

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

Joana Carvalhais, Fernando Figueiredo, Fernando Castelo Branco, Lídia Catarino, Fernando Pita

¹ Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, E-mail: joanacarvalhais@hotmail.com; ^{2,5} Departamento de Ciências da Terra e Centro Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra, E-mail: fpedro@dct.uc.pt, fpita@dct.uc.pt; ³ Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra e MSF, Engenharia, SA, Lisboa, Portugal, E-mail: castelo.branco@msf.pt; ⁴ Departamento de Ciências da Terra e Centro de Geociências da Universidade de Coimbra, E-mail: lidiagil@dct.uc.pt.

Resumo: Para avaliar o ruído ocupacional, ambiental e emissão de poeiras provocados por uma pedreira localizada em Condeixa-a-Nova, Portugal, selecionaram-se 27 locais para a realização de medições. No ruído ocupacional, $L_{EX,8h}$ dB(A), verifica-se que só dois postos de trabalho, pá carregadora/britador móvel (em funcionamento) e giratória com taqueamento excedem os valores de ação inferior (>80 dB(A)). Só o posto de trabalho pá carregadora/britador móvel (em funcionamento), com o valor de 88,67 dB(A) se encontra acima do valor de ação superior (>85dB(A)). Em relação aos valores de L_{Cpico} estes estão todos abaixo do valor de ação inferior (135 dB(C)). Na envolvente da pedreira e nos aglomerados populacionais próximos, o ruído ambiental apresenta um valor médio de $L_{den}=57$ dB(A) e $L_n=44$ dB(A), estando de acordo com o valor limite recomendado. Os valores de ruído observados na envolvente da pedreira nem sempre estão diretamente relacionados com a atividade da pedreira, mas sim com o tráfego rodoviário da IC2. Relativamente à presença de poeiras, o valor obtido foi sempre inferior a 5 mg/m^3 , valor máximo admissível em poeiras respiráveis no ar considerando um teor em sílica inferior a 6%, com a concentração média de partículas na pedreira inferior a 1 mg/m^3 . Nas populações mais próximas a média da concentração ainda é menor, apresentando um valor de $0,07\text{ mg/m}^3$.

Palavras-chave: Pedreira, Ruído ocupacional e ambiental, Poeiras, Impacte.

Noise and dust analysis in the surrounding of a limestone quarry

Abstract: The aim of this study is the analysis of occupational/environmental noise and dust in a quarry located near Condeixa-a-Nova, Portugal: 27 locations where selected in order to proceed with measurements. In occupational noise, $L_{EX,8h}$ dB(A), there is only two workplaces loader/mobile crusher (operating) and hydraulic excavator with breaking hammer that exceed the lower action values (>80 dB(A)). Only the workplace loader/mobile crusher (operating), with the value of 88.67 dB(A) is above the upper action value (>85 dB(A)). Regarding the values of L_{Cpico} all of them are below the lower action value (135 dB(C)). The environmental noise has an average value of $L_{den}=57$ dB(A) and $L_n=44$ dB(A) for the nearest population agglomerates and quarry surroundings, which resembles to the legislated threshold. 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 IC2 next to it. As a matter of dust presence, the obtained value was under 5 mg/m^3 , considering the content in silica lower than 6% with an average concentration less than 1 mg/m^3 in the quarry. In the nearest quarry populations the average concentration is even lower, with a value of 0.07 mg/m^3 .

Keywords: Quarry, Occupational and Environmental Noise, Dust, Impact.

1. Introdução

A indústria extrativa é uma atividade com grande importância para o desenvolvimento económico e social de uma região. Porém, a população, em geral, não reconhece essa importância e considera as pedreiras apenas como uma fonte de problemas em particular de poeiras, de ruído e de vibrações, para além da poluição visual.

A extração de minerais e rochas pode gerar impactes significativos na saúde e no ambiente quando não são aplicadas medidas minimizadoras e preventivas dos diversos riscos próprios deste tipo de atividade industrial, quer seja diretamente para os trabalhadores quer para as populações circundantes. No primeiro caso estamos a lidar com situações de Segurança e Saúde no Trabalho e o segundo é geralmente classificado como impacte ambiental. No entanto, os problemas de impactes ambientais provocados pela indústria extrativa, devido à sua natureza, ao afetarem as populações residentes e trabalhadores das áreas que os rodeiam, podem ser considerados problemas ocupacionais para trabalhadores de outras atividades que se realizam ao ar livre, como por exemplo a agricultura. Neste trabalho foi decidido estudar os dois casos em conjunto de modo a verificar a relevância do impacte ambiental nessas situações.

A indústria extrativa está definida como uma indústria de risco elevado no domínio da segurança ocupacional, já que muitos processos produtivos incluem métodos que podem originar lesões à integridade física e outros efeitos adversos na saúde. Nesta atividade os principais riscos a que os trabalhadores estão expostos são os seguintes: poeiras; ruído; vibrações; instabilidade de taludes; quedas; acidentes gerais; condições meteorológicas; iluminação e ergonómicos (Gruenzner, 2006; Iramina et al., 2009). Estes riscos podem e devem ser avaliados, permitindo às empresas tomar as medidas adequadas para assegurar a segurança e a proteção da saúde dos seus trabalhadores e das áreas envolventes (Miguel, 2010).

A atividade desenvolvida numa pedreira de agregados a céu aberto é constituída essencialmente por tarefas como a perfuração de rocha e rebentamento de pedras 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 (fragmentação e classificação) para obtenção de agregados de diversas granulometrias. Das operações desenvolvidas numa pedreira resultam três tipos de riscos mais significativos: ruído, poeiras e vibrações.

A legislação e normas relativas à Segurança e Saúde no Trabalho e ambiente estabelecem valores máximos e aconselháveis para o ruído e a presença de poeiras, sendo dois dos principais impactes da indústria extrativa, que se podem propagar para o ambiente circundante. Por sua vez, as vibrações ficam geralmente restritas ao local onde os equipamentos estão instalados, limitadas ao perímetro da pedreira, só sendo notadas, pontualmente, pelas populações vizinhas aquando do rebentamento da pedra de fogo.

O ruído é essencialmente causado pelos equipamentos usados no desmonte de maciços rochosos, tais como perfuradoras, utilização de explosivos, funcionamento de britadores, moinhos, tambores de lavagem, crivos e telas transportadoras, apresentando um carácter contínuo e constante. No caso dos equipamentos utilizados na remoção e transporte da rocha (pás carregadoras giratórias, *dumpers* e camiões) o ruído provocado é inferior ao provocado pelas operações descritas anteriormente. Sendo um risco real na indústria extrativa, e considerando que a perda auditiva é irreversível e progressiva, o ruído deve ser prevenido e os limites de exposição do trabalhador previstos pela legislação devem ser respeitados (Cattabriga & Castro, 2014).

Na indústria extrativa as fontes de poeiras estão presentes em quase todas as operações, destacando-se, no entanto, as operações de perfuração, de circulação de máquinas e as unidades de britagem/classificação. Pelas próprias características das explorações a céu aberto, que podem movimentar alguns milhares de toneladas de rocha por dia, o risco de exposição às poeiras e o seu impacto no meio envolvente é elevado. Silva (2009) afirma que os picos observáveis em três explorações a céu aberto correspondem aos momentos das descargas efetuadas na torva do britador primário. Contudo, a exposição a poeiras por parte deste grupo de trabalhadores é relativamente baixa, pois estes permanecem no interior das cabines as 8 horas diárias de trabalho, apenas saindo da cabine ou abrindo a janela/porta para situações pontuais. A dispersão de poeiras nas áreas envolventes é um processo contínuo no tempo que, devido às condições atmosféricas, mantem-se mesmo com a pedra inativa.

