

**FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA**

**JÉSSICA CRISTINA PIRES LOPES**

**LEIZIANE DE ARAÚJO MARTINS**

**AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO DESMONTE DE ROCHAS COM  
EXPLOSIVOS EM EDIFICAÇÕES VIZINHAS AO BRITADOR SÃO GERALDO EM  
CARATINGA-MG**

**CARATINGA**

**2017**

**JÉSSICA CRISTINA PIRES LOPES**  
**LEIZIANE DE ARAÚJO MARTINS**  
**FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA**

**AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO DESMONTE DE ROCHAS COM  
EXPLOSIVOS EM EDIFICAÇÕES VIZINHAS AO BRITADOR SÃO GERALDO EM  
CARATINGA-MG**


Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Patologias.

Orientador: José Salvador Alves, com especialização em estruturas.

**CARATINGA**

**2017**

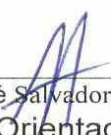
	FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA	FORMULÁRIO 9
	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TERMO DE APROVAÇÃO		

### TERMO DE APROVAÇÃO

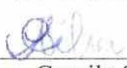
O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Avaliação de impacto do desmonte de rochas com explosivos em edificações vizinhas ao Britador São Geraldo em Caratinga-MG, elaborado pelo(s) aluno(s) Leiziane de Araújo Martins e Jéssica Cristina Pires Lopes foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

### BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 5 de Dezembro de 2017

  
\_\_\_\_\_  
José Salvador  
Prof. Orientador

  
\_\_\_\_\_  
José Nelson  
Prof. Avaliador 1

  
\_\_\_\_\_  
Camila Silva  
Prof. Examinador 2

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

As nossas famílias por toda a dedicação e paciência contribuindo diretamente para que pudéssemos ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos.

Agradecemos ao Britador São Geraldo por ter nos dado suporte para a realização desse trabalho, afinal, sem os mesmos esse trabalho não existiria.

Agradecemos ao nosso professor Gabriel por toda ajuda e palavras de incentivo fundamentais para motivar nossa caminhada. Agradecemos em especial, ao nosso orientador, José Salvador, pela paciência, dedicação e ensinamentos que possibilitaram que nós realizássemos este trabalho a quem somos extremamente gratas.

Enfim agradecemos a todos pelo incentivo, pela força e principalmente pelo carinho.

Valeu a pena, todo sofrimento, todas as renúncias... Valeu a pena esperar... Hoje estamos colhendo, juntos, os frutos do nosso empenho!

## RESUMO

O emprego de explosivos para extração de rochas é, sem dúvidas, o método mais econômico e eficiente na mineração. No entanto, sabe-se que com a realização dessa importante atividade, gera-se muitos impactos ao entorno. Os impactos de vibração e ruído são efeitos diretos da atividade e causam perturbações para os moradores vizinhos. O objetivo deste trabalho é obter informações sobre os níveis de vibrações e ruídos gerados pelos explosivos de desmonte de rochas, causados pelo Britador São Geraldo em Caratinga-MG, avaliando os possíveis danos as estruturas vizinhas, em vista das normas reguladoras. Além disso, verificar os métodos construtivos e tipo de fundação das áreas afetadas através de pesquisas e informações fornecidas pelos moradores. Diante desses fatores, o presente trabalho consiste em identificar a causa das patologias em edificações próximas ao Britador São Geraldo. A metodologia empregada neste estudo de caso foi baseado em estudos práticos, viabilizando assim a identificação de 7 (sete) casas residenciais com patologias, elaborou-se um projeto da planta baixa de cada residência para demonstração da localização das patologias, mediu-se as mesmas com um paquímetro para identificar a espessura e a evolução das patologias após cada explosão do desmonte de rochas, realizou-se um monitoramento usando um sismógrafo no qual foi possível identificar a velocidade de vibração de partícula e sobrepressão acústica que chega até as áreas afetadas, analisou-se o resultado obtido e o comparou com os limites estabelecidos pela ABNT NBR 9653:2005, realizou-se também um estudo prévio dos sistemas construtivos das edificações e por fim realizou-se um ensaio SPT para identificação do solo no local. Analisando informações da sismografia, a sobrepressão acústica, obteve todos os valores abaixo de 134 dB, valor máximo permitido pela NBR 9653:2005, descartando a possibilidade desse fator ser causador dos demais danos. E analisando as vibrações, pode-se concluir com exceção de dois casos, que os valores respeitam as recomendações estabelecidas pela NBR, valor máximo de 15mm/s. Entretanto, o valor de 65,02 mm/s foi desconsiderado devido a um problema operacional que obrigou a mudança do método de posicionamento da linha de fogo, ou seja, o sentido ficou desfavorável para a região das residências analisadas e o valor de 16,51 mm/s foi pouco acima do valor estabelecido pela norma, sendo assim um resultado irrelevante. Além disso, comprovou-se que uma das construções, usou material inadequado para o método construtivo empregado, paredes autoportante, podendo ser a principal causa dos surgimentos de patologias em sua estrutura. Já as demais, utilizaram métodos construtivos convencionais e tradicionais, em estrutura de concreto armado com paredes de vedação de tijolos cerâmicos furados. Entretanto, faz-se necessário verificar a profundidade de assentamento das sapatas, se estão em um solo de resistência adequada, pois há possibilidade de estar acontecendo recalque diferenciais. Por fim, baseado nas informações da sismografia, não há possibilidade das patologias serem inicialmente causadas pelas vibrações e ruídos, entretanto, podem agravar patologias já existentes, contudo, não há como comprovar a existência das patologias nas construções anteriormente ao início das atividades de extração de rochas, devido a não existência de laudos de vistoria.

**Palavras-chave:** Monitoramento. Impacto. Extração. Fundação.

## ABSTRACT

The use of explosives for rock extraction is undoubtedly the most economical and efficient method in mining. However, it is known that with the accomplishment of this important activity, many impacts to the environment are generated. Vibration and noise impacts are direct effects of the activity and cause disruption to neighboring residents. The objective of this work is to obtain information about the vibration and noise levels generated by the rock-cutting explosives caused by the São Geraldo Crusher in Caratinga-MG, evaluating the possible damages to neighboring structures in view of regulatory standards. In addition, check the constructive methods and type of foundation of the affected areas through surveys and information provided by residents. Faced with these factors, the present work consists of identifying the cause of the pathologies in buildings near the Saint Geraldo Crusher. The methodology used in this case study was based on practical studies, thus enabling the identification of 7 (seven) residential homes with pathologies, a low floor plan of each residence was designed to demonstrate the location of the pathologies, the same were measured with a pachymeter to identify the thickness and the evolution of the pathologies after each blast of rock removal, a monitoring was carried out using a seismograph in which it was possible to identify the particle vibration velocity and acoustic overpressure that reaches the affected areas, analyzed the results obtained were compared and compared with the limits established by ABNT NBR 9653: 2005, a previous study of the construction systems of the buildings was carried out and finally an SPT test was carried out to identify the soil at the site. Analyzing seismic information, the acoustic overpressure obtained all values below 134 dB, maximum value allowed by NBR 9653: 2005, ruling out the possibility of this factor causing other damages. And analyzing the vibrations, it is possible to conclude with the exception of two cases, that the values comply with the recommendations established by the NBR, maximum value of 15mm / s. However, the value of 65.02 mm / s was disregarded due to an operational problem that forced the change of the method of positioning of the fire line, meaning the direction was unfavorable for the region of residences analyzed and the value of 16, 51 mm / s was slightly above the value established by the standard, thus being an irrelevant result. In addition, it was verified that one of the constructions, used material inappropriate for the constructive method employed, self-supporting walls, being the main cause of the emergence of pathologies in its structure. On the other hand, they used conventional and traditional constructional methods, in reinforced concrete structure with walls of sealed ceramic brick walls. However, it is necessary to check the depth of seating of the shoes, if they are in a soil of adequate resistance, because there is a possibility of occurring differential pressure. Finally, based on the information of seismography, there is no possibility of the pathologies being initially caused by the vibrations and noise, however, they can aggravate existing pathologies, however, there is no way to prove the existence of the pathologies in the constructions prior to the beginning of the extraction activities of rocks, due to non-existence of inspection reports.

**Keywords:** Monitoring. Impact. Extraction. Foundation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação da extração de brita no Brasil segundo ANEPAC....	17
Figura 2 – Importância da mineração. ....	19
Figura 3 – Impactos da extração .....	20
Figura 4 – Etapas para realização de desmonte de rochas.....	25
Figura 5– Lavra por bancada baixa. ....	27
Figura 6 – Lavra por bancada alta. ....	28
Figura 7 –Sapata isolada. ....	37
Figura 8 – Sapata corrida. ....	38
Figura 9 – Sapata associada. ....	39
Figura 10 – Espessura de anomalias.....	40
Figura 11 – Localização da área de estudo. ....	42
Figura 12 – Mapa de localização da área de estudo. ....	43
Figura 13 – Croqui de localização das áreas de estudo. ....	44
Figura 14 – Medição com paquímetro.....	45
Figura 15 – Goefone cravado utilizando gesso e microfone. ....	46
Figura 16 – Construção 05 com paredes autoportante.....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Classificação ANEPAC por estado.....	18
Tabela 2 Valores admitidos pela Norma Alemã DIN 4150 para danos em edifícios..	30
Tabela 3 Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas e frequência .....	31
Tabela 4 Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 01 .....	47
Tabela 5 Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 02 .....	48
Tabela 6 Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 03 .....	49
Tabela 7 Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 04 .....	50
Tabela 8 Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 05 .....	52
Tabela 9 Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 06 .....	53
Tabela 10 Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 07 ...	54
Tabela 11 Dados de medição sismográfica dos monitoramentos .....	58
Tabela 12 Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas e frequência .....	58



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Hz	Unidade de medida derivada de oscilações
VR	Velocidade Radial
VV	Velocidade Vertical
VT	Velocidade Transversal
NBR	Norma Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
SPT	Standard Penetration Test
PPV	Peack Particle Velocity
UTM	Universal Transversa de Mercator
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
M	Metro
mm	Milímetro

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Contextualização .....	13
1.2 Objetivos .....	14
1.1.1 Objetivo geral .....	14
1.1.1 Objetivo específicos.....	14
1.3 Organização do trabalho .....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>16</b>
2.1 Contexto histórico com aplicação de materiais explosivos para desmonte de rochas .....	16
2.2 Extração de pedra britada na região Sudeste do Brasil .....	17
2.3 Extração de rochas: importancia e impactos .....	18
2.3.1 Importancia da extração .....	19
2.3.1 Impactos na extração .....	20
2.3.1.1 Poeira .....	21
2.3.1.2Ultralançamento.....	21
2.3.1.3Sobrepessão atmosférica.....	22
2.3.1.4Ruído .....	22
2.3.1.5 Vibrações .....	23
2.4Plano de fogo .....	24
2.5Tipos de lavras .....	26
2.5.1 Lavra por matações .....	26
2.5.2 Lavra por maciços rochosos .....	26
2.5.2.1 Lavra por tombamento.....	27
2.5.2.1.1 Fatias verticais.....	27

2.5.2.1.1 Fatias horizontais.....	27
2.6Algumas normas aplicadas com o uso de explosivos para extração de rochas.....	29
2.6.1 Norma Alemã.....	29
2.6.2Norma Brasileira.....	30
2.6.3Norma Indiana.....	31
2.6.4Norma Australiana.....	32
2.7 Sismografia.....	32
2.8 Métodos construtivos.....	33
2.8.1 Edificações em concreto armado.....	33
2.8.1 Edificações em alvenaria estrutural.....	34
2.9 Investigação geotécnica preliminar.....	34
2.9.1 Sondagem a trado.....	34
2.9.1 Sondagem de simples reconhecimento a percussão-SPT.....	35
2.9.2Sondagem rotativas e mistas.....	35
2.10 Fundações.....	36
2.10.1 Fundações Superficiais.....	36
2.10.2Sapatas.....	36
2.10.2.1 Sapata isolada.....	37
2.10.2.2Sapata corrida.....	38
2.10.2.3Sapata associada.....	38
2.11 Principais causas dos problemas em fundações.....	39
2.12 Definições de anomalias.....	40
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>42</b>
3.1 Localização da área de estudo.....	42
3.2 Plano de fogo.....	44

3.3 Monitoramento do sismógrafo .....	45
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
4.1 Evolução das patologias .....	46
4.1.1 Patologias na estrutura 01 .....	47
4.1.2 Patologias na estrutura 02 .....	48
4.1.3 Patologias na estrutura 03 .....	49
4.1.4 Patologias na estrutura 04 .....	50
4.1.5 Patologias na estrutura 05 .....	51
4.1.6 Patologias na estrutura 06 .....	52
4.1.7 Patologias na estrutura 07 .....	53
4.2 Resultados do plano de fogo e monitoramento .....	54
4.2.1 Dados obtidos na primeira detonação de análise .....	54
4.2.2 Dados obtidos na segunda detonação de análise .....	55
4.2.3 Dados obtidos na terceira detonação de análise .....	55
4.2.4 Dados obtidos na quarta detonação de análise .....	56
4.2.5 Dados obtidos na quinta detonação de análise .....	57
4.3 Resultados dos monitoramentos comparados a NBR 9653:2005 .....	58
4.4 Estudo do solo .....	59
4.5 Sistemas construtivos das edificações .....	60
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>61</b>
5.1 Conclusão .....	61
5.2 Recomendações .....	62
<b>6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização

A pedra britada (ou brita) é uma importante matéria prima para a construção civil, pavimentação asfáltica, fabricação de pré-moldados, barramento, ferrovias e manutenção de estradas. Assim existe em diversos tamanhos, cabendo ao responsável pela obra decidir qual brita usar de acordo com a necessidade proposta, respeitando a ABNT NBR 7525:1993 (Materiais de pedra e agregados naturais).

Para realização da extração dessa importante matéria prima é imprescindível o uso de explosivos, no qual, possivelmente, pode-se colocar em risco a saúde dos trabalhadores expostos a esta atividade, a saúde da população em entorno e suas estruturas, além de possíveis danos ao meio ambiente.

Djordjevic (1990) afirma que o emprego de explosivos próximo as áreas urbanas pode gerar alguns efeitos consideráveis e indesejáveis, como: ruídos e vibrações. Esses efeitos causam desconforto e medo a população vizinha que sofre ainda com o dano material em suas construções.

