



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**

FILIPE MACHADO VERÍSSIMO DO CARMO

**AVALIAÇÃO DE RAIOS DE SEGURANÇA PARA ATIVIDADES DE
MINERAÇÃO EM RELAÇÃO ÀS OCUPAÇÕES PRÓXIMAS A UMA
PEDREIRA EM JABOATÃO DOS GUARARAPES-PE.**

**RECIFE
2024**

FILIPPE MACHADO VERÍSSIMO DO CARMO

**AVALIAÇÃO DE RAIOS DE SEGURANÇA PARA ATIVIDADES DE
MINERAÇÃO EM RELAÇÃO ÀS OCUPAÇÕES PRÓXIMAS A UMA
PEDREIRA EM JABOATÃO DOS GUARARAPES-PE.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Minas.

Área de conhecimento: Lavra de Minas.
Orientador Prof. Dr. Robson Ribeiro Lima.

RECIFE
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Machado, Filipe Machado Veríssimo do.

Avaliação de raios de segurança para atividades de mineração em relação às ocupações próximas a uma pedreira em Jaboatão dos Guararapes-PE / Filipe Machado Veríssimo do Machado. - Recife, 2024.

41 p. : il., tab.

Orientador(a): Robson Ribeiro Lima

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Minas - Bacharelado, 2024.

8,83.

Inclui referências.

1. Raio de segurança. 2. Detonação. 3. Velocidade de partícula. 4. Poeira. 5. Ruído. 6. Mineração. I. Lima, Robson Ribeiro. (Orientação). II. Título.

550 CDD (22.ed.)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Ata da defesa/apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia de Minas - CTG da Universidade Federal de Pernambuco.

ATA Nº 06/2024

ATA DE DEFESA DE TCC DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS DO CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, NO DIA NOVE DE MAIO DE DOIS MIL E VINTE E QUATRO.

No dia nove de maio de dois mil e vinte e quatro, as dez horas, por meio de recursos de vídeo conferência, teve início a defesa do TCC intitulado **AVALIAÇÃO DE RAIOS DE SEGURANÇA PARA ATIVIDADES DE MINERAÇÃO EM RELAÇÃO ÀS OCUPAÇÕES PRÓXIMAS A UMA PEDREIRA EM JABOATÃO DOS GUARARAPES-PE** do(a) discente **Filipe Machado Veríssimo do Carmo**, sob a orientação do **Professor Doutor Robson Ribeiro Lima**. A Comissão Examinadora composta pelos Professores do Departamento de Engenharia de Minas – CTG da Universidade Federal de Pernambuco: **Prof. Carlos Magno Muniz e Silva, Prof. Carlos Eduardo da Silva Araújo e o Professor Robson Ribeiro Lima**. Após cumpridas as formalidades, o discente foi convidado a discorrer sobre o conteúdo do TCC. Concluída a explanação, o candidato foi arguido pela Comissão Examinadora que, em seguida, reuniu-se para deliberar e conceder ao mesmo(a), a menção **APROVADO** com conceito **8,83**. A defesa em epígrafe foi realizada integralmente, por videoconferência, envolvendo a Banca Examinadora e o discente, através de recursos que possibilitaram realizar a discussão acadêmica sobre o objeto de estudo, com som e imagem. E, para constar, lavrei a presente Ata que vai por mim assinada, Coordenador do Curso de Engenharia de Minas, e pelos membros da Comissão Examinadora. Recife, primeiro de abril de dois mil e vinte e quatro.

BANCA EXAMINADORA:

PROFESSOR ROBSON RIBEIRO LIMA
Orientador

PROFESSOR CARLOS MAGNO MUNIZ
Examinador

PROFESSOR CARLOS EDUARDO DA SILVA ARAÚJO
Examinador

COORDENADOR DO CURSO DE ENGENHARIA DE MINAS:

PROFESSOR MARINÉSIO PINHEIRO DE LIMA



Emitido em 09/05/2024

ATA Nº ATA TCC Filipe Machado/2024 - DEPEMIN (11.65.54)
(Nº do Documento: 465)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 09/05/2024 15:32)
CARLOS EDUARDO DA SILVA ARAUJO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DEPEMIN (11.65.54)
Matrícula: ###317#4

(Assinado digitalmente em 09/05/2024 12:55)
CARLOS MAGNO MUNIZ E SILVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DEPEMIN (11.65.54)
Matrícula: ###102#0

(Assinado digitalmente em 09/05/2024 10:40)
MARINESIO PINHEIRO DE LIMA
COORDENADOR - TITULAR
CGEMIN (11.65.35)
Matrícula: ###129#4

(Assinado digitalmente em 09/05/2024 11:51)
ROBSON RIBEIRO LIMA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DEPEMIN (11.65.54)
Matrícula: ###490#9

Visualize o documento original em <http://sipac.ufpe.br/documentos/> informando seu número: **465**, ano: **2024**, tipo:
ATA, data de emissão: **09/05/2024** e o código de verificação: **828dd8694f**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida. Aos meus pais, Leide e Gilson, meu irmão Danilo, aos meus familiares e amigos por sempre me apoiarem durante todo o curso, principalmente no ano de 2020.

Gostaria de agradecer a todos que conheci e fiz amizade na Polimix Agregados pela oportunidade dada para realizar este trabalho acadêmico.

A todos os professores do departamento de Engenharia de Minas, em especial ao professor Robson Lima pelo apoio e dedicação para a conclusão deste trabalho de conclusão de curso.

A UFPE por toda estrutura de apoio e oportunidade que tive de me desenvolver como cidadão.

RESUMO

A atividade econômica de exploração de agregados tem um papel fundamental para o desenvolvimento econômico e infraestrutural em todas as sociedades no mundo. No entanto, o desenvolvimento urbano quando desordenado acaba por comprometer as atividades em pedreiras devido à proximidade da população. Para os centros urbanos, a etapa de desmonte é o principal fator gerador de conflitos. O uso de explosivos em pedreiras produz três fontes principais de danos; a vibração do solo, pressão acústica e o ultralanzamento. A poeira gerada pelos processos de beneficiamento é outro ponto que causa problemas com comunidades que circunvizinham a pedreira, pois em dias secos ela pode ser carregada pelo vento e chegar até as habitações próximas. O tráfego de caminhões que expedem o material acabado gera fonte de ruído onde durante o expediente de trabalho as pessoas que moram no entorno das vias de acesso ficam expostas a estas fontes. Ao longo do tempo vários países buscam desenvolver normativas para estabelecer critérios de ordenamento relacionados aos efeitos da atividade de mineração. O trabalho permitiu observar e discutir a necessidade de ampliação das normas brasileiras quanto à temática e caracterizar de maneira infraestrutural e geográficas das residências municipais, pois é um fator a ser considerado na gestão municipal afim de evitar que habitações sejam construídas próximas a áreas com atividades de mineração.

Palavras-chave: Raio de segurança. Detonação. Velocidade de partícula. Poeira. Ruído. Mineração.

ABSTRACT

The economic activity of aggregates exploitation plays a fundamental role in economic and infrastructural development in all societies in the world. However, urban development, when disordered, ends up compromising activities in quarries due to the proximity of the population. For urban centers, the dismantling stage is the main factor generating conflicts. The use of explosives in quarries produces three main sources of damage; ground vibration, acoustic pressure and ultralaunch. The dust generated by the processing processes is another point that causes problems with communities surrounding the quarry, as on dry days it can be carried by the wind and reach nearby homes. The traffic of trucks that ship the finished material generates a source of noise where, during working hours, people who live around the access roads are exposed to these sources. Over time, several countries seek to develop regulations to establish planning criteria related to the effects of mining activities. The work allowed us to observe and discuss the need to expand Brazilian standards on the subject and characterize the infrastructure and geography of municipal residences, as it is a factor to be considered in municipal management in order to prevent housing from being built close to areas with agricultural activities. mining.

