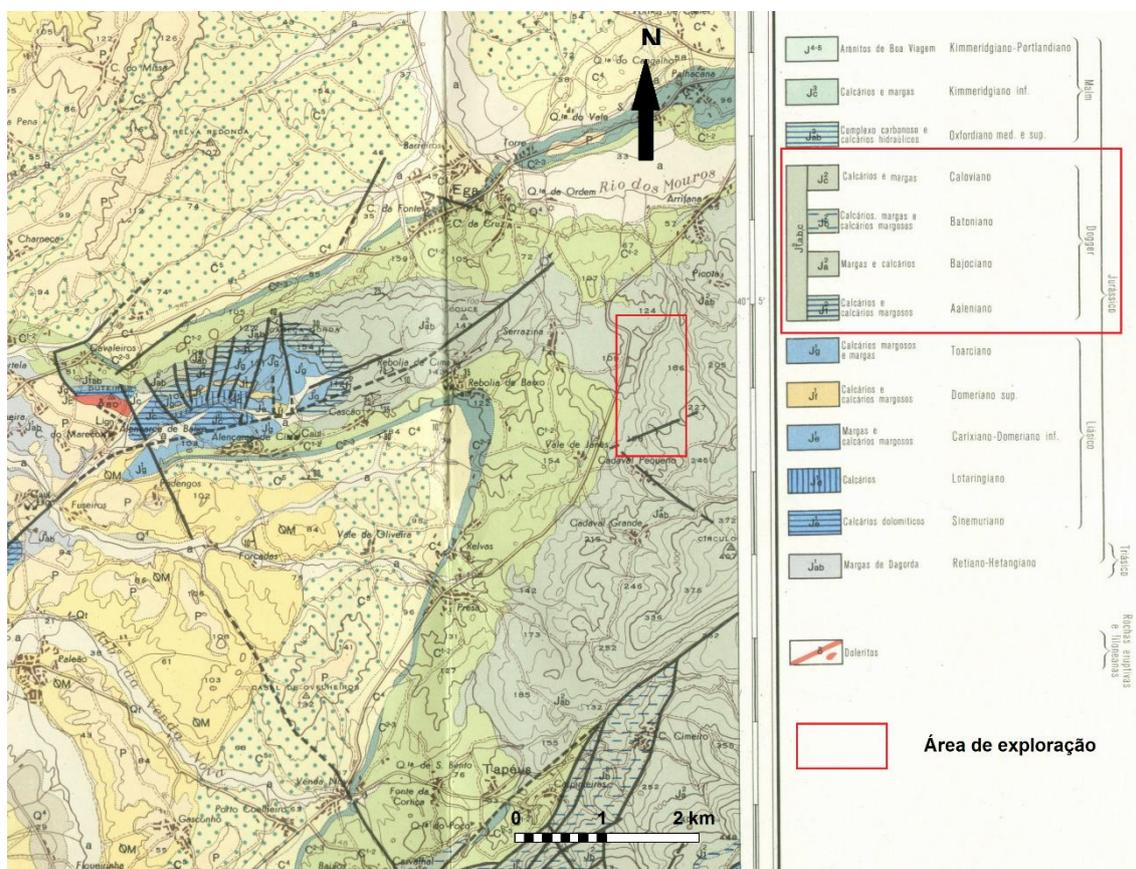


Figura 3.3: Extrato da Carta Geológica de Portugal, folha 19 – C (Figueira da Foz). (Adaptado IGM, 1976)

A região abrangida por este estudo está representada na figura 3.3 e corresponde às formações geológicas que pertencem ao Jurássico médio, mais propriamente ao Bajociano – Batoniano (Rocha, *et al.*, 1981). As formações calcárias podem ter espessuras na ordem dos 200 m. Os calcários apresentam-se compactos bem estratificados de cor acinzentada e, pontualmente, de cor bege, apresentando-se em bancos muito fraturados, intercalados por falhas sub-verticais cujas espessuras podem variar de escassos centímetros a cerca de dois metros (Geomega, 2008; Rocha, *et al.*, 1981).

Estas falhas são preenchidas por materiais argilosos ou areno-argilosos e apresentam, em geral, orientações sub-verticais, grosso modo concordantes com o padrão tectónico regional, evidenciado pela presença das famílias de fraturas NNE-SSW, NE-SW e com menor expressão, NW-SE (Geomega, 2008; Rocha, *et al.*, 1981).

A oeste da área de exploração as formações do Jurássico Médio contactam através de uma discordância angular com formações areníticas, chamados “arenitos do

armazenamento, que está associada às grandes fendas e galerias subterrâneas e a outra é caracterizada por menor permeabilidade, mas com considerável capacidade de armazenamento, que está associada às massas de blocos calcários fissurados e porosos (Geometa, 2005).

O facto de ser um sistema aquífero cársico origina a que a acumulação de água na área em estudo seja pouca, em estudos desenvolvidos pela empresa Geomega constataram que no período de precipitação não existe água no interior de furos realizados, alguns atingiram a profundidade de 80 m, sem que tivesse sido intersectado o nível freático (Geometa, 2005). O mesmo acontece na área da pedreira que na sua cota mais baixa não acumula água.

3.4. Enquadramento climático

O clima da zona em estudo é tipicamente mediterrânico, com influência atlântica. A precipitação encontra-se distribuída ao longo do ano e o período mais seco corresponde a julho e agosto.

Relativamente aos dados climatológicos, as variáveis temperatura e precipitação, contêm registos da estação meteorológica de Bencanta, com latitude 40°12'N e longitude 8°27'W, a 35m de altitude. A caracterização do vento teve por base a informação fornecida pelo Snirh, obtidos na Estação de Condeixa (13G/02UG). A tabela 3.1 representa os parâmetros e o período de registo correspondente.

Tabela 3.1: Parâmetros e período correspondente

Estação meteorológica	Parâmetros	Período de registo
IPMA	Temperatura do ar	1981 – 2010
IPMA	Precipitação	1950 – 2003
Condeixa (13G/02UG)	Regime de ventos	2001 – 2009

3.4.1. Temperatura do ar

Como se verifica na figura 3.5 no período de 1981 a 2010, a temperatura média anual é de 15,9°C, sendo os meses mais frios o de janeiro, fevereiro e dezembro com a temperatura média de 10°C. Os meses mais quentes são julho e agosto, com a temperatura média de 21,9°C.

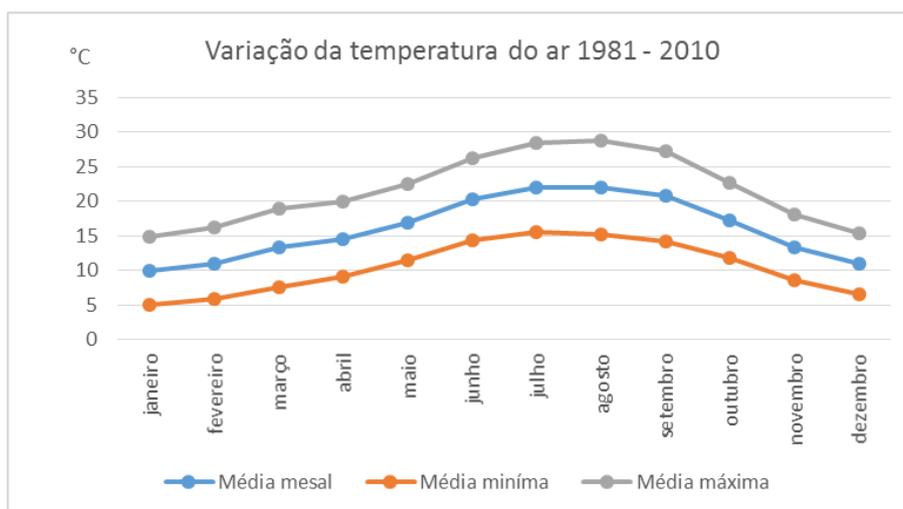


Figura 3.5: Gráfico com os valores médios mensais da temperatura do ar, no período 1981 – 2010 (IPMA)

3.4.2. Precipitação

Com a análise dos valores médios de precipitação para o período de 1950 a 2003, (figura 3.6) os meses de maior precipitação média são janeiro e dezembro, com 146 mm e 144 mm. Os meses mais secos foram julho (9,2 mm) e agosto (12,3 mm) (IPMA, 2014).

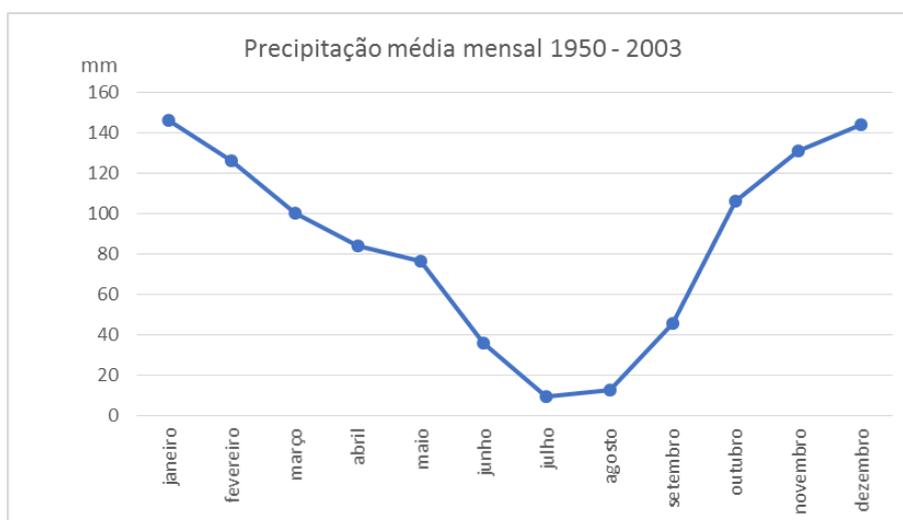


Figura 3.6 Distribuição dos valores de precipitação média mensal 1950 – 2003 (IPMA)

A figura 3.7 mostra a precipitação média acumulada mensal para o período 1950 a 2003, podendo concluir que a precipitação neste período foi de aproximadamente 1015 mm.

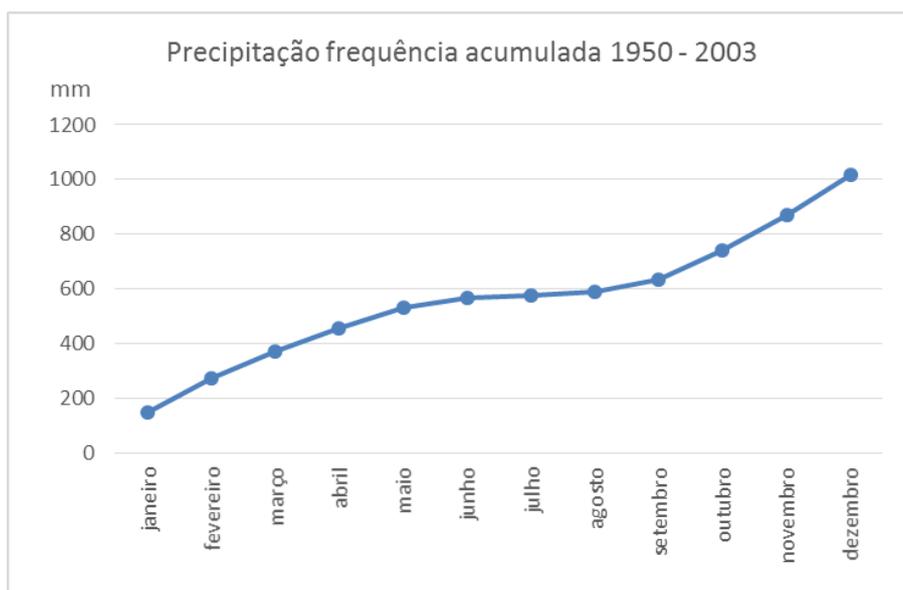


Figura 3.7: Distribuição dos valores de precipitação acumulada mensal 1950 – 2003 (IPMA)

3.4.3. Regime de ventos

Na tabela 3.2 e na figura 3.8 estão representados os valores médios da direção do vento anual e os valores da velocidade do vento média e máxima anual. A direção do vento é predominantemente de norte para sul e a velocidade média neste período de tempo é de 4,18 km/h. Para melhor observar a predominância do vento é apresentado na figura 3.9. O ano que registou a velocidade máxima mais elevada foi 2006 com 41,4 km/h.