Ademais, Persson (1994) afirma que a ação do explosivo que é considerado um agente que se decompõe em frações de segundo, gera um grande volume de poeira e ondas de choque, provocando a fragmentação das rochas. Desta sorte, é necessário entender que os principais impactos causados pelo desmonte de rocha com explosivos são a poeira, a geração de gases tóxicos, as vibrações no solo e a sobrepressão acústica.

Um ponto importante e incisivo para a prática de mineração próximas a áreas urbanas é a necessidade da utilização do sismógrafo, aparelho que visa medir a frequência das ondas sísmicas naturais ou ainda induzidas, gerando resultados que podem ser comparados com as exigências apontadas pela NBR: 9653 (ABNT, 2005). Esta, que impõe diretrizes e define valores máximos para sobrepressão acústica e vibrações, sem que possa prejudicar o entorno.

Geraldi (2011) estudou sobre uma lista de ocorrências de danos causados por detonações, que podem ser inerentes a vibrações e impactos produzidos pelos desmontes de rochas em edificações vizinhas. Dentre estes, os mais comuns são: trincas e fissuras no emboço de paredes próximas a marcos de portas e janelas, trincas em azulejos e pisos cerâmicos, queda de reboco de tetos e paredes e

infiltrações em lajes e paredes. No entanto, algumas dessas ocorrências podem ser provenientes da própria construção, um defeito já existente, que pode ser agravado pelas vibrações e pelos impactos provocados por detonações em áreas próximas.

Ainda, vale ressaltar, o tipo de fundação que foi adotada no local, pois quando construída sobre um solo instável e a fundação não for apropriada para as características do solo, poderá causar vários danos a estrutura. Os principais sinais de fundação mal executada são: janelas e portas fora do alinhamento, piso inclinado, surgimento de fissuras e rachaduras entre piso e parede.

Diante destes fatores, este trabalho busca identificar a causa das patologias em edificações próximas ao Britador São Geraldo em Caratinga-MG, levando em considerações os dados do plano de fogo utilizado pelas detonações e normas reguladoras, o tipo de fundação realizada no local e os métodos construtivos.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho é obter informações sobre os níveis de vibrações e ruídos geradas pelos explosivos de desmonte de rochas, causados pelo Britador São Geraldo, avaliando os possíveis danos as estruturas vizinhas, em vista das normas reguladoras. Além disso, verificar os métodos construtivos e tipo de fundação das áreas afetadas através de pesquisas e informações dos moradores.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Fazer visitas ao local afetado e coletar informações com os vizinhos das residências próximas a pedreira;
- Fazer acompanhamento da evolução das fissuras em cada residência, com auxílio de um paquímetro;
- Medir a vibração e o ruído gerado pelo impacto das detonações com o uso de um Sismógrafo;
- Analisar se os resultados obtidos em campo estão de acordo com a ABNT NBR 9653:2005;

- Avaliar os métodos construtivos das Residências;
- Analisar o solo da área das residências afetadas com os dados do ensaio SPT (Standard Penetration Test).

### **1.3 Organização do trabalho**

Este trabalho foi dividido em 6 (seis) capítulos, conforme descrito pelos itens a seguir:

- Capítulo 1: Contém a introdução, com a contextualização, o objetivo geral e específico e a organização do trabalho;
- Capítulo 2: Contém a revisão bibliográfica;
- Capítulo 3: Contém a metodologia;
- Capítulo 4: Contém os resultados;
- Capítulo 5: Contém as conclusões e recomendações;
- Capítulo 6: Referências bibliográficas.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Contexto histórico com aplicação de materiais explosivos para desmonte de rochas**

A mineração desde a origem da humanidade, vem sendo um insumo de grande importância para o desenvolvimento histórico das civilizações. Em virtude da tecnologia arcaica da época, os métodos de extração das rochas não eram diligentes, e os impactos consequentemente causados foram considerados por muito tempo irrelevantes quando comparados aos benefícios fornecidos.

As primeiras construções de agrupamentos civilizatórios encontravam-se localizadas a uma pequena distância de Igrejas, construídas com grandes blocos de pedras e madeiras extraídas das florestas manualmente e com muito trabalho. Assim sendo, uma atividade muito intensa, principalmente a atividade de grandes construções, tais como: templos religiosos e castelos.

Nos tempos remotos, a população era menos concentrada e dispersa em áreas rurais. Entretanto, com a revolução industrial muitos imigraram para os centros urbanos, ocorrendo o aumento dos perímetros urbanos. Com esse desenvolvimento, foi necessário buscar outros meios de extração para facilitar o trabalho penoso, do mesmo modo, Nobel iniciou extrações de rochas em 1842 (Nobel Foundation, 2009). Diante disso, a civilização passou a aderir ao uso de explosivos, facilitando o trabalho e agilizando o processo de extração.

Pussoli (2015) afirma que em meados dos anos 2000, surgiu os primeiros explosivos de bananas de dinamites (TNT), de forma convencionais, não acionadas por cordel detonante, tendo um baixo custo benefício e um elevado aproveitamento de produção na extração de rocha. Contudo, na época era irrelevante os impactos causados, tais como: vibração, ruído e ultra lançamentos. Ocasionalmente esses métodos geraram efeitos indesejáveis a população e ao meio ambiente, resultantes de alto valores de frequência de vibração e ruídos.

De certo, com o decorrer dos anos, buscou-se métodos de detonação de rocha junto aos fabricantes, alguns produtos que amenizassem o impacto causado pelo uso de explosivos. Visto que é uma atividade de grande relevância socioeconômica, geradora de emprego e elevados lucros, desta maneira procurou-se soluções para



que os impactos negativos fossem bem menores do que os positivos para a população.

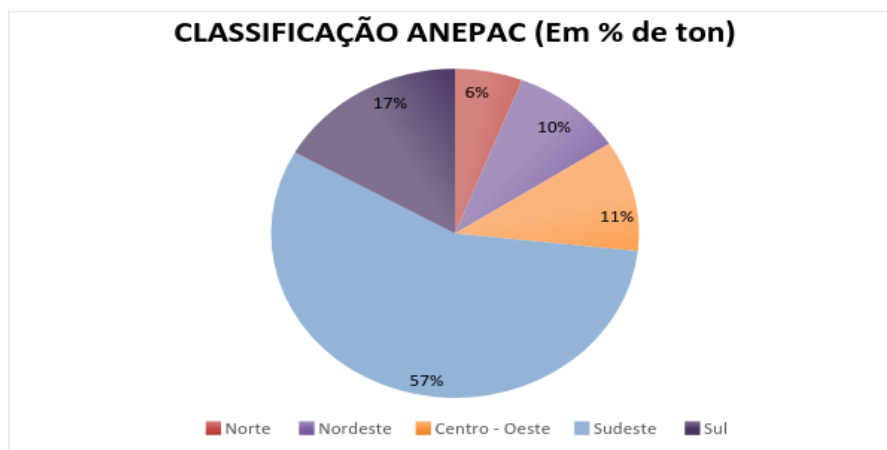
## 2.2 Extração de pedra britada na região Sudeste do Brasil

A pedra britada é uma essencial matéria prima para o desenvolvimento do nosso País, portanto a região Sudeste e Sul se destacam com a elevada produção desse importante insumo.

Conforme Roeser (2010) apud Pussoli (2015) o estado de Minas Gerais e São Paulo foram os primeiros a iniciar explorações de minério com os Bandeirantes no século XVII, sendo estes localizados na Região Sudeste do Brasil.

Como forma de avaliação às informações da produção mineral no Sudeste do país, foi examinada os registros minerais da CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais) e da ANEPAC (Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil). Após essa análise pode-se constatar que a Região Sudeste se encontra em primeiro lugar na classificação da extração de brita pela ANEPAC, de acordo com a figura 1.

**Figura1** Classificação da extração de Brita no Brasil segundo ANEPAC



Fonte: As autoras (2017) adaptado de ANEPAC

Além disso, pela classificação da ANEPAC por estado (tabela 1), pode-se verificar que os maiores produtores de brita se encontram no Estado de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Contudo, quanto maior o consumo de mineração, maiores serão os conflitos com populações ao entorno da mineração.

**Tabela 1** Classificação ANEPAC por estado

<b>ESTADO</b>	<b>QUANTIDADE (t)</b>
São Paulo	58,40
Minas Gerais	22,32
Rio de Janeiro	14,20
Santa Catarina	11,04
Rio Grande do Sul	9,88

Fonte: As autoras (2017) adaptado de ANEPAC

### **2.3 Extração de rochas: importância e impactos**

A extração mineral é reconhecida como uma atividade de grande participação no desenvolvimento socioeconômico de muitas nações do mundo, sendo um insumo necessário para o desenvolvimento em diversos setores produtivos.

Ademais, Ferreira (2013) assegura que não é plausível comandar projetos ou pratica social desenvolvida por seres humanos sem cogitar as degradações ambientais possíveis. Ou seja, se torna impossível pensar em mudanças sem que o meio ambiente também não pereça.

Pontes (2013) menciona que para a retirada de rochas ser de forma eficaz é necessário atentar-se a questões consideráveis, operar a energia dos explosivos, o esfacelamento desejado, proteção da bancada subseciva e da praça de lavra. Sabendo-se que ainda existem determinados critérios capazes de afetar nas diversas operações: destinação do material a ser aprimorado, peculiaridades do bloco rochoso, situação topo-geográfica e mão-de-obra qualificada. Após uma avaliação cautelosa desses critérios, é necessário determinar os investimentos de modo a realizar a execução da retirada de rochas.

### 2.3.1 Importância da extração

A extração sem dúvidas é a base para a formação produtiva para o desenvolvimento na área da construção Civil.

De acordo com Santos (2014) no que se trata de relevante importância na extração e aspecto socioeconômico, são: arrecadação de impostos (fortifica o setor público), criação de empregos, geração de matéria prima e circulação de riquezas relacionado ao comércio (figura 2).

**Figura 2** Importância da mineração



Fonte: As autoras(2017) adaptado de Santos (2014)

### 2.3.2 Impactos da extração

Os recursos minerais muito das vezes estão situados próximos a áreas urbanas. Por conseguinte, a extração demanda procedimentos causadores de impactos.

Segundo Santos (2014) a exploração gera um grande impacto ambiental, prejudica a saúde e a segurança dos trabalhadores, causam danos/destruição da fauna e flora, a qualificação dos recursos ambientais, transtornos à população vizinha e poluição atmosférica. Os principais causadores desses impactos são: Poeira, ultralanchamentos, sobrepressão atmosférica, vibrações e ruídos (figura 3).

**Figura 3** Impactos da extração



Fonte: As autoras(2017) adaptado de Santos (2014)

### 2.3.2.1 Poeira

A poeira é produzida durante a execução do desmonte de rochas, no decorrer da perfuração do maciço rochoso pela ação das ferramentas de corte.

Esse processo segundo Neto e Ferreira (2006) é associado ao uso do ar comprimido para a limpeza do furo, que através da detonação com a inclusão do material componente do tampão e dos fragmentos produzidos geram toda a poeira. Existem equipamentos de perfuração que são compostos de coletores de pó e da perfuração a úmido que são medidas de redução da poeira produzida, dispersando e minimizando os seus efeitos à população.

### 2.3.2.2 Ultralaçamento

Assim como a poeira o ultralaçamento faz parte de todo o processo, mas torna-se para isso necessário uma avaliação espaçada e detalhada para uma melhor compreensão.

Desta maneira podemos considerar como ultralaçamento o arremesso, com grandes velocidades, de fragmentos de rocha provenientes de uma detonação, excedendo a distância de lançamentos frontal prevista ou, principalmente, ocorrendo de forma anômala, sem uma direção definida.

Os ultralaçamentos sob a ótica de Geraldi (2011) podem ser originados pela própria geoestrutura dos maciços rochosos. Planos de diaclases ou de fraturas, planos de xistosidade atuantes, ou seja, é uma foliação característica de médio a alto grau de metamorfismo, na qual minerais tabulares ou alongados, de granularidade média-alta (visíveis a "olho nu", se alinham, segundo uma determinada direção, permitindo que a rocha fenda, segundo planos lisos a ligeiramente ondulados mais ou menos paralelos, zonas de falhas, diques e até um maior grau de fraturamento do maciço como um todo são condicionantes potenciais para a ocorrência de ultralaçamentos, mesmo em bancadas bem definidas. Entretanto, normalmente a origem destas ocorrências está na má aplicação dos principais parâmetros do plano de fogo, a partir da perfuração da rocha.

### 2.3.2.3 *Sobrepresão atmosférica*

A sobrepresão atmosférica também definida como parte de todo o processo e agora sob análise vem definida por toda propagação do ar.

Segundo Sanches (1995) apud Dallora Neto (2004) a sobrepresão é definida como sopro de ar, sendo a propagação de ondas pelo ar, ondas de choque provenientes da detonação de cargas explosivas.

De acordo ainda com os autores do parágrafo anterior, as principais fontes de sobrepresão em um desmonte de rochas com explosivos estão associadas a detonação de explosivos não confinados, deslocamento da fração do maciço rochoso sujeita ao desmonte e a mudança da direção das ondas sísmicas através da atmosfera.

### 2.3.2.4 *Ruído*

O ruído dentro de todo processo por muitos é considerado sob ótica geral como um som desagradável e indesejável. Podendo afetar o ser humano ao mesmo tempo nos planos físico, psicológico e social. Assim, os efeitos produzidos pela energia sonora vão desde uma ou mais alterações passageiras até graves danos irreversíveis.

O risco de lesão auditiva de acordo com Ferreira (2013) aumenta com o nível de pressão sonora e com o tempo de exposição. Os níveis de ruído extremamente altos podem causar perda grave da audição. As condições físicas englobam as características qualitativas do ruído, como: intensidade (nível de pressão sonora), o tipo (contínuo, intermitente ou de impacto), faixa de frequência, importando também a periodicidade, duração e distribuição ao longo do dia.

Segundo Geraldi (2011), O ruído ocasionado por uma detonação além de ser um alto incômodo, tem os pulsos de ar gerados que podem provocar pequenos danos, como fissuras em alvenarias, quebra de vidraças e queda de rebocos.