Keywords: Security radius. Detonation. Particle speed. Dust. Noise. Mining.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVOS.....	10
1.1 Objetivo geral.....	10
1.2 Objetivos específicos.....	10
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
3.1 Desmontes com o uso de explosivos.....	10
3.1.1 Vibração, velocidade de partícula e frequência.....	12
3.1.2 Ruído e pressão acústica.....	16
3.1.3 Ultralançamento.....	17
3.2 Poeira.....	18
3.3 Tráfego de caminhões.....	19
4 METODOLOGIA.....	21
4.1 Medições da detonação.....	21
4.2 Medições da poeira.....	23
4.3 Medições do ruído.....	24
5 RESULTADOS OBTIDOS.....	26
6 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Durante a pré-história, o período neolítico, conhecido como o processo de sedentarização de grupos nômades, que transformou o curso da espécie humana, esteve estreitamente associado aos avanços derivados da idade da pedra, (COPPE & COSTA, 2009). Desde então, atividades de extração mineral, como pedreiras, exercem papel importante na construção das sociedades humanas a partir de sua influência direta no desenvolvimento econômico e infraestrutural.

Dentre os benefícios do setor de extração de rochas destaca-se bons índices de empregabilidade e aumento do desenvolvimento urbano no contorno. Em termos de extração mineral, pedreiras possuem alto custo-benefício devido ao baixo despendimento operacional em relação ao produto final. Características gerais de pedreiras incluem grandes volumes produzidos, beneficiamento simples, baixo preço unitário e necessidade de proximidade da fonte de produção com o mercado consumidor (TONSO, 1994).

No entanto, a ausência ou descumprimento de planos diretores municipais e processos de urbanização desordenados geram intensos conflitos territoriais locais (DJORDJEVIC, 1997; SANCHEZ, 1987). Prejuízos às pedreiras próximas envolvem redução em sua produtividade por restrições impostas à execução correta de planos de lavra pré-estabelecidos, onde por vezes requerem mesmo a finalização das atividades de mineração, (MUNARETTI *et al.*, 2006a, 2006b).

Danos à saúde da população instalada próximas à área da jazida compreendem disfunções pulmonares como a silicose (GABAS, 2008), doença desenvolvida a partir da exposição constante a poeira de sílica e que facilita aos enfermos a contração de comorbidades como a tuberculose, (BARBOZA *et al.*, 2008). Submeter-se a altos níveis de pressão sonora em decorrência da etapa de detonação em pedreiras é causa da perda irreversível de funções auditivas, (SCHRAGE, 2005).

A poluição sonora provocada pelo tráfego de veículos causa uma degradação na qualidade do meio ambiente e se apresenta como um dos problemas ambientais mais frequentes nas grandes cidades. Estudos mostram os malefícios que a exposição ao ruído pode trazer ao ser humano, interferindo diretamente na saúde psicológica e fisiológica. Na escala urbana é uma das principais causas de desvalorização de residências localizadas em zonas centrais, podendo modificar até mesmo a organização da cidade, interferindo na sua distribuição e no seu crescimento (MARCELO, 2006).

Visto que as problemáticas envolvidas nas atividades de funcionamento de pedreiras em regiões urbanas este trabalho propõe um modelo de zoneamento de segurança. Além disto, o cunho teórico desta pesquisa e a necessidade de investigações das hipóteses elaboradas incentiva o empenho da comunidade acadêmica sob este tema tão relevante para o desenvolvimento de planos diretores de municípios aptos às atividades de mineração.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho desenvolvido é de realizar uma avaliação de raios de segurança no que diz respeito as atividades de mineração ocorridas numa pedreira localizada no município de Jaboatão dos Guararapes-PE em relação às ocupações próximas de forma que essas atividades ocorram sem causar qualquer impacto em habitações feitas fora destes limites.

2.2 Objetivos específicos

Os impactos avaliados para o desenvolvimento deste trabalho foram o desmonte com o uso de explosivos que é uma atividade corriqueira em lavra de pedreiras, geração de poeira devido ao funcionamento da indústria de britagem e o ruído causado pelo tráfego de caminhões para expedição do material acabado.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção será abordada uma revisão bibliográfica das questões pontuados no objetivo do trabalho.

3.1 Desmontes com o uso de explosivos

Pedreiras explotam rochas com diversas propriedades relacionadas à composição, dureza, porosidade, falhas, dobras, diaclases, xistosidade e comportamento. De acordo com Coppe & Costa (2009), “segundo a ANEPAC, a participação dos tipos de rochas utilizadas na produção de brita é a seguinte: (i) granito e gnaisse – 85%; (ii) calcário e dolomito – 10%; (iii) e basalto e diabásio – 5%.”.

A variabilidade nas propriedades mineralógicas produz diferentes cenários quanto ao desmonte por explosivos. Morais & Gripp (2004) discutem alguns modelos computacionais que se propõem a realizar projeções quanto à fragmentação das rochas; destacando que a irregularidade quanto às características de cada rocha dificulta a

padronização de apenas um plano de fogo, requerendo das pedreiras um mapeamento detalhado das frentes de lavra, de forma a compreender o comportamento da rocha.

Em um ensaio realizado por Correia (op.cit), cinco amostras de mesmas dimensões para diferentes rochas graníticas foram submetidas a um furo vazante cada, onde foram colocados em sequência um cordão detonante e uma carga explosiva, de forma idêntica. Apesar de todas as rochas serem graníticas a diferença dos resultados pode ser evidenciada na Imagem 01.

Imagem 1. Visualização das amostras após ensaios com explosivos.



Fonte: Correia, 2011.

Desta forma, a variação nas rochas implica ainda na elaboração da malha da detonação, nos tipos e quantidades de explosivos necessários para a fragmentação desejada. Sabendo que os custos mais altos do processo de desmonte em uma mineração são de perfuração e fragmentação secundária, destaca-se a importância financeira para a empresa de que a detonação seja feita de maneira correta, bem como para as comunidades vizinhas, evitando com isso uma necessidade de uma detonação secundária, (CORREIA, op.cit.).

Durante a etapa de detonação, é necessário que parâmetros adotados como indicadores de segurança em torno da mina sejam analisados para possíveis riscos. Uma vez que a área de mineração tenha sido completamente analisada, a investigação da bancada requer atenção particular, com projeções multidirecionais quanto à emissão de fatores de impacto.

É ainda imprescindível, a correlação dos dados obtidos com a meteorologia local, principalmente para variações em umidade do ar, períodos de inversão térmica e saturação de água no solo, pois estes produzem mudanças significativas nos parâmetros analisados.

3.1.1 Vibração, velocidade de partícula e frequência

A vibração é, sem dúvida, o efeito que causa maiores danos nas operações do desmonte de rocha com explosivos. Apesar do ruído produzido pela detonação ser o efeito mais perceptível pelo ser humano, é a vibração que rege a forma de efetuá-lo. A redução desta forma de impacto torna-se uma necessidade imperativa. Todavia, preocupação com tais impactos é acentuada quando existem habitações nas proximidades que possam ser afetadas por ocasião do funcionamento de atividades de detonação. Os primeiros estudos associando velocidade de partícula ao desmonte de rochas em pedreiras foram realizados por Calder & Bauer (1971), buscando correlacionar a eficiência de fragmentação após a aplicação de tensão em um talude. A energia dissipada dissocia-se em ondas mecânicas de acordo com propriedades da rocha (BARROS, *op.cit.*).

Estas ondas, descritas por Crosby (1998), reduzem a capacidade ou força de fragmentação em relação ao aumento de distância da fonte. Quando a rocha não sofre quebras, a energia apresenta-se em forma de vibração de partícula, (LIMA, 2001). O quadro 02 elaborado por Jimeno et al. (1995) identifica as principais variáveis passíveis ou não de controle pelo empreendimento de mineração em relação a vibração de partícula.

Além disto, efeitos da velocidade partícula também estão associados à frequência da mesma, definido por Holmberg (2000) como “o número de oscilações da vibração de partículas do solo por segundo, quando o tremor derivado das detonações atravessa estruturas residenciais”. A intensidade de impacto de casas e edifícios quanto à frequência depende ainda de três variáveis, (i) massa, (ii) altura e (iii) rigidez. Aquelas menores e mais rígidas são menos resistentes em relação a valores mais altos.