Tabela 3.2: Regime de ventos entre 2001 a 2009 (Condeixa (13G/02UG))

Ano	Direção predominante do vento azimute (°)	Velocidade média (km/h)	Velocidade máxima média (km/h)
2001	122	4,7	32
2002	181	4	32,4
2003	176	3,6	29,5
2004	169	3,5	39,2
2005	167	4,4	34,6
2006	172	4,7	41,4
2007	167	4,2	29,9
2008	170	4,2	31
2009	193	4,5	35,6

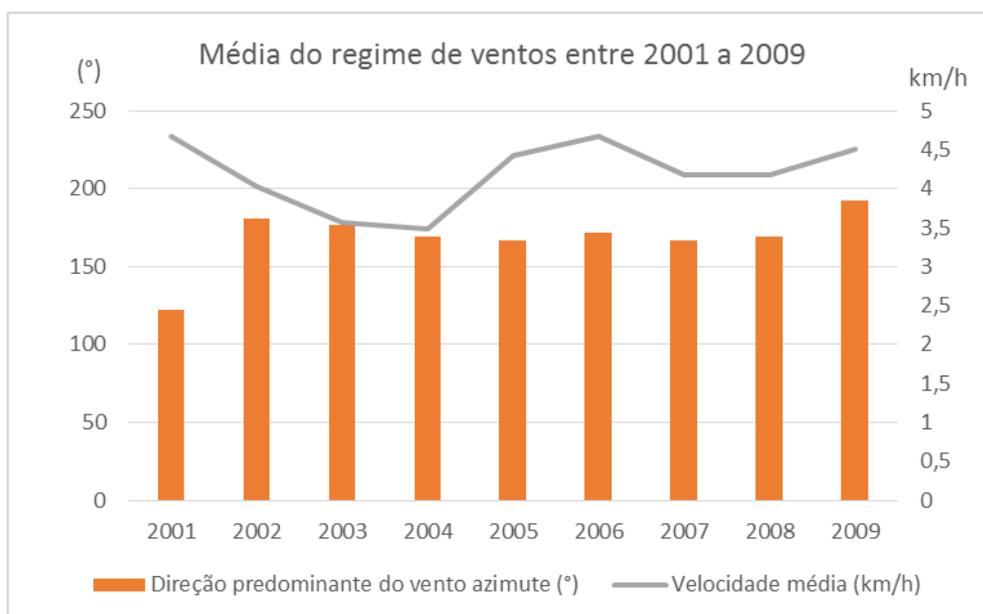


Figura 3.8: Gráfico com a média do regime de ventos entre 2001 a 2009 (Condeixa (13G/02UG))

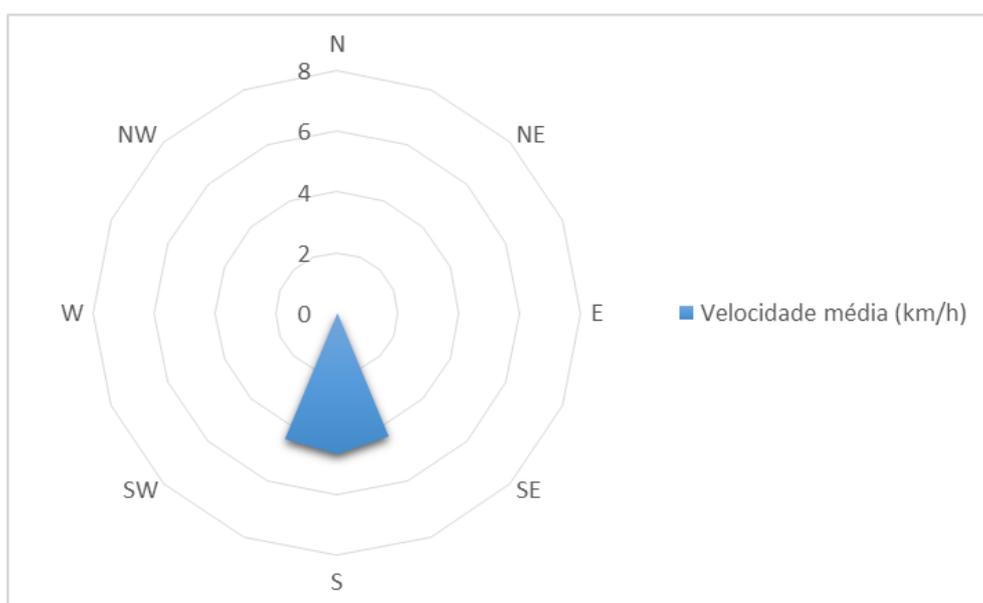


Figura 3.9: Gráfico com a predominância média do regime de ventos entre 2001 a 2009 (Condeixa (13G/02UG))

3.5. Atividade e processo de exploração da Pedreira

A atividade da pedreira é repartida em 2 períodos, o da manhã, com início às 7 horas e término às 12 horas, e o período da tarde, que inicia às 13 horas e termina às 20 horas, correspondendo o intervalo ao período de almoço. Durante estes períodos de tempo são realizadas diversas atividades de exploração da formação calcária.

No processo de exploração, destacam-se atividades como o desmonte de rocha e remoção e a carga e transporte dos blocos de calcário desde as frentes de desmonte até às estações de processamento de agregados. Além destas atividades estão envolvidas algumas outras, que permitem chegar desta fase de exploração para o produto final (Cimpor, 2015).

Em linhas gerais, o processo de fabrico dos agregados envolve, numa primeira fase, a sua extração, efetuando no maciço a perfuração das bancadas para carregamento dos explosivos que provocarão o desmonte, permitindo garantir um fracionamento compatível com o britador. Em seguida, o material resultante é transportado para o britador primário, recorrendo a *Dumpers*. Na instalação, e depois de descarregado o material na tulha de alimentação do britador primário, ocorre o processo de britagem, onde se efetua uma pré crivagem, que permite retirar a fração fina, procurando melhorar a qualidade do produto final. No britador o material é reduzido a uma dimensão desejável, inferior a 300mm, que alimenta os moinhos. Através de telas transportadoras, esta matéria é conduzida aos referidos moinhos, que vão fazendo sucessivas reduções até se obterem as granulometrias comerciais pretendidas. Por fim, mas não menos importante, após os agregados serem reduzidos à dimensão apropriada, são separados nos diferentes produtos finais, segundo a sua granulometria através de crivos vibratórios. Finalmente, são armazenados em silos ou pilhas para posterior expedição (Cimpor, 2015).

A pedreira produz diferentes tipos de agregados: agregados calcários britados com granulometria compreendida entre 2 e 65mm; agregados calcários britados com granulometria inferior a 5mm; agregados calcários britados de granulometria extensa e agregados calcários britados e lavados com granulometria inferior a 5mm. Os agregados servem para a aplicação em trabalhos de construção e outras aplicações industriais, como por exemplo: agregados para betão, agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação e agregados para materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária (Cimpor, 2015).

4. Metodologia aplicada

Para efetuar a análise do ruído e da presença de poeiras foi utilizada a metodologia geral que se encontra representada e descrita na figura 4.1.



Figura 4.1: Metodologia utilizada

Partindo da pesquisa bibliográfica e identificado o alvo de estudo, definiu-se a metodologia a seguir para a recolha dos dados, bem como os pontos estratégicos de amostragem. Depois de recolhidos os dados, realizou-se o seu tratamento e analisou-se os resultados.

Para a realização da análise de ruído e da presença de poeiras respiráveis foram selecionados 27 locais (figura 4.2) considerando três situações distintas: zona da pedreira, os aglomerados populacionais próximos da envolvente da pedreira e a estrada (EN1) que passa junto da pedreira (tabela 4.1). O objetivo desta divisão foi distinguir o nível de ruído e de partículas respiráveis nas três zonas distintas, sendo uma destas zonas um local de trabalho, outra uma estrada movimentada, principalmente por veículos pesados e uma última zona, destinada à habitação. Ao longo da recolha de dados e consoante a análise efetuada foi necessário ir aumentando o número de amostras recolhidas para uma melhor fiabilidade dos resultados.

Em cada ponto foram determinadas as coordenadas geográficas com um GPS e determinados os parâmetros meteorológicos da temperatura, humidade e vento (intensidade e direção) que poderão influenciar a propagação das poeiras e ruído.

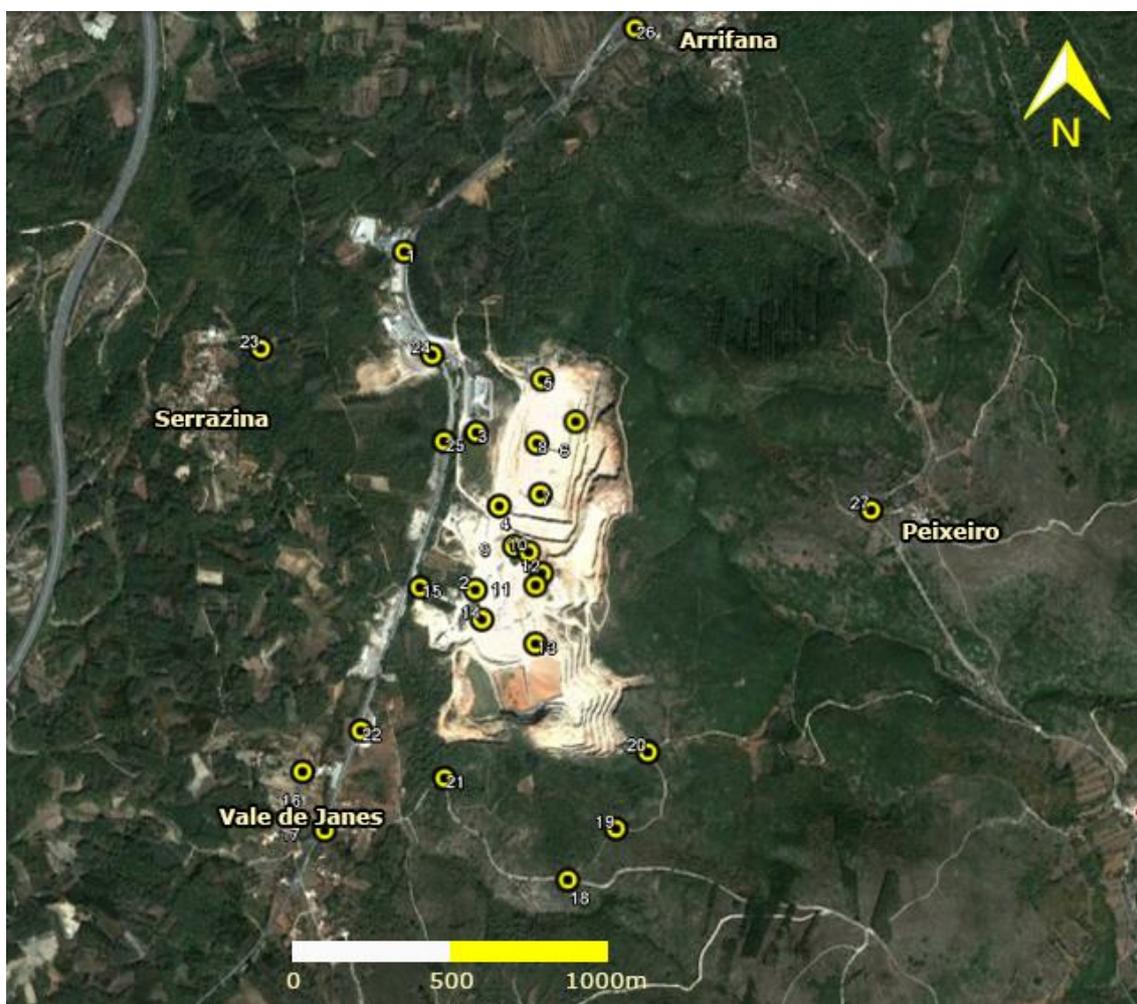


Figura 4.2: Localização dos pontos de amostragem na pedreira e sua envolvente (Google earth, 2015)

Tabela 4.1: Descrição da localização dos pontos de amostragem

Zona	Número do ponto	Localização
Zona da pedreira	2	Anexo de pedreira (oficina)
	3	Central de asfalto
	4	Local de passagem de camiões
	5	Central de classificação desativada
	6	Zona de britador móvel
	7	Extremo sul da pedreira
	8	Furo de prospeção
	9	Pá carregadora / Britador móvel
	10	Rebentamento (a 190 m)/ Pá giratória taqueamento
	11	Tanque de decantação
	12	Parque de pilhas de agregados
	13	Lagoa de lamas
	14	Estação de britagem
	Aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira	16
18		Estrada para a Srª do Círculo 1
19		Zona de vegetação 1
20		Zona de vegetação 2
21		Estrada para Srª do Círculo 2
23		Serrazina
26		Arrifana
27		Peixeiro
Estrada (EN 1) que passa junto da pedreira	1	EN 1 no cruzamento para Reboiça e Serrazina
	15	Entrada da pedreira
	17	EN 1 no cruzamento para a Srª do Círculo
	22	EN 1 junto do estabelecimento Eurocomponentes
	24	EN 1 junto do restaurante Restinova
	25	Beira da EN1

As medições efetuadas dentro da pedreira, em dias distintos, sofreram diferentes condicionantes, provocadas pelos trabalhos de extração realizados aquando o período de medições. Durante as medições observamos que existia uma constante movimentação de diversas máquinas, como por exemplo: o britador móvel, a perfuradora e a pá giratória, o que provoca uma variação do ruído em cada local. Reparemos que no ponto 10, a primeira medição foi realizada num dia onde foi efetuado um rebentamento a 190 m de distância, enquanto que no mesmo ponto, nos dias posteriores, estava em funcionamento a pá giratória. Assim se explica a diferença nos valores de ruído em alguns pontos da pedreira.

4.1. Recolha de dados

Para efetuar a recolha de dados foram utilizados equipamentos e softwares cedidos pelo Departamento de Ciências da Terra e pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra.

No presente trabalho foram realizadas medições de ruído em três dias e medições de poeiras em dois dias. Os dias em que os dados foram recolhidos foram casuais, com o intuito de estarem presentes diferentes condições atmosféricas.