Um sistema eficaz utilizado pelas pedreiras para minimizar as poeiras é a rega e a lavagem de camiões na saída da pedreira, operação efetuada depois da carga de agregados. As cargas dos camiões são também cobertas para evitar a emissão e dispersão de poeiras quando se deslocam na estrada.

São várias as doenças que podem estar associadas à exposição a poeiras da indústria extrativa desde danos oculares, garganta, nariz, dermatites, irritações do sistema digestivo, reações alérgicas (Petavratzi, et al., 2005), doenças respiratórias (broncopatias, pneumopatias, transtornos respiratórios) e doenças pulmonares (silicose, asbestose e pulmão negro) (Martins, 2009).

As poeiras apresentam-se em várias dimensões podendo as mais finas ficar durante algum tempo em suspensão e ressuspensão no ar e espalhar-se por áreas envolventes às pedreiras, dependendo das condições meteorológicas. A classificação das poeiras função do seu diâmetro aerodinâmico e da sua perigosidade para o ser humano está apresentada na Tabela 1. Segundo Brevigliero (2006) citado em Martins (2009) o sistema respiratório humano possui proteção para poeiras com dimensão superior a 10 μm , sendo a gama de dimensões mais perigosa a que se situa entre 0,5-10 μm .

Tabela 1 – Relação entre a perigosidade e o diâmetro aerodinâmico das poeiras (adaptado de NP 1796:2014)

Classificação das frações	Diâmetro aerodinâmico	Perigosidade e sistema de inalação
Poeiras	> 100 μm	Entram no organismo através do nariz e da boca, ficando retidas no trato respiratório superior
Poeiras inaláveis	< 100 μm	Potencialmente perigosas, entram no organismo através do nariz e da boca, ficando grande parte delas retida no trato respiratório superior
Poeiras torácicas	< 25 μm	Atingem a laringe, região pulmonar e eventualmente a região alveolar
Poeiras respiráveis	< 10 μm	Atingem a laringe, sendo potencialmente perigosas quando atingem e depositam-se na região alveolar

As poeiras com diâmetro inferior a 10 μm são por isso de extrema importância para a saúde dos trabalhadores e da população das áreas envolventes sendo a sua propagação potenciada pelos fatores atmosféricos em condições de tempo seco e períodos de vento.

No caso das poeiras conterem sílica (SiO_2), nas suas diversas formas químicas e estruturais, a sua inalação pode provocar doenças pulmonares em particular a silicose, sendo essa uma doença incurável, com redução da esperança de vida ou mesmo a morte

do indivíduo. Embora a presença de sílica seja reduzida nas pedreiras de calcário (geralmente inferior a 5%), este foi um fator tomado em consideração.

Dos riscos referidos, é de destacar que o seu controlo e monitorização contribuem para uma melhoria significativa das condições de trabalho dos operários e uma melhoria na qualidade de vida das populações que habitam na envolvente e desenvolvem atividade lúdicas ou profissionais ao ar livre.

Existem vários estudos realizados na avaliação de risco em explorações a céu aberto de vários tipos de rochas em território nacional (Silva, 2009; Ferreira e Guerreiro, 2010; Matos e Ramos, 2010; Ferreira, 2011; Pereira *et al.*, 2012; Campos, 2013; Campos e Matos, 2013; Matos, 2014). No entanto, a avaliação restringe-se geralmente ao domínio ocupacional e não são analisadas as consequências destes fatores de risco fora da unidade industrial ainda que os riscos se estendam até à envolvente.

O presente trabalho visa avaliar dois riscos, ruído e poeira, numa pedreira produtora de agregados de calcário e na sua envolvente que se podem prolongar para fora dos limites da unidade industrial. Pretende-se avaliar a exposição ocupacional à poeira respirável e ao ruído em algumas operações específicas da pedreira e em locais dispersos da envolvente, sugerindo no final medidas para controlo e minimização desses riscos.

A inclusão neste trabalho de medições realizadas na estrada IC2 é devida ao facto desta ser uma via muito movimentada, com predominância de circulação de veículos pesados incluindo os que saem da pedreira, que contribuem bastante para o risco do ruído e existência de poeiras. Nos aglomerados populacionais próximos da pedreira, houve a preocupação de avaliar se em alguma situação os valores limites recomendados são excedidos, afetando a população.

2. Enquadramento legal

Para além da maior consciencialização e preocupação dos empregadores e dos trabalhadores para os riscos no trabalho, também a atualização de legislação tem permitido melhorar significativamente o panorama das condições de segurança e de saúde no trabalho na indústria extrativa.

A indústria extrativa em Portugal é regulamentada por legislação diversa que regulamenta os recursos geológicos e estabelece regras para a sua prospeção, pesquisa e exploração, bem como a regulamentação dos impactes que este tipo de indústria cria nos trabalhadores, meio ambiente e populações localizadas na vizinhança das explorações.

A Lei nº 7/2009 de 12 fevereiro aprova o Código de Trabalho, estando no capítulo IV – Prevenção e reparação de acidentes de trabalho e doenças profissionais (artigos 281º a 284º), definidos os princípios gerais em matéria de segurança e saúde no trabalho, informação, consulta e formação dos trabalhadores, acidentes de trabalho e doenças profissionais e regulamentação da prevenção e reparação.

O Decreto-lei n.º 54/2015, de 22 de junho, estabelece as bases do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional. O Decreto-lei n.º 340/2007, de 12 de outubro, aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais (pedreiras).

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, nos quais se incluem as

pedreiras e instalações anexas, 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 meio ambiente e um correto ordenamento do território, tendo em consideração os impactos gerados pelas atividades relacionadas com a indústria extrativa.

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. Este 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, diploma regulamentado pela Portaria n.º 198/96, de 4 de julho, transpõe para a ordem jurídica interna as Diretivas 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 com perfuração a céu aberto e subterrâneas.

Em toda a legislação anteriormente referida há uma preocupação em proteger os trabalhadores e a população em geral dos riscos associados ao ruído e incrementar uma melhoria na qualidade do ar, com diminuição das poeiras de diversas origens e composições químicas variadas.

2.1. Legislação aplicada ao ruído

A legislação referente ao ruído ambiente enquadra-se na adoção da Norma Portuguesa NP ISO 1996 (2011), e no Decreto-lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro que aprova o Regulamento Geral do Ruído (RGR) (APA, 2011a, 2011b).

A prevenção e o controlo da poluição sonora constituem objetivos fundamentais para a salvaguarda da saúde dos trabalhadores, populações e do ambiente. Nessa perspetiva, 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 junho, que tem como objetivo prevenir e reduzir os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente, e estabelece a obrigatoriedade de efetuar a recolha de dados acústicos nos vários Estados membros e de elaborar relatórios sobre o ambiente acústico ao nível comunitário de forma a criar uma base para a definição de uma futura política comunitária neste domínio e a garantir uma informação mais ampla ao público. Com esta legislação os municípios devem proceder à realização ou adaptação dos mapas de ruído existentes função dos indicadores de ruído estabelecidos no RGR.

Em relação ao ruído ocupacional o Decreto-lei n.º 182/2006 transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva Comunitária n.º 2003/10/CE de 6 de fevereiro, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído, donde se realça os valores da exposição pessoal diária ao ruído e o nível de pressão sonora de pico, representados na Tabela 2.

A Norma NP EN ISO 9612:2011 especifica o Método de Engenharia para determinação da exposição ao ruído ocupacional dos trabalhadores ao ruído no ambiente de trabalho e cálculo do nível de exposição ao ruído. O método consiste na análise do posto de trabalho, na seleção da estratégia, na medição, no tratamento de erros e na avaliação dos cálculos de incerteza e apresentação dos resultados.