### 2.3.2.5 Vibrações

As vibrações podem gerar transtornos, impactos a população e as construções ao entorno da atividade do desmonte de rocha.

Thomson (1978) afirma que as vibrações são movimentos oscilatórios de corpos e às forças que lhes estão associadas.

Schiappa e Patrício (2001) definem que as vibrações podem se dividir em duas classes gerais: as livres e as forçadas. Vibração livre acontece quando um sistema oscila sob a ação de forças que lhe são inerentes e na ausência da ação de qualquer força externa. Neste caso o sistema pode vibrar com uma ou mais das suas frequências naturais, que são peculiares ao sistema dinâmico estabelecido pela distribuição de sua massa e rigidez. E a vibração forçada quando ocorre sob a excitação de forças externas. Por outra ótica analisa que quando a excitação é oscilatória, o sistema é obrigado a vibrar na frequência da excitação. Se essa frequência coincide com uma das frequências naturais do sistema forma-se um estado de ressonância, podendo resultar em amplas e perigosas oscilações.

De acordo com Dallora Neto (2004) os sistemas de vibração são todos sujeitos a um certo grau de amortecimento, em face da absorção de energia pelo atrito e outras resistências. O movimento oscilatório pode repetir-se regularmente ou apresentar irregularidade considerável, como em terremotos. Quando o movimento se repete a intervalos iguais de tempo é denominado movimento periódico. O tempo de repetição é denominado período da oscilação e sua recíproca é denominada frequência.

Para Schiappa e Patrício (2001) as vibrações são atenuadas através dos meios geométricos e pela dissipação presente durante o seu percurso.

Desde a origem até ao local de interesse as ondas (bi ou tridimensionais) atenuam-se fundamentalmente por dois mecanismos: o geométrico e o de dissipação. Componentes das ondas de frequências mais altas atenuam-se mais rapidamente (ou mais próximo da fonte), ondas mais rápidas (em materiais mais coerentes e rijos) propagam-se a maiores distâncias.

Segundo Dallora Neto (2004), as operações de desmonte de rocha geram vibrações no terreno e em alguns casos danos nas edificações, além de provocar desconforto ambiental à população pela sensação de vibração ou tremor das edificações, provenientes da oscilação ou lançamento de fragmentos.

## 2.4 Plano de fogo

Para execução de um desmonte de rochas eficiente e seguro é necessário conhecer os parâmetros do plano de fogo

Segundo Geraldi (2011) denomina-se plano de fogo, o projeto executivo para o desmonte de rocha com uso sistemático de explosivos, onde serão definidos e apresentados preliminarmente. Assim, o plano de perfuração deverá levar em consideração a qualificação e quantificação de explosivos; os esquemas de ligação e iniciação entre os furos que serão detonados.

Ricardo e Catalani (2007) afirmam que o plano de fogo considerado o mais adequado para um determinado trabalho de desmonte de rocha, dependerá, em primeiro lugar, do equipamento disponível para sua execução. Atendidas as limitações do equipamento, é possível mais de um plano de fogo. Opta-se pelo mais econômico, desde que seja eficiente, desmontando a rocha em blocos de dimensões compatíveis com a finalidade do desmonte. De nada adiantará um plano de fogo com baixo consumo de explosivos por metro cúbico e também necessidades mínimas de furação, uma vez que resulte em blocos com dimensões que não caibam no equipamento de carregamento, ou ainda que não possam penetrar na boca do britador primário.

As denotações próximas à obras civis, em áreas confinadas ou não, próximas ou dentro de áreas urbanas e industriais, requerem procedimentos de segurança mais rigorosos. Além de ajustes nos planos de fogo, com intuito de controlar e prevenir vibrações, é necessário adotar procedimentos rigorosos de segurança e utilizar artifícios e coberturas nas frentes a denotar. Este conjunto de procedimentos deve ser criteriosamente planejado e executado pela equipe técnica da obra de forma a atender as situações específicas de segurança para as escavações de rocha, ou seja, praticar o chamado desmonte cuidadoso.

Uma vez decapeado o setor da jazida a ser lavrado, é efetuada a perfuração primária da rocha, através de perfuratriz pneumática. A perfuração primária obedecerá ao plano de fogo definido, cujos parâmetros são apresentados. Cumpre ressaltar que tratam-se de parâmetros dinâmicos que variam de acordo com a frente de lavra, de maneira a proporcionar os menores valores possíveis de vibrações e sobrepressão atmosférica.



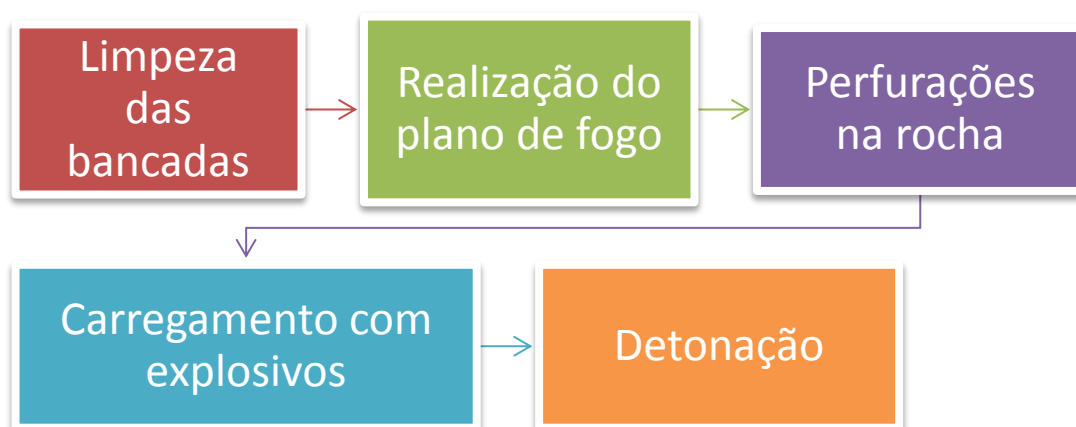
Ricardo e Catalani (2007) por meio dos valores do consumo de explosivos e dos metros de perfuração por metro cúbico de rocha, determina-se o custo da perfuração e detonação, sendo a soma de ambos um índice suficiente para se analisar a conveniência econômica do plano de fogo.

Após a perfuração primária os furos são carregados com explosivos e ligados por linha silenciosa, sendo utilizado retardos a cada dois furos. A iniciação do fogo será feita por estopim hidráulico.

Geraldi (2011) cita que os blocos de rocha gerados pelo desmonte primário, cujas dimensões ultrapassem a máxima suportada na alimentação do britador primário, sofrerão um desmonte secundário mecânico através de rompedores hidráulicos, evitando-se assim o uso de “fogacho”, operação onde os blocos são perfurados empregando-se marteletes, ocorrendo assim uma detonação subsequente, constituindo-se em fonte de sobre pressão atmosférica.

Desta forma, é importante notar que os principais ajustes para o plano de fogo a serem utilizados em um desmonte cuidadoso são a altura das bancadas: a limpeza das bancadas, realização do plano de fogo, perfurações na rocha, o carregamento com explosivos e por fim os iniciadores e retardos. A figura 4 mostra as etapas a serem realizadas em um desmonte de rochas.

**Figura 4** Etapas para realização de desmonte de rochas



## 2.5 Tipos de lavras

O tipo de lavra a céu aberto dependerá da localização da frente de retirada do material em relação ao tipo da formação do maciço.

Assim, segundo Menezes (2005), no caso de lavras a céu aberto, essas podem se classificar em três tipos: flancos de encosta, poço e fossa. De acordo ainda com o autor, o desmonte de rocha de maciços rochosos podem ser classificados em diversos métodos. Desta forma, desenvolve de maneira evidente, a escolha do método de lavra apropriado, que se dá em conformidade com o estudo da topografia e geologia local, assim sendo: as texturas, volume de material, tipo de petrografia existentes e características físicas.

Assim também Chiodi (1995), afirma que existem dois tipos principais de lavras no Brasil, se classificando em: lavras por matacões e lavra de maciços rochosos.

### 2.5.1 Lavras por matacões

As lavras por matacões uma vertente das lavras, apontam em sua superfície uma fragmentação do maciço rochoso subjacente e tem como forma arredondada.

Chiodi (1995) cita que lavras com matacões são de menor custo na produção, porém, há restrições quanto a qualidade e quantidade de suprimento, sendo que a maioria não se afloram. Além disso, causam muito impacto ao meio ambiente. Embora que para matacões de até 100 m<sup>3</sup> podem utilizar métodos de extrações manuais, mas para acima de 100 m<sup>3</sup> deverá utilizar explosivos.

### 2.5.2 Lavras de maciços rochosos

As lavras de maciços rochosos são de maior custo quando comparada a lavra de matacões, mas há suas vantagens também quando comparadas.

De acordo com Chiodi (1995) as lavras de maciços rochosos podem ser definidas de acordo com a inclinação topográfica do maciço. Para terrenos com superfície horizontal/sub-horizontal, com propriedades de área plana e de planalto elevados, a cava deverá ser do tipo fossa ou poço. Dessa forma, para terrenos com inclinações mais acentuada, deverá usar lavra por desabamento ou por tombamento.

### 2.5.2.1 Lavra por tombamento

A lavra por tombamento é mais utilizada para terrenos com menos fraturas e com maciços em relevos.

Conforme Chiodi (1995) o tombamento poderá ser por meio de fatias verticais ou horizontais, entretanto dependerá do relevo topográfico da encosta.

#### 2.5.2.1.1 Fatias verticais

Os métodos de fatias verticais são utilizados quando o relevo topográfico é muito inclinado.

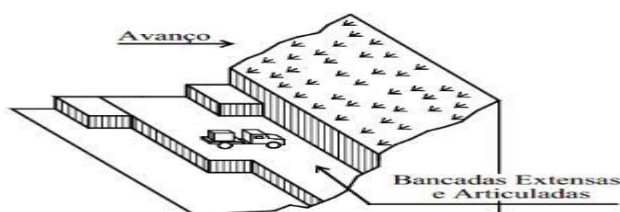
Segundo Chiodi (1995) quando o relevo é muito inclinado, utiliza-se o método de fatias verticais, admitindo o tombamento integral de única fatia individual e o tombamento fracionado de subníveis em cada fatia. Dessa forma, ambos demandam um qualificado manejo na escavação vertical, no qual poderá sofrer desvios.

#### 2.5.2.1.2 Fatias Horizontais

O método de fatias horizontais podem ser classificadas por bancadas altas, bancadas baixas e degraus. Conforme descrito por Chiodi (1995):

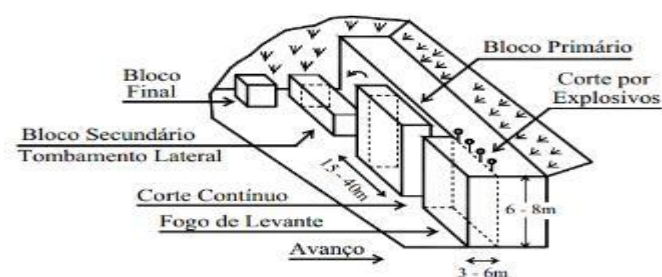
- Bancadas baixas –O material muitas das vezes deverá ser homogêneo, classificando a altura da bancada final com 3,0 m ou 1,5 m ou 1,8 m, onde é primordialmente recuperado do maciço. Tendo grande vantagem de avanço paralelo as fraturas permitindo melhor recuperação na lavra. É um método vantajoso em termos de segurança de trabalho, pois tem maior espaço para operações mecânicas. Os volumes de materiais não são elevados e os impactos são menores, decorrentes da recuperação da área simultaneamente ao progresso da lavra (figura 5).

**Figura 5** Lavra por bancada baixa



- Bancadas altas - É muito usado para maciços rochosos heterogêneos. Na forma de bancadas altas desenvolve os blocos primários, secundários e terciários, com diferentes técnicas de corte. Geralmente o primeiro bloco tem altura de 6 m a 8 m e 15 m a 40 m de largura. Nas faces traseiras e nos apoios são utilizados explosivos e nas laterais utiliza fios jato d'água ou chama. Os blocos do segundo plano são tombados através de cunhas mecânicas (figura 6). Portanto esse método gera muitos impactos se aplicado de forma inadequada.

**Figura 6** Lavra por bancada alta



Fonte: Carneiro; D'Clay, Décio, Elton, Emerald e Yamara (2015)

- Degrau único – apropriado em baixos relevos. Tem preparativos simples através de uma praça e antes mesmo do fim poderá iniciar obras de recuperação da lavra.
- Degraus múltiplos curtos – apropriado para rochas coerentes. Tem produtividade média. O impacto ambiental é pequeno e recuperação da área é um problema.
- Degraus múltiplos largos – apropriado para rochas de pouco aclave, assim sendo possível a realização de uma praça a cada bancada. Tem produtividade média/alta. O impacto ambiental é médio e recuperação pode ser prevista durante a lavra.
- Degraus únicos sucessivos – apropriado para rochas de muito aclave e de topo achatado. Tem produtividade alta e elevada produção.

## **2.6 Algumas normas aplicadas com o uso de explosivos para extração de rochas**

As normas são essenciais para as práticas de desmonte de rochas, pois as mesmas aplicam limites de valores em virtude da segurança populacional.

Segundo Santos (2009) apud Ferreira (2012), as normas técnicas estipuladas pelos órgãos públicos fiscalizadores são indispensáveis para a efetivação das supervisões dos níveis de vibrações e ruídos. Conforme os parâmetros imprescindíveis para averiguação dos danos as construções no entorno do local de desmonte de rochas utilizando explosivos.

Neste caso, Bacci (2003) afirma que as normas técnicas se diferenciam em alguns países, em relação as atividades promovidas pelos impactos ambientais e/ou patologias estruturais, sendo estes, devido alguns critérios e valores que resulta, os parâmetros voltados ao tipo construtivo e materiais utilizados.

Algumas normas mais recomendadas existentes mediante o uso de explosivos são: Alemã, Brasileira, Indiana e Australiana

### **2.6.1 Norma Alemã**

Em meados dos anos 80 a Alemanha tinha duas normas que tratavam deste assunto, a da Alemanha Ocidental e da Alemanha Oriental. A Ocidental considerava diferentes tipos de frequências em relação ao tipo de construção atribuída, considerando somente o componente vertical de vibração, enquanto a Alemanha Oriental aplicava-se o efeito vibratório levando em conta quatro classes distintas de construções e características vibratórias.