Os pontos foram selecionados de forma a cobrir toda a zona em estudo, tendo em consideração três zonas distintas, que abrangem a pedreira e sua envolvente, a estrada EN 1 e os aglomerados populacionais mais próximos. A recolha das amostras foi intensificada na pedreira, selecionando mais pontos, permitindo assim recolher uma quantidade maior e mais precisa de informação. O intuito de concentrar a recolha neste local específico prende-se com o facto de se procurar uma maior proximidade com os postos de trabalho e os locais diretamente exposto à emissão de ruído e poeira. Relativamente à estrada EN 1, traçando o seu perfil observou-se que esta é uma via muito movimentada, com predominância de circulação de veículos pesados, gerando assim algum ruído. Nos aglomerados populacionais próximos da pedreira, houve a preocupação em avaliar se em alguma situação os valores limites legislados são excedidos, afetando a população residente.

As medições de ruído ambiente foram feitas de acordo com a metodologia que consta da norma NP 1730 (1996). Em relação às medições da exposição pessoal diária ao ruído e do nível de pressão sonora de pico foi realizado apenas um estudo preliminar, não avaliando diretamente o nível de ruído a que os trabalhadores estão expostos no seu posto de trabalho. Os valores que obtivemos serão inferiores aos valores a que os trabalhadores estarão realmente expostos. Convém portanto referir que o ruído ocupacional foi estudado de forma preliminar. Cada medição foi realizada num período de tempo representativo, entre 5 a 15 minutos, o sonómetro foi colocado num tripé, com o microfone localizado a uma altura entre 1,2 a 1,5 m acima do solo e o microfone encontrava-se afastado mais de 3,5 m de qualquer superfície refletora; as medições foram efetuadas com filtro de ponderação A e a medição foi realizada em *Fast* (que corresponde à velocidade de reação do sonómetro à variação do ruído no tempo) e em *Impulsivo* noutro canal e em simultâneo. Existem três velocidades: *Fast*, *Slow* e *Impulse*.

O equipamento para medir a concentração das poeiras respiráveis foi colocado no local a cerca de 0,5 m do solo e foi programado para realizar duas medições representativas com 1 minuto cada com um intervalo de 30 segundos.

Na figura 4.3 estão representados exemplos da utilização dos equipamentos em alguns pontos da zona de amostragem.

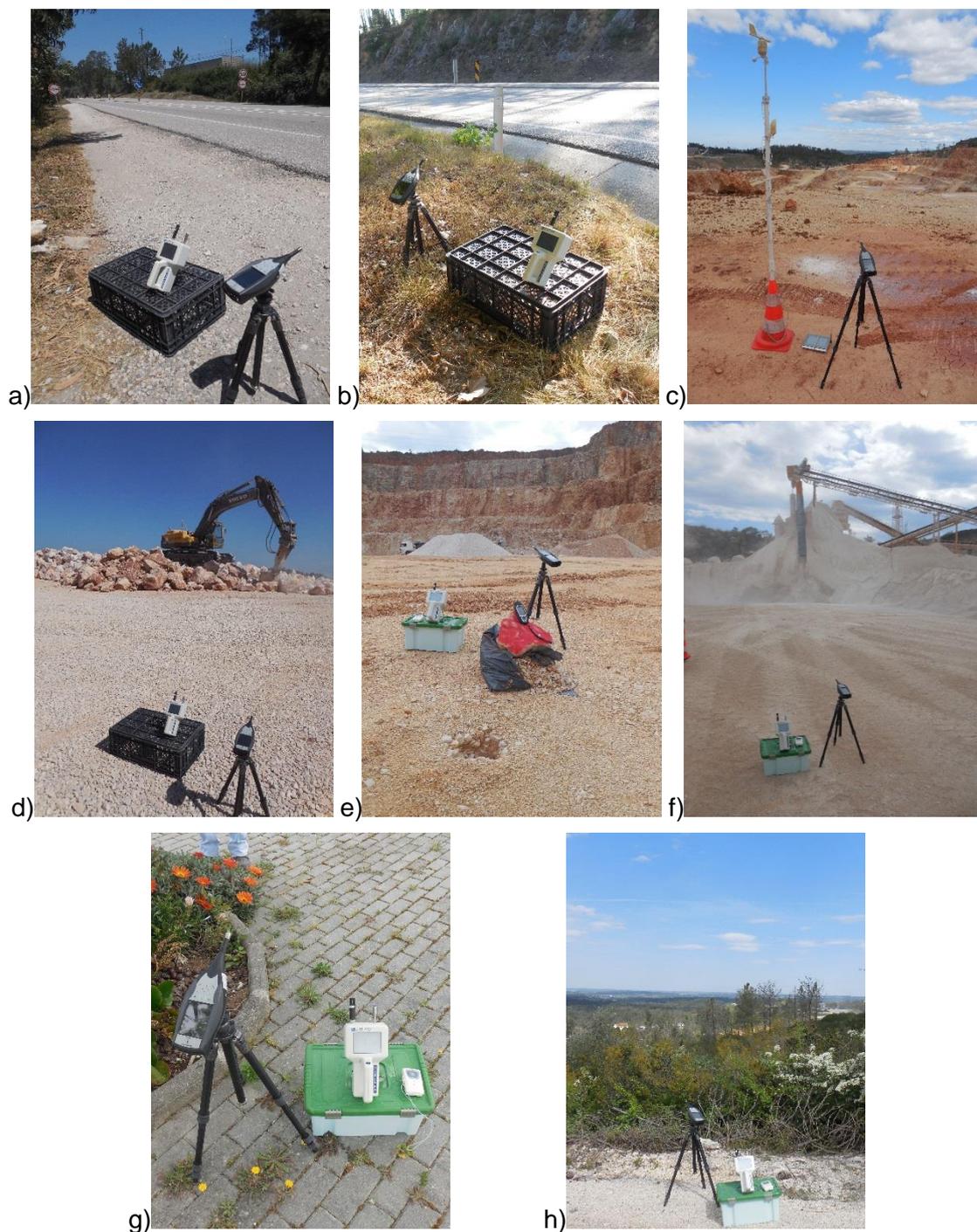


Figura 4.3: Fotografias de alguns locais de medição com o sonómetro e o equipamento de poeiras

a) Ponto 25 – Beira da EN1; **b)** Ponto 1 - EN 1 no cruzamento para Reboiça e Serrazina; **c)** Ponto 10 – Rebetamento a 190 m; **d)** Ponto 10 - Pá giratória taqueamento; **e)** Ponto 8 - Furo de prospeção; **f)** Ponto 14 - Estação de britagem; **g)** Ponto 16 - Vale de Janes; **h)** Ponto 21 - Estrada para Sr^a do Círculo 2

4.1.1. Equipamento de medição do ruído

O nível de ruído foi medido com um sonómetro Tipo 2250-Light da Brüel & Kjær de classe 1 (sendo indicado especificamente para medições no campo com elevada precisão). (figura 4.4), foi desenvolvido especificamente para a medição do ruído ocupacional e ruído ambiental. O sonómetro cumpre todas as normas nacionais e internacionais.



Figura 4.4: Sonómetro 2250-L da Brüel & Kjær

O equipamento tem um visor touch screen de toque grande e alto contraste, pode ser facilmente configurado e é capaz de analisar apenas os parâmetros necessários.

No equipamento modelo 2250-L é fornecido um programa de análise de som que permite medir todos os parâmetros, com um alcance dinâmico de 120 dB. Podem ser medidos os espectros de 1/1 e 1/3 de oitava e o registro de dados pode obter a evolução temporal dos níveis de ruído.

A transferência de dados é feita para o Computador através de uma ligação USB.

O equipamento foi utilizado de acordo com as especificações do fabricante, e devidamente calibrado sempre antes da medição. O calibrador tipo 4231 (figura 4.5) está de acordo com EN / IEC 60942 (2003) LS, Classe 1 e ANSI S1.40-1984. A frequência de calibração é de 1000 Hz (a frequência de referência para as redes de ponderação normalizados internacionais). A precisão da calibração é de $\pm 0,2$ dB. O nível de pressão sonora varia entre 94 dB ou 114 dB para a calibração em ambientes ruidosos. O calibrador utiliza um microfone de condensador que permite ter elevada estabilidade e independentemente das variações de pressão e temperatura em torno da frequência de calibração 1 kHz, assim os efeitos das mudanças de temperatura e

pressão são desprezáveis. O aparelho desliga-se automaticamente quando removido do microfone.



Figura 4.5: Calibrador tipo 4231 (Brüel & Kjær)

4.1.2. Equipamentos de medição de poeiras

A concentração das poeiras respiráveis foi medida com o equipamento Handheld 3016 IAQ Particle Counter (figura 4.6).



Figura 4.6: Medidor de partículas Handheld 3016 – IAQ

O equipamento Handheld 3016 tem até seis canais de partículas com o tamanho a partir de $0,3 \mu\text{m}$ e com um fluxo de 2,8 litros por minuto. O visor é touch screen e tem um microprocessador que controla todas as funções do aparelho. Os dados de contagem são exibidos em contagem cumulativa ou em contagem diferencial.

O número do modelo significa o tamanho da partícula mínimo medido pelo instrumento, sendo que o número “3016” indica um canal de $0,3 \mu\text{m}$ no mínimo de

tamanho de fluxo de 2,8 litros por minuto até seis canais com os seguintes tamanhos: 0,3, 0,5, 1,0, 2,5 e 5,0 10,0 μm .

A transferência de dados é feita para o Computador através de uma ligação USB.

O equipamento foi utilizado de acordo com as especificações do fabricante e está em conformidade com as exigências da Diretiva de relativa à harmonização das legislações dos Estados – membros no domínio do material elétrico destinado a ser utilizados dentro de certos limites de tensão: 73/23/CEE alterada pela Diretiva 93/68/CEE e da Diretiva 89/336/CEE alterada pela Diretiva 93/68/EEC. O medidor de partículas apresenta marcação CE.

4.1.3. Estação meteorológica e equipamento GPS

Para recolher os dados meteorológicos foi utilizado o equipamento Centro Meteorológico Profissional da Oregon, Scientific™, correspondente ao modelo WMR200 / WMR200A. Foram utilizados os sensores de vento, temperatura e humidade. Estes sensores permitiram o registo contínuo dos valores dos valores durante o período de tempo de recolhas das medidas. Inicialmente foi colocada a hipótese de instalar a estação meteorológica num ponto fixo, como por exemplo num telhado junto à pedreira. Uma vez que o telhado se encontrava muito acessível e vulnerável a roubos não foi possível instalar a estação.

A recolha de dados GPS foi efetuada com o equipamento Garmin Dakota 20, em modo “average point”, que exige a permanência fixa no local de medição durante um período de tempo superior a 1 minuto, de modo a que as coordenadas dos pontos tenham um erro de localização x, y inferior a ± 2 m.

5. Análise de resultados

Com o intuito de facilitar a leitura e análise dos resultados deste estudo, os resultados das medições efetuadas foram colocados em ficheiros EXCEL (que se encontram em anexo) e agrupados por dia de medição e com indicação se a medição corresponde ao ruído ou às poeiras.

Ao longo deste capítulo são apresentados os gráficos conclusivos das medições que foram efetuadas (para ruído e poeiras) e a comparação de valores tendo em conta a legislação e as condições meteorológicas.

5.1. Ruído

Para analisar se o ruído ambiente se encontra dentro do valor legislado recorreu-se ao RGR, considerando que a área em estudo se encontra ausente de classificação em “zona sensível” ou “zona mista”. Os valores limites máximos do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}) vão ser respetivamente de 55 e de 65 dB (A).

O L_{den} é calculado pela expressão seguinte:

$$L_{den} = 10 \times \log_{24} \frac{1}{24} \left[13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right] \quad (14)$$

Neste trabalho as medições foram efetuadas apenas durante o período laboral (13 horas de trabalho), pelo que a expressão L_{den} adaptada e utilizada no cálculo do ruído ambiente foi a seguinte:

$$L_d = 10 \times \log_{13} \frac{1}{13} \left[13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} \right] \quad (15)$$

$LAr = LAeq$ com adição de 3 dB(A) ao valor medido se o ruído for tonal (K1) ou impulsivo (K2) ou 6 se coexistirem as duas.

Para saber se o ruído apresenta características tonais (K1), é verificado se o nível de uma banda excede o das adjacentes em 5 dB ou mais, no registo da avaliação acústica (a medição deve ser efetuada na gama de frequências entre 50 Hz e 8 kHz por bandas de frequências de 1/3 de oitava em ponderação A). Na figura abaixo é apresentado o espectro referente ao ponto 15 (entrada da pedreira), em que ocorreu ruído com características tonais na banda de 1/3 de oitava dos 100 Hz.