A detonação para ocorrer sem que haja problemas em qualquer habitação nos entornos da área de operação de pedreiras deve estar em conformidade com os limites estabelecidos pela norma técnica nacional vigente ABNT NBR 9653/2018 onde relaciona as velocidades de vibração de partícula de pico com as devidas faixas de frequência, de acordo com a tabela 1. A velocidade de partícula de pico é definida como o máximo valor instantâneo de velocidade de uma partícula em um ponto durante um determinado

intervalo de tempo, considerado como sendo o maior valor dentre os valores de pico das componentes de velocidade de vibração de partícula para o mesmo intervalo de tempo.

A velocidade de vibração de partícula resultante de pico (VR) é o máximo valor obtido pela soma vetorial das três componentes ortogonais simultâneas de velocidade de vibração de partícula, considerado ao longo de um determinado intervalo de tempo. Ou seja:

$$VR = \sqrt{(VL)^2 + (VT)^2 + (VV)^2} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

VR = Velocidade resultante de vibração de partícula, em mm/s;

VL = Velocidade de vibração, na direção longitudinal, em mm/s;

VT = Velocidade de vibração, na direção transversal, em mm/s;

VV = Velocidade de vibração, na direção vertical, em mm/s.

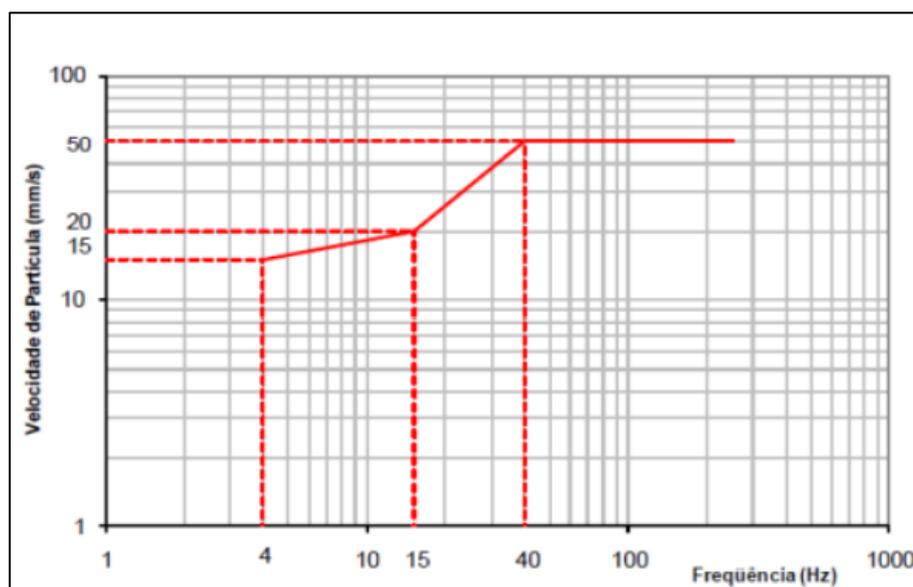
A norma também estabelece que não devem ocorrer, de forma alguma, ultralanchamentos de fragmentos e sobrepressões atmosféricas excessivas.

Tabela 1. Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência.

Faixa de Frequência	Limite de Velocidade de vibração de partícula de pico
4 Hz a 15 Hz	Iniciando em 15 mm/s aumenta linearmente até 20 mm/s
15 Hz a 40 Hz	Acima de 20 mm/s aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s
NOTA - Para valores de frequência abaixo de 4 Hz deve ser utilizado como limite o critério de deslocamento de partícula de pico de no máximo 0,6 mm (de zero a pico)	

Fonte: ABNT (2018).

Figura 1. Representação gráfica dos limites de velocidade de vibração de partícula de pico.



Fonte: ABNT (2018).

Utilizando a técnica de *isoseismal maps*, a empresa *Geosonics Inc.*, fabricante de sismógrafos, desenvolveu um sistema com alto nível de detalhamento utilizando cerca de cem sismógrafos. Em única detonação gerou-se um mapa iso-velocidades para vibração de partículas em torno da mina. Desta maneira, analisou-se possíveis danos causados em estruturas localizadas a centenas de metros do ponto de detonação assim como mapeado por Reil (1998) na Figura 2 (CANEDO, 2013).

Figura 2. Mapa de iso-velocidades para propagação de vibração de partícula.



Fonte: Reil, 1998.

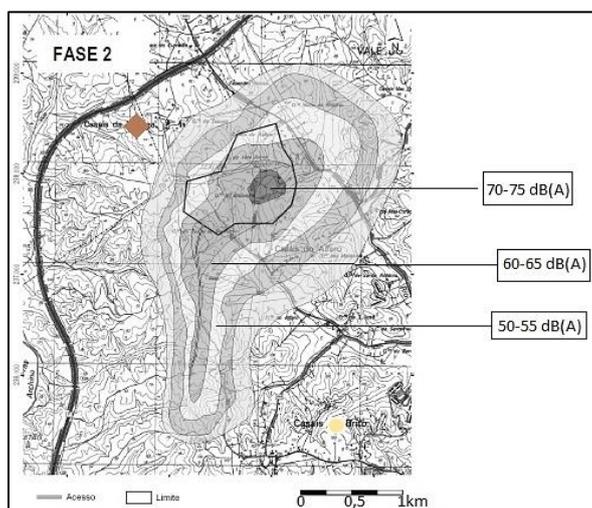
Segundo Duvall & Fogelson (1962), quando a velocidade de vibração de partículas a partir da detonação da carga explosiva é superior a 190 mm/s, os efeitos às construções civis são negativos, representados pela queda de reboco ou rachaduras. Todavia, velocidades maiores que 140 mm/s já são significativamente nocivas, causando danos como trincas no reboco e aberturas de rachaduras preexistentes.

3.1.2 Ruído e pressão acústica

Nas atividades de pedreiras, as fontes geradoras de ruídos estão identificadas com as detonações primárias e secundárias, as sirenes sinalizadoras de horário de fogo, o tráfego de veículos, o funcionamento das oficinas mecânicas, e as máquinas operatrizes. Os efeitos dos estímulos acústicos sobre as pessoas variam de acordo com a distância, a natureza do som, a ocasião, o estado fisiológico e psicológico e a atividade desenvolvida.

O ruído derivado das atividades de detonação em uma pedreira pode ser decomposto em quatro tipos de pressões principais Fontanelli et al. (2015), caracterizados em (i) pulso de pressão do ar, causado pelo desprendimento de fragmentos de rochas da face do talude; neste fenômeno, a intensidade de ruído será inversamente proporcional à profundidade do explosivo. Embora possua alta amplitude, sua frequência é reduzida, por isto não causa tantos danos à saúde humana. O (ii) pulso de pressão da rocha possui baixa amplitude e é o mais veloz, normalmente é irrelevante nas análises. Em terceiro é descrito o (iii) pulso de liberação de gases originado no momento da decomposição do explosivo, responsável pela fragmentação da rocha. Por último, o (iv) pulso de liberação de tampão, derivado do escape de gás. O pulso de liberação de gases soma-se ao pulso de liberação de tampão, possui elevada frequência de onda, sobrepondo-se ao pulso de pressão de ar e causando danos à população. A norma ABNT NBR-9653 estabelece que o nível de sobrepressão atmosférica, medido além da área de operação, não devendo ultrapassar o valor de 134 dB/pico.

Figura 2. Mapas de ruído para diversas fases da exploração de uma pedreira ou mina a céu aberto. Os pontos marcados no mapa identificam municípios próximos.



Fonte: ADAPTADO DE FERREIRA & GUERREIRO (2011).

Monitoramentos são importantes, pois durante a detonação, a exposição ao pico de pressão sonora pode causar graves complicações auditivas. A projeção das ondas sonoras dependerá de fatores físicos como, a (i) distância, (ii) umidade do ar e (iii) temperatura, prejudicial em horários de inversão térmica pela ampliação dos impactos sonoros da detonação. O quadro 03 elaborado por Jimeno et al. (op.cit.), identifica as principais variáveis passíveis ou não de controle pelo empreendimento de mineração, relacionadas à pressão acústica.

As medições de pressão sonora devem ser feitas segundo a norma NBR 10151 (ABNT, 2019), onde são necessários um medidor de pressão sonora e um calibrador, ambos com certificado de calibração da Rede Brasileira de Calibração (RBC) ou do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), renovado no mínimo a cada dois anos. O calibrador deve ser utilizado imediatamente antes e após cada medição, caso seja necessário, ajustes no medidor de pressão sonora devem ser efetuados.