Conforme Bacci, Landim, Eston e Iramina (2003) a Alemanha unificou as duas normas em 1989, adotando a norma DIN 4150 (1986) como padrão. Fornecendo valores de vibrações em mm/s, o intervalo de frequência em Hz e aplicando-a em três tipologias de estruturas. As três tipologias aplicadas são: edifícios industriais, habitações e edifício particularmente delicados.

Por conseguinte, os valores permitidos e admitidos das frequências e tipologias se encontram na tabela 2.

**Tabela 2** Valores admitidos pela norma alemã DIN 4150 para danos em edifícios

Tipos de estrutura	Fundação			Andar mais alto dos edifícios
	Frequência (Hz)			Qualquer frequência
	< 10	10-50	50-100	
Industrial	20mm/s	20-40mm/s	40-50mm/s	40mm/s
Habitacões	5mm/s	5-15mm/s	15-20mm/s	15mm/s
Edifícios particularmente delicados	3mm/s	3-8mm/s	8-10mm/s	8mm/s

Fonte: Bacci (2000)

### 2.6.2 Norma Brasileira

A experiência brasileira advém de trabalhos em pedreiras operando junto à periferia das grandes concentrações urbanas, em especial, fato que fez se necessário a criação de normas que pudessem vislumbrar o cuidado e monitoramento dos locais.

Em 1986 CE - 18.205.02 redigiu e aprovou a norma NBR 9653, que estabelece 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. A norma também estabelece que não devem ocorrer, de forma alguma, ultralancamentos de fragmentos e sobrepressões atmosféricas excessivas foi assim publicada, logo após realizações de monitoramentos com objetivos de identificar operações mais favoráveis economicamente. Mas ainda, não se fazia delimitações de frequências das partículas de vibrações.

Portando, conforme pesquisado por Bacci, Landim, Eston e Iramina (2003) foram realizados monitoramentos próximos as detonações, para diversos tipos de rochas, e os valores obtidos de partículas de vibrações não ultrapassaram 15 mm/s com distancias acima de 200m do local das detonações.

Por conseguinte, a ABNT NBR:9653 foi atualizada em 2005. Em vista disso, a norma estabeleceu limites para a frequência de vibrações de partículas, conforme tabela 3.

**Tabela 3** Limites de velocidades de vibração de partícula de pico por faixas e frequência

<b>Faixa de Frequência</b>	<b>Limite de PPV (mm/s)</b>
4 Hz a 15 Hz	Inicia em 15mm/s e aumenta linearmente até 20mm/s
15 Hz a 40 Hz	Acima de 20mm/s e aumenta linearmente até 50mm/s
Acima de 40 Hz	Acima de 50mm/s

Fonte: NBR-9653

A ABNT NBR 9653:2005 passou também a estabelecer limites máximos para níveis de sobrepressão acústica (ruído), não devendo ultrapassar 134 dB e não havendo a ocorrência de ultra lançamentos além da área de operação do empreendimento.

Mediante o exposto, a norma tem como objetivo estabelecer e impor esses limites a fim de reduzir os riscos provocados pelo uso de explosivos próximo a áreas urbanas, para a garantia da segurança das construções, conforto da população e reduzir problemas ambientais.

### 2.6.3 Norma Indiana

A norma Indiana analisa o limite de vibração seguro para residências ao entorno da atividade de extração de rochas, mas a mesma não cita sobre valores de sobrepressão.

De acordo com Bacci, Landim, Eston e Iramina (2003) a norma Indiana adveio da necessidade após análise sobre o limite de vibração suportado pelas estruturas civis na Índia nos arredores das minas a céu aberto foi determinado pelo *Central Mining Research Institute* (CMRI), em 1991, através de um monitoramento da resposta estrutural de diversas construções.

Assim em decorrência de várias estudos identifica-se que um valor de  $V_p$  de 5mm/s, medido na fundação das estruturas, é seguro a baixas frequências para

qualquer tipo de estrutura residencial, mesmo se este se amplifica no nível mais alto, devido à ressonância.

#### 2.6.4 Norma Australiana

Os critérios australianos para limitar os níveis de vibração a partir de desmontes com explosivos em rochas são baseados nas especificações dos seguintes órgãos:

- Comissão Estadual de Controle da Poluição (SPCC) do Manual de Controle de Perturbação Ambiental – 1980;
- Conselho Ambiental Australiano (AEC) - Norma AS2187, Parte 2 de 1983 - uso de explosivos;
- U.S. Bureau of f Mines (USBM) - Relatório RI 8485.

Segundo Bacci, Landim, Eston e Iramina (2003), o critério adotado pela SPCC para velocidade de vibração da partícula era o de não exceder 7mm/s e as detonações deveriam ser realizadas no período das 9 às 15 horas, para se evitarem inversões térmicas, sendo requisitado o monitoramento de todos os desmontes de um empreendimento. A norma AS2187 (1983) adotou critérios referentes ao pico de velocidade de vibração da partícula, medido no terreno próximo à fundação da estrutura.

A norma foi reeditada em 1993, não considerando limites de  $V_p$  para as construções históricas e monumentos, mas ressaltando que esses requerem considerações especiais, muitas vezes resultado em medições adicionais na sua própria estrutura.

## 2.7 Sismografia

O sismógrafo verifica por meio de ondas de diferentes frequências os efeitos da vibração da velocidade da partícula nas dimensões longitudinal, vertical e transversal e das ondas sonoras. Ele é utilizado em atividades como: mineração, monitoramento de abalos sísmicos e o desmonte de estruturas civis.

A sismografia utiliza-se segundo Dallora Neto (2004) dos laudos gerados pelo equipamento denominado sismógrafo que registra, armazena e processa os dados originários dos efeitos de ruído e vibração. A partir desse ponto, foi possível



desenvolver o cálculo para determinação da velocidade resultante de vibração da partícula que, aliada à medição do som emanado do processo de exploração mineral, possibilitou um controle apurado e preciso dos efeitos no meio ambiente de ruído e vibração. Atualmente, o equipamento de sismógrafo é portátil, permitindo maior versatilidade no posicionamento para captação dos efeitos, no melhor ponto de observação para a coleta de dados. Os equipamentos possuem computadores incorporados que atribuem funções para o processamento imediato das leituras, agilizando o processo para análise dos dados ainda em campo.

Ferreira (2013) afirma que a perturbação produzida pelas vibrações se propaga com uma dada velocidade de onda e as partículas do terreno oscilam com uma velocidade de partícula variável. O movimento ao longo do percurso é definido em termos de três componentes mutuamente perpendiculares (geralmente transversal, vertical e longitudinal ou radial). Com isso para que a velocidade de vibração de partícula de pico seja medida corretamente, as três componentes devem ser medidas simultaneamente.

## **2.8 Métodos construtivos**

Existem diferentes métodos construtivos que são adotados durante a elaboração do projeto.

Segundo Albuquerque (1999), O engenheiro tem que ter em mente vários fatores, antes da execução do projeto tais como: manter a estética e a funcionalidade do projeto arquitetônico, noção dos esforços atuantes na estrutura, métodos construtivos e custos.

### **2.8.1 Edificações em Concreto armado**

Edificações em concreto armado é o sistema mais utilizado no Brasil para obras residenciais devido as suas qualidades de vencer grandes vãos. As paredes desempenham apenas a função de fechamento e separação dos ambientes.

Assim, segundo Pinheiro (2003) todas cargas são dissipadas pelos pilares, lajes e vigas, onde as paredes não têm função estrutural. Esse método possui um

ponto fraco que é o tempo de execução maior quando se comparado às edificações em alvenaria estrutural.

### 2.8.2 Edificações em Alvenaria Estrutural

Edificações em alvenaria estrutural, é um método construtivo em alvenaria autoportante, onde a parede tem função estrutural desta forma a boa execução das paredes é fundamental.

Conforme Pinheiro (2003) as vigas e pilares são elementos desprezíveis, visto que as cargas são distribuídas de maneira uniforme em toda estrutura até a fundação. É um método construtivo mais econômico e com um tempo de execução bem menor comparado as edificações de concreto armado.

## 2.9 Investigação geotécnica preliminar

Para qualquer edificação é recomendado efetuar uma investigação geotécnica preliminar. A norma ABNT NBR 6122:2010 determina que seja realizado, pelo menos, o ensaio de sondagem por percussão (com SPT – *Standard penetration test*) visando o reconhecimento do solo, e em função dos resultados obtidos analisar se é necessária uma averiguação adicional, tal como ensaios de campo e de laboratório. Existem diferentes tipos de sondagens, dentre elas as mais usadas são: Sondagem a trado, sondagens de Simples Reconhecimento à Percussão (SPT) e sondagens de rotativas e mistas

### 2.9.1 Sondagem a trado

É um método de investigação do solo que consiste em uma perfuração manual, que utiliza como instrumento o trado, é um amostrador de solo formado por lâminas cortantes, que podem ser espiraladas (trado helicoidal ou espiralado) ou convexas (trado concha).

Segundo Pinheiro (2003) a realização de sondagem a trado tem como objetivo: coletar amostras de solo deformado, determinar o nível d'água e identificar as camadas dos solos no terreno.

Esse tipo de sondagem pode ser realizado em solos de baixa e média resistência, sendo que a coleta de amostras ocorre por horizonte, ou a cada metro, conforme a solicitação. O Método é limitado, pois necessita da força humana, pela presença do nível d'água, pedregulhos, pedras ou solos bastante compactados

### 2.9.2 Sondagem de Simples Reconhecimento à Percussão – SPT

Ensaio de Penetração Normal – ou SPT (Standard Penetration Test), é o mais usado tanto no Brasil como no mundo.

Conforme Rebello (2008) o método SPT não é considerado o mais eficiente se tratando de reconhecimento de solo.

Ademais, Santos (2014) confirma que devido a sua execução, o ensaio também é conhecido como sondagem à percussão. Este ensaio permite conhecer o tipo de solo através da amostra coletada, estima a capacidade de carga do solo pela resistência oferecida à penetração do amostrador e a posição do nível da água. Deve ser respeitado, segundo ABNT NBR 6122, o número mínimo de:

- Duas sondagens para área de projeção em planta de até 200 m<sup>2</sup>;
- Três sondagens para área de projeção em planta entre 200 m<sup>2</sup> e 400 m<sup>2</sup>.

### 2.9.3 Sondagem rotativas e mistas

A ABNT NBR:6122 fixa que na ocorrência de incerteza quanto a condição do material impenetrável a percussão, deve ser planejado a execução de sondagens mistas, que consiste em sondagem a percussão e rotativa. Materiais impenetráveis à percussão são matacões, rochas alteradas ou sãs.

Sendo assim, de acordo com Rebello (2008) é recomendado alterar a sondagem para o uso de um equipamento que dispõe de uma coroa amostradora, capaz de obter amostras da rocha para sua classificação e identificar descontinuidades do maciço rochoso.

Segundo ainda o autor, as sondagens rotativas, penetra o amostrador no mínimo quatro metros, a fim de alcançar a segurança de que não se esteja atravessando um simples matacão. Portanto, a falta de execução da sondagem

rotativa pode provocar uma má interpretação das sondagens, criando uma falsa impressão de que está sobre um perfil de rocha continua quando na verdade pode-se estar apoiada apenas em matacões. Uma análise imprecisa pode resultar em fundações apoiadas em um solo de baixa resistência, provocando o recalque do conjunto fundação e matacão.

## 2.10 Fundações

Fundação é definida como um elemento estrutural que consiste que seja executada com função de transmitir a carga de toda estrutura ao solo sem que A definição de fundações sem que haja ruptura no solo, recalque diferenciais.

Fundações mais usadas dependendo do tipo do solo são as Fundações superficiais. Entretanto quando se trata de sapatas as mais utilizadas são: isolada, corrida e associada.

### 2.10.1 Fundações Superficiais (Diretas ou Rasas)

Fundação direta ou rasa são aquelas no qual as cargas da edificação são transmitidas ao solo logo nas suas primeiras camadas.

Segundo Velloso e Lopes (1998) apud Botelho e Carvalho (2007), as sapatas e o blocos (tipos de fundações rasas) são os tipos de fundação mais simples e mais econômicos, mas nem sempre é possível sua utilização. Para a sua viabilidade é necessário a existência de um solo resistente que possa suportar as cargas logo nas primeiras camadas. Entretanto é de grande importância conhecer as camadas do solo onde se pretende apoiar a fundação, verificando a influência das tensões nas camadas mais profundas.

### 2.10.2 Sapatas

Sapata de fundação é uma base de concreto que procura suprir as necessidades descritas na definição de fundação nas construções.

Conforme Velloso e Lopes (1998) apud Botelho e Carvalho (2007) sapatas são elementos de fundação superficial de concreto armado, de modo que as tensões de

tração produzidas não sejam resistidas pelo concreto mais sim pelo uso da armadura. É um dos tipos de fundação mais usado comparada as demais fundações devido, ao seu baixo custo, sua agilidade na execução e por não exigir equipamentos específicos

A forma mais econômica segundo Caputo (1982) apud Botelho e Carvalho (2007) e a prática de executar esse tipo de fundação é a retangular ou piramidal, em virtude da quantidade de concreto utilizada.

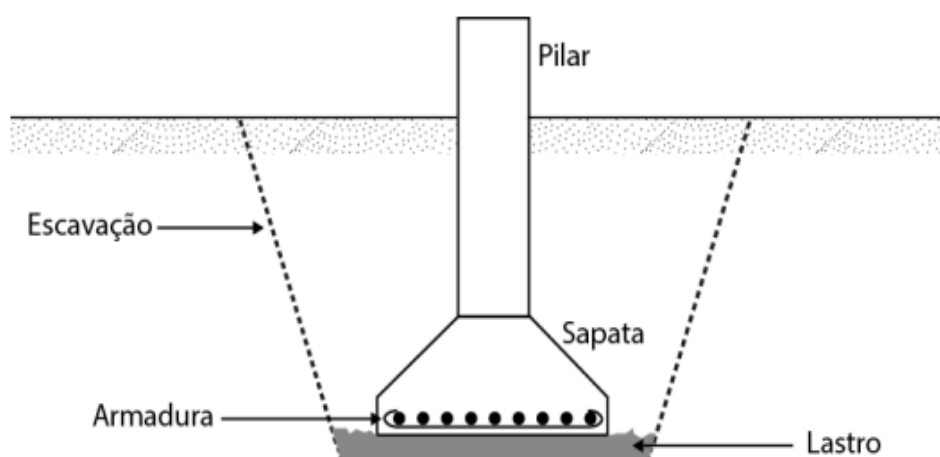
Há alguns tipos de sapatas, dentre elas estão as isoladas, corridas e associadas.