Tabela 2 - Níveis sonoros estabelecidos pelo Decreto-lei n.º182/2006, nível do risco e natureza da ação consequente (adaptado de DL 182/2006)

L_{EX,8h} dB(A)	L_{Cpico} dB(C)	Pressão sonora L_{Cpico} (Pa)	Nível de Risco	Natureza da ação consequente
< 80	< 135	< 112 Pa	Reduzido (Valores de ação inferior)	Verificação do nível de exposição apenas na eventualidade de alterações das condições de trabalho.
80 -85	135 -137	112 -140	Médio (Valores de ação superiores)	Medidas preventivas de redução da exposição. É necessário realizar testes audiométricos de dois em dois anos. Disponibilizar-se a proteção auditiva adequada.
85-87	137 -140	140- 200	Intermédio (Valores limites de exposição)	Estabelecimento e aplicação de um programa de medidas técnicas ou de organização do tempo de trabalho. Assegurar a utilização de protetores auditivos. Realização anual do teste de audiometria.
> 87	> 140	>200	Elevado	Medidas imediatas que reduzam o nível de risco a pelo menos Intermédio. Corrigir as medidas de proteção e prevenção de modo a minimizar o ruído. Obrigatório a utilização de protetores auditivos adequados.

2.2. Legislação aplicada às poeiras

A principal legislação e normas aplicadas às condições de segurança e saúde no trabalho relativo à emissão e proteção contra as poeiras estão apresentadas na Tabela 3. Embora exista legislação específica para poeiras de chumbo e de amianto, esta não é referida nesta tabela, por não estarem presentes na área de trabalho.

Tabela 3 – Breve resumo dos instrumentos normativos e legislativos relativos a poeiras nos postos de trabalho

Instrumentos legislativos e normativos (Poeiras)	Breve descrição
NP 1796:2014	Segurança e saúde do trabalho. Valores-limite e índices biológicos de exposição profissional a agentes químicos
Decreto-lei nº 162/90 (22 de maio)	Aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras
Decreto-lei 324/95 (29 de novembro)	Transpõe para a ordem jurídica interna as Diretivas nºs 92/91/CEE, de 03 de novembro e 92/104/CEE, de 03 de dezembro, relativas às prescrições mínimas de saúde e segurança a aplicar nas indústrias extrativas por exploração a céu aberto ou subterrâneas.
Portaria nº 198/96 (4 de junho)	Regula as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais de trabalho das indústrias extrativas a céu aberto ou subterrâneas;
Portaria nº 197/96 (4 de junho)	Regula as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extrativas por perfuração.
Decreto Regulamentar n.º 76/2007 (17 de julho)	Lista das doenças profissionais elaborada pela Comissão Nacional de Revisão da Lista das Doenças Profissionais.

No Artigo 147º do Decreto-lei n.º 162/90 de 22 de maio são apresentadas as Concentrações Máximas Admissíveis (CMA) de poeiras função do seu conteúdo em sílica (Tabela 4). Os valores limites de exposição a poeiras respiráveis que contenham sílica são muito variáveis função da instituição/norma que o implementa (Tabela 5) não sendo discriminados neste quais os teores em sílica presentes.

Tabela 4 – Valores de concentrações máximas admissíveis em poeiras respiráveis nos locais de trabalho, função do teor em sílica estabelecidas no artigo 147º do Decreto-lei n.º 162/90 de 22 de maio

Teor em Sílica (tSi)	Concentrações máximas admissíveis
tSi ≤ 6%	5 mg/m ³
6% < tSi ≤ 25%	2 mg/m ³
tSi > 25%	1 mg/m ³

No caso da Norma Portuguesa NP 1796:2014 “Segurança e saúde do trabalho. Valores-limite e índices biológicos de exposição profissional a agentes químicos” estabelece Valores Limite de Exposição (VLE) para a sílica (0,025mg/m³) muito inferior ao das concentrações máximas admissíveis apresentadas no Decreto-lei n.º 162/90, de 22 de maio, sendo este que prevalece legalmente. Função deste último, e atendendo a que o teor em sílica da formação calcária explorada na pedreira é inferior a 6%, será tido em atenção a CMA de 5 mg/m³ e não os VLE que deverão ser aplicados a outro tipo de pedreiras, como por exemplo de granito, em que o conteúdo em sílica é muito superior. Embora as CMA sejam as aconselhadas para os trabalhadores, todos os esforços deverão ser realizados no sentido de as minimizar e com isso diminuir a contaminação do meio ambiente. Relativamente à qualidade do ar ambiente, esta é regulada pelo Decreto-lei 102/2010 de 23 de setembro, Regime de Avaliação e Gestão da Qualidade do ar ambiente, que aprova a regulamentação e a vigilância relativa à presença de poeiras e outros contaminantes no ar.

Tabela 5 - Valores Limite de Exposição (VLE) para a sílica cristalina de acordo com diferentes instituições/normas

Instituição/Norma	VLE (mg/m ³)
Norma NP 1796 (2014) - Segurança e saúde do trabalho. Valores-limite e índices biológicos de exposição profissional a agentes químicos	0,025 (média ponderada para 8 horas de trabalho diário e uma semana de 40 horas)
OSHA (Occupational Safety and Health Administration)	0,10 (para um tempo de exposição de 8 horas)
MSHA (Mine Safety and Health Administration)	0,10 (para um tempo de exposição de 8 horas)
NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)	0,05 (para 10 horas de trabalho diário e uma semana de 40 horas)
NOHSC (National Occupational Health and safety Commission)	0,10
HSE (Health and Safety Executive)	0,30

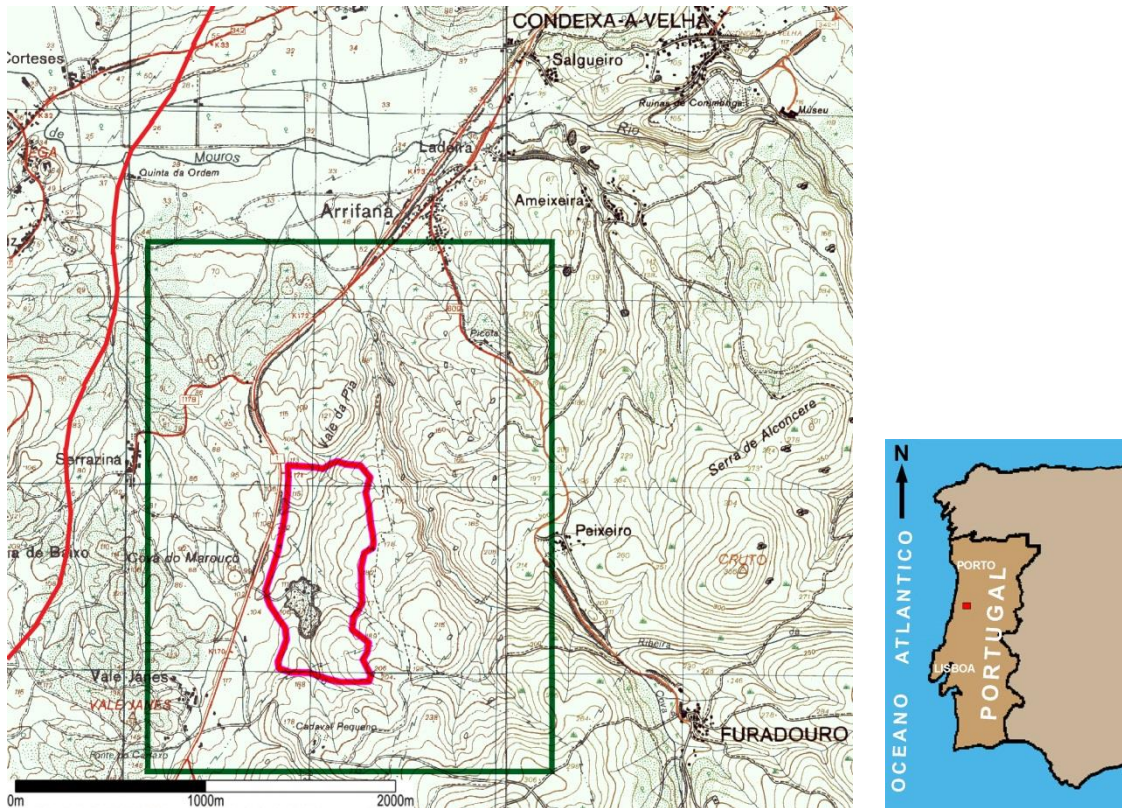
3. Caracterização da área estudada

A área em estudo, que integra a pedreira de Sangardão, situa-se no concelho de Condeixa-a-Nova, distrito de Coimbra, Portugal. O concelho compreende uma área de aproximadamente 140 km², aglomerando sete freguesias. As vias rodoviárias principais são a estrada nacional IC2, a autoestrada A1 e outras vias de comunicação secundárias de acesso às povoações e à pedreira. Neste concelho a população dedica-se à atividade agrícola, que na componente serrana corresponde essencialmente a agricultura de subsistência e nas zonas planas apresenta uma agricultura mais rentável (PNMF, s.d.),