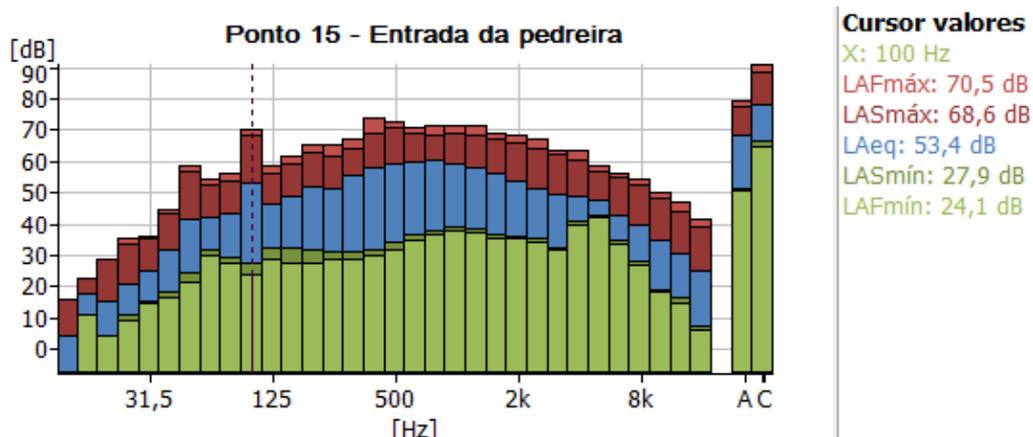


Figura 5.1: Espectro com características tonais na banda de 1/3 de oitava dos 100 Hz

Para saber se o ruído apresenta características impulsivas (K2) é determinada a diferença entre o L_{Aeq} medido em simultâneo com a característica *impulsiva* e *fast*. Se esta diferença for superior a 6 dB, o ruído deve ser considerado impulsivo.

Para analisar se o ruído é elevado, de maneira a ser prejudicial para os trabalhadores ou para a população foram comparados os valores de exposição pessoal diária ao ruído e o nível de pressão sonora de pico, com os valores legislados no DL n.º 182/2006, que se encontram na tabela seguinte.

Tabela 5.1: Valores limite de exposição e os valores de ação (DL n.º 182/2006)

	$L_{EX,8h} = \overline{L_{EX,8h}}$	L_{Cpico}
Valores limites de exposição:	87 dB (A)	140 dB (C) equivalente a 200 Pa
Valores de ação superiores	85 dB (A)	137 dB (C) equivalente a 140 Pa
Valores de ação inferiores	80 dB (A)	135 dB (C) equivalente a 112 Pa

5.2. Poeiras

Para classificar os resultados obtidos, foram consideradas as concentrações máximas admissíveis de poeiras respiráveis no ar dos locais de trabalho (tabela 5.2), de acordo com o seu teor em sílica e segundo o DL n.º162/90 de 22 de maio (Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras).

Tabela 5.2: Concentrações máximas admissíveis de poeiras (DL n.º162/90)

Teor em sílica	Concentrações máximas admissíveis
Inferior a 6%	5 mg/m ³ (a)
Entre 6% e 25%	2 mg/m ³
Superior a 25%	1 mg/m ³
(a) Este valor foi o considerado neste trabalho devido ao teor de sílica numa pedreira de calcário ser inferior a 6%	

Apesar de os valores do DL n.º 162/90, de 22 de maio, prevalecerem sobre os valores da NP 1796:2007, os resultados obtidos também foram classificados segundo esta norma (tabela 5.3).

Tabela 5.3: Valor limite de exposição (NP 1796:2007)

Substância – designação	VLE – MP (mg/m ³)
Sílica, cristalina α – Quartzo Cristobalite	0,025

Na representação cartográfica dos locais de amostragem para a exposição ao ruído e a concentração das poeiras foram utilizadas as coordenadas GPS de todos os pontos de amostragem e os valores relativos à exposição ao ruído ambiente, exposição pessoal diária ao ruído, o nível de pressão sonora de pico e a concentração de poeiras respiráveis (PM 2,5; PM 5; PM 10). Após analisados os valores obtidos, através do programa *Surfer*, foi usado o método da Krigagem como método interpolador (Jakob, 2002).

5.3. Primeira campanha de recolha de dados

A recolha de dados realizada no dia 24 de março de 2015 decorreu em tempo seco e durante o período em que a pedreira se encontrava em laboração (8h50 às 13h10).

A temperatura média registada ao longo da manhã foi de 15,4°C e a humidade foi de 46%. A velocidade média do vento foi de 9 km/h e a direção predominante era de norte para sudoeste a sudeste. Nesta primeira campanha foram analisados dados em 14 locais, apenas para o ruído e as condições atmosféricas.

Ruído

Os resultados obtidos em relação ao ruído ambiente representados pela figura 5.2, são mais elevados na zona da pedreira com uma média de 79,4 dB (A). O valor máximo nesta zona foi junto ao britador móvel correspondente a 88,9 dB (A). Na zona da estrada EN 1 o valor médio do ruído foi de 72,5 dB (A) e o valor máximo verificou-se no ponto 17, que corresponde EN1 no cruzamento para a Srª do Círculo. Nestas duas zonas o valor limite estabelecido pela legislação foi ultrapassado, no entanto na estrada EN1 estes valores foram condicionados pela circulação de veículos, muitos deles pesados e não por ruídos provenientes da pedreira. Os valores médios obtidos nos aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira foram 61,7 dB (A), inferiores aos da legislação se for considerada uma “zona mista” e superiores se for considerada uma “zona sensível”. O valor máximo foi de 66,9 dB (A) na população de Peixeiro, neste local obtemos um valor impulsivo, isto pode ter ocorrido devido á passagem provável de uma viatura, sendo assim este valor não se considera representativo.

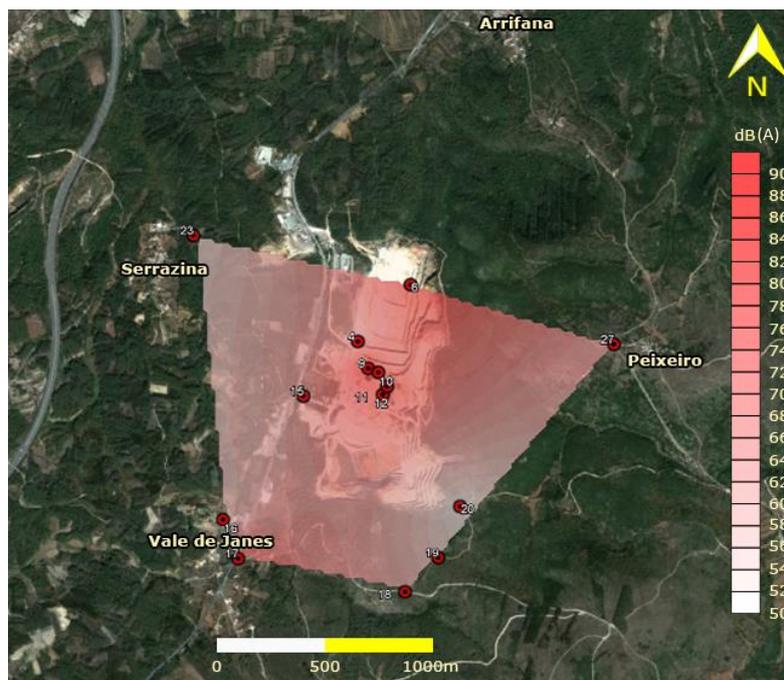


Figura 5.2: Distribuição dos valores de ruído ambiental correspondente à campanha do mês de março para os 14 pontos amostrados

Como já foi referido anteriormente, relativamente ao ruído ocupacional, foi feito apenas um estudo preliminar. A exposição pessoal diária ao ruído os valores obtidos encontram-se abaixo do legislado e obtivemos os resultados representados na figura 5.3, verificando-se que mesmo na área da pedreira a média de valores foi de 75,2 dB (A). O valor máximo de 85,6 dB (A) ocorreu na zona do britador móvel e segundo a legislação encontra-se ligeiramente acima do valor de ação superior. Em relação às zonas da estrada EN1 (69,2 dB (A)) e dos aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira (55,4 dB (A)) os valores médios obtidos foram abaixo dos 80 dB (A), ou seja abaixo do limite para os valores de ação inferior.

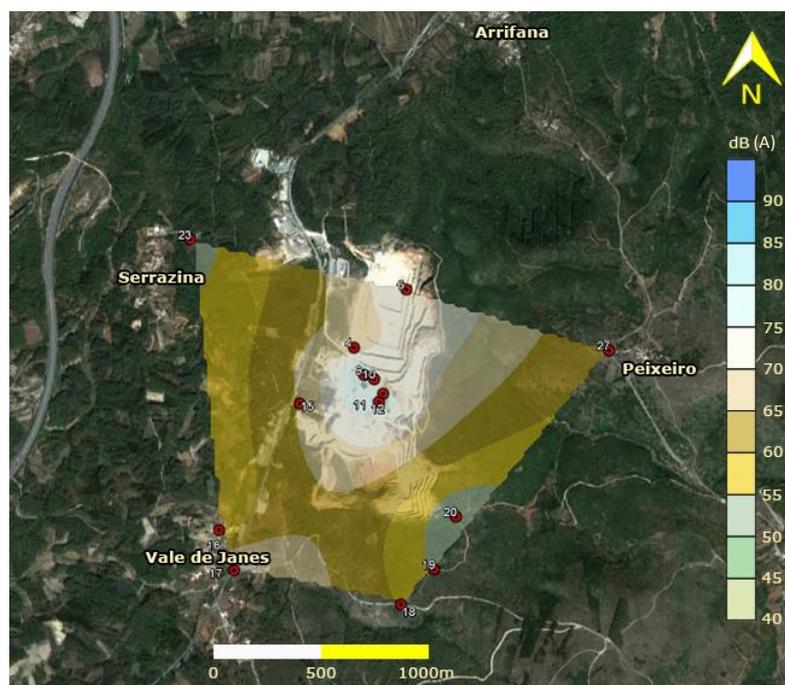


Figura 5.3: Distribuição dos valores de exposição pessoal diária ao ruído correspondente à campanha do mês de março para os 14 pontos amostrados

Na figura 5.4 obtemos os valores correspondentes ao nível de pressão sonora pico, concluímos que em nenhuma situação o valor de ação inferior correspondente ao da legislação em vigor foi ultrapassado. O valor máximo na zona da pedreira foi de 130,5 dB (C). Na estrada EN1 obteve-se o valor 111,3 dB (C) e nos aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira foi de 112,9 dB (C).

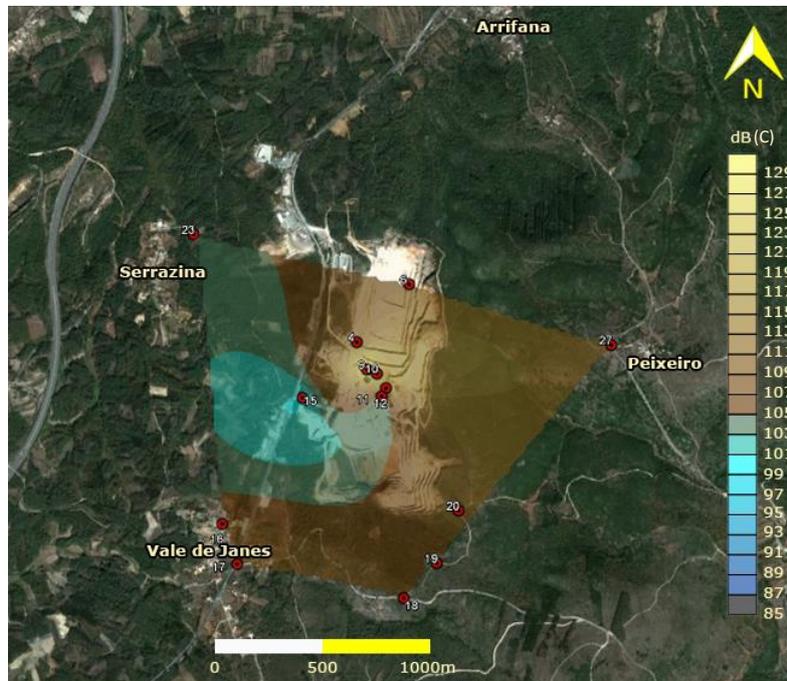


Figura 5.4: Distribuição dos valores do nível de pressão sonora de pico correspondente à campanha do mês de março para os 14 pontos amostrados

5.4. Segunda campanha de recolha de dados

A recolha de dados realizada no dia 7 de abril de 2015 decorreu em tempo seco e durante o período em que a pedreira se encontrava em laboração (8h50 às 13h30).

A temperatura média registada ao longo da manhã foi de 22,4°C e a humidade foi de 40%. A velocidade média do vento foi de 5,11 km/h e a direção foi muito variável, e predominante entre Nordeste para Sudoeste. Nesta campanha foram analisados dados em 23 zonas, foi aumentado o número das amostras para tornar mais fiável retirar conclusões.

Ruído

Na figura 5.5 são apresentados os resultados obtidos do ruído ambiente referentes à campanha de abril. Ao fazer a média em cada zona verificamos que os valores mais elevados encontram-se na zona da pedreira (70,02 dB (A)). Na estrada EN1 o valor foi ligeiramente menor (69,65 dB (A)). Em ambos os locais, em relação ao mês de março, os valores encontram-se mais baixos, mas superiores ao que está no RGR. A zona da população apresenta um valor médio de 52,93 dB (A) e um valor máximo de 58,92 dB (A), portanto nesta zona o valor médio não é superior ao que está na legislação.