### 2.10.2.1 Sapata Isolada

A sapata isolada consiste em transmitir ações de um único pilar, que pode estar centrado ou é do tipo não alongada, conforme demonstrado na figura 7.

Para Rebello (2008) sapata isolada é empregada quando as cargas transmitidas pela estrutura são pontuais ou concentradas, como as cargas de pilares. Os pilares são empregados no centro geométrico da sapata. As dimensões da sapata isolada são determinadas pelas cargas aplicadas e pela resistência do solo.

**Figura 7 Sapata Isolada**



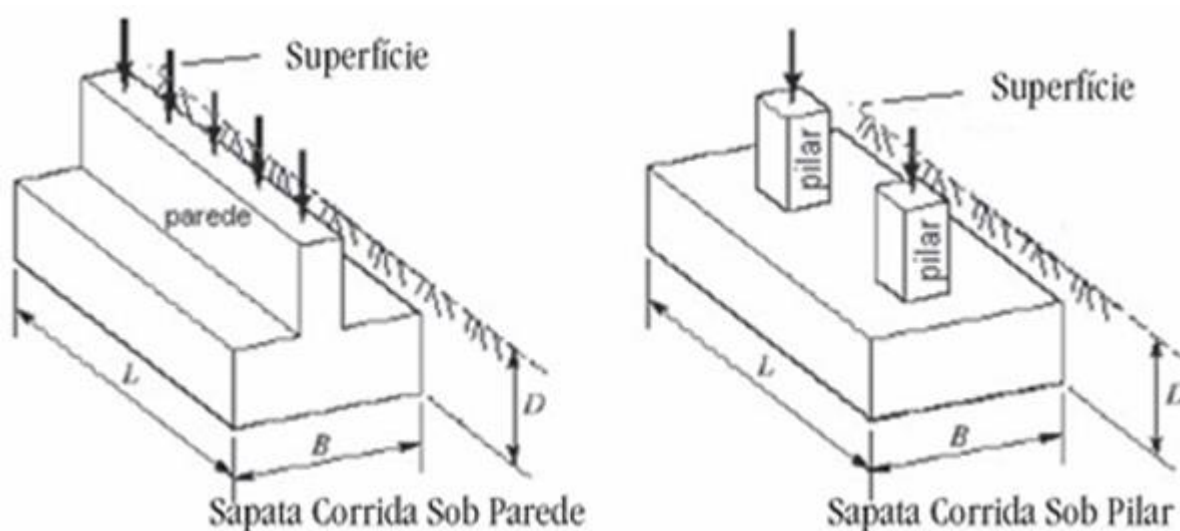
Fonte: Botelho e Carvalho (2007)

### 2.10.2.2 Sapata corrida

Sapata corrida é um método empregado normalmente para receber as ações verticais paredes, muros e elementos alongados que transmitam carregamento uniformemente distribuído numa só direção.

Rebello (2008) afirma que sapata corrida é empregada para receber as ações de paredes, muros ou elementos mais longos que transmitem carregamento uniformemente distribuído em uma direção, o seu dimensionamento é idêntico ao de uma laje armada em uma direção, por receber ações distribuídas, não é necessário a verificação a punção. Conforme ilustrado na figura 8.

**Figura 8** Sapata corrida

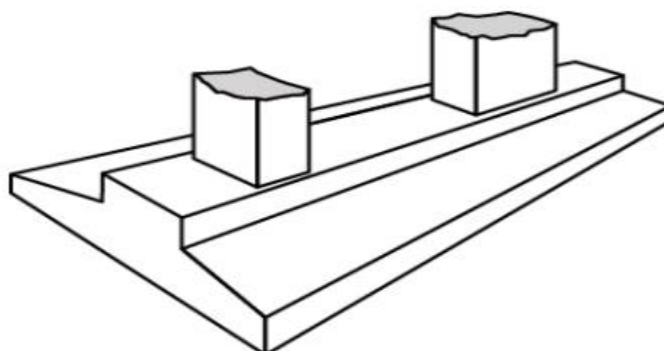


Fonte: Rebello (2008)

### 2.10.2.3 Sapata associada

Sapata associada geralmente transmitem ações de dois ou mais pilares adjacentes, muito utilizado quando há falta de espaço.

Segundo Hachich (1998) sapata associada é empregada quando dois pilares estão muito próximos com isso é possível que suas sapatas se sobreponham (figura 9). Neste caso, é dimensionado sapatas associadas, onde os pilares apoiam-se sobre uma única sapata. Com isso geralmente o centro de gravidade da sapata coincide com o centro de aplicação das cargas dos pilares.

**Figura 9** Sapata associada

Fonte: Hachich (1998) adaptado de Alonso (1983)

### 2.11 Principais causas dos problemas em fundações

Entre os vários problemas que uma estrutura pode desenvolver, nota-se que a maior parte deles estão relacionados com as fundações, essa que tem uma maior influência na obra devido seu maior custo de reparação, pelo fato de necessitar de um método mais complexo.

Segundo Velloso e Lopes (1998) apud Botelho e Carvalho (2007) afirmam que devido ao fato de comprometer inúmeras alterações na estrutura, limita-se o seu desempenho para a função que ela foi projetada. Esses problemas são denominados geralmente como patologias, identificando as causas da mesma, busca-se soluções para reduzir as manifestações patológicas.

Conhecendo as causas que originam as patologias nas fundações, adota-se um conjunto de medidas para as solucionar. Estas que podem ir desde sobre a atuação sobre a estrutura até as modificações das propriedades do solo do terreno o enriquecendo em propriedades.

Schnaid (2006) apresenta as predominantes causas que geram os principais problemas em fundações, de forma geral, temos cinco fases em que os problemas podem acontecer ou ser originados:

- Caracterização do comportamento do maciço;
- Análise e projeto das fundações;
- Execução das fundações;
- Ações pós-conclusão das fundações;

- Deterioração dos materiais constituintes das fundações.

A realização da fundação de uma estrutura envolve inúmeras etapas, que são desenvolvidas por profissionais de diversas áreas, o êxito de um projeto de fundação depende da equipe de trabalho, o objetivo só será alcançado com a comunicação entre todos os envolvidos na sua construção.

## **2.12 Definições de anomalias**

As anomalias (patologias) são “cortes” superficiais no concreto, na alvenaria, revestimento, pintura ou cerâmicas, decorrentes por diversos fatores, tais como: vibrações, ruídos, comprometimento da estrutura, sobrecarga, recalques e umidade.

Junior (2006) afirma que as trincas podem ser definidas como um rompimento contínuo no concreto, desenvolvendo-se de modo parcial ou completo ao longo da estrutura. Primeiramente deve ser realizado o acompanhamento das trincas e fissuras para acompanhar a evolução das mesmas e identificar se tratam de trincas ativas ou passivas. As ativas classificam-se como sendo as trincas que ainda se movimentam, alterando assim suas dimensões no decorrer do tempo. Já as trincas passivas são aquelas que podem ficar estabilizadas por anos, sem observar alterações em suas dimensões, tanto na forma, quanto em sua largura e abertura.

Ademais, Souza e Ripper (1998) afirmam que fissuras são o tipo mais comum de patologia nas edificações e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais das obras. As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto. Sendo considerado o dano mais comum, que chama atenção dos proprietários pelo fato de que algo de anormal está a acontecer. As fissuras normalmente apresentam-se como estreitas e alongadas aberturas na superfície de algum material. Geralmente são menos graves ou superficiais. Porém, toda rachadura tem seu início a partir de uma fissura, por isso deve-se ficar atento e observar se há ou não evolução do problema ao longo do tempo, ou se a fissura permanece estável.

De acordo com Oliveira (2012) as rachaduras diferenciam das demais, pois a dimensão da patologia na parede é superior a 1 mm, sendo que alguns casos podem abrir fendas de um lado ao outro da parede. Para correção de rachaduras o processo exige uma análise mais profunda dos problemas estruturais. As rachaduras possuem



as mesmas características das trincas em relação a separação entre as paredes, porém são aberturas maiores, profundas, acentuadas e facilmente perceptíveis em virtude da separação das paredes. Com as mesmas características das trincas, no entanto, em um estágio mais acentuado. No entanto, cabe salientar que os problemas patológicos não possuem uma única causa e sim uma conjugação de duas ou mais causas.

Fissuras, trincas e rachaduras são ocorrências patológicas das edificações que podem ser observadas em vigas, pilares, lajes, alvenarias, pisos entre outros elementos, geralmente causadas pelas tensões dos materiais empregados. Se forem solicitados com um esforço superior à de sua resistência ocorre falhas gerando uma abertura, e de acordo com sua espessura verifica-se sua classificação podendo ser fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha (figura 10).

**Figura 10** Espessura de anomalias

<b>ANOMALIAS</b>	<b>ABERTURAS (mm)</b>
Fissura	até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Retirada da página do site do professor Adriano de Paula e Silva, UFMG

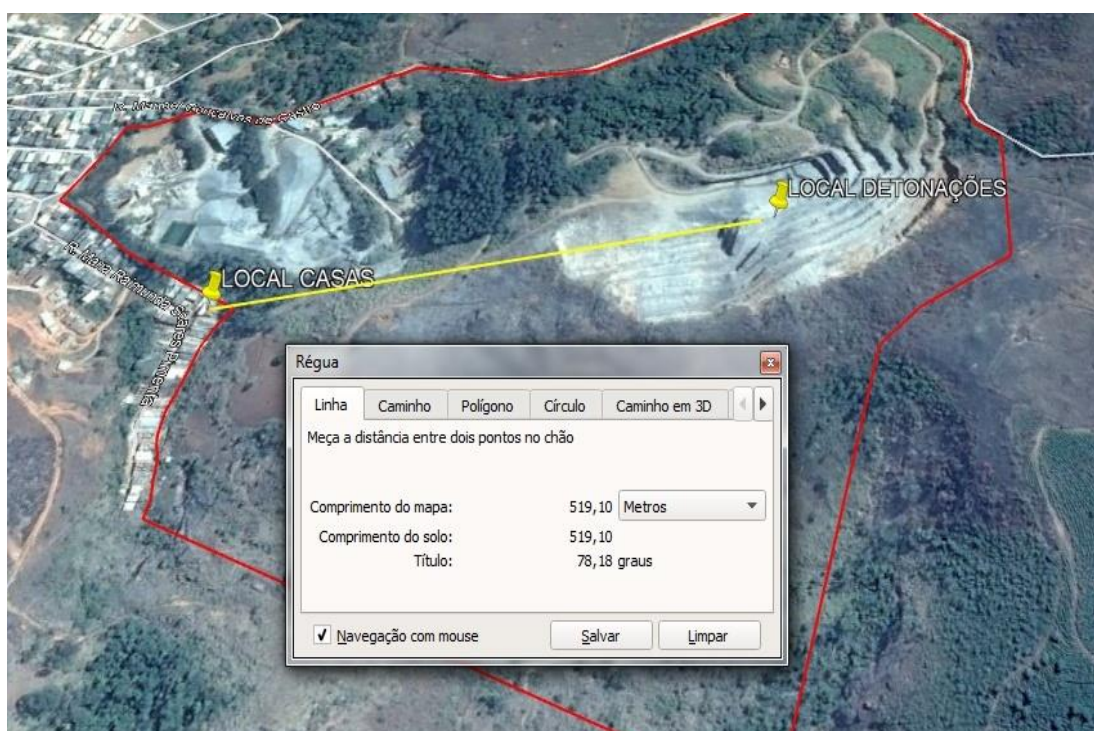
### 3 METODOLOGIA

Este trabalho é um estudo de caso que busca coletar informações sobre os impactos causados pelo uso de explosivos pelo Britador São Geraldo, obtendo dados das áreas afetadas, o plano de fogo e monitoramento das detonações, avaliando os possíveis danos as estruturas vizinhas, observando as normas reguladoras e verificando os métodos construtivos das áreas afetadas.

