

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE VIBRAÇÕES CAUSADOS POR DETONAÇÕES UTILIZANDO EXPLOSIVOS EM GRUTAS E CAVERNAS

EVALUATION OF THE LEVELS OF VIBRATIONS CAUSED BY DETONATIONS USING EXPLOSIVES IN CAVES

FILIPE DO NASCIMENTO ILDEFONSO

LUIZ EDUARDO DORNELAS

VALQUÍRIA SILVA MACHADO

RESUMO

A Mineração em geral se destaca por ser um segmento de destaque histórico para o Brasil desde o período colonial, mas todos seus benefícios e rendimentos desde então também são responsáveis por grande degradação ambiental. Com a evolução das técnicas de exploração mineral, os impactos relacionados à atividade ganharam maiores proporções, sua minimização se fez necessária para a manutenção de uma relação menos agressiva com o meio ambiente. A tecnologia possibilitou o avanço do setor, as responsabilidades diante dos seus impactos foram aprimoradas e normas para o desenvolvimento de tais atividades foram criadas trazendo aos empreendimentos a necessidade de adequação a essa nova realidade. Um dos principais impactos gerados pela exploração mineral no meio ambiente são as detonações provocadas pelos desmontes de rochas, sejam elas realizadas a céu aberto ou subterrâneas. Essa atividade é necessária na extração do recurso mineral explorado, sendo utilizadas cargas explosivas controladas. O presente artigo visa trazer a avaliação dos impactos ambientais oriundos de vibrações geradas por detonações utilizando explosivos dentro de uma mineração de Calcário em áreas próximas às cavernas e grutas, através de relatório de medição sismográfica. Buscando demonstrar a importância do setor minerário e aplicação do calcário na vida cotidiana da sociedade, histórico a espeleologia e sua importância ambiental e execução de desmontes de rochas utilizando carga explosiva.

Palavras-chave: vibrações. detonações. explosivos. grutas.

ABSTRACT

Mining in general stands out for being a segment of historical prominence for Brazil since the colonial period, but all its benefits and capacity since then are also responsible for great environmental degradation. With the evolution of the techniques of mineral exploration, the impacts related to the activity gained greater proportions, its minimization was necessary to maintain a less aggressive relationship with the environment. Technology enabled the sector to advance, the previous responsibilities of its impacts were improved and the rules for the development of such activities brought to the enterprises the need to adapt to this new reality. One of the main impacts generated by mineral exploration on the environment is the detonations caused by the dismantling of rocks, whether carried out in the open or underground. This activity is

Rede de Ensino Doctum – Unidade Juiz de Fora Itamar Franco – filipeildefonso@hotmail.com
graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária

Rede de Ensino Doctum – Unidade Juiz de Fora Itamar Franco – luizd30@gmail.com
graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária

Rede de Ensino Doctum – Unidade Juiz de Fora Itamar Franco –
valquiriabiologa@yahoo.com.br (orientadora do trabalho)

necessary in the extraction of the exploited mineral resource, using controlled explosive charges. This article aims to assess the environmental impacts arising from vibrations generated by detonations using explosives inside a limestone mining in areas close to caves and caves, through a seismographic regular report. Seeking to demonstrate the importance of the mining sector and the application of limestone in the daily life of society, history, caving and its environmental importance and execution of rock dismantling using explosive charge.

Keywords: vibrations. detonations. explosives. caves.

1 INTRODUÇÃO

O processo de mineração é essencial no desenvolvimento da humanidade e na produção de bens e riquezas do país, impulsiona de maneira significativa o Produto Interno Bruto (PIB) do país, porém, é um processo degradante ao meio ambiente, que causa danos irreversíveis à camada de solo retirada, acarretando em perda de cobertura vegetal, poluição do solo, desmatamento, poluição dos recursos hídricos, perda da biodiversidade local, e impactos que podem ser irreversíveis seja no ambiente urbano ou rural, podendo atingir a áreas de preservação permanente.

As atividades mineradoras utilizam em seus processos produtivos iniciais as detonações com cargas explosivas, estas ações são o passo inicial de toda e qualquer exploração mineral e podem produzir impactos através da vibração gerada pelas mesmas.

Sabendo disso, é importante o monitoramento e acompanhamento das detonações, utilizando técnica que visa controlar os níveis de vibração gerados pelas cargas de explosivos contidas nos desmontes de rochas.

Segundo Silva (2019) as detonações dentro das atividades mineradoras são realizadas a partir de cálculos da carga explosiva necessária para se fragmentar as rochas de uma área previamente determinada, após ser definida a carga necessária os explosivos são dispostos no interior das minas perfuradas nos blocos rochosos e por fim são detonados, gerando uma onda de vibração com possibilidade causar abalos sísmicos, e danos as áreas próximas aos desmontes.