3.1.3 Ultralancamento

Ultralancamento é a inesperada projeção de fragmentos de rocha a grandes distâncias. As principais causas responsáveis podem ser atribuídas à geologia, irregularidades no tamponamento, sequência de detonação de lançamento, material graúdo depositado sobre da bancada de forma a serem arremessados e cargas excessivas. Desta forma, o ultralancamento é um dos principais fatores para a geração de conflitos socioambientais, como destacado em estudo de caso no município de Pocinhos, no Agreste Paraibano, (PATRÍCIO *et al.*, 2013). Além disso, os tipos de explosivos, distribuição, posição dos furos, tamponamento e os tempos de retardos são outras variáveis que precisam ser avaliadas. (JIMENO *et al.*, op.cit.).

3.2 Poeira

A poluição do ar por partículas pode provocar alterações no sistema respiratório das pessoas que estejam suficientemente próximas a áreas de minerações com atividade de detonações, britagem e tráfego intenso de caminhões. O grau de intensidade será determinado pelo tamanho e natureza das partículas, quantidade inalada e tempo de exposição. Estas alterações podem ser permanentes ou temporárias, dependendo dos fatores acima expostos, além da susceptibilidade individual (RODRIGUES, 2004).

De acordo com a MSHA – Mine Safety & Health Administration, pó são sólidos diminutos, dispersas no ar onde podem permanecer no seu estado original sem sofrer qualquer mudança física ou química. Uma característica importante dessas partículas é a rápida sedimentação, fazendo com que as consequências ambientais estejam restritas geralmente ao ambiente de trabalho e as regiões próximas ao empreendimento mineiro.

Quanto a análise da qualidade do ar a Resolução CONAMA nº03 de 1990 define dois tipos de padrões de qualidade do ar, sendo eles: (i) Padrões Primários - concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população; e (ii) Padrões Secundários - concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

São estabelecidos os seguintes padrões de qualidade do ar segundo o Art. 3º desta Resolução:

a) Padrão Primário

1 - Concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - Concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - Concentração média geométrica anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - Concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

Imagem 2. Poeira proveniente das atividades de britagem.



Fonte: AUTOR (2022).

3.3 Tráfego de caminhões

O ruído causado pelo tráfego de caminhões nas cidades é desproporcional ao gerado pelos automóveis, se levado em conta a quantidade de veículos de cada tipo. Isso se deve, em grande parte, às características de combustão por compressão do motor diesel, que gera mais ruído do que o motor com ignição por vela. Importante destacar que o tamanho dos motores que equipam os veículos pesados, e as características dos demais componentes dos caminhões, como o turbo, também contribuem para um ruído mais intenso.

Em baixa velocidade, até cerca de 45 km/h, predomina o ruído do conjunto motor – transmissão – escapamento. Em geral, esse tipo de ruído é mais crítico quando o caminhão está parado e é acelerado para ganhar movimento. À medida que ocorre o aumento na velocidade, o ruído de rolagem dos pneus ganha rapidamente importância e passa a ser a fonte predominante de ruído, em geral a partir dos 60 km/h. No caso de empreendimentos mineiros os caminhões têm o papel de transportar o material acabado até os clientes. As diversas viagens expedidas fazem com que o movimento na entrada e saída da empresa sejam intensos.

De acordo com a NR-15 o ruído causado pelo tráfego de caminhões seria enquadrado como intermitente, pois possui variações maiores que 5 dB e picos de energia acústica de duração maior a 1 segundo, a intervalos superiores a 1 segundo.

Apesar desta norma tratar de problemas causados ao trabalhador em local de trabalho pode ser feita uma analogia para habitações próximas a entrada e saída da pedreira devido ao tráfego de caminhões que expedem o material acabado durante os horários de funcionamento que compreende das 6h às 17h de segunda a sexta-feira e 6h às 11:30 aos sábados.

Imagem 3. Caminhões usados para expedir o material acabado.



Fonte: AUTOR (2022).

4 METODOLOGIA

Para a elaboração do método de pesquisa foram coletadas informações dos níveis de vibração do terreno e respectivas frequências, bem como a pressão acústica (sobrepresão atmosférica/sopro de ar) referente a uma detonação realizada na pedreira, análise da qualidade do ar por medições nas concentrações de material particulado (Partículas Totais em Suspensão) e geração de ruído na entrada e saída da pedreira com uso de um aplicativo de smartphone.

4.1 Medições da detonação

Os registros de dados referente a detonação foram feitos com uso de um (1) sismógrafo de engenharia fabricado pela empresa GeoSonics Inc. modelo SSU3000EZ+. A localização da medição foi na frente de lavra denominada Rocha 2 a uma distância de 636 m da bancada, próximo a uma habitação no limite da propriedade da pedreira.

Imagem 4. Pontos de medições da detonação e localização da bancada detonada.



Fonte: GOOGLE EARTH (2021).

Os parâmetros medidos foram:

- Velocidade de vibração de partícula de pico em mm/s;
- Frequência de vibração em Hz;
- Nível de pressão acústica/sobrepresão atmosférica em dB.

Imagem 5. Estação sismográfica em local de medição.



Fonte: MONITORA (2022).

4.2 Medições da poeira

Foram feitas coletas de dados com o uso de um amostrador de grandes volumes que mede a concentração das partículas totais em suspensão no ar ambiente em $\mu\text{g}/\text{cm}^3$.

Imagem 6. Pontos de medição da poeira e da unidade de britagem.



Fonte: GOOGLE EARTH (2021).

O equipamento foi devidamente instalado em local de medição, aspira uma certa quantidade de ar ambiente através do filtro, dentro de um abrigo coberto, durante um determinado tempo. O local de monitoramento onde o equipamento foi instalado estava a uma distância de 768 m da unidade de britagem próximo a uma habitação no limite da propriedade da pedreira, onde permaneceu 24h.

Imagem 7. Localização do equipamento de monitoramento das partículas totais em suspensão.

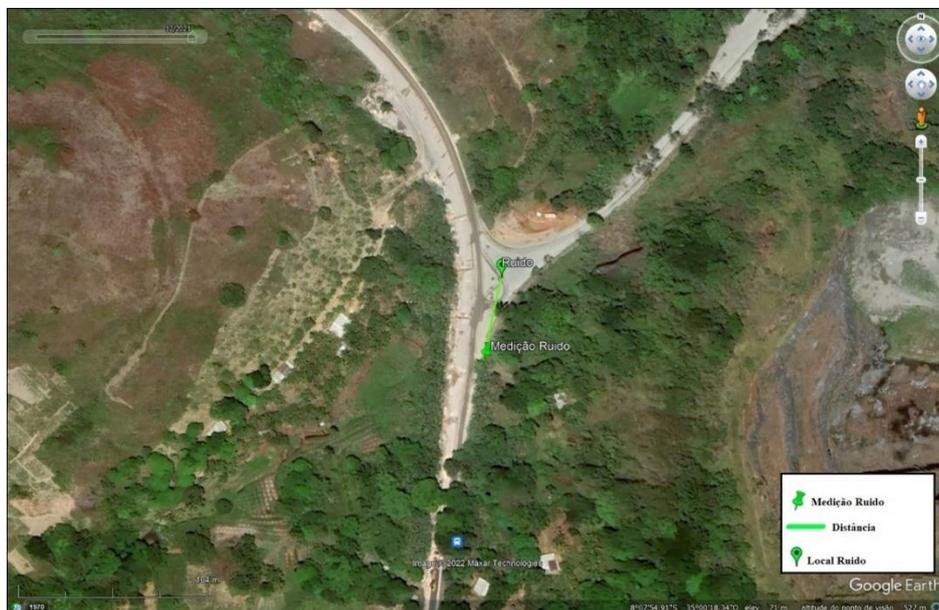


Fonte: ECOSAFETY (2019).

4.3 Medições do ruído

As medições do ruído foram obtidas através do aplicativo de smartphone Decibelímetro, desenvolvido pela empresa GWI JU JO. A cada milissegundo são feitas 4 medições de ruído em dB através dos canais de áudio do smartphone. A coleta de dados durou 30 segundos, a qual foi possível obter um gráfico com 12.000 leituras de ruído.