existindo referenciadas 728 explorações numa área de 1904 ha (INE, 2011). Além da indústria extrativa, existem outras indústrias no concelho, tais como farmacêutica, cerâmica de revestimentos e produção artesanal de louças pintadas à mão.

Na Figura 1, assinalado a verde, encontra-se delimitada a área estudada e a vermelho a área da pedreira, representada com base nas folhas n.º 250 e 251 da Carta Militar de Portugal, à escala 1/25 000 do Instituto Geográfico do Exército.

Figura 1 - Localização da área estudada (adaptado da Carta Militar de Portugal folhas n.º 250 e 251, na escala 1/25000, IGE)



Nota: O retângulo na cor verde define a área estudada e na cor vermelho está marcado o perímetro atual da pedreira.

A região abrangida por este estudo é apresentada na Figura 2 e enquadra-se na Carta Geológica de Portugal à escala 1/50000, na folha 19 C – Figueira da Foz. As formações geológicas exploradas na pedreira pertencem ao Jurássico médio (evidenciado a cinzento), mais propriamente ao Bajociano – Batoniano, e são constituídas por calcários compactos bem estratificados de cor acinzentada a bege, apresentando-se em bancadas muito fraturadas, intercaladas por falhas sub-verticais cujas espessuras podem variar de escassos centímetros a cerca de dois metros (Rocha et al., 1981, Geomega, 2008). As 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 (Rocha et al., 1981).

A oeste da área de exploração as formações do Jurássico médio contactam através de uma discordância angular com formações areníticas, denominadas “Arenitos do

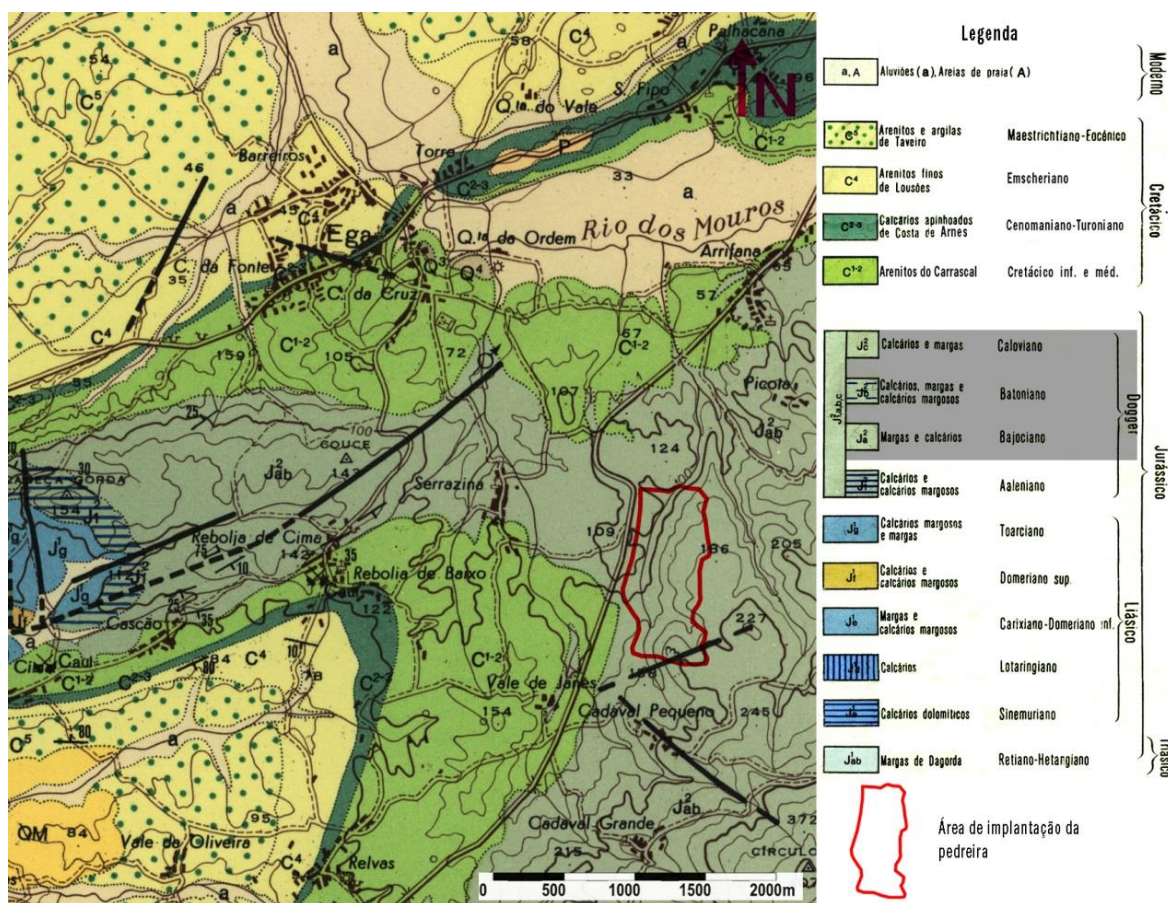
Carrascal” do Cretácico inferior e médio. Esta formação é constituída maioritariamente por arenitos mais ou menos argilosos, finos a grosseiros e por argilas em geral arenosas (Rocha et al., 1981).

A base da pedraira não acumula água, mesmo nos invernos mais chuvosos, o que poderá indicar que existe um sistema cársico na formação geológica onde se explora a pedraira, funcionando como um sistema natural de escoamento de água.

A área em estudo insere-se na bacia hidrográfica do rio Mondego em terrenos correspondentes ao baixo mondego e situa-se na margem esquerda do mesmo, próximo do rio de Mouros que se integra na sub-bacia do rio Ega.

Segundo as Normais Climatológicas (1971-2000) da região, a precipitação média anual é de 905 mm (IPMA, s.d.). A direção do vento é predominantemente de norte para sul e a velocidade média anual (2001-2009) é de 4,2 km/h, com uma velocidade máxima média anual de 34km/h com direção predominante de NW-SE a NE-SW (SNIRH, s.d.).

Figura 2 - Enquadramento geológico da pedraira



Nota: Excerto da Carta Geológica de Portugal, folha 19 – C (Figueira da Foz), na escala 1:50000, editada pelos Serviços Geológicos de Portugal
 Fonte: Adaptado de SGP, 1976.