#### 3.1 Localização da área de estudo

A área de estudo é constituída de residências com diversas patologias em suas paredes, localizadas à Rua Maria Raimunda Soares Pimenta, Vale do Sol, Cidade de Caratinga-MG. Situandas em uma região delimitada pelas coordenadas UTM 801256.0060 E e 7810090.4258 N, referenciadas ao Meridiano Central 45 Wgr, tendo como Datum Sirgas 2000-Fuso 23 K. Por sua vez, posicionadas próximas ao Britador São Geraldo que está instalado na Rua Manoel Gonçalves de Castro, 836, Esplanada, Caratinga-MG. Com suas áreas de detonações a aproximadamente 500 m das áreas afetadas, como mostra na figura 11 a seguir:

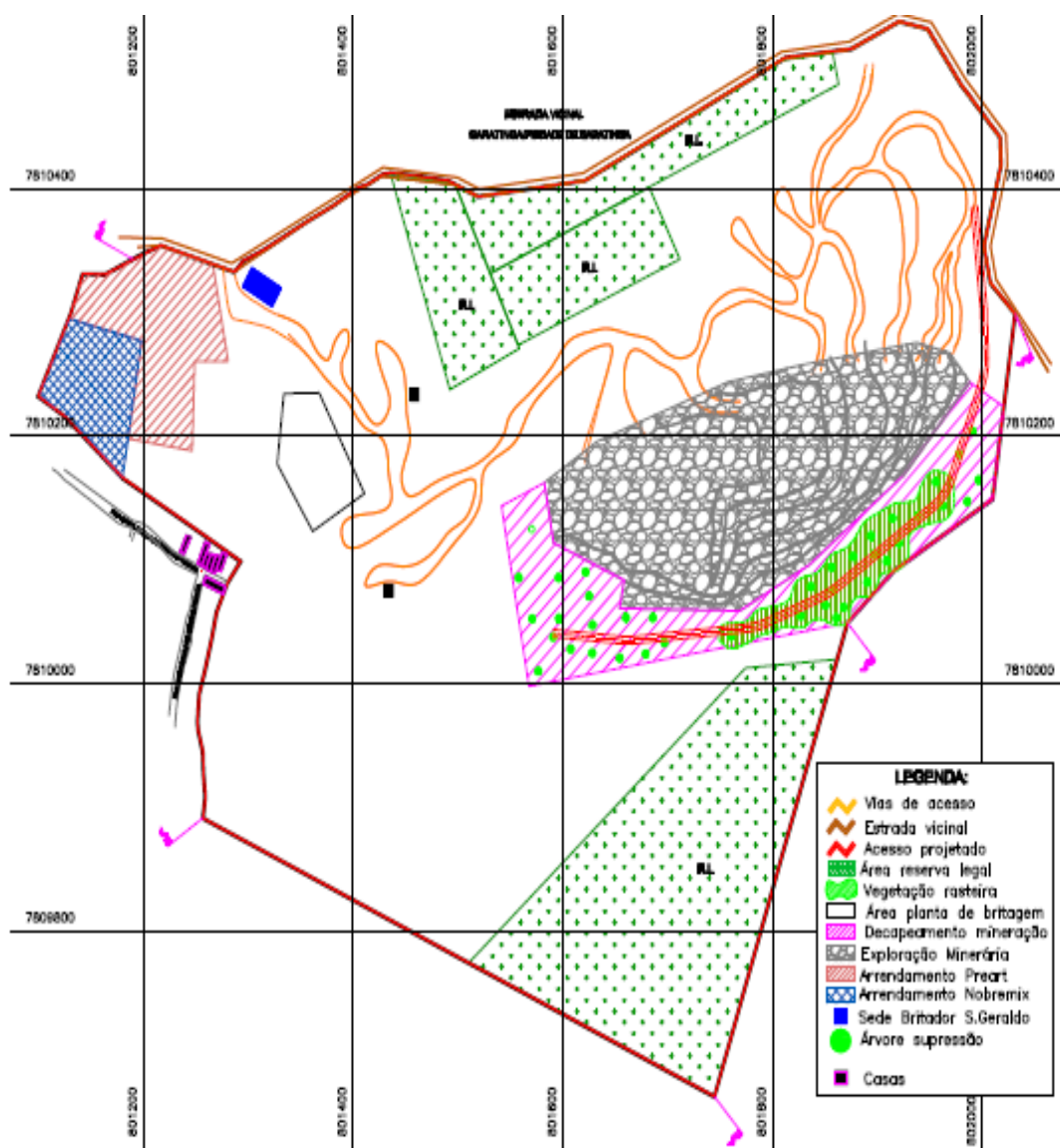
**Figura 11** Localização da área de estudo



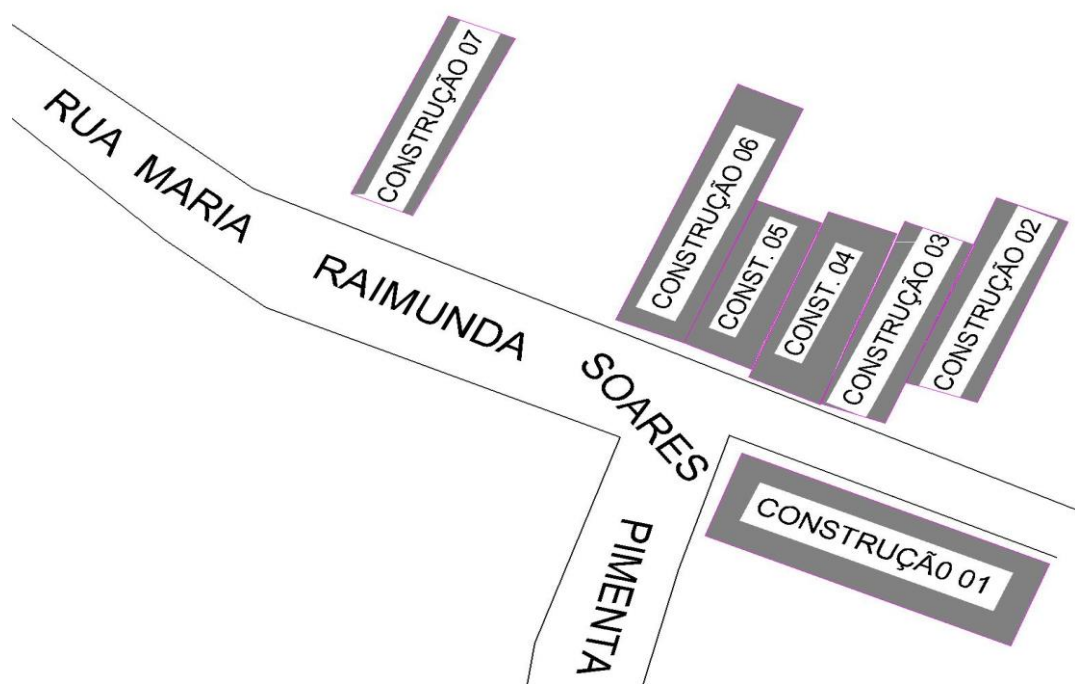
Fonte: As autoras (2017)

Com a realização de visitas às edificações próximas das áreas de detonações do Britador São Geraldo, confirmou-se 7 (sete) casas residenciais com patologias em suas paredes de alvenaria. Sendo elas: fissuras, trincas, rachaduras, fenda e brechas em suas partes externas e internas. A figura 12 apresenta o mapa de localização das áreas de estudo e a figura 13 apresenta o croqui de localização das áreas afetadas.

**Figura 12** Mapa de localização da área de estudo



Fonte: As autoras (2017)

**Figura 13** Croqui de localização das áreas afetadas

Fonte: As autoras (2017)

### 3.2 Plano de fogo

Para cada explosão realizou-se um planejamento de plano de fogo analisando as condições atmosféricas, número de furos, diâmetro das perfurações, dimensão da malha, número de linhas, profundidade das perfurações, tamponamento, altura da bancada, distância do local de detonação até o posicionamento do sismógrafo, sub-perfuração, inclinação do furo, tipo de explosivos, acessórios e quantidade de explosivos por furo.

A escolha do tipo de plano de fogo foi escolhida de forma mais eficaz em relação a técnica-econômica e pela finalidade do desmonte.



### 3.3 Monitoramento do sismógrafo

Foi utilizado um sismógrafo de engenharia e geofone a ele acoplado, modelo MS-2G, nº de série 5743, instalado nas estruturas definidas. Este coleta dados dos níveis de vibração e sobrepressão acústica, como preceituado na norma NBR 9653:2005.

O equipamento foi calibrado em 13/09/2016 (ANEXO A). Alguns fabricantes indicam que a calibração deve ocorrer anualmente ou em frequência bianual, a Norma NBR 9653:2005 impõe limite máximo de a cada dois anos. O sismógrafo deve ser calibrado periodicamente, conforme recomendado, pois um equipamento descalibrado pode apresentar dados incoerentes.

O sismógrafo foi instalado na edificação na qual se desejava medir níveis de vibrações e ruídos, o geofone foi fixado em uma superfície resistente, utilizando gesso como meio de fixação e o microfone, acompanhado de pedestal, foi fixado próximo ao sismógrafo (figura 14).

**Figura 14** Geofone cravado utilizando gesso e microfone



Fonte: As autoras (2017)

Tanto geofone quanto o microfone foram instalados em direção mais propicia da fonte de vibração e ruído, ou seja, da detonação do desmonte de rochas.

Com isso foi possível extrair os resultados das ondas sísmicas decorrentes do desmonte de rochas. Os registros dos dados ficaram armazenados no aparelho e transportados para o sismograph data analysis V12, obtendo os resultados gráficos e os valores de vibração dos três componentes de sensor e ruído que chega até a área afetada.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Evoluções das patologias

Conforme identificadas as áreas afetadas, as patologias foram medidas com o uso de um paquímetro, aparelho usado para medir dimensões lineares, com isso foi possível definir a espessura de cada patologia (figura 15).

**Figura 15** Medição com paquímetro



Fonte: As autoras (2017)

Contudo, durante as visitas e medições das patologias foi possível obter informações, segundo os moradores, sobre as datas de construção de cada área afetada e data de quando começou surgir tais problemas, conforme a seguir.

#### 4.1.1 Patologias na construção 01

É uma casa residencial com aproximadamente 155m<sup>2</sup>, localizada a Rua Maria Raimunda Soares Pimenta nº195- Vale do Sol, Caratinga-MG, construída em 2002. De acordo com informações coletadas as patologias começaram a se manifestar a partir do ano 2016.

Em virtude da comprovação das patologias existentes, realizou-se o reconhecimento da área, diante disso elaborou-se um projeto da planta baixa para demonstrar a localização das patologias na construção 01. As informações citadas encontram-se no APÊNDICE I.

Além disso, com o uso do paquímetro, mediu-se a espessura de cada patologia, a fim de, monitorar e analisar o desenvolvimento das patologias na construção 01 após cada explosão do desmonte de rochas. A tabela 4 mostra a evolução das patologias decorrente as detonações.

**Tabela 4** Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 01

<b>NÚMERO</b>	<b>1ª VISITA</b>	<b>2ª VISITA</b>	<b>3ª VISITA</b>	<b>4ª VISITA</b>	<b>5ª VISITA</b>
<b>PATOLOGIA</b>					
<b>1</b>	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,8 mm
<b>2</b>	0,8 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>3</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm
<b>4</b>	-----	1,0 mm	1,0 mm	1,5 mm	1,5 mm
<b>5</b>	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm
<b>6</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>7</b>	2,4 mm	2,4 mm	2,4 mm	2,4 mm	2,4 mm
<b>8</b>	2,4 mm	2,4 mm	2,4 mm	2,4 mm	2,4 mm
<b>9</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>10</b>	-----	-----	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>11</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>12</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,6 mm	1,6 mm	1,6 mm
<b>13</b>	11,5 mm	12,0 mm	12,0 mm	12,0 mm	14,0 mm
<b>14</b>	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
<b>15</b>	-----	-----	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>16</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>17</b>	4,0 mm	4,0 mm	4,0 mm	4,0 mm	4,0 mm

Fonte: As autoras (2017)

#### 4.1.2 Patologias na construção 02

É uma casa residencial com aproximadamente 85m<sup>2</sup>, localizada a Rua Maria Raimunda Soares Pimenta nº 135 Vale do Sol, Caratinga-MG, construída em 2003. De acordo com informações coletadas as patologias começaram a se manifestar a partir do ano 2015.

Em virtude da comprovação das patologias existentes, realizou-se o reconhecimento da área, diante disso elaborou-se um projeto da planta baixa para demonstrar a localização das patologias na construção 02. As informações citadas encontram-se no APÊNDICE II.

Além disso, com o uso do paquímetro, mediu-se a espessura de cada patologia, a fim de, monitorar e analisar o desenvolvimento das patologias na construção 02 após cada explosão do desmonte de rochas. A tabela 5 mostra a evolução das patologias decorrente as detonações.

**Tabela 5** Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 02

<b>NÚMERO PATOLOGIA</b>	<b>1ª VISITA</b>	<b>2ª VISITA</b>	<b>3ª VISITA</b>
<b>1</b>	20,0 mm	20,0 mm	20,0 mm
<b>2</b>	20,0 mm	20,0 mm	20,0 mm
<b>3</b>	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm
<b>4</b>	18,0 mm	20,0 mm	20,0 mm
<b>5</b>	1,5 mm	2,0 mm	2,0 mm
<b>6</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>7</b>	1,3 mm	1,3 mm	1,3 mm
<b>8</b>	25,0 mm	25,0 mm	25,0 mm
<b>9</b>	30,0 mm	30,0 mm	30,0 mm

Fonte: As autoras (2017)



#### 4.1.3 Patologias na construção 03

É uma casa residencial de 2 andares com aproximadamente 60m<sup>2</sup> em cada andar, localizada a Rua Maria Raimunda Soares Pimenta nº 167 - Vale do Sol, Caratinga-MG, construída em 1999. De acordo com informações coletadas as patologias começaram a se manifestar a partir do ano 2013.

Em virtude da comprovação das patologias existentes, realizou-se o reconhecimento da área, diante disso elaborou-se um projeto da planta baixa para demonstrar a localização das patologias na construção 03. As informações citadas encontram-se no APÊNDICE III e APÊNDICE IV.

Além disso, com o uso do paquímetro, mediu-se a espessura de cada patologia, a fim de, monitorar e analisar o desenvolvimento das patologias na construção 03 após cada explosão do desmonte de rochas. A tabela 6 mostra a evolução das patologias decorrente as detonações.

**Tabela 6** Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 03

<b>NÚMERO</b>	<b>1ª VISITA</b>	<b>2ª VISITA</b>	<b>3ª VISITA</b>	<b>4ª VISITA</b>	<b>5ª VISITA</b>
<b>PATOLOGIA</b>					
<b>1</b>	-----	-----	1,2 mm	1,2 mm	1,5 mm
<b>2</b>	0,7 mm	0,7 mm	0,7 mm	0,7 mm	0,7 mm
<b>3</b>	1,5 mm	1,5 mm	1,8 mm	1,8 mm	1,8 mm
<b>4</b>	-----	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>5</b>	9,5 mm	9,5 mm	10,0 mm	10,0 mm	10,0 mm
<b>6</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm
<b>7</b>	-----	-----	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>8</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>9</b>	4,0 mm	4,5 mm	4,5 mm	4,5 mm	4,7 mm
<b>10</b>	-----	-----	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm

Fonte: As autoras (2017)

**Tabela 6** Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 03 (continuação)

<b>NÚMERO</b>	<b>1ª VISITA</b>	<b>2ª VISITA</b>	<b>3ª VISITA</b>	<b>4ª VISITA</b>	<b>5ª VISITA</b>
<b>PATOLOGIA</b>					
<b>11</b>	6,0 mm	6,3 mm	6,3 mm	6,3 mm	6,3 mm
<b>12</b>	-----	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>13</b>	1,0 mm	1,4 mm	1,4 mm	1,4 mm	1,4 mm
<b>14</b>	1,7 mm	1,7 mm	1,7 mm	1,7 mm	1,7 mm
<b>15</b>	-----	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm

Fonte: As autoras (2017)

#### 4.1.4 Patologias na construção 04

É uma casa residencial com aproximadamente 90m<sup>2</sup>, localizada a Rua Maria Raimunda Soares Pimenta nº 165- Vale do Sol, Caratinga-MG, construída em 2011. De acordo com informações coletadas as patologias começaram a se manifestar a partir do ano 2016.