Imagem 8. Ponto de medições do ruído referente ao local de manobra dos caminhões.



Fonte: GOOGLE EARTH (2021).

A localização da coleta de dados foi próxima à entrada e saída da pedreira onde os caminhões manobram a uma distância de 50 m, não muito distante da entrada da habitação a qual foi feita a coleta de medições da detonação.

Imagem 9. Pátio de entrada e saída onde os caminhões manobram.

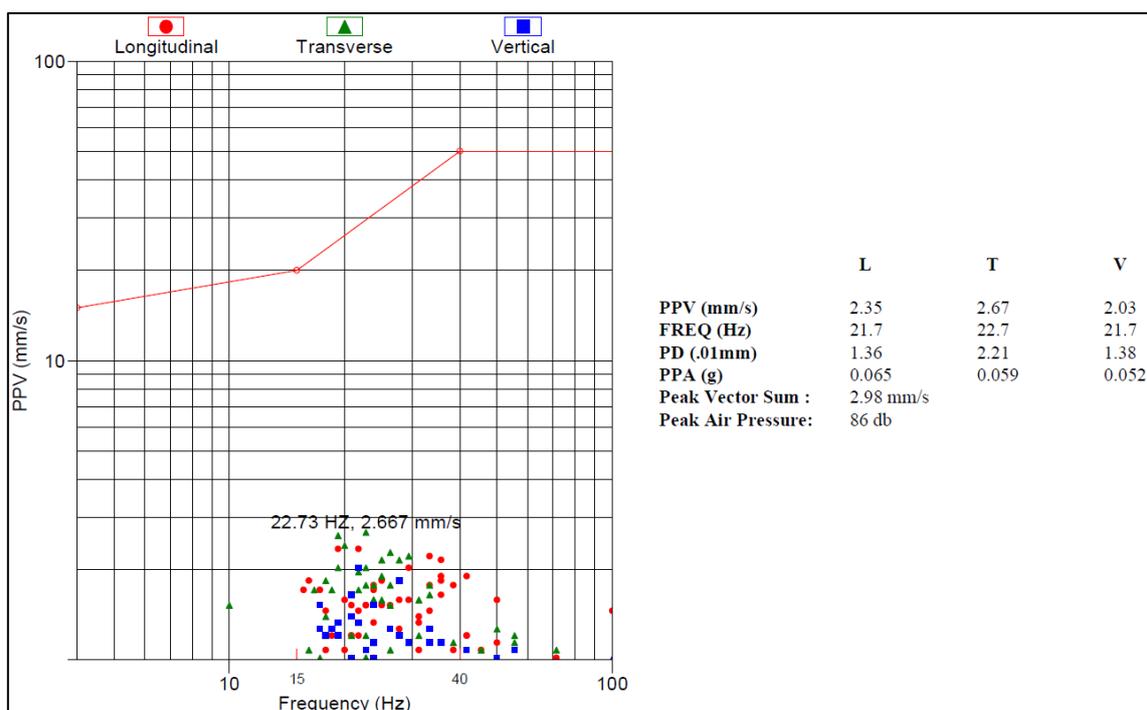


Fonte: AUTOR (2022).

5 RESULTADOS OBTIDOS

Referente a detonação, de acordo com a Figura 3 os resultados dos níveis de vibrações registrados das três componentes de velocidades de partículas de pico (Longitudinal •, Transversal ▲ e Vertical ▣), as respectivas frequências e o nível de pressão acústica foi possível considerar que apresentaram níveis abaixo do limite estabelecido pela norma ABNT NBR 9653/2018 (linha desenhada em vermelho no gráfico).

Figura 3. Medições das velocidades das partículas de pico, frequências e nível de pressão acústica.



Fonte: MONITORA (2022).

A partir da distância da medição da detonação foi delimitado o raio de segurança com comprimento de 636 m, como mostra a Imagem 10.

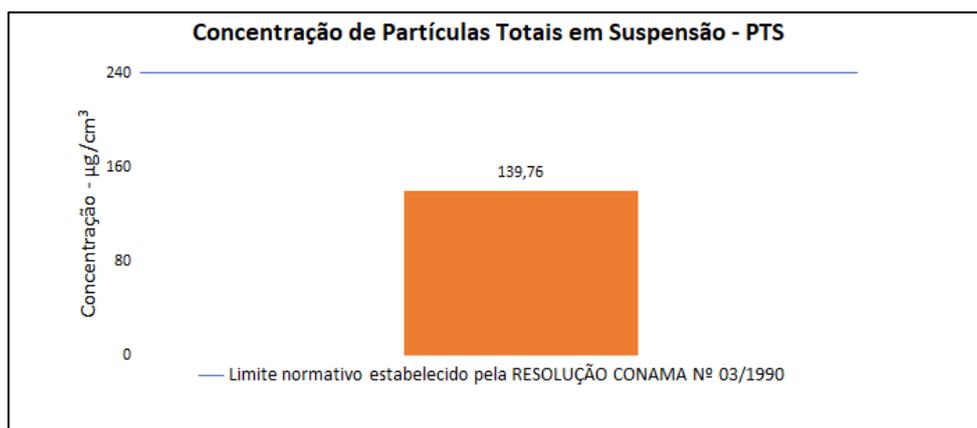
Imagem 10. Raio de segurança com relação as medições de velocidades de partículas de pico, frequências e pressão acústica da detonação.



Fonte: GOOGLE EARTH (2022).

Para a poeira, conforme a medição realizada o valor da concentração de partículas totais em suspensão encontra-se abaixo do limite determinado pela RESOLUÇÃO CONAMA N° 03/1990, como mostra na Figura 4. As atividades de britagem quando mais intensas podem chegar a influenciar no valor da medição, o que não foi o caso da análise.

Figura 4. Medição da concentração de partículas totais em suspensão – PTS.



Fonte: ECOSAFETY (2019).

Da unidade de britagem até o ponto da medição foi delimitado o raio de segurança com medida de 768 m, como mostra a Imagem 11.

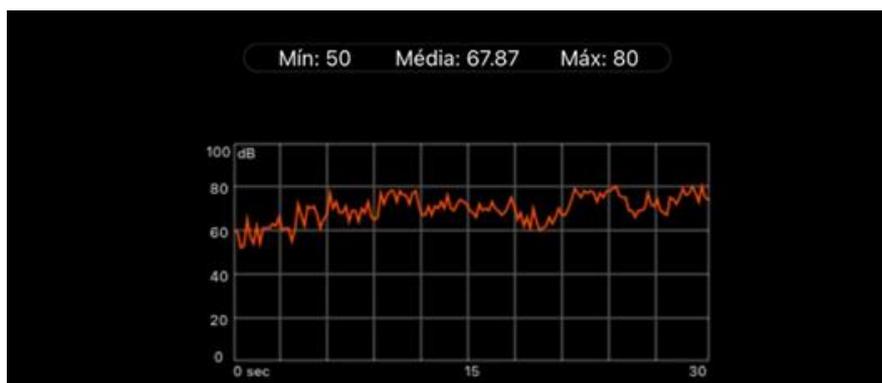
Imagem 11. Raio de segurança conforme medição da concentração de partículas totais em suspensão – PTS.



Fonte. GOOGLE EARTH (2022).

Já para o ruído as medições feitas próximo ao pátio de entrada e saída de caminhões obtiveram valor máximo de 80 dB, mínimo de 50 dB e médio de 67,87 dB. Se comparado com a NR-15, as intensidades de ruído estão dentro dos padrões de segurança, segundo a Figura 5.