4. Metodologia e equipamentos

O trabalho de campo para recolha de dados decorreu durante os meses de abril a julho de 2015. Os 27 pontos de medida foram selecionados de forma a cobrir toda a área de estudo, tendo em consideração três zonas distintas: a pedraira (13 pontos sendo 8

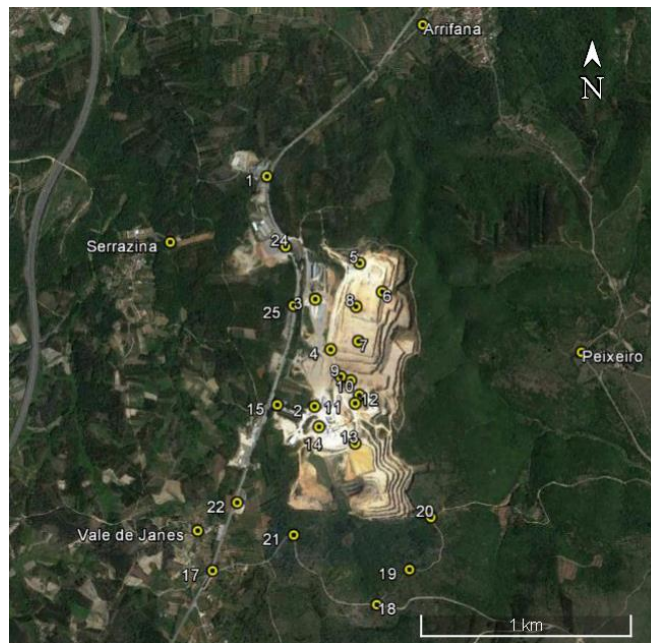
Análise do ruído e das poeiras na envolvente de uma pedraira de calcário

postos de trabalho e 5 locais de controlo); a sua envolvente que inclui os aglomerados populacionais mais próximos Arrifana, Serrazina, Peixeiro e Vale de Janes (8 pontos); e a estrada IC2 (6 pontos) (Figura 3). Na zona da pedreira foi colhido maior número de amostras com o intuito de obter maior informação relativa aos postos de trabalho (oficina de manutenção, britador móvel, pá carregadora/britador móvel (ambos em funcionamento), giratória de taqueamento, tanque de decantação, parque de armazenamento de agregados, estação de britagem e balanças e expedição de agregados) e aos locais diretamente expostos à emissão de ruído e poeira.

As medições efetuadas dentro da pedreira, em dias distintos, sofreram diferentes condicionantes, provocadas pelos trabalhos de extração realizados aquando do período de medições.

O nível de ruído foi medido com um sonómetro modelo 2250-Light da Brüel & Kjær de classe 1 desenvolvido especificamente para a medição do ruído ocupacional e ruído ambiental. O sonómetro cumpre as normas nacionais e internacionais e as medidas foram efetuadas segundo as normas.

Figura 3 - Localização dos 27 pontos de amostragem na pedreira e sua envolvente



Fonte: Google Earth, 2015.

A exposição pessoal diária ao ruído ($L_{EX,8h}$) corresponde ao nível sonoro contínuo equivalente (filtro de ponderação 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:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,T_E} + 10 \log \left(\frac{T_E}{T_0} \right) \quad (1)$$

Em que:

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

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, com filtro de ponderação 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 μ Pa

O nível de pressão sonora de pico (L_{Cpico}) corresponde ao valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em dB(C), dado pela expressão:

$$L_{Cpico} = 10 \log \left(\frac{P_{Cpico}}{P_0} \right)^2 \quad (3)$$

em que P_{Cpico} é o valor máximo da pressão sonora instantânea a que o trabalhador está exposto (filtro de ponderação C), expresso em Pascal.

Para analisar se o ruído ambiente se encontra dentro do valor legislado recorreu-se ao RGR. Embora a área em estudo não se enquadre nas definições respetivas atendeu-se às duas hipóteses possíveis, isto é, como “zona sensível” ($L_{den} < 55$ e $L_n < 45$ dB(A)) ou “zona mista” ($L_{den} < 65$ e $L_n < 55$ dB(A)).

O valor L_{den} é calculado pela expressão seguinte:

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \left[13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right] \quad (4)$$

Onde:

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

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

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

As medições de ruído ambiente foram feitas de acordo com a metodologia descrita na norma NP ISO 1996 (2011). Em relação às medições da exposição pessoal diária ao ruído e do nível de pressão sonora de pico foi efetuada a avaliação dos postos de trabalho. Cada medição foi realizada num período de tempo representativo, entre 5 a 15 minutos e as medições foram efetuadas com filtro de ponderação A. Em cada um dos 27 pontos foram efetuadas três campanhas de medição do ruído e os valores apresentados são o valor médio.

Relativamente às poeiras, são de particular importância as partículas respiráveis, isto é, as partículas que apresentam um diâmetro aerodinâmico inferior ou igual a 10 μ m pois são agentes potencialmente perigosos capazes de penetrar a região alveolar dos pulmões. No caso da sílica cristalina a fração de poeira respirável é mais importante devido às consequências para a saúde (Silva, 2009). Assim são vulgarmente referenciados os valores PM_{2,5} e PM₁₀ que correspondem a partículas respetivamente com dimensão inferior a 2,5 e 10 μ m. O total de partículas com calibre inferior ou igual a 10 μ m é geralmente designado por TPM (Total Particle Mass).

A concentração das poeiras respiráveis foi medida com o equipamento Handheld 3016 IAQ Particle Counter. O equipamento tem seis canais de amostragem analisando partículas com dimensão superior a 0,3 μ m (0,3; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 e 10,0 μ m) e com um fluxo de aspiração de 2,8 litros por minuto. O equipamento 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, de modo a tornar a amostragem

representativa. Em cada um dos 27 pontos foram feitas duas amostragens de poeiras e os valores apresentados são o valor médio.

Foi efetuada a observação de dados meteorológicos para controlo de temperatura, humidade e vento (direção e intensidade) aquando da medição das poeiras e ruído utilizando uma estação meteorológica portátil da marca Oregon, ScientificTM, modelo WMR200/WMR200A.

5. Análise de resultados e interpretação

Os dados de ruído recolhidos foram tratados, tendo sido analisados os respetivos espectros (16 a 16000Hz). Através da análise dos espectros e dos valores medidos foram determinados os pontos para os quais o ruído deve ser corrigido de acordo com as características tonais (sempre que se verificar que no espetro de um terço de oitava o nível sonoro de uma banda excede o das adjacentes em 5dB(A)), sendo nesse caso adicionado o valor de $K_1=3\text{dB(A)}$. Foi verificado que cinco pontos de amostragem apresentavam características tonais. As características impulsivas do ruído são determinadas através das medidas da diferença do nível sonoro contínuo equivalente (L_{Aeq}), medido em simultâneo com característica impulsiva e *fast*. Se a diferença de valores medidos com essas características for superior a 6dB(A) o ruído é considerado impulsivo, sendo adicionado o valor de $K_2=3\text{dB(A)}$. Foi verificado que dez pontos de amostragem apresentavam características tonais. Deste conjunto de pontos somente dois deles apresentaram características tonais e impulsivas.

Em relação ao ruído ambiental, a área em estudo situa-se numa região com aglomerados populacionais na proximidade e uma estrada nacional (IC2) de grande tráfego rodoviário que acaba por ser uma grande fonte de ruído nesta área. No IC2 circulam em média 900 veículos/hora em regime diurno (7-20h) com 41,3% de pesados; 655 veículos/hora em regime entardecer (20-23h) com 38,2% de pesados; 165 veículos/hora em regime noturno (23-7h) com 32% de pesados (Santos & Preto, 2007).

O estudo do ruído ambiental teve início com a análise da envolvente da pedreira, selecionando-se um conjunto de pontos de medição que permitisse a caracterização da situação de referência. Estes mesmos pontos foram utilizados para fazer de amostragem das poeiras.

5.1. Ruído ocupacional

Foram monitorizados oito postos de trabalho em relação ao ruído ocupacional: oficina de manutenção, britador móvel, pá carregadora/britador móvel (ambos em funcionamento), giratória com taqueamento, tanques de decantação, parque de armazenamento de agregados, estação de britagem e balanças/expedição de agregados.