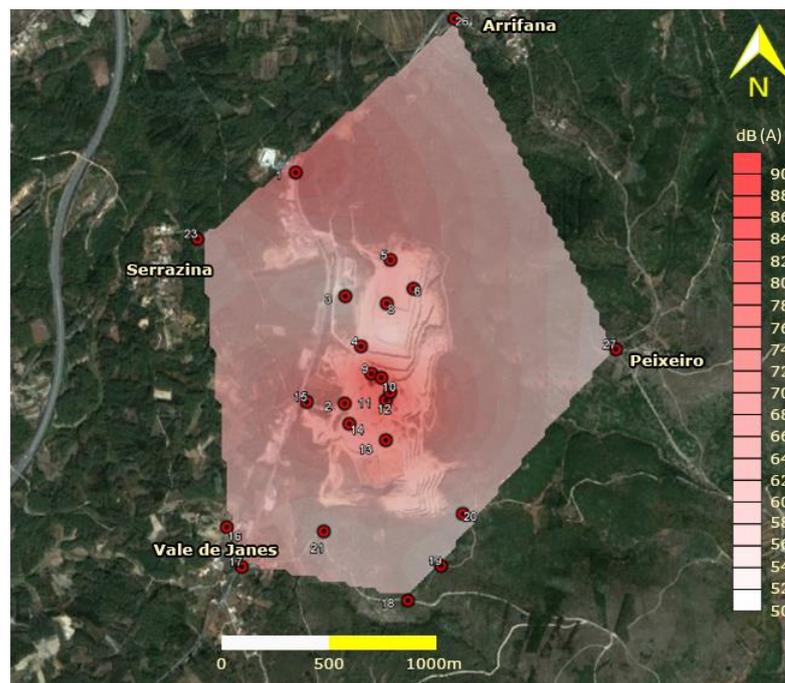


Figura 5.5: Distribuição dos valores de ruído ambiental correspondente à campanha do mês de abril para os 23 pontos amostrados

Observando a figura 5.6, os valores obtidos para a da exposição pessoal diária ao ruído, foram inferiores aos do mês de março. Sendo assim encontram-se novamente abaixo dos valores limites apresentados pela legislação. Na área da pedreira a média de valores foi de 68,7 dB (A) e o valor máximo foi de 85,5 dB (A) correspondente à zona onde se encontra o britador móvel. Segundo a legislação encontra-se ligeiramente acima do valor de ação superior. Em relação aos pontos médios na estrada EN 1 (69,4 dB (A)), aos aglomerados populacionais próximos e à envolvente da pedreira (52,3 dB (A)), verificou-se que os valores médios obtidos se encontram abaixo dos 80 dB (A), ou seja, abaixo do limite para os valores de ação inferior.

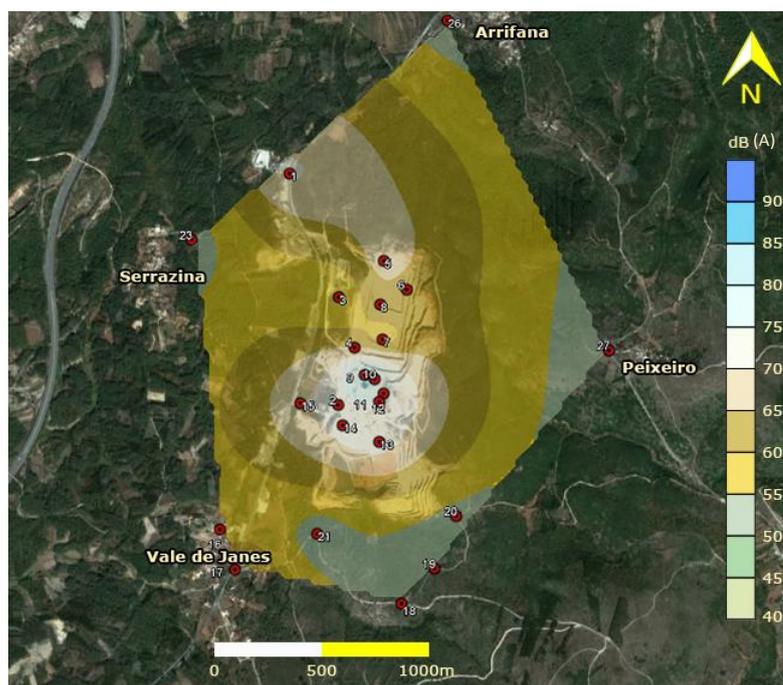


Figura 5.6: Distribuição dos valores de exposição pessoal diária ao ruído correspondente à campanha do mês de abril para os 23 pontos amostrados

Na figura 5.7 estão representados os valores correspondentes ao nível de pressão sonora pico, verificando que em nenhuma situação o valor de ação inferior correspondente ao da legislação em vigor foi ultrapassado. O valor máximo na zona da pedreira foi de 112,23 dB (C), enquanto que na estrada nacional obteve-se o valor 103,68 dB (C) e nos aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira foi de 104, 85 dB (C). Nesta campanha os valores foram inferiores aos da campanha do mês de março.

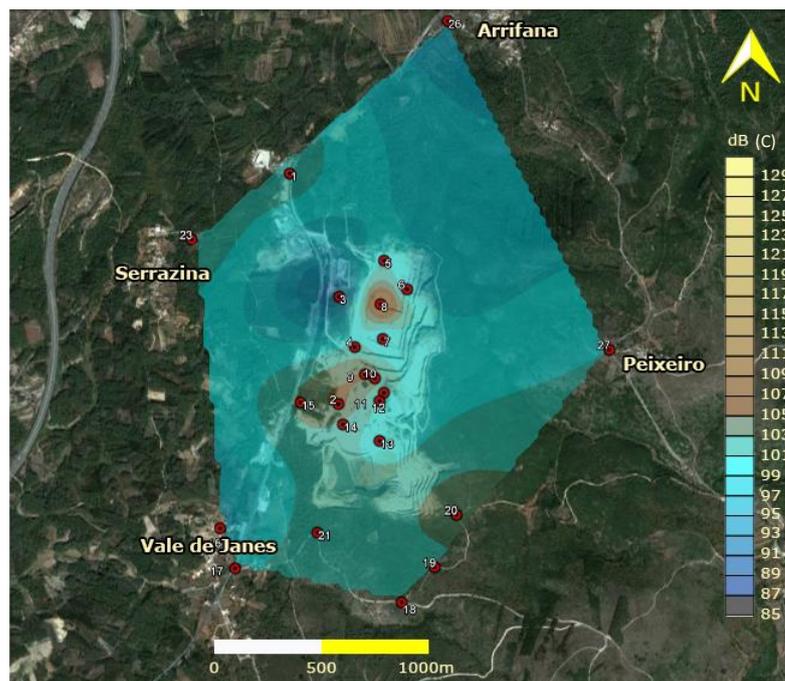


Figura 5.7: Distribuição dos valores do nível de pressão sonora de pico correspondente à campanha do mês de abril para os 23 pontos amostrados

Poeiras

Os resultados obtidos na análise de poeiras respiráveis (figura 5.8 a) b) e c)) demonstram que os níveis de concentração de poeiras medidos nos vários locais não excedem o valor limite de 5 mg/m^3 , estabelecido pela legislação em vigor, para teor em sílica inferior a 6% (tabela 5.2). As partículas PM 10 são as que apresentam o valor mais elevado. Na zona da pedreira o valor médio é de $0,68 \text{ mg/m}^3$ e o valor máximo de $3,47 \text{ mg/m}^3$, este valor localiza-se no ponto 14 que é junto à estação de britagem. A maior concentração de poeiras localiza-se na zona da pedreira como é possível perceber através da figura 5.8. O ponto 1 correspondente à estrada EN 1 no cruzamento para Reboliça e Serrazina, apresenta uma maior concentração de poeiras, seja PM 2,5 ($0,049 \text{ mg/m}^3$); PM 5 ($0,252 \text{ mg/m}^3$) ou PM 10 ($0,557 \text{ mg/m}^3$). Os valores de concentração de poeiras respiráveis, tendo em conta a NP 1796:2007, que o VLE – MP é de $0,025 \text{ mg/m}^3$, constatamos que os valores médios de concentração partículas PM10 na população são de $0,035 \text{ mg/m}^3$ e estão ligeiramente acima do que se encontra nesta Norma. Na zona da pedreira e da estrada EN 1 a média das partículas PM 10 é muito superior com, valores de $0,373 \text{ mg/m}^3$ e $0,681 \text{ mg/m}^3$, respetivamente.

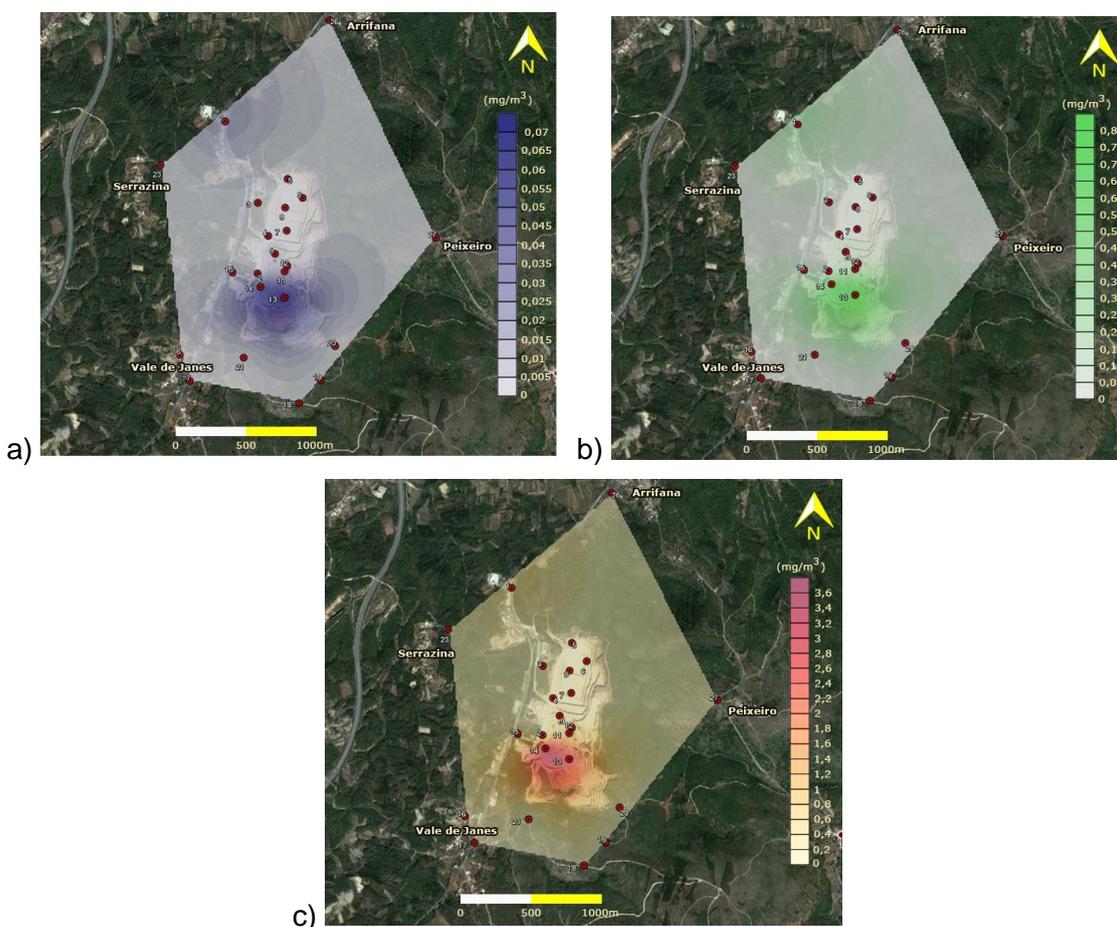


Figura 5.8: Distribuição dos valores a) Partículas respiráveis PM 2,5; b) Partículas respiráveis PM 5; c) Partículas respiráveis PM 10, correspondentes à campanha do mês de abril

5.5. Terceira campanha de recolha de dados

A recolha de dados realizada no dia 9 de julho de 2015 decorreu em tempo muito seco e durante o período em que a pedreira se encontrava em laboração (9h00 às 13h50).

A temperatura média registada ao longo da manhã foi de 32,8°C e a humidade foi de 34,5%. A velocidade média do vento foi de 3,5 km/h. Foi um dia com pouco vento e a direção variou de norte para sudeste e sudoeste. Nesta campanha foram analisados 27 locais, sendo necessário aumentar o número de amostras na zona da estrada nacional, de modo a caracterizar melhor esta zona.

Ruído

Na figura 5.9 observa-se os resultados obtidos em relação ao ruído ambiente, comprando com os meses anteriores a média do ruído ambiente foi mais elevada na estrada EN 1, atingindo os 71,04 dB (A) e um valor máximo de 73,12 dB (A) localizado no ponto 22 (EN 1 junto do estabelecimento Eurocomponentes). Na zona da pedreira a média do ruído ambiente foi de 69,96 dB (A), no ponto 9 na zona do britador móvel voltou a ocorrer o valor máximo que foi de 88,95 dB (A). Nestas duas zonas o valor limite estabelecido pela legislação foi ultrapassado. Os valores médios obtidos nos aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira foram 57,41 dB (A), excedendo o limite máximo de 55 dB(A). O valor máximo foi de 63,83 dB (A) no ponto 18, correspondendo à estrada para a Srª do Círculo 1.