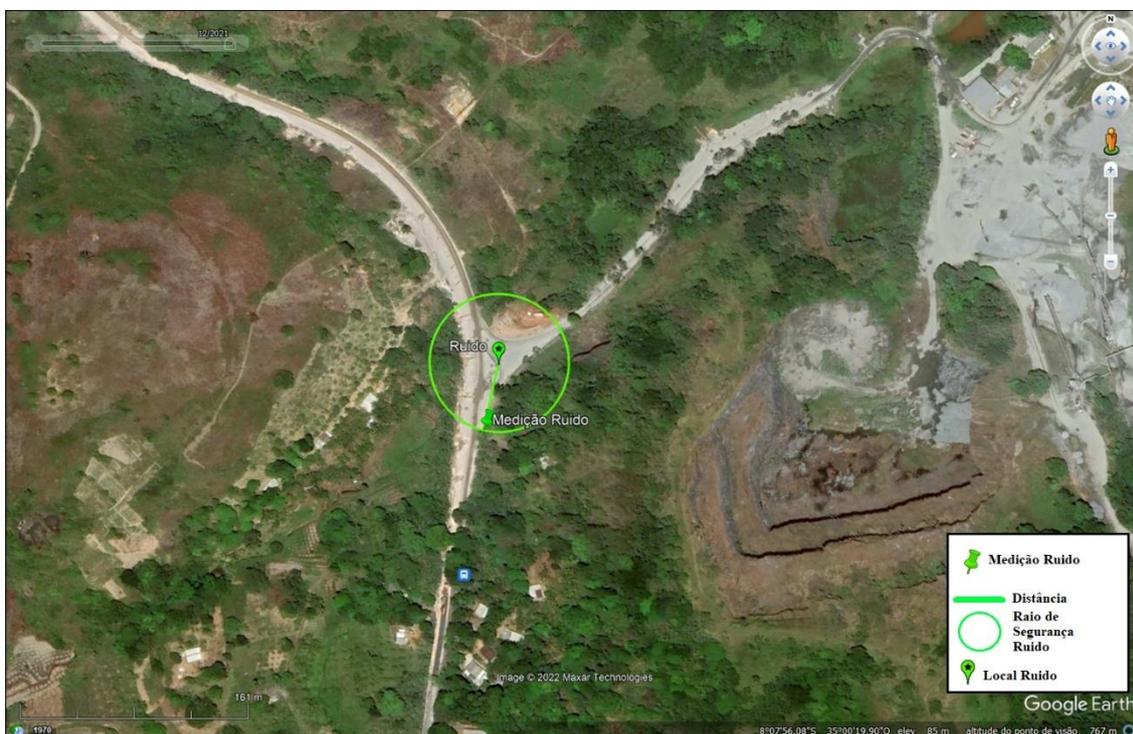
Figura 5. Medições feitas através do aplicativo Decibelímetro.



Fonte: Aplicativo de Smartphone Decibelímetro (2022).

Diante da medição foi delimitado o raio de segurança com medida de 50 m ao ponto de manobra onde os caminhões transitam, conforme a Imagem 12.

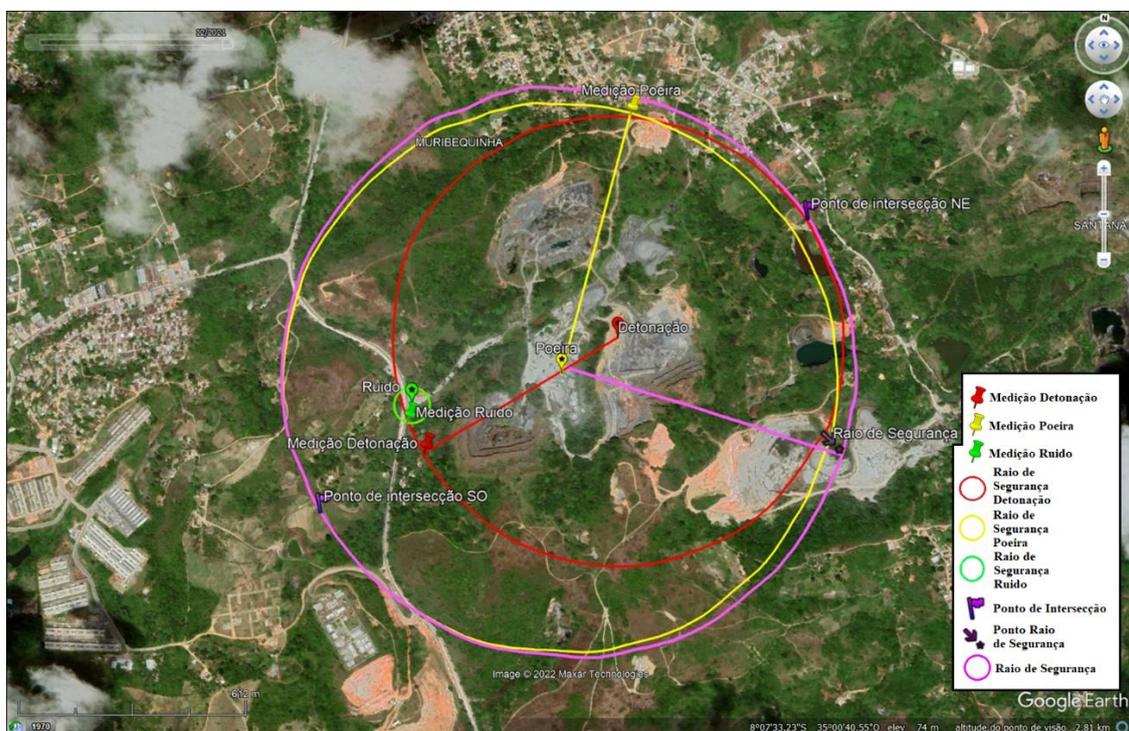
Imagem 12. Raio de segurança conforme medição dos níveis de ruído causa pelo tráfego de caminhões pelo pátio de entrada e saída da pedreira.



Fonte: GOOGLE EARTH (2021).

Por fim, o raio que compreende todas as medidas das distâncias de medições relativo à detonação monitorada, poeira da análise de partículas totais em suspensão e ruído devido a entrada e saída dos caminhões tem comprimento de 800 m medido a partir do diâmetro gerado pelo ponto de intersecção entre o raio da detonação da direção Nordeste e do raio da poeira na direção Sudoeste.

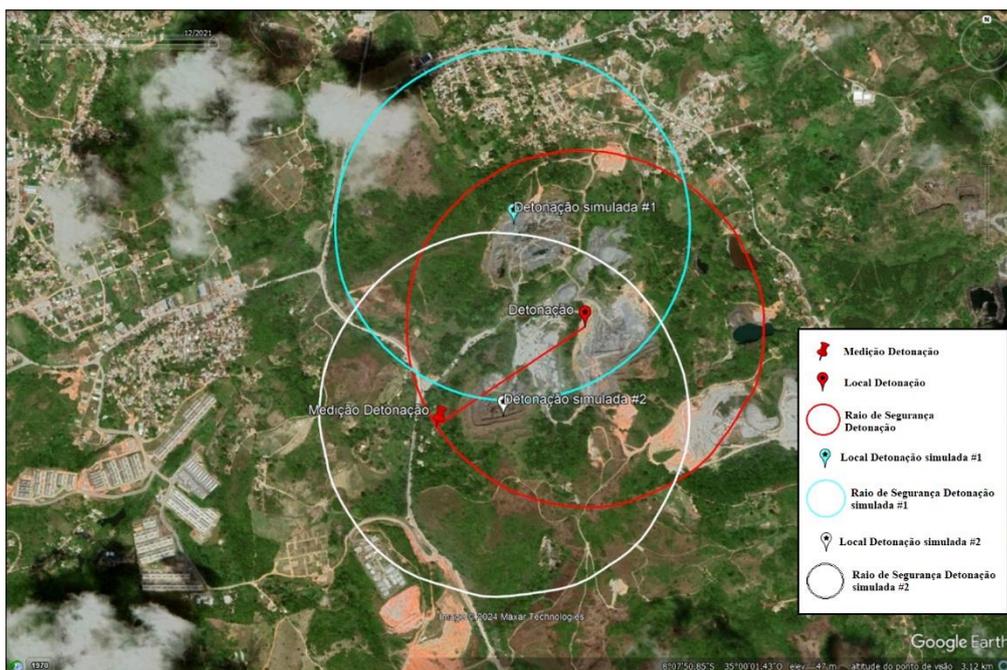
Imagem 13. Raio de segurança com relação a detonação, poeira e ruído.



Fonte: GOOGLE EARTH (2021).

É possível realizar uma simulação de detonações realizadas nas demais frentes de lavra da pedreira afim de obter um raio de segurança que abranja uma área maior. Os raios de segurança seriam de mesmo comprimento do que foi obtido na frente de lavra Rocha 2 pois as componentes de velocidades de partículas de pico, frequências e o nível de pressão acústica estão abaixo do limite estabelecido pela norma ABNT NBR 9653/2018, conforme mostra a Imagem 14.