Os valores obtidos para os oito postos de trabalho da exposição diária ao ruído ($L_{EX,8h}$ dB(A)) e pico (L_{Cpico} dB(C)), estão representados na Tabela 6. Na análise dos valores, verifica-se que só dois postos de trabalho, pá carregadora/britador móvel (em funcionamento) e giratória com taqueamento excedem os valores de ação inferior (Tabela 2) e só o posto de trabalho pá carregadora/britador móvel (em funcionamento) excede o valor de ação superior e o valor limite de exposição. O trabalhador da pá carregadora só em ocasiões muito excecionais tem de sair da cabine da máquina, devendo nessa ocasião usar protetores auriculares adequados. O operador do britador móvel deve usar os protetores auriculares adequados durante todo o período de trabalho que esteja a operar o britador.

Tabela 6 – Postos de trabalho monitorizados, valores de exposição pessoal diária ao ruído, $L_{EX,8h}$ dB(A) e nível de pressão sonora de pico, L_{Cpico} dB(C)

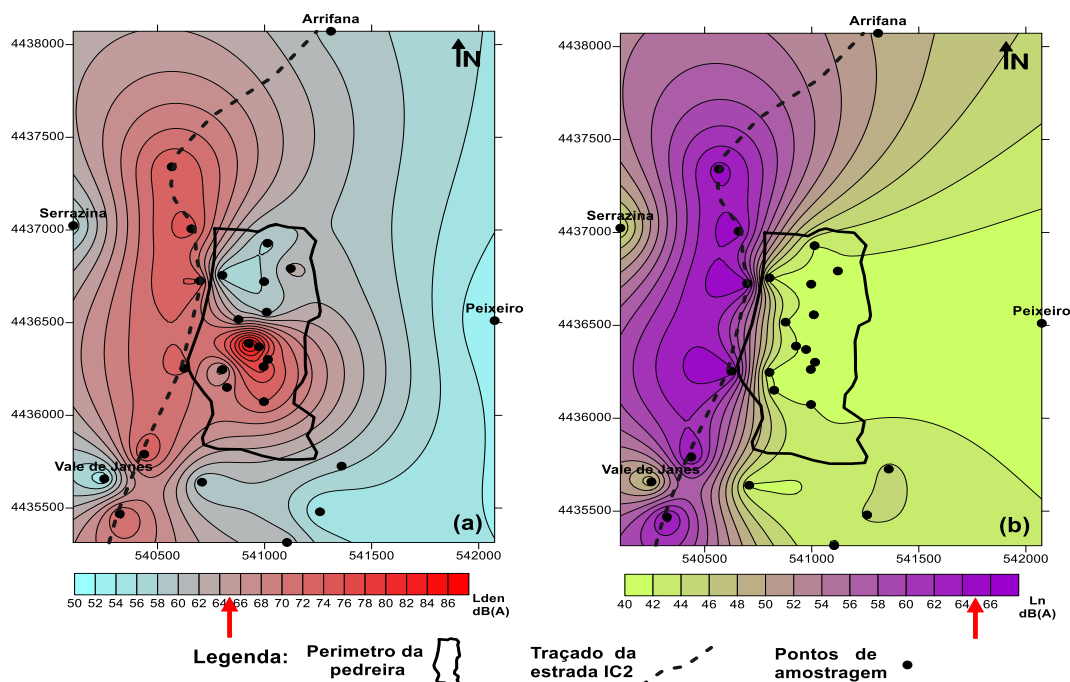
Designação do posto de trabalho	$L_{EX,8h}$ dB(A)	L_{Cpico} dB(C)
Oficina de manutenção	66,83	97,34
Britador móvel (parado/manutenção)	64,74	95,46
Pá carregadora/Britador móvel (em funcionamento)	88,67	111,69
Giratória com taqueamento	81,79	114,92
Tanques de decantação	76,68	101,37
Parque de agregados	76,00	101,53
Estação de britagem	71,20	100,37
Balanças/expedição de agregados	67,34	97,74

O ruído nos restantes trabalhadores/postos de trabalho está abaixo do valor de ação inferior (80 dB(A)), não sendo obrigatório o uso de protetores auriculares, havendo, no entanto, a necessidade de fornecer essa proteção, como é recomendado na legislação. Em relação aos valores de L_{Cpico} dB(C) (Tabela 6) os valores estão todos abaixo do valor de ação inferior (135 dB(C)).

5.2. Ruído Ambiental

Da análise dos resultados obtidos para o ruído ambiental (L_{den}), representados na Figura 4, verifica-se que os valores mais elevados se encontram na zona correspondente à pedreira e ao traçado da estrada IC2, com um valor médio de $L_{den}=74$ dB(A) e $L_n=65$ dB(A) sendo o valor de L_{den} superior ao valor que está estipulado no RGR ($L_{den}=65$ dB(A) valor assinalado com seta vermelha). As zonas populacionais (Arrifana, Peixeiro, Vale de Janes e Serrazina) apresentam um valor médio de $L_{den}=57$ dB(A) e $L_n=44$ dB(A), valores médios inferiores aos recomendados para as zonas classificadas como mistas pelo Decreto-lei 9/2006.

Figura 4 - (a) Distribuição dos valores de ruído ambiental, L_{den} , e (b) L_n para os pontos amostrados



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

Joana Carvalhais, Fernando Figueiredo, Fernando Castelo Branco, Lídia Catarino, Fernando Pita

5.3. Poeiras

Os resultados obtidos na análise de emissão/propagação de poeiras respiráveis (figura 6 a), b) e c)) demonstram que os níveis de concentração de poeiras medidos nos vários locais da pedreira (Tabela 7) não excedem o valor limite de 5 mg/m^3 , estabelecido pela legislação em vigor para trabalhadores em minas e pedreiras. Na zona da pedreira o valor médio de concentração de poeiras é de $0,68 \text{ mg/m}^3$, apresentando o valor máximo de $4,33 \text{ mg/m}^3$ para PM10 próximo da unidade de britagem móvel (com valor de $0,07 \text{ mg/m}^3$ no caso do PM2,5), mas mesmo assim inferior ao limite admissível pelo Decreto-lei 162/90.

Tendo em conta a NP 1796:2014, que define o VLE de $0,025 \text{ mg/m}^3$ para ambientes de trabalho com presença de partículas de sílica, verifica-se que o valor médio de concentração PM10 registado na pedreira é superior ao estipulado pela norma assim como dos limites considerados para condições de trabalho pelas organizações OSHA, MSHA e NOHSC (Tabela 7) devendo ser referido que as partículas presentes contêm um reduzido conteúdo em sílica, e que estas situações se verificaram durante o verão, em condições atmosféricas favoráveis à sua dispersão.

Tabela 7 – Postos de trabalho monitorizados, valores de exposição a poeiras (PM2,5, PM10 e TPM).

Designação do posto de trabalho	PM2,5 (mg/m^3)	PM10 (mg/m^3)	TPM (mg/m^3)
Oficina de manutenção	0,0163	0,1873	0,2545
Britador móvel (parado/manutenção)	0,0147	0,1728	0,2603
Pá carregadora/Britador móvel (em funcionamento)	0,0892	3,5612	6,4448
Giratória com taqueamento	0,0299	0,7166	1,1522
Tanques de decantação	0,0280	0,7799	1,1139
Parque de agregados	0,0124	0,1382	0,1972
Estação de britagem	0,0679	4,3334	8,9119
Balanças/expedição de agregados	0,0149	0,3719	0,6098

Os valores relativos às poeiras, para as quatro povoações na vizinhança da pedreira, estão representados na tabela 6. O valor da concentração de poeiras PM10 observado nas povoações variou entre $0,054$ e $0,079 \text{ mg/m}^3$. No conjunto da zona envolvente o valor mais elevado de PM2,5 (Figura 6a)) corresponde ao cruzamento do IC2 com a estrada para a povoação de Serrazina, podendo esse valor ser explicado pela circulação intensa de tráfego rodoviário que promove emissão de partículas e a movimentação das poeiras.