Segundo Dinis da Gama (1998), apenas cerca de 5 a 15% da energia termoquímica liberada no desmonte de rochas é efetivamente aproveitada para fragmentar a rocha. Logo, a maior parte da energia contida nos explosivos é transferida ao ambiente circundante, susceptível de causar efeitos colaterais que podem conduzir a conflitos socioambientais com as comunidades vizinhas. Desses efeitos, cinco se destacam: as vibrações transmitidas aos maciços e às estruturas adjacentes, a pressão acústica (airblast), as projeções de rocha, as poeiras e a sub-ruptura do maciço rochoso.

Portanto, este trabalho visa apresentar formas de controle e análise dos dados obtidos a partir das avaliações sismográficas fornecidas pela Mineração Ducal Indústria e Comercio Ltda., conhecer e avaliar os impactos ambientais gerados pelas vibrações ocasionadas em decorrência de detonações próximas a grutas e cavernas.

Dissertar a respeito da exploração de Calcário, trazendo para maior conhecimento, sua utilização dentro da sociedade. Apresentar as características da área a ser avaliada, com a finalidade de demonstrar a importância da manutenção de sua integridade natural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Mineração no Brasil

O Brasil possui um território de 8.547.403 km² segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2020), com dimensões continentais, riquezas naturais e uma diversidade geológica privilegiada, o que acarreta a existência de jazidas de diversos minerais, propiciando uma posição de destaque no cenário mundial, tanto pela sua quantidade de reservas, como da produção e exportação destes minerais, atingido no ano de 2017 o valor de US\$ 28,3 bilhões, o que representou cerca de 1,4% do PIB do país. (IBRAM, 2018).

Segundo o DNPM (2015), os recursos minerais são expressivos e abrangem uma produção de 72 substâncias minerais, das quais 23 são metálicas, 45 não metálicas e 4 energéticas.

A mineração é notoriamente um setor de grande relevância na economia do país, como mostra os números da Agência Nacional de Mineração (2018) e do

IBRAM (2018). O Relatório Anual de Atividades do IBRAM (2018) expõe, que “a indústria mineral se destaca por contribuir decisivamente para gerar superávits à balança comercial brasileira”. Segundo dados deste relatório, o Brasil exportou em 2017 um volume de mais de 403 milhões de toneladas de bens minerais, sendo responsável por gerar uma receita na casa dos US\$28,3 bilhões, valor este que representa 13% de todas as exportações do país.

Segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), em 2013 o número de companhias mineradoras no Brasil era de 8.870, divididas pelas seguintes regiões: 3.609 no sudeste; 2.065 no sul; 1.606 no nordeste; 1.075 no centro-oeste; 515 no norte. O número total de minas em atividade no Brasil é de 8.400, sendo apenas 236 (2,9%), consideradas de grande porte, 1.233 Médias (14,7% do total); 2.815 Pequenas (33,5% do total) e 4.116 Micro (48,9% do total). De acordo com dados do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) (dados de 2017) o setor Extrativo Mineral possui 180.000 empregos diretos.

Calcário

O calcário é uma rocha sedimentar originada de material precipitado por agentes químicos e orgânicos. O cálcio é um dos elementos mais comuns, estimado em compor 3 a 4% da crosta terrestre, todavia, quando constituinte dos calcários tem origem nas rochas ígneas. A maior parte do calcário existente hoje é de origem orgânica. (Sampaio, 2008).

O cálcio disponível em solução, seguindo a precipitação química, é utilizado por uma variedade de vidas marinhas tais como: corais, foraminíferos, moluscos e equinodermos, para formar conchas de calcário que se acumulam no fundo mar. Tais estruturas são praticamente de carbonato de cálcio puro e são, frequentemente, encontradas intactas em calcários como greda e marga. (Sampaio, 2008).