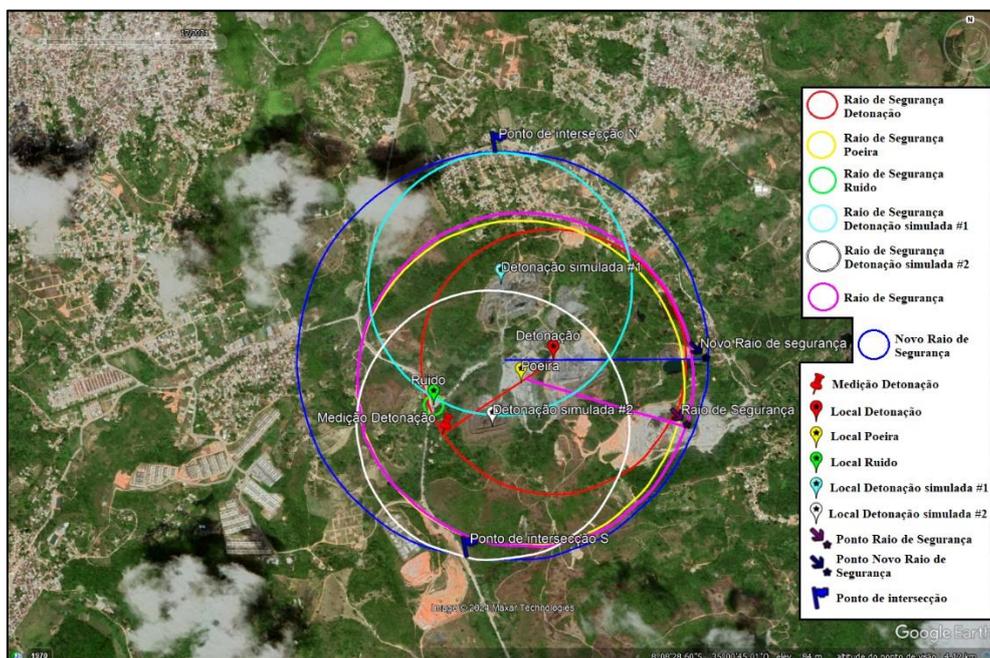
Imagem 14. Raios de segurança das detonações simuladas e detonação medida.



Fonte: GOOGLE EARTH (2024).

Sendo assim o novo raio de segurança possui medida de 961 m, maior em 161 m em comparação ao raio anterior e medido a partir dos pontos de intersecção sul e norte em relação aos raios simulados #1 e #2. Nota-se também que a influência da poeira e ruído não foram significantes para a determinação deste novo raio.

Imagem 15. Novo raio de segurança (em azul) em comparação aos demais.



Fonte: GOOGLE EARTH (2024).

6 CONCLUSÃO

Diante dos dados obtidos em campo com relação à detonação os valores de velocidade de partícula de pico e frequência de vibração não oferecem riscos à comunidade e integridade física de estruturas que se localizam próximo ao empreendimento pelo fato de estarem bem abaixo do limite permitido pela NRM 9635/2018.

No que diz respeito a poeira causada pelas atividades de britagem os dados obtidos determinam que não geram problemas que levem a comprometer a saúde dos moradores que residem próximo ao empreendimento. O resultado dessa análise atua como fator determinante em favor da pedreira caso haja algum impasse junto as pessoas que residem próximo ao empreendimento.

No caso do ruído gerado pelo fluxo de veículos que transportam o material vendável o resultado do experimento demonstra que não acarreta prejuízo à população no entorno do acesso de entrada e saída da pedreira, apesar do tráfego constante de caminhões nessa região. Também foi possível observar que para a determinação do raio de segurança o ruído não contribuiu significativamente pelo fato de estar agindo apenas na área de entrada e saída da pedreira.

Em geral, as diretrizes a serem consideradas em um plano diretor para que o desenvolvimento das atividades minerárias ocorra sem prejuízos devem levar em consideração pelo menos os três pontos abordados neste trabalho, pois com o avanço desordenado das habitações no entorno da pedreira a vida útil do empreendimento é afetada de forma negativa, onde provocará implicações nas etapas de lavra, beneficiamento, comercialização, geração de emprego e renda a nível local.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. **Teoria Musical: Lições essenciais**. IRMÃOS VITALE: São Paulo, 2004.
 NBR 9653. **Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas**. Norma de Procedimento. São Paulo, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9653 – Guia para Avaliação dos Efeitos Provocados pelo Uso de Explosivos nas Minerações em Áreas Urbanas**. Rio de Janeiro: ABNT, BACCI, Denise; LANDIM, Paulo; ESTON, Sérgio; IRAMINA, Wilson. Principais normas e recomendações existentes para o controle de vibrações provocadas pelo uso de explosivos em áreas urbanas – Parte II. **REM: R. Esc. Minas**, [S. l.], p. 8, 15 abr. 2003.

BARBOZA, C. E.; WINTER, D. H. Tuberculosis and silicosis: epidemiology, diagnosis and chemoprophylaxis. **Bras Pneumol**. v. 34, n. 11, pp. 961-968, 2008.

BARROS, M.L.S.C. **Modelo de Aferição da Velocidade de Partículas através de Parâmetro Energético**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005, 153p.

BELLO, Jose; CATAI, Rodrigo; MAKISHIMA, Jose; ROMANO, Cezar. ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RUÍDO NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS. **XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Bento Gonçalves, RS, Brasil, ano 2012, p. 1-11, 12 out. 2012.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Atividade e operações insalubres. NR 15. Disponível em:
<http://www.jorgemacedo.com.br/CONTEUDO/LEGISLACOES/1978.06.08%20AMIANTO%20NR%2015%20%20PORTARIA%20MINISTERIAL%20%203214.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2017.

BURLE, ARTHUR. **Proposta inicial de zoneamento em áreas metropolitanas próximas a pedreiras**. 2017. 33 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, RECIFE, 2017.

BRUM, ANTÔNIO; VENEROSO, EDUARDO; MELLO, EDUARDO; COSTA, ROSIANE. **Perícia técnica para a verificação da influência de vibrações provenientes de desmontes com explosivos em manifestações patológicas em edificações próximas**. 2021. 40 f. TRABALHO DE PERÍCIA (PERÍCIA TÉCNICA) - XXI COBREAP- CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - IBAPE/GO, [S. l.], 2021.

CALDER, P. N., BAUER, A. The Influence and Evaluation of Blasting on Stability. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STABILITY IN OPEN PIT MINING, 1, 1971., Vancouver, B. C., **Canadá. Proceedings**. Vancouver, 1971. p. 83-94.

CANEDO, R.G. **Mapa de iso-velocidades: uma ferramenta para o controle das vibrações nas pedreiras**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi: 10.11606/T.3.2013.tde-08072014-121202. Acesso em: 11 mai. 2017.

CAVALCANTI, Rosemary. **RELATÓRIO DE QUALIDADE DO AR MATERIAL PARTICULADO: Partículas Totais em Suspensão – PTS. ECOSAFETY SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE**. Jaboatão dos Guararapes/PE, p. 13, 15 jun. 2019.

CAVALCANTI, V.M.M.; FREIRE, G.S.S. A possibilidade de utilização de areias marinhas como agregado na construção civil na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. **Gravel**, n. 5, p. 11-24. Porto Alegre, 2007.

COPPE, C.J.; COSTA, L.C.F. **Operações de lavra em Pedreiras**. In: Manual de agregados para construção civil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. 228p.

CORREIA, R.M.S. **Influência das propriedades petrofísicas na fragmentação de rochas graníticas por detonação com explosivos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra. Coimbra, 2011.

CROSBY, W. A. **International Blasting, Drilling and Explosives Technology Course**. MREL: Ouro Preto, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Anuário Mineral Brasileiro 2010**. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 2010. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

DJORDJEVIC, N. Minimizing the environmental impact of blast vibrations. **Mining Engineering**, p. 57-61, 1997.

DUVALL, W.I., FOGELSON, D.E. Review of criteria for estimating damage to residences from blasting vibration. **BuMines RI 5968**, 19p. 1962.