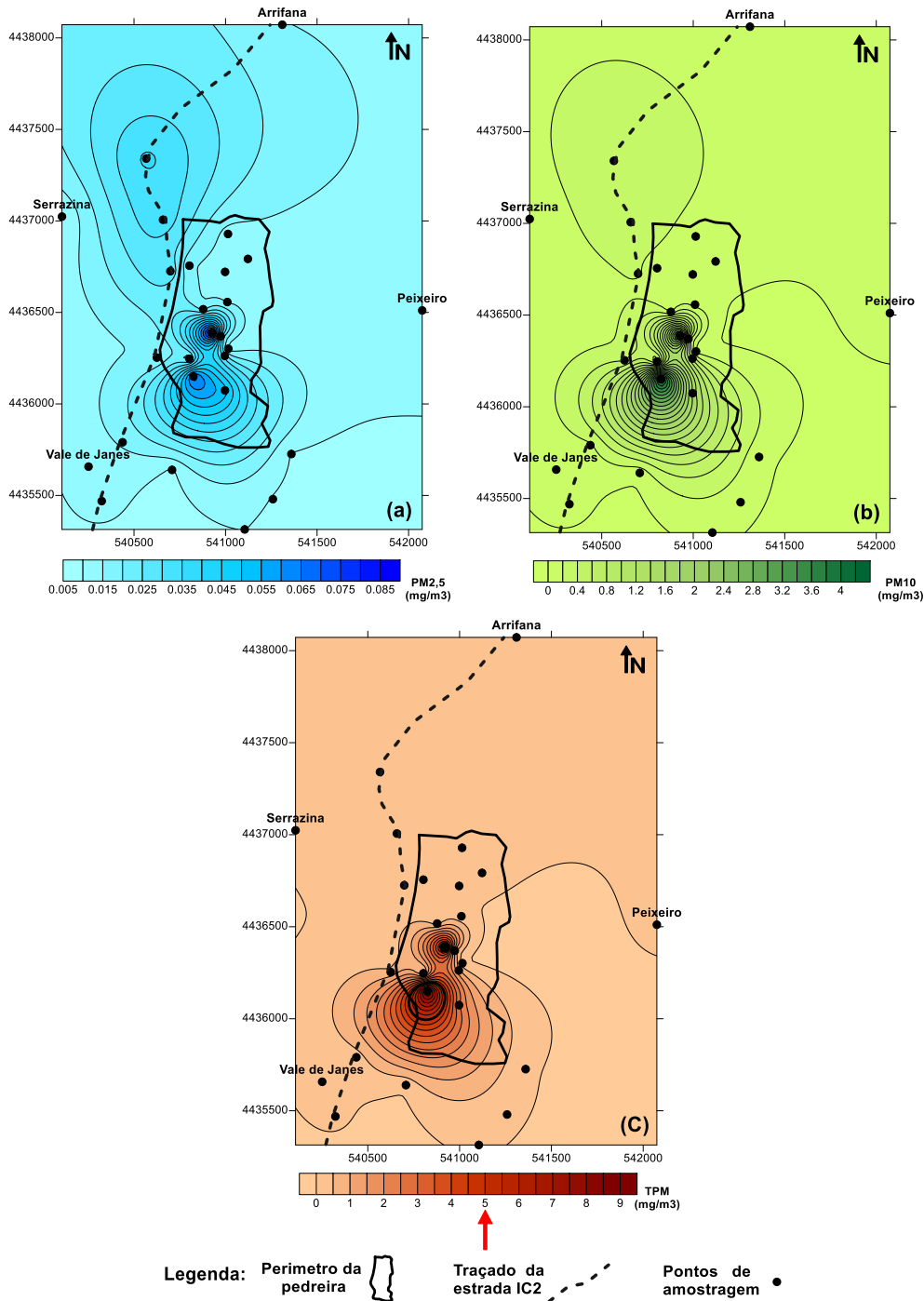
Tabela 8 – Valores de poeiras (PM2,5, PM10 e TPM) nas povoações da envolvente da pedreira.

Povoação	PM2,5 (mg/m^3)	PM10 (mg/m^3)	TPM (mg/m^3)
Peixeiro	0,0146	0,0764	0,0974
Arrifana	0,0151	0,0786	0,0895
Serrazina	0,0099	0,0536	0,0690
Vale de Janes	0,0112	0,0684	0,1218

Tendo em conta o Decreto-lei 102/2010 que define para o ar ambiente o limite PM10 de $0,05 \text{ mg/m}^3$, verifica-se que os valores médios registados nos aglomerados

populacionais são superiores ao estipulado, embora cumpram com o valor de PM_{2,5} inferior a 0,025 mg/m³.

Figura 6 - Distribuição dos valores de partículas respiráveis (a) PM_{2,5}; b) PM₁₀ e c) TPM.



A propagação e concentração de poeiras fora da área da pedreira está fortemente condicionada pelas condições meteorológicas. Em dias de maior intensidade de vento, baixo valor de humidade e com temperatura elevada existe maior possibilidade das partículas serem transportadas na direção dos aglomerados populacionais próximos e situados a sul. Aquando da recolha das amostras de poeiras o grau de humidade relativa

era baixo ($\approx 40\%$) e não tinha havido precipitação nos dias anteriores. Nesses dias a velocidade média do vento variou entre 5,1 a 3,5 km/h, com direção NW-SE a NE-SW (Carvalhais, 2015), não se observando dispersão de poeiras na atmosfera. No entanto, para dias com maior intensidade de vento, ou existência de rajadas, as poeiras podem ser transportadas para o exterior da pedreira, atingindo as povoações localizadas a sul da pedreira.

6. Considerações finais

Este trabalho permitiu caracterizar o ruído ocupacional e ambiental, bem como a concentração de poeiras respiráveis emitidas pela pedreira e pelo tráfego da estrada IC2. Os valores medidos e calculados foram comparados com os valores da legislação e das normas com o intuito de verificar se os valores limites impostos para os trabalhadores e para o meio ambiente eram ultrapassados.

Na análise de resultados das campanhas de medição efetuadas durante os três meses de recolha de dados foram distinguidas três zonas: a pedreira com os postos de trabalho, os aglomerados populacionais próximos (Arrifana, Serrazina, Peixeiro e Vale de Janes) e estrada nacional IC2, que passa junto da pedreira.

Em relação ao ruído ocupacional verificou-se que na maioria dos postos de trabalho os valores medidos são inferiores aos estipulados no Decreto-lei nº 182/2006. No entanto, os trabalhadores que se encontram expostos a ruído elevado (superior a 85 dB(A)) (pá carregadora/britador móvel, em funcionamento), devem utilizar equipamentos de proteção auditiva adequados.

Em relação ao ruído ambiente, conclui-se que na área da pedreira e da estrada IC2 os valores são mais elevados que os registados nas povoações. O ruído provocado pelo tráfego rodoviário na estrada IC2, tem um valor médio de $L_{den}=74$ dB(A) e $L_n=65$ dB(A). Nos aglomerados populacionais próximos, obteve-se o valor médio de ruído de $L_{den}=57$ dB(A), e $L_n=44$ dB(A), estando estes valores dentro da classificação “zona mista”. Este valor de ruído pode, ainda, ser reduzido recorrendo à colocação de cortinas arbóreas na berma da estrada e no perímetro da pedreira.