Os sedimentos de calcário derivados desse processo podem contaminar-se durante a deposição com materiais argilosos, silicosos ou siltes ferruginosos que afetam a composição química e a natureza do calcário resultante. O tamanho e forma das partículas de calcário, decorrentes das condições de pressão, temperatura e ação de solvente, às quais a deposição foi exposta, são

fatores que influenciam as características físicas da rocha. (Sampaio, 2008, p.367)

Acredita-se que os calcários magnesianos ou dolomíticos foram formados pela substituição, no próprio calcário calcítico, do cálcio pelo magnésio oriundo de águas com elevado teor de sais de magnésio. Muito embora vários depósitos de dolomita aparentem ter origem na co-precipitação de ambos os carbonatos, a teoria da substituição dos metais ainda é aceita. (Sampaio, 2008, p.367)

É um mineral não metálico, constituído basicamente de carbonato de cálcio; encontrando-se sob a forma de calcita e aragonita, conforme sua estrutura cristalina. A calcita constitui o principal componente das rochas calcárias e a aragonita apresenta-se em massas calcárias recentes (conchas, corais, etc.). (IPEA, 2017)

A utilização do calcário pode ser encontrada em diversos segmentos, tais como: indústria de cimento, indústria de papel, indústria de plásticos, indústria de tintas, indústria de vidros, indústria cerâmica, na agricultura, alimentação de animais, como Rochas ornamentais ou decorativas, na indústria metalúrgica, e no tratamento da água.

Espeleologia

As áreas de paisagens cársticas são caracterizadas pela presença de cavernas, grutas, rios subterrâneos, minerais raros, fauna singular e principalmente pelos sítios arqueológicos e paleontológicos que se desenvolvem nestas localidades.

Por se tratar de áreas de singular importância para o conhecimento histórico da humanidade, essas regiões necessitam ser preservadas visando a manutenção de suas propriedades e características físicas e fisiológicas. Sendo assim, a espeleologia se destaca como o estudo dessas localidades.

De origem grega o termo espeleologia trata: spêlaion – caverna – e lagos – estudo. Tendo o francês Émile Riviére (1835 – 1922) como criador do termo utilizado ainda hoje. Arqueólogo de formação Riviére realizou importantes descobertas sobre o homem pré-histórico e sobre a arte parietal nas cavernas da França, sendo decisivo na criação da Sociedade Pré-Histórica Francesa. (Cruz, 2019)

As principais definições para o termo indicam a interdisciplinaridade da espeleologia, abrangendo temas como: geologia, geografia física, biologia, arqueologia, paleontologia, meteorologia e hidrogeologia. Mas ainda assim para o desenvolvimento de estudos em ambientes subterrâneos é necessário o conhecimento de técnicas específicas, envolvendo exploração e mapeamento de cavernas.

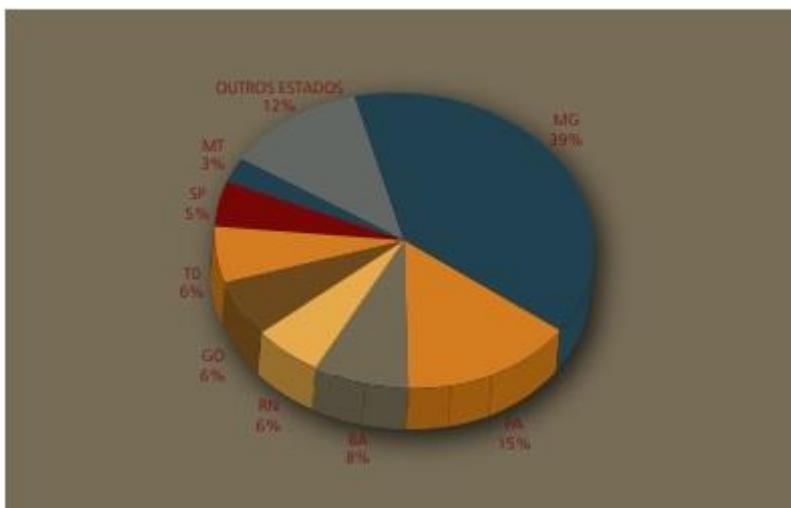
Para termo caverna, também chamadas de gruta ou furna, a definição mais utilizada internacionalmente às descreve como, uma cavidade natural formada em rocha abaixo da superfície com largura suficiente que permite acesso a seres humanos, podendo ter desenvolvimento horizontal ou vertical em formas de galerias e salões. Essa definição se demonstra antropogênica, pois sob outras perspectivas para um simples invertebrado de caverna, um reduzido canal pode constituir-se em uma caverna. Ou até mesmo para a hidrogeologia onde grandes volumes de água podem fluir de condutos muito estreitos para serem acessados pelo homem. (Cruz, 2019)

“Cavidade natural subterrânea é todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecida como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante.” (DECRETO Nº 6.640, DE 7 DE NOVEMBRO DE 2008.)

Potencialidades das Cavernas no Brasil

As rochas carbonáticas em destaque para os calcários e dolomitos representam cerca de 90% das cavernas de todo o mundo. No Brasil existem registradas cerca de 17.000 cavernas aproximadamente, essas se encontram registradas no cadastro federal brasileiro. Minas Gerais, com 6.300 cavernas, representando 39% do total das ocorrências, e Pará, com 2.473 ocorrências, representando 15% do total, são os estados com a maior quantidade de cavernas cadastradas (CECAV, 2017).