DRUMOND, Renata. **Avaliação da concentração de material particulado próximo aos processos de extração e beneficiamento de calcário**. 2017. 6 f. Artigo Científico (Graduação em Engenharia de Minas) - Instituto Federal do Espírito Santo, [S. l.], 15/06/2017.

FERNANDES, J.C. **Acústica e Ruídos – Apostila**. UNESP: Bauru, 2002.

FERREIRA, N.; GUERREIRO, H. O Ruído e a indústria extrativa. **Boletim de Minas**, v. 45, n. 1, p. 4-17. 2011. Disponível em: <<http://www.dgeg.pt/wwwbase/wwwinclude/ficheiro.aspx?tipo=1&id=4508>>. Acesso em: 17 mai. 2017.

FONTANELLI, G.; SOUZA, L.E.; ABICHEQUER, L.A.; NETO, R.O.; GONÇALVES, I.G. Diagnóstico e modelos de previsão de níveis de ruído e vibração em desmonte de rochas com explosivos. **Revista Monografias Ambientais**. Santa Maria, v. 14, Ed. Especial Unipampa. 2015, p. 43-61.

GABAS, G. C. C. **Análise crítica dos critérios de seleção de respiradores para particulados em ambientes de mineração**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas), Universidade de São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008. 124p.

GIRARDI, G.; SELLITO, M.A. Medição e reconhecimento do risco físico ruído em uma empresa da indústria moveleira da serra gaúcha. **Estudos Tecnológicos**, v. 7, n. 1, p. 12-23, 2011. Disponível em: <

http://revistas.unisinos.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/view/4510/1733>.

Acessado em: 17 mai. 2017. doi: 10.4013/ete.2011.71.02.

GRANDJEAN, E. **Fitting the task to the man - an ergonomic approach**. TAYLOR & FRANCIS: Londres, 1982. 379p.

GRUENZNER, G. **Avaliação da poeira de sílica: um estudo de caso em uma Pedreira na região metropolitana de São Paulo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas), Universidade de São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 93p.

GUIMARÃES, L.G. **Análise dos níveis de pressão Sonora nos locais de maior incidência de ruído na cidade de Santa Maria, RS**. 2005. Monografia (Especialização em Educação Ambiental), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005. 61p.

HOLMBERG, R. **Explosives and Blasting Technique**. A.A. BALKEMA: Munich, Germany, 2000.

IRAMINA, W. S. **O mapa de iso-velocidades como ferramenta de controle ambiental**. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. 223p.

JIMENO, C. L.; JIMENO, E. L.; CARCEDO, F. J. A. **Drilling and blasting of rocks**. Londres: Taylor & Francis, 1995.

LIMA, G.A.C. Análise dos impactos das vibrações geradas por desmontes em taludes das minerações: estudo de caso da Mina de Timpobepa em Ouro Preto (MG). **Rev. Geografia**, v. 10, n. 2, 2001.

LIMA, Raphael. **Afinal, o que é ruído ocupacional conforme a NR-15?**. [S. l.], 20 dez. 2020. Disponível em: <https://realizartepalestras.com.br/afinal-o-que-e-ruído-ocupacional-conforme-a-nr-15/>. Acesso em: 19 dez. 2022.

MINISTÉRIO DO AMBIENTE. **Decreto lei N.º 9/2007 - Regulamento Geral do Ruído**. Lisboa, 2007. Disponível em: <http://www.psp.pt/Legislacao/DecLei_9-2007.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. **Atividades e operações insalubres (115.000-6): NR-15**. Disponível:

<<http://www.mtb.gov.br/segurancaesaudef/legislacao/normas/conteudo/nr15/default.asp>> Acesso em 16 mai. 2017.

MONITORAMENTO de vibração e ruído. [S. l.], 25 jul. 2016. Disponível em: <https://www.altaresolucao.com.br/vibracaoeruido.php#:~:text=Norma%20Brasileira%20NBR%209653%3A2005,-Define%20valores%20m%C3%A1ximos&text=No%20caso%20de%20vibra%C3%A7%C3%A3o%20no,40%20Hz%20e%20acima%20deste>. Acesso em: 19 dez. 2022.

MORAIS, J.L.; GRIPP, M.F.A. Fundamentos para simulação dos desmontes de explosivos. **Revista Escola de Minas**, v. 57, n. 4, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672004000400005>. Acesso em: 16 mai. 2017.

MUNARETTI, E.; KOPPE, J.C.; SCHNACK, P. & COSTA, J.F.C.L. Estudo da atenuação de onda sísmica para construção de depósito de resíduos industriais na Pedreira Expopedras. **RS. IBRAM**, 2006b.

MUSSON, R. How to map an earthquake. **Mapping News**, n. 35, pp. 24-25, Edinburgh, 2009.

NETO, Rútilo. **Dianóstico ambiental sobre material particulado em suspensão no entorno de pedreira: um estudo de caso em jaboatão do guararapes/pe**. 2012. 119 f. NÓBREGA, Pétrus; BARBOSA, Claudius. Avaliação das Vibrações em Edificações Provocadas por Explosivos nas Atividades de Mineração. **59º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO**, Bento Gonçalves, RS, Brasil, p. 1-13, 3 nov. 2017. Tese de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mineral) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Recife, 2012.

OLIVEIRA, G. V. **Análise comparativa entre o sistema construtivo em *light steel framing* e o sistema construtivo tradicionalmente empregado no nordeste do Brasil aplicados na construção de casas populares.** Monografia (Graduação). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2012.

PALMA, D. C. **Quando o ruído atinge a audição.** Trabalho de conclusão de curso. Centro de especialização em Fonoaudiologia Clínica. Porto Alegre, 1999. 48p.

PATRÍCIO, M.C.M.; SILVA, V.M.A.; RIBEIRO, V.H.A., 2013. Conflitos socioambientais: estudo de caso em uma pedreira na Paraíba. **Polêmica (Online) 12.** Disponível: <<http://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/8021/5817>>. Acesso: 19 mai. 2017.

Pedreira na região metropolitana de São Paulo. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas), Universidade de São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 93p.

REIL, J.P. Why people complain about blasting. **Rock Products**, p. 40-46, 1998.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990 Publicada no DOU, de 22 de agosto de 1990, Seção 1, páginas 15937-15939.

RIGOLON, F J.Z. **A retomada do crescimento e o papel do BNDS.** Rio de Janeiro: BNDES, 1996.

RODRIGUES, Gilson. Um estudo da poeira respirável de basalto, na produção de brita, e sua influência para o sistema respiratório do trabalhador. **XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção**, [S. l.], p. 7, 4 nov. 2004.

ROTH, J. A. **Model for the determination of flyrock range as a function of shot conditions.** US Bureau of Mines. Los Altos: Cantis, 1979.

SANCHEZ, L.E. Incidência ambiental das vibrações. **Brasil Mineral**. v. 38, p.52-61, 1987.

SCHRAGE, M. W. **Mapa de ruído como ferramenta de diagnóstico do conforto acústico da comunidade**. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005. 101p.

SILVA, Carlos. RELATÓRIO TÉCNICO-SISMOGRÁFICO: Monitoramento Sismográfico das Operações da Pedreira POLIMIX (União Brasileira de Mineração Ltda), município de Jaboatão dos Guararapes/PE.. **Monitora (medições ambientais sismográficas e particulados)**, Recife/PE, p. 8, 5 out. 2022.

SILVA, Jardel. **Controle de material particulado nos acessos de mina a céu aberto**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, [S. l.], 2010.

SZWARC, Alfred. Ruído de caminhão, e eu com isso?. **Associação Brasileira para a Qualidade Acústica.**, [S. l.], p. 1, 11 fev. 2017.

VASCONCELOS, Wagner. Qualidade do Ar & Soluções Ambientais. [S. l.], 23 ago. 2018. Disponível em: [https://excelenciaambiental.com.br/amostragem-de-particulas-de-solidos-suspensos-pts/#:~:text=O%20amostrador%20de%20grande%20volume,até%2050µm%20\(diâmetro%20aerodinâmico\)](https://excelenciaambiental.com.br/amostragem-de-particulas-de-solidos-suspensos-pts/#:~:text=O%20amostrador%20de%20grande%20volume,até%2050µm%20(diâmetro%20aerodinâmico).). Acesso em: 19 dez. 2022.