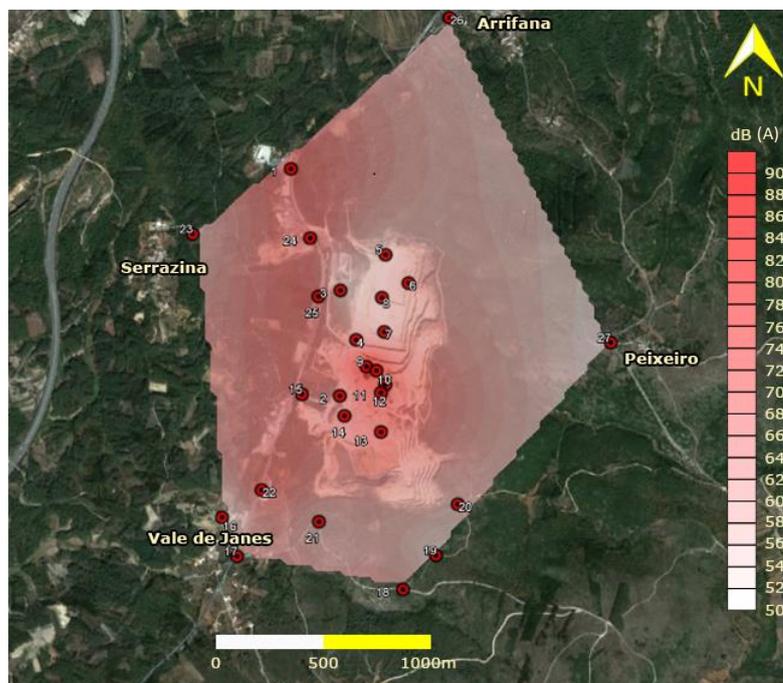


Figura 5.9: Distribuição dos valores de ruído ambiente correspondente à campanha do mês de julho para os 27 pontos amostrados

Na figura 5.10 são apresentados os resultados no mês de julho para exposição pessoal diária ao ruído. Os valores médios obtidos foram inferiores aos valores limites apresentados pela legislação. Na área da pedreira a média de valores foi de 69,06 dB (A) e o valor máximo foi de 88,67 dB (A) correspondendo novamente à zona onde se encontra o britador móvel. Segundo a legislação encontra-se ligeiramente acima do valor limite de exposição. Em relação às zonas da estrada EN 1 (69,76 dB (A)) e dos aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira (52,28 dB (A)) os valores médios obtidos foram abaixo dos 80 dB (A) (tabela 5.1), ou seja abaixo do limite para os valores de ação inferior.

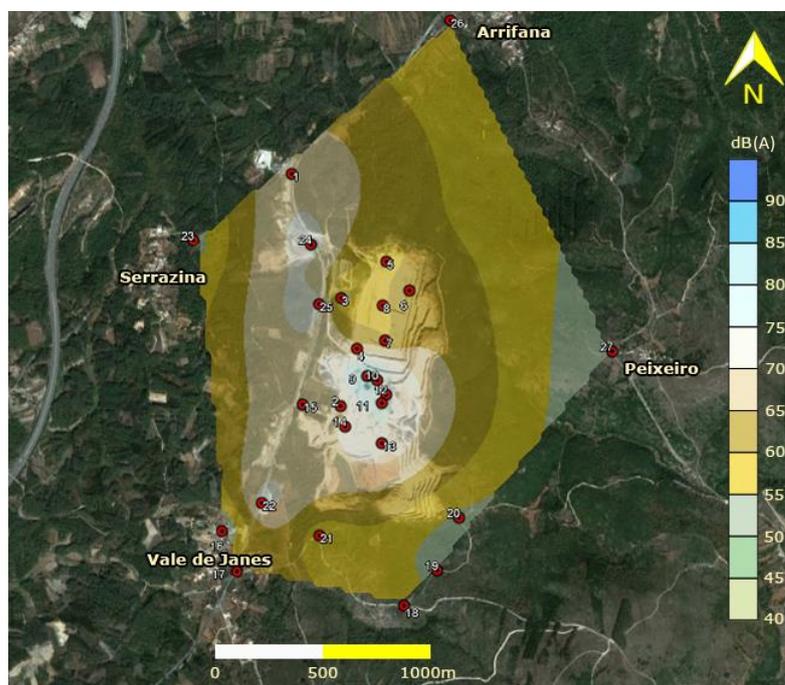


Figura 5.10: Distribuição dos valores de exposição pessoal diária ao ruído correspondente à campanha do mês de julho para os 27 pontos amostrados

Na figura 5.11 obtemos os valores correspondentes ao nível de pressão sonora pico, em nenhuma situação o valor de ação inferior correspondente ao da legislação em vigor foi ultrapassado. O valor máximo na zona da pedreira foi de 114,92 dB (C) no ponto 10 no local onde se encontrava a pá giratória taqueamento, na estrada EN 1 obteve-se o valor 105,59 dB (C) correspondendo ao ponto 24 (EN 1 junto do restaurante Restinova) e nos aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira foi de 105,76 dB (C), junto ao ponto 21 (na estrada para Sr^a do Círculo 2).

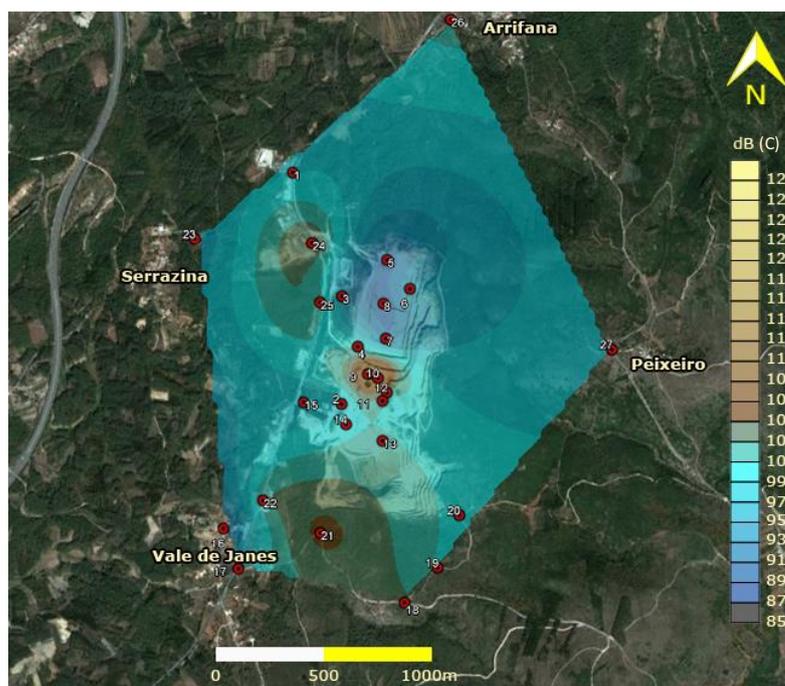


Figura 5.11: Distribuição dos valores do nível de pressão sonora de pico correspondente à campanha do mês de julho para os 27 pontos amostrados

Poeiras

Os resultados obtidos na análise de poeiras respiráveis (figura 5.12 a) b) e c)), demonstram que a média dos níveis de concentração de poeiras medidos nos vários locais não excedem o valor limite de 5 mg/m^3 , estabelecido pela legislação em vigor, para teor em sílica inferior a 6% (tabela 5.2). No entanto as partículas PM 10 são as que apresentam o valor mais elevado. Na zona da pedreira o valor médio foi mais elevado que no mês anterior, correspondendo a $1,177 \text{ mg/m}^3$ e o valor máximo foi de $6,662 \text{ mg/m}^3$, no ponto 14, junto à estação de britagem. Ao contrário dos resultados campanha do mês anterior, apuramos que nesse mesmo ponto o limite de concentração de exposição a poeiras imposto pela lei é ultrapassado. Como se pode observar nas imagens a), b) e c), que se encontram abaixo, a maior concentração de poeiras localiza-se na zona da pedreira. Na zona da estrada EN 1 os valores de concentração de partículas, apresentam o valor máximo no ponto 24, situado na EN 1 junto ao restaurante Restinova, tanto para as PM 2,5 ($0,034 \text{ mg/m}^3$), PM 5 ($0,172 \text{ mg/m}^3$) ou PM 10 ($0,351 \text{ mg/m}^3$). Os valores de concentração média de poeiras respiráveis, tendo em conta a NP 1796:2007, que o VLE – MP é $0,025 \text{ mg/m}^3$ (tabela 5.3) é ultrapassado nas três zonas e nas partículas PM 2,5; PM 5 e PM 10, exceto na zona da estrada, nos aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira, para partículas de tamanho PM 2,5, onde a concentração média foi de $0,022 \text{ mg/m}^3$ e de $0,018 \text{ mg/m}^3$, respetivamente.

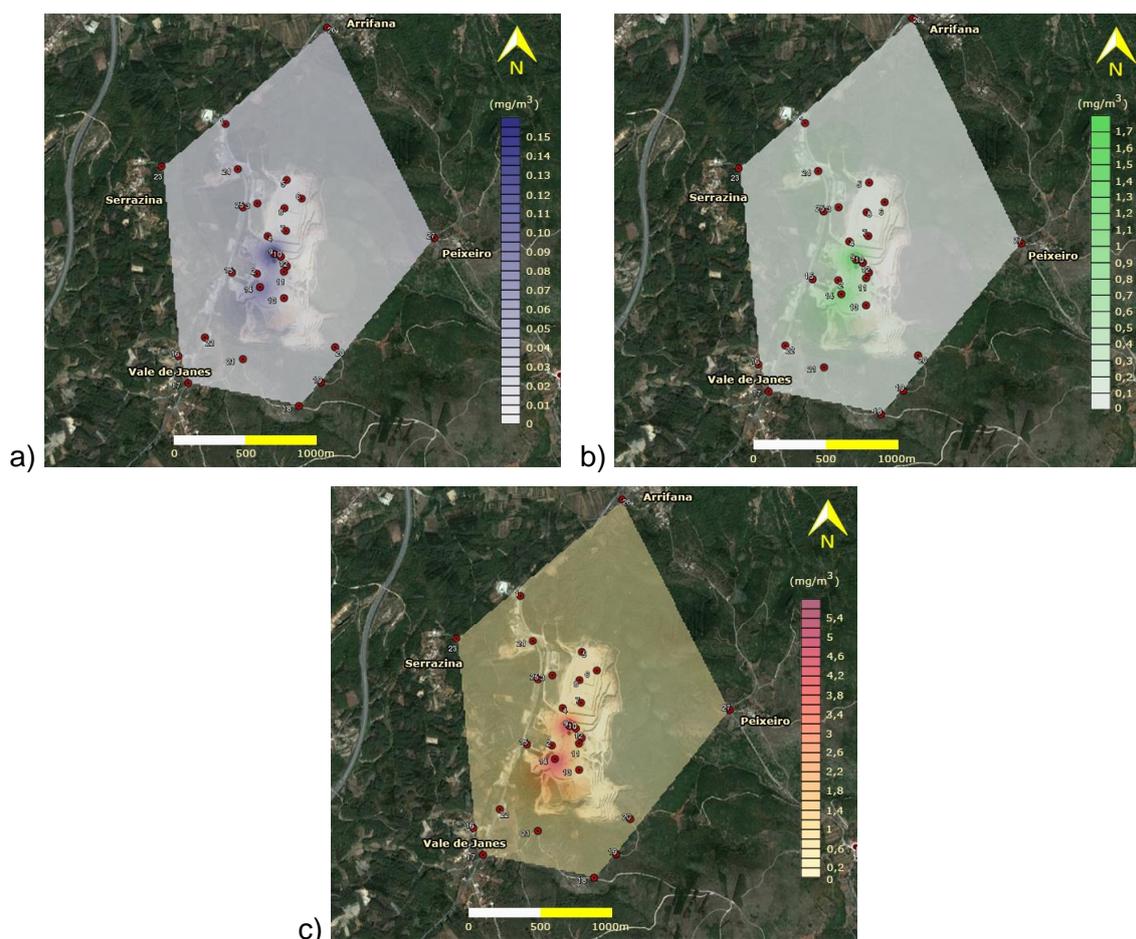


Figura 5.12: Distribuição dos valores a) Partículas respiráveis PM 2,5; b) Partículas respiráveis PM 5; c) Partículas respiráveis PM 10, correspondentes à campanha do mês de julho

5.6. Discussão de resultados

Em relação ao ruído ambiental, a área em estudo situa-se numa região onde na proximidade coexistem aglomerados populacionais, o tráfego de viaturas na estrada EN 1 (que acaba por ser uma fonte de ruído significativo nesta área) e a pedreira. O estudo do ruído ambiental teve início com a análise da envolvente do local em estudo, selecionando-se um conjunto de pontos de medição que permitissem a caracterização da situação de referência. Como já foi referido anteriormente, existe uma ausência de classificação eficaz de “zonas sensíveis” e “zonas mistas”. Se a área em estudo for considerada “zona mista”, com os resultados obtidos, verifica-se que na população o valor limite legal de 65 dB (A) não é excedido em nenhum ponto. Se a área for considerada uma “zona sensível” a média valor limite de 55 dB (A) é ligeiramente ultrapassado nas campanhas de março nos aglomerados populacionais próximos da pedreira. Se a zona da pedreira e da estrada EN 1, for considerada uma “zona sensível” ou “zona mista” esse valor é elevado, sendo necessário tomar algumas precauções, como por exemplo na zona da pedreira deve-se realizar a manutenção nas máquinas e

equipamentos com o intuito de identificar a existência de ruídos, vibrações anómalas, encapsular as máquinas de modo a atenuar a propagação de ruído e fazer reparações de modo a diminuir as vibrações.