Figura 1: Distribuição percentual de cavernas cadastradas por estado no CANIE



Fonte: (CECAV, 2017)

Os cadastramentos dessas informações são coletados principalmente por grupos de espeleologia, por espeleólogos individuais, como também por empresas que realizam estudos espeleológicos em seu processo de licenciamento ambiental. Sendo que o número correto de cavernas localizadas no território brasileiro pode ser ainda muito superior do que o registrado até o momento, devido a baixa quantidade de registros por parte dos grupos espeleológicos e espeleólogos amadores.

De acordo com o Artigo 3, § 4o, da Resolução CONAMA/2004, o empreendedor que vier a requerer licenciamento ambiental deverá realizar o cadastramento prévio dos dados mencionados no processo de licenciamento, independentemente do cadastro ou registro existente em outros órgãos, no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE, gerenciado pelo CECAV.

Litologia	Número de cavernas conhecidas	Provável potencial (cavernas ainda não conhecidas)	Porcentagem de cavernas conhecidas
Carbonatos	11.000	>150.000	7%
Quartzitos	600	>50.000	1%
Arenitos	400	>50.000	>1%
F. Ferrífera/Canga	3.000	>5.000	60%
Outras Litologias	200	>50.000	>1%

Figura 2 – Estimativa do potencial espeleológico brasileiro por litologia em relação às cavernas conhecidas.

Segundo Cruz (2019) o Brasil é um país com significativo potencial espeleológico, podendo-se afirmar, que apenas 5% das cavernas existentes em nosso território tenham sido identificadas. Em países mais desenvolvidos na identificação e exploração de cavernas, como Itália e França, países esses com território equivalente ao Estado de Minas Gerais, cerca de 40 mil cavernas são conhecidas, isso demonstra o quanto a pesquisa da área se faz importante no nível de conhecimento mineralógico, turístico e cultural já que algumas podem conter rastros da ancestralidade como pinturas rupestres, podendo trazer conhecimentos históricos.

Desmontes de rochas a céu aberto

Segundo Silva (2019) o desmonte em bancada é o método mais conhecido no desmonte de rochas com explosivos e é feito a custa de várias operações consecutivas que constituem um ciclo de trabalho. Esse método é aplicado em pedreiras, minas a céu aberto, abertura de vias de comunicação, abertura de trincheiras ou valas, escavações para fundações e implantação de fundações.

O desmonte a céu aberto tem características próprias que o individualizam dos outros tipos de lavra, nomeadamente de interior. Uma das suas principais características é ser efetuado por bancadas, que possuem características que variam conforme o tipo de rocha, o tipo de local de trabalho, o produto que se pretende obter etc.

Dentro da mineração, os desmontes de rochas são as atividades de detonação que utilizam cargas explosivas, a fim de realizar o deslocamento do maciço rochoso para seu beneficiamento.

Utilizam-se, com frequência, no desmonte primário, as emulsões, via caminhões de explosivos, especialmente preparados para permitir o carregamento dos furos para detonação de maneira mecanizada, possibilitando também a realização das misturas de emulsão atendendo às várias densidades requeridas. No Brasil, por sua vez, utiliza-se mais comumente o ANFO sendo as emulsões encartuchadas mais utilizadas em furos molhados.

Na Mineração Ducal não existe padrão definido que determine a periodicidade dessas atividades, sendo aproximadamente uma detonação por semana, podendo variar conforme necessidade devido à disponibilidade material para ser beneficiado.

3 METODOLOGIA

Através da revisão bibliográfica de artigos e livros buscando para maior entendimento diante dos assuntos abordados, rochas calcárias e sua utilização dentro da sociedade, e as definições sobre espeleologia, demonstrando a necessidade de preservação e a importância das áreas de paisagens cársticas para o meio ambiente e demais áreas de estudos relacionados as grutas. A realização de um estudo de caso, visando demonstrar a necessidade da manutenção constante da qualidade dos ambientes das grutas e sua interação com a Mineração de Calcário realizada no local, avaliando os dados obtidos junto a empresa referente aos relatórios de desmontes realizados próximo as grutas, juntamente aos relatórios de dados extraídos dos sismógrafos para observação das possíveis interferências dessas atividades diante da preservação necessária.