Em virtude da comprovação das patologias existentes, realizou-se o reconhecimento da área, diante disso elaborou-se um projeto da planta baixa para demonstrar a localização das patologias na construção 04. As informações citadas encontram-se no APÊNDICE V.

Além disso, com o uso do paquímetro, mediu-se a espessura de cada patologia, a fim de, monitorar e analisar o desenvolvimento das patologias após cada explosão do desmonte de rochas. A tabela 7 mostra a evolução das patologias decorrente as detonações na construção 04.

**Tabela 7** Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 04

<b>NÚMERO</b>	<b>1ª VISITA</b>	<b>2ª VISITA</b>	<b>3ª VISITA</b>	<b>4ª VISITA</b>	<b>5ª VISITA</b>
<b>PATOLOGIA</b>					
<b>1</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm

Fonte: As autoras (2017)

**Tabela 7** Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 04 (continuação)

<b>NÚMERO</b>	<b>1ª VISITA</b>	<b>2ª VISITA</b>	<b>3ª VISITA</b>	<b>4ª VISITA</b>	<b>5ª VISITA</b>
<b>PATOLOGIA</b>					
<b>2</b>	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm
<b>3</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm
<b>4</b>	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
<b>5</b>	-----	-----	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
<b>6</b>	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm
<b>7</b>	-----	-----	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
<b>8</b>	-----	-----	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>9</b>	-----	-----	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm

Fonte: As autoras (2017)

#### 4.1.5 Patologias na construção 05

É uma casa residencial com aproximadamente 90m<sup>2</sup>, localizada a Rua Maria Raimunda Soares Pimenta nº 161- Vale do Sol, Caratinga-MG, construída em 2011. De acordo com informações coletadas as patologias começaram a se manifestar a partir do ano 2013.

Em virtude da comprovação das patologias existentes, realizou-se o reconhecimento da área, diante disso elaborou-se um projeto da planta baixa para demonstrar a localização das patologias na construção 05. As informações citadas encontram-se no APÊNDICE VI.

Além disso, com o uso do paquímetro, mediu-se a espessura de cada patologia, a fim de, monitorar e analisar o desenvolvimento das patologias após cada explosão do desmonte de rochas. A tabela 8 mostra a evolução das patologias decorrente as detonações na construção 05.

**Tabela 8** Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 05

<b>NÚMERO</b>	<b>1ª VISITA</b>	<b>2ª VISITA</b>	<b>3ª VISITA</b>	<b>4ª VISITA</b>	<b>5ª VISITA</b>
<b>PATOLOGIA</b>					
<b>1</b>	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm
<b>2</b>	-----	1,0 mm	1,5 mm	3,0 mm	4,0 mm
<b>3</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>4</b>	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm
<b>5</b>	4,0 mm	4,0 mm	4,0 mm	4,0 mm	4,0 mm
<b>6</b>	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>7</b>	1,2 mm	1,2 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm
<b>8</b>	4,9 mm	5,0 mm	5,0 mm	5,0 mm	5,0 mm
<b>9</b>	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm
<b>10</b>	9,3 mm	10,0 mm	10,0 mm	10,0 mm	10,0 mm
<b>11</b>	-----	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
<b>12</b>	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm	10,0 mm	10,0 mm
<b>13</b>	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm

Fonte: As autoras (2017)

#### 4.1.6 Patologias na construção 06

É uma casa residencial com aproximadamente 110m<sup>2</sup>, localizada a Rua Maria Raimunda Soares Pimenta nº 153- Vale do Sol, Caratinga-MG, construída em 2002. De acordo com informações coletadas as patologias começaram a se manifestar a partir do ano 2016.

Em virtude da comprovação das patologias existentes, realizou-se o reconhecimento da área, diante disso elaborou-se um projeto da planta baixa para demonstrar a localização das patologias na construção 06. As informações citadas encontram-se no APÊNDICE VII.

Além disso, com o uso do paquímetro, mediu-se a espessura de cada patologia, a fim de, monitorar e analisar o desenvolvimento das patologias após cada explosão do desmonte de rochas. A tabela 9 mostra a evolução das patologias decorrente as detonações na construção 06.

**Tabela 9** Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 06

<b>NÚMERO</b>	<b>1ª VISITA</b>	<b>2ª VISITA</b>	<b>3ª VISITA</b>	<b>4ª VISITA</b>
<b>PATOLOGIA</b>				
<b>1</b>	3,0 mm	3,4 mm	3,4 mm	3,4 mm
<b>2</b>	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm
<b>3</b>	14,0 mm	17,4 mm	17,4 mm	17,4 mm

Fonte: As autoras (2017)

#### 4.1.7 Patologias na construção 07

É uma casa residencial com aproximadamente 135m<sup>2</sup>, localizada a Rua Maria Raimunda Soares Pimenta nº 109- Vale do Sol, Caratinga-MG, construída em 2001. De acordo com informações coletadas as patologias começaram a se manifestar desde a época da construção.

Em virtude da comprovação das patologias existentes, realizou-se o reconhecimento da área, diante disso elaborou-se um projeto da planta baixa para demonstrar a localização das patologias na construção 07. As informações citadas encontram-se no APÊNDICE VIII.

Além disso, com o uso do paquímetro, mediu-se a espessura de cada patologia, a fim de, monitorar e analisar o desenvolvimento das patologias após cada explosão do desmonte de rochas. A tabela 10 mostra a evolução das patologias decorrente as detonações na construção 07.

**Tabela 10** Evolução das patologias decorrente as detonações na construção 07

NÚMERO	1ª VISITA	2ª VISITA	3ª VISITA	4ª VISITA	5ª VISITA
PATOLOGIA					
1	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm
2	-----	1,0 mm	1,5 mm	3,0 mm	4,0 mm
3	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
4	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm
5	4,0 mm	4,0 mm	4,0 mm	4,0 mm	4,0 mm
6	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
7	1,2 mm	1,2 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm
8	4,9 mm	5,0 mm	5,0 mm	5,0 mm	5,0 mm
9	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm
10	9,3 mm	10,0 mm	10,0 mm	10,0 mm	10,0 mm

Fonte: As autoras (2017)

## 4.2 Resultados do plano de fogo e monitoramento

### 4.2.1 Resultados obtidos na primeira detonação de análise

A primeira etapa de monitoramento foi realizada em 06 de dezembro de 2016, com plano de fogo posicionado na bancada 06, com 114 furos, malha com 3,80 x 1,50 (m), profundidade 11,66 (m), tamponamento 1,50 (m), altura da bancada 14,20m, com 4 linhas de furo, sub perfuração com 0,30 (m) com inclinação de 90°. Portando, foi usado explosivos com desmonte misto, emulsão encartuchada e material granulado. E para fins de diminuir a sobrepressão acústica foi usado um plano de desmonte com linha silenciosa. A informação acima se encontra no ANEXO B (Planilha de campo da

primeira etapa de monitoramento) e no ANEXO C (Planilha de plano de fogo da primeira etapa de monitoramento).

Portanto, o sismógrafo foi posicionado à Rua Maria Pimenta nº 135, cravado com gesso no interior da residência, a uma distância de 536, 21 m da área de detonação. Sendo assim possível a extração dos resultados de vibrações e ruídos, gráficos e os valores de vibrações, que chegaram até a área afetada. Resultando o PPV Máximo de 2,54mm/s conforme ANEXO D (Gráfico e valores de vibração da primeira monitoração).

#### 4.2.2 Resultados obtidos na segunda detonação de análise

A segunda etapa de monitoramento foi realizada em 12 de janeiro de 2017, com plano de fogo posicionado a bancada 02, com 83 furos, malha com 3,80 x 1,50 (m), profundidade 19,03 (m), tamponamento 1,50 (m), altura da bancada 19,03 (m), com 4 linhas de furo, sub perfuração com 0,30 (m) com inclinação de 90°. Portanto, foi usado explosivos com desmonte misto, emulsão encartuchada e material granulado. E para fins de diminuir a sobrepressão acústica foi usado um plano de desmonte com linha silenciosa. A informação acima se encontra no ANEXO E (Planilha de campo da segunda etapa de monitoramento) e no ANEXO F (Planilha de plano de fogo da segunda etapa de monitoramento).

Portanto, o sismógrafo foi posicionado à Rua Maria Pimenta nº 161, cravado com gesso no interior da residência, a uma distância de 537,03 m da área de detonação. Sendo assim possível a extração dos resultados de vibrações e ruídos, gráficos e os valores de vibrações, que chegaram até a área afetada. Resultando o PPV Máximo de 65,024 mm/s conforme ANEXO G (Gráfico e valores de vibração da segunda monitoração).

#### 4.2.3 Resultados obtidos na terceira detonação de análise

A terceira etapa de monitoramento foi realizada em 21 de fevereiro de 2017, com plano de fogo posicionado a bancada 02, com 158 furos, malha com 3,80 x 1,50 (m), profundidade 6,32 (m), tamponamento 1,50 (m), altura da bancada 6,32 (m), com 3 linhas de furo, sub perfuração com 0,50 (m) com inclinação de 90°. Portanto, foi

usado explosivos com desmonte misto, emulsão encartuchada e material granulado. E para fins de diminuir a sobrepressão acústica foi usado um plano de desmonte com linha silenciosa. A informação acima se encontra no ANEXO H (Planilha de campo da terceira etapa de monitoramento) e no ANEXO I (Planilha de plano de fogo da terceira etapa de monitoramento).

Portanto, o sismógrafo foi posicionado à Rua Maria Pimenta nº 161, cravado com gesso no interior da residência, a uma distância de 538,42 m da área de detonação. Sendo assim possível a extração dos resultados de vibrações e ruídos, gráficos e os valores de vibrações, que chegaram até a área afetada. Resultando o PPV Máximo de 1,52mm/s conforme ANEXO J (Gráfico e valores de vibração da terceira monitoração).

#### 4.2.4 Resultados obtidos na quarta detonação de análise

A quarta etapa de monitoramento foi realizada em 09 de maio de 2017, com plano de fogo posicionado a bancada 02, com 40 furos, malha com 4,00 x 1,50 (m), profundidade 20,05 (m), tamponamento 1,50 (m), altura da bancada 20,05 (m), com 7 linhas de furo, sub perfuração com 0,40 (m) com inclinação de 90°. Portanto, foi usado explosivos com desmonte misto, emulsão encartuchada e material granulado. E para fins de diminuir a sobrepressão acústica foi usado um plano de desmonte com linha silenciosa. A informação acima se encontra no ANEXO K (Planilha de campo da quarta etapa de monitoramento) e no ANEXO L (Planilha de plano de fogo da quarta etapa de monitoramento).

Portanto, o sismógrafo foi posicionado à Rua Maria Pimenta nº 165, cravado com gesso no interior da residência, a uma distância de 508,93 m da área de detonação. Sendo assim possível a extração dos resultados de vibrações e ruídos, gráficos e os valores de vibrações, que chegaram até a área afetada. Resultando o PPV Máximo de 16,510 mm/s conforme ANEXO M (Gráfico e valores de vibração da quarta monitoração).



#### 4.2.5 Resultados obtidos na quinta detonação de análise

A quinta etapa de monitoramento foi realizada em 21 de junho de 2017, com plano de fogo posicionado a bancada 02, com 33 furos, malha com 4,00 x 1,50 (m), profundidade 18,27 (m), tamponamento 1,50 (m), altura da bancada 18,27 (m), com 6 linhas de furo, sub perfuração com 0,60 (m) com inclinação de 90°. Portanto, foi usado explosivos com desmonte misto, emulsão encartuchada e material granulado. E para fins de diminuir a sobrepressão acústica foi usado um plano de desmonte com linha silenciosa. A informação acima se encontra no ANEXO N (Planilha de campo da quinta etapa de monitoramento) e no ANEXO O (Planilha de plano de fogo da quinta etapa de monitoramento).

Portanto, o sismógrafo foi posicionado à Rua Maria Pimenta, cravado com gesso no interior da residência, a uma distância de 523,08 m da área de detonação. Sendo assim possível a extração dos resultados de vibrações e ruídos, gráficos e os valores de vibrações, que chegaram até a área afetada. Resultando o PPV Máximo de 3,30 mm/s conforme ANEXO P (Gráfico e valores de vibração da quinta monitoração).

### 4.3 Resultado dos monitoramentos comparados a NBR 9653:2005

Pela análise da velocidade vibração de partícula de pico, aludida como PPV (Peak Particle Velocity), consideramos o valor obtido pela soma resultante das três componentes de PPV: Velocidade de partícula Radial (VR), vertical (VV) e transversal (VT).

Contudo, seguindo esses parâmetros fez-se uma comparação dos resultados das detonações monitoradas (tabela 11) com os valores de limites permitidos pela NBR 9653:2005 (tabela 12).