Em relação ao ruído ocupacional, como foi abordado de forma preliminar as conclusões que retiramos é que dentro da pedreira existem postos de trabalho que excedem o valor legislado. Os trabalhadores expostos a esse nível de ruído devem ser sujeitos a exames médios anuais, assim como usar equipamentos de proteção auditiva adequada. Os trabalhadores que se encontrem mais expostos devem adotar métodos de trabalho que permitam reduzir a exposição ao ruído, devem ser escolhidos de equipamento de trabalho que produzam o mínimo de ruído possível. É importante limitar a duração e intensidade da exposição ao ruído introduzindo por exemplo o trabalho por turnos e no caso de os trabalhadores operarem em máquinas com cabine devem manter os vidros fechados.

Em relação à concentração de poeiras nas três zonas onde foram realizadas medições, os resultados obtidos demonstram que os níveis de concentração de poeiras medidos nos vários locais não excedem o valor limite estabelecido pela legislação em vigor.

A concentração de poeiras fora da área da pedreira está condicionada pelas condições meteorológicas. Em dias de maior intensidade de vento e de tempo quente existe maior possibilidade das partículas serem transportadas para os aglomerados populacionais próximos. Nos dias em que foi efetuada a recolha de dados para as poeiras o tempo encontrava-se bastante seco e não tinha havido precipitação nos dias anteriores e a média da velocidade do vento foi aproximadamente de 5 km/h. Os valores obtidos para a concentração de poeiras respiráveis foram abaixo do valor limite apresentado na legislação, isto é devido ao controlo de poeiras dentro da pedreira. Junto da estação de britagem existe uma enorme concentração de partículas respiráveis, é muito importante que neste local os trabalhadores estejam protegidos com equipamentos de proteção individual.

Apesar de os valores se apresentarem abaixo do limite estabelecido, é importante continuar e adotar processo que reduzam a emissão de poeiras, sendo assim deve haver sistemas de desempoeiramento na estação de britagem. Os acessos à pedreira devem ser regados constantemente, assim como os camiões antes de saírem da pedreira devem ser lavados.

6. Conclusões e perspectivas futuras

6.1. Conclusões

Os objetivos principais desta dissertação passaram pela determinação dos níveis de ruído emitido pela pedreira e das concentrações de poeiras respiráveis na área da pedreira e na envolvente. Foi feito um estudo comparativo com os valores legislados com o intuito de concluir a se os valores limites impostos pela legislação para os trabalhadores e para o meio ambiente eram ultrapassados.

Na análise de resultados das campanhas de medição para os três meses de ruído foram distinguidas três zonas: a pedreira, os aglomerados populacionais próximos (Arrifana, Serrazina, Peixeiro e Vale de Janes) e Estrada (EN 1) que passa junto da pedreira.

Em relação ao ruído ambiente, segundo o RGR, como foi referido anteriormente, existe uma ausência de classificação eficaz de “zonas sensíveis” e “zonas mistas”. Concluimos que na área da pedreira e da estrada EN1 os valores são mais elevados e superiores ao limite que é estabelecido no RGR. Na pedreira de “Sangardão”, durante as três campanhas, obtivemos um valor médio de ruído ambiente de 73 dB (A). Na pedreira todos os equipamentos provocam ruído. A zona do britador móvel é onde o nível de ruído é mais elevado, seguindo-se os trabalhos executados pelos dumpers, pela retroescavadora e pelos camiões. É importante que se adotem medidas minimizadoras, como por exemplo: a utilização de equipamento que no seu funcionamento cumpra as determinações legais de emissão de ruído, o encapsulamento da estação de britagem. Concluimos que o ruído existente na estrada EN1, com um valor médio de 71 dB (A), é originado pela circulação de veículos. Para diminuir o ruído na estrada EN1 podem ser colocadas barreiras acústicas. Nos aglomerados populacionais próximos e na envolvente da pedreira de Sangardão, obteve-se o valor médio de ruído de 58 dB (A), a diminuição deste valor pode ser resolvida com a plantação de cortinas arbóreas (tipo ciprestes), na berma da estrada e no perímetro da pedreira.

Em relação ao ruído ocupacional foi desenvolvido um estudo preliminar, quando foram efetuadas as medições o equipamento não estava junto ao trabalhador, sendo assim os valores que foram apresentados não foram superiores aos estipulados no DL nº 182/2006. No entanto é de conhecimento que os trabalhadores se encontram expostos a ruído elevado, sendo assim é importante que nos postos em que o ruído seja superior ao valor de ação superior (85 dB (A)) que estes utilizem equipamentos de proteção auditiva adequada.

No que diz respeito à concentração de poeiras respiráveis, as campanhas de recolha de dados foram realizadas com o tempo seco, sem precipitação e com o vento predominante de norte para sudeste ou sudoeste e uma velocidade média de 5 km/h. Fazendo a análise global a dispersão de poeiras na área estudada verifica-se que é reduzida e que em média não atinge o valor de 1 mg/m^3 , valor inferior ao estipulado no DL 162/90, onde concentração máxima admissível é de 5 mg/m^3 , para teores de sílica inferiores a 6%. No entanto, com os resultados obtidos concluiu-se que o local mais afetado (com concentração mais elevada) é a estação de britagem que obteve uma concentração de partículas PM10 de $6,66 \text{ mg/m}^3$. Os trabalhadores que operam neste local devem usar um equipamento de proteção individual (EPI) adequado. Em relação aos equipamentos, a estação de britagem e a correia transportadora devem ser cobertas para reduzir a emissão de partículas respiráveis e devem ser colocados aspersores com água na zona de carga e descarga das telas.

De modo a controlar a emissão de poeiras na estrada EN1 e nos aglomerados populacionais é importante manter ou implementar algumas medidas. Na área da pedreira deve existir um sistema de rega dos caminhos e os camiões antes de se deslocarem para o exterior da pedreira devem ser lavados. A criação de cortinas arbóreas (tipo ciprestes) vai reduzir o nível de ruído, mas também reduz a propagação de poeiras.

Com a realização desta dissertação concluímos, que é importante fazer a monitorização de ruído e de poeiras nas zonas estudadas, para que se possa verificar se a emissão ruído e de poeiras cumpre os limites legais estabelecidos e propor medidas minimizadoras dos riscos associados.

6.2. Perspetiva para trabalhos futuros

Em caso de continuação deste estudo, propomos a seguinte metodologia:

O aperto da malha de amostragem na envolvente, que devido aos acessos rodoviários ficou com os pontos dispersos.

A realização das medidas com diferentes condições meteorológicas, em períodos de precipitação e na presença de teto de nuvens, com o objetivo de observar os efeitos da reflexão das ondas sonoras na propagação do ruído. Estando presentes várias condições atmosféricas podemos concluir a influência da propagação do ruído e das poeiras sobre estas condições.

Fazer a modelação do ruído e das poeiras em função da intensidade do vento.

Colocar deposímetros para recolha de poeiras e prolongar o período de amostragem.

Bibliografia

Agência Portuguesa do Ambiente (APA), (2015). Acedido dia 23 de Julho de 2015 em <http://www.apambiente.pt>.

Antão, A. (1994). “Caracterização de materiais calcários: aplicação à pedreira de Sangardão, Coimbra”. Tese de Mestrado em Engenharia Civil (Mecânica dos Solos e das Rochas), Universidade de Coimbra, Coimbra.

Asdrubali, F. & Baldinelli, G., (2003). “A Methodology For Impact Assessment And Acoustic Monitoring Of Quarry Activities”. Departamento f Industrial Engineering Perugia University. Italy.

Autoridade para as condições de trabalho (ACT), (2015). “Acidentes de Trabalho Mortais”. Acedido dia 28 de julho de 2015 em: [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/Centrolnformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/Centrolnformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx).

Bon, A., (2006). “Exposição Ocupacional à Sílica e Silicose entre Trabalhadores de Marmoraria, no Município de São Paulo”. Tese de Doutoramento em Saúde Ambiental. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo.

Brüel & Kjær, (2008). “Environmental Noise”. Denmark. Acedido dia 23 de fevereiro de 2015: <http://www.bksv.com/>.

Campos, A., (2013). “Estudo de poeiras respiráveis e a análise da pluma de poeiras numa pedreira a céu aberto”. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.

Carta Geológica de Portugal, 1: 50000, folhas nº 19-C, Serviços Geológicos de Portugal, (1976) Lisboa.

Carvalhais, J., Figueiredo, F., Branco, F., Catarino, L., (2015). “Análise do ruído e poeiras na envolvente de uma Pedreira de calcário – Pedreira de Sangardão, Condeixa-a-Nova, Portugal”. CICOT 2015, 3rd International Congress On Working Conditions, University of Porto, 10 and 11 of September, 2015. Porto (Portugal).

Cerdeira, J., (2013). “Monitorização de ruído e vibrações em equipamentos de pedreira”. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.

Cimpor, (2015). Agregados/ Processos de Fabrico. Cimpor, Agregados, Portugal. Acedido dia 24 de agosto de 2015 em: http://www.cimpor-portugal.pt/marcas_artigo.aspx?lang=pt&id_object=1182&id_gama=12.

CMC. Acedido dia 2 de Julho de 2015 em; <http://www.cm-condeixa.pt/menu/concelho/freguesias.html>.

Cruz, C., Vasconcelos, A. & Oliveira J. (2014) – “Situação de Impacto Ambiental: um estudo em uma Indústria de Extração Mineral” – Qualitas Revista Eletrônica, ISSN 1677 4280 Vol.16. No 2.

Destino Portugal. Acedido dia 2 de Julho de 2015 em: http://www.destinoportugal.pt-tur.com/destino_concelhos/images/concelhos_coimbra.jpg.

Direção Geral de Energia e Geologia, (DGEG), (2015). “Produção de agregados de construção, por substância entre os anos 2007 a 2014”, Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG.

DRAPC, (2002). “Nomenclatura das unidades territoriais para fins estatísticos”. Acedido a 30 de julho de 2015: <http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/nuts.htm#nogo>.

EDP. (2015). “Programa Nacional de Barragens”. Acedido dia 6 de setembro de 2015: http://www.a-nossa-energia.edp.pt/mais_melhor_energia/programa_nacional_barragens.php.

Fiequimetal & Dias, A. (2010). “Risco de exposição às poeiras”. Fiequimetal, financiado pela ACT no âmbito do projeto nº 64 DBB/10 – Formação de Representantes dos Trabalhadores para a Segurança e Saúde no Trabalho.

Ferreira, N. & Guerreiro, H. (2010) “O Ruído e a Indústria Extrativa.” Boletim de Minas. Lisboa: Direção Geral de Energia e Geologia, vol. 45, p. 3-17.

Gabinete de Estratégia e Planeamento (GEP), (2012). “Acidentes de Trabalho 2010”. Acedido dia 6 de setembro de 2015 em: <http://www.gep.msess.gov.pt/estatistica/acidentes/atrabalho2010.pdf>.

Geometa (2008). “Ampliação integrada das áreas de exploração das pedreiras de Vale da Pia e de Sangardão”. Estudo de impacte ambiental, Relatório Síntese, Vol. I. Porto.

Geometa (2008). “Ampliação integrada das áreas de exploração das pedreiras de Vale da Pia e de Sangardão”. Estudo de impacte ambiental, Relatório Síntese, Vol. II. Porto.

Guerreiro H. (2005) – “Condições de segurança, higiene e saúde no trabalho em explorações de rocha ornamental e industrial”. IX Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Geológica e de Minas da Ordem dos Engenheiros. Ponta Delgada. p. 55 – 59.

Gruenzner, G. (2003). Avaliação da poeira de sílica: um estudo de caso em uma pedreira na Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Imagem Distrito de Coimbra. Acedido dia 25 de maio de 2015 em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:LocalDistritoCoimbra.svg>

INE (2007). “Classificação Portuguesa das Atividades Económicas, Revisão 3”. Instituto Nacional de Estatística, I.P.,. Lisboa.

Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), (1982-2010). Normais Climatológicas. Acedido dia 25 de julho de 2015 em: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/006/>.

Jakob, A. (2002). "A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos". Núcleo de Estudos da População, Campinas. Brasil.

Macedo, R. (1988). "Manual de Higiene do Trabalho na Indústria". Fundação Calouste de Gulbenkian.

Mateus, D. (2008). "Acústica de Edifícios e Controlo de Ruído". Faculdade de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra. Coimbra.

Mendes, A. (2011). "Ruído ocupacional em ambiente industrial". Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Miguel, A. S. S. R. (2012). Manual de Higiene e Segurança do Trabalho. 12ª edição, Porto Editora, Porto.

Oliveira J. (2011). "Impacto das alterações climáticas na qualidade das águas subterrâneas de aquíferos carbonatados em Portugal". Dissertação de Mestrado em Engenharia Geológica e de Minas, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Pereira, A., (2012). "Estudo de riscos físicos associados a uma pedreira de calcário - caso de estudo na pedreira de Vale de Junco, Portunhos, Cantanhede". Dissertação de mestrado em Geologia e Minas, Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra.

Publiambiente, (2005). "Avaliação do nível de empoeiramento, em termos de poeiras totais, provenientes da laboração conjunta das Pedreiras Vale da Pia e Sangardão".

Publiambiente (2005). "Avaliação do impacte do ruído no ambiente envolvente, resultante da laboração integrada das pedreiras Vale da Pia e Sangardão".