A empresa que proporcionou a realização do presente estudo de caso tem como razão social o nome de Mineração Ducal Ind e Com LTDA, encontra-se cadastrada sob o endereço Rodovia MG 439 km 6 Zona Rural, na cidade de Pains - Minas Gerais sob o CEP - 35.582-000. Atuando no ramo da mineração de Calcário desde 03 de fevereiro de 1987, com um quadro de funcionários de 55 colaboradores, tendo como atividade principal a extração de calcário e

dolomita, e beneficiamento associado desses materiais para comercialização. Próximo a área de exploração da empresa, existem duas grutas denominadas respectivamente como gruta da fenda e gruta da passagem, onde são instalados os aparelhos de medição (sismógrafo).

Figura 3 – Imagem de satélite da localização da empresa



Fonte: (Google Earth, 2020)

Os órgãos fiscalizadores do empreendimento são extensos, pois em decorrência do ramo da atividade existem algumas documentações específicas relacionadas a diferentes agentes responsáveis por regulamentar as atividades desenvolvidas, sendo estes: SUPRAM; Agência Nacional de Mineração - ANM que substitui o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM; Polícia Ambiental; Ministério da Agricultura; Exército; Agência Nacional de Águas – ANA.

Para o desenvolvimento de suas atividades a empresa tem a necessidade de apresentar uma documentação específica, a fim de conseguir operar no mercado. EIA RIMA, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental, Licença Prévia LP, Licença de Instalação LI, Licença de Execução LE, são alguns dos documentos exigidos para o início da operação da empresa.

Dessa forma para o desenvolvimento do presente trabalho foram observados dados obtidos através do relatório de medição sismográfica da empresa, realizado pelo departamento técnico da Empresa Dexplo Distribuidora de Explosivos e Ferragens Ltda., no âmbito da instrumentação e análise sismográfica. Tendo como objetivo identificar a intensidade das vibrações e sobre pressão acústica que atingem a área do monitoramento, relatar as análises do evento sísmico e comparar os resultados com base nas normas Norma ABNT 9653/2005. Relatórios em anexo I.

4 Resultados Obtidos e Discussão

Para se avaliar os resultados obtidos é importante avaliar a metodologia de trabalho utilizada nos desmontes realizados pela empresa. Sendo assim os relatórios de desmontes também chamados de Plano de Fogo, precisam ser analisados.

De acordo com Silva (2019), o plano de fogo é o projeto executivo para o desmorte (escavação) de rochas com o uso sistemático de explosivo, em que serão definidos e apresentados preliminarmente o plano de perfuração, a qualificação e a quantificação dos explosivos e esquemas de ligação e iniciação que serão detonados.

A figura 4 abaixo demonstra o relatório de desmorte realizado no dia 21/06/2019. O tipo de rocha detonada pela empresa é o Calcário, com a malha de espaçamento utilizada 2,5m de distância entre os furos, a profundidade dos furos foram de 12m, para 19 minas perfuradas, foi utilizada a carga de 525 kg de explosivo Anfo (explosivo granulado) e 38,8kg de explosivo Encartuchado (bananas de dinamite), utilizando ainda 9 peças de Retardo que são fundamentais para reduzir a velocidade da detonação e seu impacto de vibração, e por fim o desmorte foi iniciado por um espoletim iniciador de 1,20m que leva em média 2,5 a 3 minutos para ser detonado e realizar o desmorte.

RELATÓRIO DE DESMONTE														Data	21/06/2019			
Croqui - Ducal																		
#	Tipo Rocha	Malha de Perforação (m)	Prof. Furo (m)	Altura Banc. (m)	Dens.	N° Furos	Furo (pot")	Tampão (m)	CME/EG	VM Desmontad o/Furo	Anfo (KG)	Emulação Encartuche da (KG)	Cordel	Total m³ Desmontad o	Total Desmontad o em T.	Razão g/m³	Razão g/t.	kg/m
2	Calcário	2,5x6	12	12	2,5	19	2,5"	2	89	180	525	38,8	326	3420	8.550	0,165	0,065	2,97
<input checked="" type="checkbox"/> FURO		19																
<input type="checkbox"/> Retardo de 42 ms.																		
<input type="checkbox"/> Estopim 1,20m																		

Figura 4 – Relatório de Desmorte ocorrido na Frente A Banco 2 (2019)

O segundo relatório de desmorte avaliado contido na figura 5 abaixo, demonstra que no desmorte realizado também no dia 21/06/2019, em que seguindo uma padronização para o espaçamento entre os furos foi utilizado 2,5m entre as 8 minas perfuradas, a profundidade dessas foi realizada com 6m, já a carga de explosivo utilizada foi de 150kg de explosivo Anfo (explosivo granulado) e 11kg de explosivo encartuchado (bananas de dinamite), neste desmorte foi utilizada apenas 1 peça de retardo, e por fim o desmorte foi iniciado utilizando uma espoleta estopim de 1,20m dando o tempo de detonação em média de 2,5 a 3 minutos.