Relativamente à concentração de poeiras respiráveis, as campanhas de recolha de dados foram realizadas com baixo grau de humidade relativa, sem precipitação e com o vento predominante com direção NW-SE a NE-SW e uma velocidade de 5,1 a 3,5 km/h. Verificou-se que a dispersão de poeiras na área estudada é reduzida e que a concentração média na pedreira não atinge o valor de 1 mg/m³, valor inferior ao estipulado no Decreto-lei 162/90, onde a concentração máxima admissível é de 5 mg/m³, para teores de sílica inferiores a 6%, embora superior ao VLE estipulado pela NP 1796:2014. O posto de trabalho com concentração de poeiras mais elevado é a estação de britagem, com uma concentração de partículas PM10 de $4,33$ mg/m³. Os trabalhadores que operam neste local devem usar um equipamento de proteção individual adequado. Uma medida minimizadora a promover nos equipamentos da estação de britagem e telas transportadoras poderão ser a colocação de uma cobertura e de aspersores com água na zona de carga e descarga das telas transportadoras, bem como nas pistas de circulação de *dumpers* e camiões.

De modo a controlar a emissão/ressuspensão de poeiras na estrada IC2 e nos aglomerados populacionais é importante melhorar algumas das medidas já implementadas das quais se destaca a densificação de cortinas arbóreas, propostas para

reduzir o nível de ruído, mas que também são muito eficazes na redução de propagação das poeiras.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem à empresa Agrepor Agregados-Extração de Inertes SA, Pedreira de Sangardão e aos Engenheiros Paulo Caetano e Lizuarte Gomes todo o apoio prestado e a autorização para a realização deste trabalho.

Agradecemos ao Prof. Doutor José Costa e ao Mestre João Carrilho do Departamento de Engenharia Mecânica a cedência do equipamento Handheld 3016 IAQ Particle Counter.

Agradece à FCT-MEC o suporte financeiro cofinanciado pelo FEDER através de fundos nacionais no âmbito do PT2020 projeto UID/Multi/00073/2013 do Centro de Geociências.

7. Referências

- Agência Portuguesa do Ambiente (2011a) Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído (Versão 3). Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- Agência Portuguesa do Ambiente (2011b) Guia prático para medições de ruído ambiente no contexto do Regulamento Geral do Ruído, tendo em conta a NP ISO1996. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- Campos, A.F.M.C., (2013) Estudo de poeiras respiráveis e 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.
- Campos, A. & Matos, M.L., (2013) Dust exposure in a quarry. Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais, SHO 2013, 41-43.
- Carvalhais, J., (2015). Análise do ruído e das poeiras na envolvente de uma pedreira de calcário - Pedreira de Sangardão, Condeixa-a-Nova, Portugal. Dissertação de Mestrado em Geociências, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra.
- Cattabriga, L. & Castro, N.F., (2014). Saúde e segurança no trabalho. Em: Vidal, F.W.H. Vidal, Azevedo, H.C.A. e Castro, N.F. (eds.), Tecnologia de rochas ornamentais – pesquisa, lavra e beneficiamento. CETEM/MCTI, Rio de Janeiro, 399-432.
- Decreto Regulamentar n.º 76/2007 de 17 de julho. Lista das doenças profissionais
- Decreto-lei n.º 102/2010, de 23 de setembro. Regime da Avaliação e Gestão da Qualidade do ar ambiente
- Decreto-lei n.º 146/2006, de 30 de julho. Avaliação e gestão do ruído ambiente.
- Decreto-lei n.º 162/90, de 22 de maio. Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras.
- Decreto-lei n.º 182/2006, de 6 de setembro. Prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos.
- Decreto-lei n.º 209/2008, de 29 de outubro. Regime de Exercício da Atividade Industrial.
- Decreto-lei n.º 324/95, de 29 de novembro. Prescrições mínimas de saúde e segurança a aplicar nas indústrias extrativas por perfuração a céu aberto ou subterrâneas.
- Decreto-lei n.º 340/2007, de 12 de outubro. Regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais (pedreiras).
- Decreto-lei n.º 54/2015, de 22 de junho. Bases do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional, incluindo os localizados no espaço marítimo nacional.
- Decreto-lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro. Regulamento Geral do Ruído.

- Ferreira, C., (2011) Relação entre variáveis ocupacionais e do processo produtivo – Indústria extrativa a céu aberto. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Ferreira, N. e Guerreiro, H., (2010) O Ruído e a Indústria Extrativa. *Boletim de Minas*. Lisboa. Direção Geral de Energia e Geologia, vol. 45, 3-17.
- Geomega (2008). Ampliação integrada das áreas de exploração das pedreiras de Vale da Pia e de Sangardão. Estudo de impacte ambiental, Relatório Síntese. Vol. I e II. Porto.
- Gruenzner, G., (2006). Avaliação da poeira de sílica: um estudo de caso em uma pedreira na região metropolitana de São Paulo. Dissertação de Mestrado Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- INE, (2011) Estatísticas territoriais. Unidade Territorial - Condeixa-a-Nova. Disponível em <http://www.ine.pt>
- IPMA (s/d) Normais Climatológicas 1971-2000. Disponível em <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/006/>
- Iramina, W.S., Tachibana, I.K., Silva, L.M., Eston, S.M., (2009). Identificação e controle de riscos ocupacionais em pedreira da região metropolitana de São Paulo. *Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, 62 (4), 503-509.
- Lei n.º 7/2009, de 12 fevereiro. Código de Trabalho.
- Martins, A.R.B., (2009) Caracterização e avaliação de poeiras presentes em canteiros de obras de edificações verticais. Recife. Universidade de Pernambuco- Escola Politécnica de Pernambuco.
- Matos, M.L. & Ramos, F. (2010) Indústria extrativa: análise de riscos ocupacionais e doenças profissionais. Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais, SHO 2010, Guimarães, 10-11 de Fevereiro, pp. 339-343.
- Matos, M.L.P.S.F., (2014) Relação entre vibrações no corpo humano, ruído e poeiras e o processo produtivo em explorações a céu aberto. Tese de Doutoramento em Segurança e Saúde Ocupacionais, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Miguel, A.S., (2010) Manual de Higiene e Segurança do Trabalho. 11ed. Porto Editora, 2010.
- NP 1796:2014. Saúde e segurança no trabalho: Valores limite de exposição profissional a agentes químicos.
- NP EN ISO 9612 (2011) Determinação da exposição ao ruído ocupacional, método de engenharia. Lisboa Instituto Português de Qualidade.
- NP ISO 1996 (2011). Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Lisboa Instituto Português de Qualidade.
- Pereira, A., Figueiredo, F., & Catarino, L., (2012). Estudo de riscos físicos associados a uma pedreira de calcário - caso de estudo na pedreira de Vale de Junco, Portunhos, Cantanhede. SHO2012, Internacional Symposium of Occupational Safety and Hygiene, Book of Abstracts, pag.330-332. Guimarães, Portugal.
- Petavratzi, E., Kingman, S. & Lowndes, I., (2005) Particles from mining operations: A review of sources, effects and regulations. *Minerals Engineering*, 18, 1183-1199.
- PNMF (s/d), Portal Nacional dos Municípios e Freguesias. Câmara Municipal de Condeixa-a-Nova. Disponível em <http://municipiosefreguesias.pt> consultado em setembro 2015.
- Portaria nº 197/96, de 4 de junho. Regula as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extrativas por perfuração.
- Portaria nº 198/96, de 4 de junho. Regula as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais de trabalho das indústrias extrativas a céu aberto ou subterrâneas;
- 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, L.C. & Preto, J. (2007) Mapa de Ruído do Município de Condeixa-a-Nova. Descrição do Modelo e Resultados. dBLab, Laboratório de Acústica e Vibrações Lda, Relatório 07_318_MRPM01, 30p.

SGP (1976) Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000. Folha 19-C, Figueira da Foz, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

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

SNIRH (s/d). Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Bases de dados. Disponível em <http://snirh.pt/>