Rocha, R., Manuppella, G., Mouterde, R., Ruget, O. & Zbyzewski, G., (1981). Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000. Notícia explicativa da Folha 19-C, Figueira da Foz, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

Santos, A. (2001). "O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho". São Paulo: Fundacentro. São Paulo.

Santos, C., Norte, A., Fradinho, F., Catarino, A., Ferreira, A. J., Loureiro, M. & Fontes Baganha, M. (2010). "Silicose - Breve revisão e experiência de um serviço de pneumologia". Revista Portuguesa de Pneumologia, XVI (1) 99-115.

Silva, J. (2009). "Estudo Integrado de variáveis ocupacionais na Indústria Extrativa". Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.

Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (Snirh), (2001-2009). Estação meteorológica de Condeixa (13G/02UG). Acedido dia 25 de julho de 2015 em: <http://snirh.pt/index.php?idMain=2&idItem=1&objCover=920123704&objSite=920685266>.

Valadas, B. & Leite, M. (2004). "O ruído e a Cidade". Acedido dia 18 de setembro de 2015: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=86&sub2ref=529>.

Anexos

Anexo I - Legenda de cores referentes a cada zona

Branco	Zona da pedreira
Laranja	Aglomerados populacionais próximos e envolvente da pedreira
Azul	Estrada nacional (EN 1) que passa junto da pedreira

Anexo II - Valores referentes ao ruído em março

Número do Ponto	L _{aeq} (dB (A))	K1 (dB (A))	K2 (dB (A))	L _{den} (dB (A))	L _{cpico} (dB (C))	L _{EX,8h} (dB (A))
16	55,43	58,43	61,43	61,43	106,64	55,15
18	59,81	62,81	65,81	65,81	108,1	59,53
19	54,46	57,46	60,46	60,46	104,05	54,18
20	50,82	53,82	56,82	56,82	110,99	50,54
17	73,51	76,51	76,51	76,51	111,26	73,23
4	66,03	69,03	69,03	69,03	110,11	65,75
9	85,91	88,91	88,91	88,91	130,5	85,63
11	77,9	80,9	80,9	80,9	102,29	77,62
12	78,28	81,28	81,28	81,28	121,49	78
6	75,73	78,73	81,73	81,73	108,14	75,45
10	68,76	71,76	74,76	74,76	116,96	68,48
15	65,53	68,53	68,53	68,53	100,81	65,25
23	52,89	55,89	58,89	58,89	104,97	52,61
27	60,91	63,91	66,91	66,91	112,91	60,63

Anexo III - Valores referentes ao ruído em abril

Número do Ponto	L _{aeq} (dB (A))	K1 (dB (A))	K2 (dB (A))	L _{den} (dB (A))	L _{Cpico} (dB (C))	L _{EX,8h} (dB (A))
1	71,31	71,31	71,31	71,31	102,63	71,03
2	70,97	70,97	70,97	70,97	105,83	70,69
3	54,27	54,27	54,27	54,27	90,05	53,99
5	67,7	67,7	67,7	67,7	100,78	67,42
7	56,98	56,98	56,98	56,98	98,04	56,7
8	65,45	65,45	68,45	68,45	112,23	65,17
13	73,47	73,47	73,47	73,47	99,98	73,19
14	73,09	73,09	73,09	73,09	102,29	72,81
21	51,96	51,96	54,96	54,96	102,59	51,68
26	52,29	52,29	55,29	55,29	95,28	52,01
16	55,92	55,92	58,92	58,92	95,19	55,64
18	53,99	53,99	56,99	56,99	102,78	53,71
19	49,82	49,82	52,82	52,82	101,82	49,54
20	53,41	53,41	56,41	56,41	104,85	53,13
17	67,53	67,53	67,53	67,53	100,83	67,25
4	64,75	64,75	64,75	64,75	101,31	64,47
9	85,81	85,81	85,81	85,81	105,68	85,53
11	80,06	80,06	83,06	83,06	99,98	73,19
12	78,55	78,55	78,55	78,55	101,65	78,27
6	63,11	63,11	63,11	63,11	98,08	62,83
15	70,11	70,11	70,11	70,11	103,68	69,83
23	52,51	55,51	58,51	58,51	103,27	52,23
27	50,61	50,61	53,61	53,61	101	50,33

Anexo IV - Valores referentes ao ruído em julho

Número do Ponto	L _{Aeq} (dB (A))	K1 (dB (A))	K2 (dB (A))	L _{den} (dB (A))	L _{Cpico} (dB (C))	L _{ex,8h} (dB (A))
1	69,68	72,68	72,68	72,68	98,73	69,4
2	67,105	67,105	67,105	67,105	97,335	66,825
3	54,08	54,08	57,08	57,08	93,225	53,8
4	66,595	66,595	66,595	66,595	100,43	66,315
5	58,25	58,25	58,25	58,25	89,74	57,97
6	65,02	65,02	65,02	65,02	95,455	64,74
7	60,36	60,36	60,36	60,36	91,04	60,08
8	59,515	59,515	59,515	59,515	89,52	59,235
9	88,945	88,945	88,945	88,945	111,69	88,665
10	82,07	82,07	84,07	84,07	114,915	81,79
11	76,955	79,955	79,955	79,955	101,37	76,675
12	76,275	76,275	76,275	76,275	101,525	75,995
13	74,795	74,795	74,795	74,795	101,35	74,515
14	71,475	71,475	71,475	71,475	100,365	71,195
15	67,615	70,615	70,615	70,615	97,735	67,335
16	48,005	48,005	51,005	51,005	88,97	47,725
17	64,59	64,59	64,59	64,59	98,16	64,31
18	60,83	60,83	63,83	63,83	103,265	60,55
19	51,25	51,25	54,25	54,25	100,715	50,97
20	54,25	57,25	60,25	60,25	100,43	53,97
21	57,17	57,17	60,17	60,17	105,755	56,89
22	73,12	73,12	73,12	73,12	102,965	72,84
23	52,375	55,375	58,375	58,375	95,08	52,095
24	72,615	72,615	72,615	72,615	105,585	72,335
25	72,64	72,64	72,64	72,64	102,63	72,36
26	55,34	55,34	58,34	58,34	101,88	55,06
27	50,05	50,05	53,05	53,05	98,33	49,77

Anexo V - Valores referentes à concentração de poeiras em abril

Ponto referência	0,3 micron (mg/m ³)	0,5 micron (mg/m ³)	1,0 micron (mg/m ³)	2,5 micron (mg/m ³)	5,0 micron (mg/m ³)	PM0,5 (mg/m ³)	PM1,0 (mg/m ³)	PM2,5 (mg/m ³)	PM5,0 (mg/m ³)	PM10,0 (mg/m ³)
1	0,0079	0,0070	0,0342	0,2032	0,3044	0,0079	0,0149	0,0491	0,2524	0,5568
2	0,0015	0,0010	0,0056	0,0416	0,0799	0,0015	0,0025	0,0082	0,0497	0,1296
3	0,0036	0,0018	0,0064	0,0348	0,0461	0,0036	0,0054	0,0118	0,0466	0,0927
5	0,0027	0,0011	0,0032	0,0179	0,0405	0,0027	0,0038	0,0070	0,0249	0,0654
7	0,0023	0,0013	0,0045	0,0251	0,0399	0,0023	0,0036	0,0081	0,0332	0,0731
8	0,0017	0,0008	0,0025	0,0135	0,0223	0,0017	0,0025	0,0050	0,0185	0,0408
13	0,0025	0,0081	0,0741	0,7056	1,9442	0,0025	0,0106	0,0847	0,7903	2,7345
14	0,0017	0,0030	0,0333	0,5636	2,8681	0,0017	0,0047	0,0380	0,6016	3,4696
21	0,0017	0,0007	0,0023	0,0126	0,0241	0,0017	0,0024	0,0047	0,0173	0,0414
26	0,0017	0,0006	0,0016	0,0088	0,0158	0,0017	0,0024	0,0040	0,0128	0,0286
16	0,0022	0,0008	0,0023	0,0131	0,0263	0,0022	0,0030	0,0053	0,0184	0,0447
18	0,0018	0,0007	0,0019	0,0087	0,0113	0,0018	0,0025	0,0044	0,0131	0,0244
19	0,0018	0,0007	0,0019	0,0100	0,0171	0,0018	0,0025	0,0044	0,0144	0,0314
20	0,0018	0,0007	0,0020	0,0106	0,0210	0,0018	0,0025	0,0045	0,0151	0,0361
17	0,0023	0,0011	0,0029	0,0132	0,0149	0,0023	0,0035	0,0063	0,0195	0,0344
4	0,0052	0,0022	0,0052	0,0310	0,0856	0,0052	0,0074	0,0126	0,0436	0,1292
9	0,0021	0,0015	0,0102	0,1091	0,3375	0,0021	0,0036	0,0138	0,1229	0,4604
11	0,0021	0,0021	0,0157	0,1714	0,5440	0,0021	0,0042	0,0199	0,1913	0,7353
12	0,0017	0,0009	0,0037	0,0277	0,0681	0,0017	0,0026	0,0063	0,0341	0,1021
6	0,0028	0,0012	0,0034	0,0252	0,1038	0,0028	0,0040	0,0075	0,0326	0,1365
15	0,0018	0,0012	0,0076	0,0953	0,4209	0,0018	0,0030	0,0106	0,1060	0,5268
23	0,0018	0,0007	0,0020	0,0119	0,0159	0,0018	0,0025	0,0045	0,0164	0,0323
27	0,0018	0,0006	0,0019	0,0129	0,0270	0,0018	0,0024	0,0044	0,0173	0,0443

Anexo VI - Valores referentes à concentração de poeiras em julho

Ponto Referência	0,3 micron (mg/m ³)	0,5 micron (mg/m ³)	1,0 micron (mg/m ³)	2,5 micron (mg/m ³)	5,0 micron (mg/m ³)	PM0,5 (mg/m ³)	PM1,0 (mg/m ³)	PM2,5 (mg/m ³)	PM5,0 (mg/m ³)	PM10,0 (mg/m ³)
22	0,0049	0,0031	0,0077	0,0457	0,1010	0,0049	0,0081	0,0158	0,0615	0,1626
24	0,0064	0,0059	0,0212	0,1386	0,1786	0,0064	0,0123	0,0335	0,1721	0,3508
25	0,0053	0,0053	0,0179	0,0951	0,0928	0,0053	0,0106	0,0285	0,1236	0,2164
23	0,0049	0,0032	0,0072	0,0315	0,0281	0,0049	0,0081	0,0153	0,0468	0,0749
27	0,0051	0,0049	0,0148	0,0617	0,0219	0,0051	0,0101	0,0248	0,0866	0,1085
1	0,0051	0,0038	0,0142	0,0618	0,0633	0,0051	0,0089	0,0231	0,0849	0,1482
2	0,0048	0,0040	0,0156	0,0846	0,1359	0,0048	0,0088	0,0244	0,1090	0,2450
3	0,0045	0,0036	0,0126	0,0632	0,0780	0,0045	0,0080	0,0206	0,0837	0,1617
5	0,0043	0,0035	0,0113	0,0598	0,1019	0,0043	0,0078	0,0191	0,0788	0,1807
7	0,0047	0,0037	0,0124	0,0701	0,0955	0,0047	0,0084	0,0208	0,0909	0,1864
8	0,0046	0,0037	0,0129	0,0817	0,1267	0,0046	0,0083	0,0213	0,1030	0,2297
13	0,0054	0,0036	0,0106	0,0899	0,2173	0,0054	0,0090	0,0195	0,1094	0,3267
14	0,0051	0,0100	0,0827	1,1242	3,9753	0,0051	0,0151	0,0977	1,2219	5,1972
21	0,0048	0,0029	0,0064	0,0259	0,0217	0,0048	0,0077	0,0141	0,0400	0,0618
16	0,0057	0,0036	0,0077	0,0364	0,0386	0,0057	0,0094	0,0171	0,0535	0,0921
18	0,0051	0,0032	0,0073	0,0324	0,0362	0,0051	0,0083	0,0157	0,0481	0,0843
19	0,0048	0,0030	0,0072	0,0391	0,0716	0,0048	0,0078	0,0150	0,0541	0,1257
20	0,0048	0,0030	0,0071	0,0328	0,0446	0,0048	0,0079	0,0150	0,0478	0,0924
17	0,0054	0,0035	0,0079	0,0387	0,0509	0,0054	0,0090	0,0169	0,0556	0,1065
4	0,0043	0,0038	0,0137	0,0727	0,0942	0,0043	0,0081	0,0218	0,0945	0,1887
9	0,0050	0,0159	0,1436	1,6335	4,8690	0,0050	0,0209	0,1645	1,7981	6,6621
11	0,0054	0,0052	0,0255	0,2481	0,5404	0,0054	0,0105	0,0360	0,2841	0,8245
12	0,0056	0,0035	0,0095	0,0591	0,0965	0,0056	0,0091	0,0186	0,0777	0,1742
6	0,0046	0,0038	0,0136	0,0795	0,1077	0,0046	0,0084	0,0220	0,1014	0,2091
15	0,0057	0,0037	0,0097	0,0661	0,1318	0,0057	0,0094	0,0191	0,0852	0,2170
26	0,0054	0,0051	0,0157	0,0706	0,0319	0,0054	0,0105	0,0262	0,0968	0,1286
10	0,0051	0,0046	0,0203	0,1933	0,4934	0,0051	0,0096	0,0299	0,2232	0,7166