RELATÓRIO DE DESMONTE														Data	21/06/2019			
Croqui - Ducal																		
#	Tipo Rocha	Malha de Perforação (m)	Prof. Furo (m)	Altura Banc. (m)	Dens.	N° Furos	Furo (pot")	Tampão (m)	CME/EG	VM Desmontad o/Furo	Anfo (KG)	Emulação Encartuche da (KG)	Cordel	Total m³ Desmontad o	Total Desmontad o em T.	Razão g/m³	Razão g/t.	kg/m
2	Calcário	2,5x6	6	6	2,5	8	3	2	80,5	90	150	11	91m	88,32	221	548	219	5,03
<input checked="" type="checkbox"/> FURO		8																
<input type="checkbox"/> Retardo de 42 ms.																		
<input type="checkbox"/> Estopim 1,20m																		

Figura 5– Relatório de Desmorte ocorrido na Frente C Banco 3 (2019)

Relatórios de medições de vibrações

Na avaliação dos relatórios de medições de vibrações foi necessário realizar o estudo do que demonstra a Norma ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) 9653/2005 que foi substituída em 2018 para 9653/2018. Esta norma tem por atribuição, fixar a metodologia para reduzir os riscos inerentes ao

desmonte de rocha com uso de explosivos em minerações, estabelecendo parâmetros a um grau compatível com a tecnologia disponível, para a segurança das populações vizinhas, referindo-se a danos estruturais e procedimentos recomendados quanto ao conforto ambiental.

A norma estabelece que a velocidade de vibração de partícula (V_p) igual a 15mm/s como limite máximo de vibração admissível nos arredores da área de operação das pedreiras, definindo também o nível de sobrepressão atmosférica, medido além da área de operação, não devendo ultrapassar o valor de 134 dBL pico.

Seguindo as recomendações da norma citada acima, se faz necessário avaliar dentro do relatório de medição de vibração, a frequência e o valor de pressão acústica, sendo estas determinadas com limites de tolerância dentro da norma. Em ambos os relatórios avaliados e demonstrados respectivamente nas figuras 6 e 7 abaixo, os valores de frequência e os valores de pressão acústica ficaram abaixo dos limites estabelecidos na NBR 9653.

LOCAL: Ducal-Pains MG.
PONTO DE MEDIÇÃO: P1B3S20°22.820°W045°33.265°elev;35-P2G.DaFendaS20°22.671°W045°33.194elev;303m.
NÚMERO DO FOGO: Desmante da frente C banco 3 até a Gruta Da Fenda.
DATA/HORÁRIO: 21/06/19 às 11:45:00
NOTA: Desmante com encartuchado, anfo, cordel e retardo de 42ms.
OPERADOR: Willian Macieira Santos.

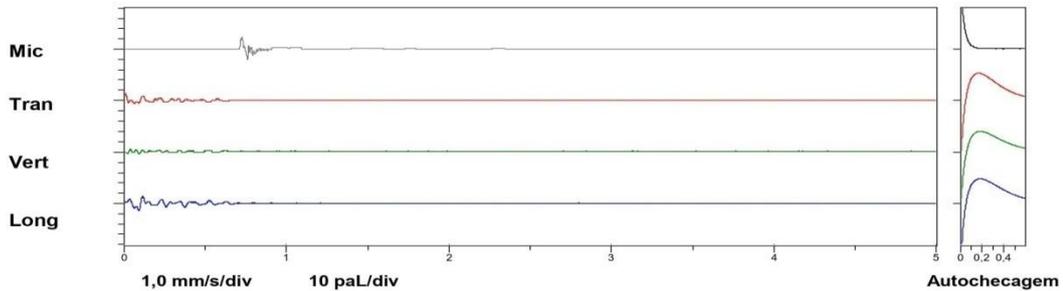
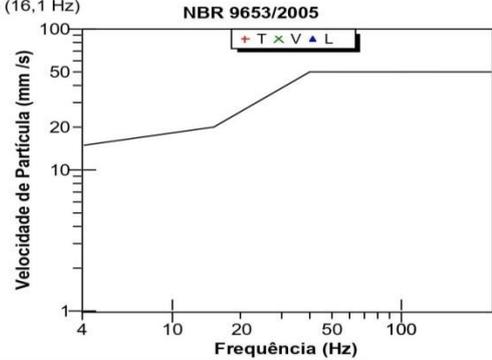
GATILHO DO GEOFONE: 0,5 mm/s
GATILHO DO MICROFONE: 100 paL (134,0 dBL)
FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM: 1000 Hz
TEMPO DE GRAVAÇÃO: 5 s **DISPARO MANUAL:** DESATIVADO
VERSÃO DO APARELHO: S100 v2.0.4 **NÚMERO DE SÉRIE:** #0009 **CALIBRAÇÃO:** 02/05/17

PICO DE PRESSÃO ACÚSTICA: 11,33 paL (115,07 dBL) em 0,725 s (16,1 Hz)
TESTE DO MICROFONE: Passou (622,7 mV)

	Tran	Vert	Long	
PICO DE VEL. DE PARTIC.	0,70	0,32	0,70	mm/s
FREQUÊNCIA	26,3	35,7	14,3	Hz
TEMPO	0,005	0,038	0,088	s
PICO DE ACELERAÇÃO	0,0165	0,0109	0,0164	g
PICO DE DESLOCAMENTO	0,0027	0,0029	0,0148	mm

TESTES DOS GEOFONES	Passou	Passou	Passou	
Amplitude	1197,8	920,6	1103,8	mV
Frequência	3,1	2,9	2,9	Hz
Amortecimento	4,6	3,6	4,1	

RESULTANTE: 0,85 mm/s em 0,113 s



Distância entre local de detonação e local de monitoramento: 303 m
Carga explosiva máxima por espera: 80,5 Kg
Intervalos da sequência: 42ms
Carga explosiva total: 161 Kg

Gerado em: 21/06/19 às 15:14 Impresso em: 21/06/19 às 15:22 Arquivo: (ZTEX formatação: SISTEX v2.0.4)

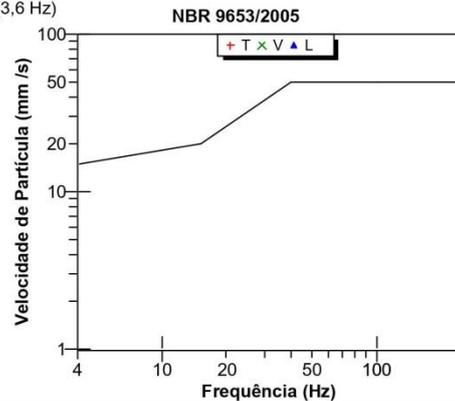
Figura 6 – Relatório do Sismógrafo Gruta da Fenda (2019)

LOCAL: Ducal-Pains MG.
PONTO DE MEDIÇÃO: P1B2S20°22.861'W045°33.313'elev;974m-P2G.DaPassagem S20°22.829'W045°33.238'elev;882m.
NÚMERO DO FOGO: Desmorte da frente A banco 2 até a Gruta Da Passagem.
DATA/HORÁRIO: 21/06/19 às 11:04:43
NOTA: Desmorte com encartuchado, anfo, cordel e retardo de 42ms.
OPERADOR: Willian Macieira Santos.

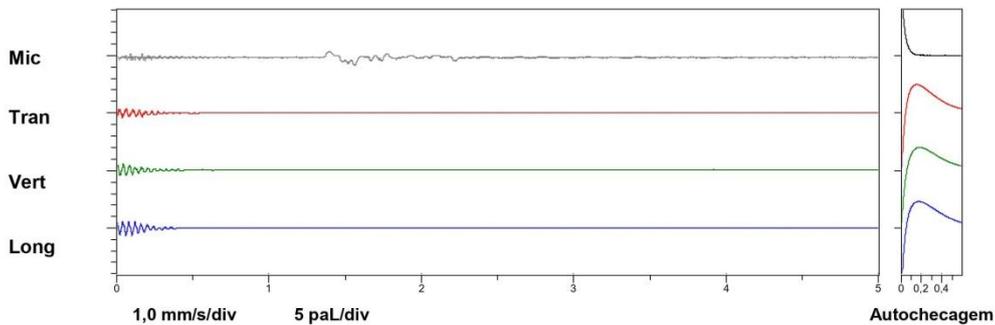
GATILHO DO GEOFONE: 0,5 mm/s
GATILHO DO MICROFONE: 100 paL (134,0 dBL)
FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM: 1000 Hz
TEMPO DE GRAVAÇÃO: 5 s **DISPARO MANUAL:** DESATIVADO
VERSÃO DO APARELHO: S100 v2.0.4 **NÚMERO DE SÉRIE:** #0009 **CALIBRAÇÃO:** 02/05/17

PICO DE PRESSÃO ACÚSTICA: 4,43 paL (106,92 dBL) em 1,558 s (3,6 Hz)
TESTE DO MICROFONE: Passou (620,3 mV)

	Tran	Vert	Long	
PICO DE VEL. DE PARTIC.	0,43	0,59	0,70	mm/s
FREQUÊNCIA	50,0	35,7	31,3	Hz
TEMPO	0,034	0,042	0,059	s
PICO DE ACELERAÇÃO	0,0330	0,0218	0,0218	g
PICO DE DESLOCAMENTO	0,0038	0,0055	0,0071	mm
TESTES DOS GEOFONES	Passou	Passou	Passou	
Amplitude	1117,2	915,8	1061,1	mV
Frequência	3,5	2,8	3,0	Hz
Amortecimento	4,3	3,6	4,0	



RESULTANTE: 0,81 mm/s em 0,060 s



Distância entre local de detonação e local de monitoramento: 143 m
Carga explosiva máxima por espera: 89 Kg
Intervalos da sequência: 42ms
Carga explosiva total: 564 Kg

Gerado em: 21/06/19 às 15:00 | Impresso em: 21/06/19 às 15:13 | Arquivo: (ZTEX formatação: SISTEX v2.0.4)

Figura 7 – Relatório do Sismógrafo Gruta da Passagem (2019)

5 Considerações Finais

Com base nos conhecimentos obtidos em torno da importância do segmento da Mineração como um dos setores de grande destaque na economia do país, aprofundando-se dentro da temática, buscando maior entendimento referente a exploração do Calcário, devemos considerar que se trata de uma atividade de extrema relevância para a sociedade, no desenvolvimento de diversas utilizações em diferentes setores da economia de modo geral.

A importância de estudos aprofundados em relação a Espeleologia demonstra o quanto complexa se faz a exploração mineral do calcário, sendo fundamental o conhecimento relativo a preservação dos ambientes onde a atividade se desenvolve. Em áreas onde ocorre a existência de cavernas e grutas de maiores relevâncias diante de suas dimensões, se faz necessária a avaliação constante da manutenção de suas características, seguindo as determinações das normas técnicas existentes e dos agentes fiscalizadores que tem por função acompanhar e fiscalizar tais empreendimentos.

Sabendo-se que dentre as possíveis interferências ambientais de maiores impactos causados nos ambientes cársticos de grutas e cavernas decorrentes da exploração do calcário, são os desmontes de rochas realizados nas lavras de beneficiamento. É fundamental que essas atividades sejam monitoradas e controladas visando evitar que as vibrações geradas pelas detonações com explosivos venham a interferir nesses locais.

Através do estudo de caso realizado na empresa Ducal Mineração Ltda., e os conteúdos fornecidos por esta, juntamente com os relatórios de avaliação da empresa Dexplo Distribuidora de Explosivos Ltda., foi possível observar a execução do processo de monitoramento dos impactos de vibração gerados nas atividades de desmonte próximos as grutas localizadas no perímetro da empresa, aonde se chegou à conclusão de que a vibração gerada na detonação não ocasionou impactos nas estruturas monitoradas.

Referências

CRUZ, Jocy; PILÓ, Luís. Espeleologia e Licenciamento Ambiental. Brasília, ICMBIO, 2019.

IBRAM. Relatório Anual de Atividades. 2018. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Engenharias Doctum, Brasília, 2020. Cap. 11. Disponível em: <http://portaldaminerao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2019/07/relatorio-anual-2018-2019.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2020. Instituto Brasileiro de Mineração IBRAM.

LINS, Adão Benvindo da Luz Fernando A. Freitas et al. Rochas e minérios industriais: usos e especificações. 2008. 974 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Engenharias Doctum, Rio de Janeiro, 2020. Cap. 43. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/522/1/Rochas%20Min.Ind.2a%20edicao%20%28Adao%20e%20F.Lins%29.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2020.

OLIVEIRA, Alexandre Vidigal de. MINERAÇÃO: riqueza para o desenvolvimento e o bem-estar social. 2019. 28 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Engenharias Doctum, Brasília, 2020. Cap. 11. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/78404/0/BOLETIM+SETOR+MINERAL.pdf/acb1ca8d-b2bd-825c-03e8-939e87f94682>. Acesso em: 7 dez. 2020.

SILVEIRA, Leandro Geraldo Canaan. Capacitação profissional: Controle de vibrações e pressão acústica no desmonte de rochas com explosivos. Universidade Federal de Ouro Preto UFOP, p. 40-44, março 2017.

SILVA, Valdir Costa e. Desmonte de Rochas. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

Anexos:



Relatório de
Sismografia Ducal- (Sismografia Ducal- (



Relatório de