**Tabela 11** Dados de medição sismográfica dos monitoramentos

Data	Hora	Ruído(dB)	T	PPV (mm/s)				Freq. Pico (Hz)
				V	R	Pico		
<b>6/12/2016</b>	14:54	114	2,54	1,27	2,03	2,54	73,1	
<b>12/1/2017</b>	09:40	100	65,02	65,02	65,02	65,02	1,7	
<b>21/2/2017</b>	09:37	126,4	0,889	1,52	1,52	1,52	56,8	
<b>9/5/2017</b>	09:36	116	16,51	11,94	16,26	16,51	3,8	
<b>21/06/2017</b>	09:44	115,6	3,3	3,3	3,3	3,3	7,5	

Fonte: As autoras (2017)

**Tabela 12** Limites de velocidades de vibração de partícula de pico por faixas e frequência

Faixa de Frequência	Limite de PPV (mm/s)
<b>4 Hz a 15 Hz</b>	Inicia em 15mm/s e aumenta linearmente até 20mm/s
<b>15 Hz a 40 Hz</b>	Acima de 20mm/s e aumenta linearmente até 50mm/s
<b>Acima de 40 Hz</b>	50mm/s

Fonte: NBR:9653

Nas cinco detonações monitoradas, os níveis de vibração de duas delas ultrapassaram os limites estabelecidos pela NBR 9653:2005. Os maiores valores de velocidade pico de partícula de vibração encontrados foram 65,02 mm/s e 16,51 mm/s. De fato, o valor de 65,02 mm/s pode ser suficiente para que possa provocar algum tipo de dano induzido por vibrações a estruturas próximas. Mas este valor deverá ser

desconsiderado, devido à problemas operacionais que obrigaram a mudança do método de posicionamento da linha de fogo, ou seja, o sentido ficou desfavorável para a região das residências analisadas. Além disso, o valor de 16,51mm/s está pouco acima do valor estabelecido pela norma, diante desse fato, esse valor é irrelevante, pois o mesmo não tem capacidade de ser o inicial causador das patologias existentes. Nos demais, os outros registros mostraram-se bem inferiores ao valor máximo aceitável.

Do mesmo modo, os níveis de sobrepressão acústica (ruídos) estão dentro do permitido pela norma. Portanto, os valores não ultrapassaram os 134 dB.

#### **4.4 Estudo do solo**

Foram realizados três pontos de sondagem na área de investigação, conforme ANEXO Q, cujos resultados obtidos do relatório de sondagem estão apresentados no ANEXO R. Com base nestas informações, observa-se que o solo nas profundidades indicadas para execução de fundação superficial, no caso sapata isolada ou sapata corrida, é predominantemente constituído de argila arenosa, com nível de água de 1,00 m a 3,00 m de profundidade, dependendo do furo de sondagem. Quanto ao  $N_{SPT}$ , tem-se até 2 m de profundidade, um solo inadequado para o assentamento de fundação ( $N_{SPT} = 2$ ), entretanto, nos níveis mais inferiores pode ser perfeitamente possível a sua utilização para o suporte de fundações diretas, desde que, naturalmente, corretamente dimensionada, pois temos o  $N_{SPT}$  variando de 6 a 25 para um bulbo de pressão de 3 metros (2 a 5 metros de profundidade).

Assim faz-se necessário, verificar o tipo de sapata (isolada ou corrida), suas dimensões e a sua profundidade de assentamento para cada uma das edificações que foram alvo de estudo deste trabalho e baseado na estimativa de carga que as sapatas estão suportando e a tensão admissível do solo na região do ponto de sondagem mais próximo, para permitir a análise se o recalque pode ser uma possível causa das aberturas de fissuras nestas edificações.

#### 4.5 Sistemas construtivos das edificações

O sistema estrutural das edificações objeto de estudo é o convencional e tradicional em estrutura de concreto armado, com paredes de vedação de tijolo cerâmico furado, conforme APENDICE IX, X, XI, XII, XIII e XIV, exceto a construção 05, que foi executada com paredes autoportantes de acordo com a figura 16 e APENDICE XV, mas utilizando tijolos cerâmicos furados não adequados para este tipo de sistema construtivo, que requer o uso de blocos cerâmico ou de concreto estruturais que tem as suas paredes com maior espessura e resistência superior aos tijolos furados de vedação.

**Figura 16** Construção 05 com paredes autoportante



Fonte: As autoras (2017)

Com base no exposto no parágrafo anterior, as fissuras observadas na construção 05, podem ter como causa inicial ou agravante, a utilização de tijolos cerâmicos vazados de vedação (assentados em pé, ou seja com largura de 9 cm), para um sistema construtivo autoportante. A fundação desta obra, segundo informações do proprietário da mesma, foi em sapata corrida. É necessário verificar a profundidade de assentamento desta fundação, pois, o solo até 2 metros de profundidade não tem resistência adequada para suporte de uma fundação. Com isto, o aparecimento de fissuras pode ter sido agravado, pois a alvenaria estrutural é muito sensível aos recalques diferenciais.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusões

A análise da intensidade sonora mostrou que todos os valores foram abaixo de 134 dB, valor máximo permitido pela NBR 9653:2005, por conseguinte, considerando a norma descarta-se a possibilidade desse fator ser causador dos demais danos.

Ao se analisar as vibrações, pode-se concluir que, com exceção de dois casos, elas respeitam as recomendações estabelecida pela NBR 9653:2005. Entretanto, estes valores que ultrapassaram os limites foram desconsiderados, pois o valor de 65,02 mm/s foi um problema operacional que obrigou a mudança do método de posicionamento da linha de fogo, ou seja, o sentido ficou desfavorável para a região das residências analisadas e o valor 16,51 mm/s foi irrelevante por estar pouco acima do valor estabelecido pela norma. E conforme realizado as medições de evolução das patologias após cada detonação, constatou que a maioria se mantiveram estáveis. Portanto, considerando este fato, não teve como comprovar que o desmonte de rochas é o causador das patologias existentes nas construções, já que se encontra de acordo com os limites estabelecidos.

Além disso, de acordo com a análise dos sistemas construtivos adotados nas construções investigadas comprovou-se que em uma delas, o uso de material inadequado para o método construtivo empregado, paredes autoportante, podendo ser a principal causa dos surgimentos de patologias em sua estrutura. Entretanto, nas demais construções, é necessário verificar a profundidade de assentamento das sapatas está em um solo de resistência adequada, pois há possibilidade de estar acontecendo recalque diferenciais, sendo a causa inicial ou agravante das patologias existentes.

Por fim, baseado nas informações da sismografia, não há possibilidade das patologias existentes serem inicialmente causadas pelas vibrações e ruídos decorrentes do desmonte de rochas. Entretanto, estes impactos podem agravar patologias já existentes. Contudo, não há como comprovar a existência de patologias nas construções, anteriormente ao início das atividades de extração do britador, em virtude da não existência de laudos de vistoria.

## **5.2 Recomendações**

Em virtude dos dados levantados por este trabalho, recomenda-se um estudo mais detalhado referente a profundidade de assentamento das fundações das construções afetadas para avaliar a influência das mesmas nas patologias encontradas nas edificações.

Recomenda-se também um estudo detalhado sobre o tipo de rocha existente no subsolo da área estudada, desde o ponto de detonação até a região das construções, para verificar a sua continuidade e a possível influência na intensidade das vibrações e nas patologias das edificações, pois, conforme observado pelos relatórios de sondagem, a mesma encontra-se a partir de uma profundidade relativamente baixa (5 metros).

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira de. *Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado*. 1999. 09p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999. Disponível em:

<[http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1999ME\\_AugustoTeixeiradeAlbuquerque.pdf](http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1999ME_AugustoTeixeiradeAlbuquerque.pdf)>. Acesso em: 05 novembro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7525. *Materiais de pedra e agregados naturais*. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9653. *Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas* - Procedimento. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122. *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. ANEPAC. Disponível em: <http://www.anepac.org.br/> Acesso em: 01 de outubro de 2017.

BACCI, Denise de La Corte. *Vibrações Geradas Pelo Uso de Explosivos no Desmonte de Rochas: Avaliação dos Parâmetros Físicos do Terreno e dos Efeitos Ambientais*. 2003.19p. Tese de Doutorado-Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2003. Disponível em:<<http://www.bv.fapesp.br/pt/publicacao/86454/vibracoes-geradas-pelo-uso-de-explosivos-no-desmonte-de-roch/>>Acesso em: 11 de novembro de 2017.

BACCI, Denise de La Corte; LANDIM, Paulo Milton Barbosa; ESTON, Sérgio Médici; IRAMINA, Wilson Siguemasa. *Principais normas e recomendações existentes para o controle de vibrações provocadas pelo uso de explosivos em áreas urbanas*. REM: R. Esc. Minas. Vol. 56 nº 2. Ouro Preto, Abril/Junho de 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672003000200012>>. Acesso em: 08 de novembro de 2017.

BACCI, Denise de La Corte; LANDIM, Paulo Milton Barbosa; ESTON, Sérgio Médici; IRAMINA, Wilson Siguemasa. *Principais normas e recomendações existentes para o controle de vibrações provocadas pelo uso de explosivos em áreas urbanas*. REM: R. Esc. Minas. Vol. 56 nº 1. Ouro Preto, Janeiro/Março de 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672003000100010>>. Acesso em: 08 de novembro de 2017.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; CARVALHO, Luis Fernando Meirelles. *Quatro edifícios, cinco locais de implantação, vinte soluções de fundações*. 1. ed. São Paulo, 2007. 154 p.

CARNEIRO, Carla Everessone; D'CLAY, Mário E. Juta; DÉCIO, Alberto T. Douve; ELTON, Francisco I. Boa; ESMERALDO, Jerson da R. A. Massaíte; YAMARA, Vanessa de Abreu. *Rochas ornamentais*. Lavra experimental. 2015. Tese – Curso de Engenharia de processamento Mineral, Instituto Superior Politécnico. 2015. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAg6OYAH/rochas-ornamentais-ispt-final>>. Acesso em: 09 de novembro de 2017.

CHIODI, Cid Filho. *Aspectos técnicos e econômicos do setor de rochas ornamentais*. CNPq/CETEM, Série Estudos e Documentos. 1995. nº 28,31-35p. Rio de Janeiro. 1995. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/280/1/sed-28.pdf>>. Acesso em: 12 de novembro de 2017.

DALLORA NETO, Caetano. *Análise das vibrações resultantes do desmonte de rocha em mineração de calcário e argilito posicionada junto à área urbana de Limeira (SP) e sua aplicação para a minimização de impactos ambientais*. 2004. 01p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2004. Cap. 1. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92818/dalloraneto\\_c\\_me\\_rcla.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92818/dalloraneto_c_me_rcla.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 07 novembro de 2017.

DJORDJEVIC, N.; KAVESTKY, A.; SCOTT, A. *Otimização de projeto de explosão para minimizar as vibrações induzidas de estruturas*. FRAGBLAST'90, Brisbane, Agosto, p. 373-380, 1990.



FERREIRA, Patrick Luiz de Castro. *Impactos ambientais e a possibilidade de implementação do sistema de gestão ambiental (NBR ISSO 14001:2004) em uma mineração de agregados*. 2013. 90p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. 2013. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-97VKA4/disserta\\_\\_o\\_patrick\\_luiz\\_de\\_castro\\_2013.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-97VKA4/disserta__o_patrick_luiz_de_castro_2013.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 05 de novembro de 2017.

FERREIRA, André Luiz Cordeiro. *Análise dos impactos de vibrações e ruídos em estruturas próximas de áreas de lavra com desmonte de rocha com explosivo*. 2012. 8p. Monografia–Universidade Federal do Pampa, Unipampa, 2012. Disponível em: <<http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/tecnologiaemmineracao/files/2016/03/TCC-Andr%C3%A92.pdf>>. Acesso em: 04 de novembro de 2017.

GERALDI, José Lúcio Pinheiro. *O ABC das escavações de rocha*. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda. 2011. 284p. Cap. 8.

JUNIOR, Clemenceau Chiabi Saliba. *Trincas nas edificações*. Obras On Line, Minas Gerais, 2006.

HACHICH, Waldemar. *Fundações- teoria e prática*. São Paulo, 1998.

MENEZES, Ricardo Galarte *Tecnologias de lavra em maciços rochosos*. Monografia (Especialização em tecnologia e valorização em rochas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

NETO, Caetano Dallora; FERREIRA, Gilda Carneiro. *Controle de Vibrações Geradas por Desmonte de Rocha com Explosivos, Estudo de Caso: Calcário Cruzeiro Limeira (SP)*. Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. Rio Claro, São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/106809>>. Acesso em: 07 novembro de 2017.

NOBEL FOUNDATION. *Nobel Prize*. 2009. Disponível em: <<http://www.nobelprize.org/>>. Acesso em: 09 setembro de 2017.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. *Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações*. 2012. 96 f. Trabalho de final de curso de especialização em Gestão em Avaliações e Perícias da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/96.pdf>>. Acesso em: 01 de novembro de 2017.

PERSSON, Per Anders; HOLMBERG, Roger; LEE, Jaimin *Rock Blasting and Explosives Engineering*. Boca Raton, Florida: CCR Press, p.531, 1994.

PINHEIRO, João Rafael. *A indústria extrativa de rochas ornamentais no Brasil*. Apostila do módulo I, do curso de especialização em rochas ornamentais. 55 p.,n/ed., CETEM/UFRJ/CETEMAG, Rio de Janeiro. 2003.

PUSSOLI, Rafael Êrico Kalluf. *Exploração mineral em áreas urbanas minimização dos efeitos de ruído e vibração*. 2015. 34p. 19p. Dissertação (Pós-graduação de desenvolvimento de tecnologia). Institutos LACTEC em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba. 2015. Disponível em: <[http://www.institutoslactec.org.br/?post\\_type=menu-capacitacao&p=5554](http://www.institutoslactec.org.br/?post_type=menu-capacitacao&p=5554)>. Acesso em: 01 de novembro de 2017.

PONTES, Júlio Cezar de. *Impactos de vizinhança proporcionados pelo desmonte de rocha com uso de explosivos: estudo de caso na “mineração Dantas Gurgel & Cia LTDA”, Caiocó - RN*. 2013. 86p. Tese de Doutorado em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2013. Disponível em:

<[www.recursosnaturais.ufcg.edu.br/pdf/82465857814b6551ea34d4f4312c2586.pdf](http://www.recursosnaturais.ufcg.edu.br/pdf/82465857814b6551ea34d4f4312c2586.pdf)>. Acesso em: 01 de novembro de 2017.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. *Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento*. 4. ed. São Paulo, 2008.

RICARDO, Hélio. Souza; CATALANI, Guilherme. *Manual prático de escavação: terraplanagem e escavação de rocha*. 3. ed. São Paulo: Pini, 2007. 653 p.

SANTOS, Allen Macedo. *Avaliação das práticas de mineração e seus respectivos impactos socioeconômicos e ambientais no Município de Pedra Lavrada – PB*. 2014. 14p. Monografia de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.2014.

Disponível em:

<<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/7932/1/PDF%20-%20Allen%20Macedo%20Santos.pdf>>. Acesso em: 01 de novembro de 2017.

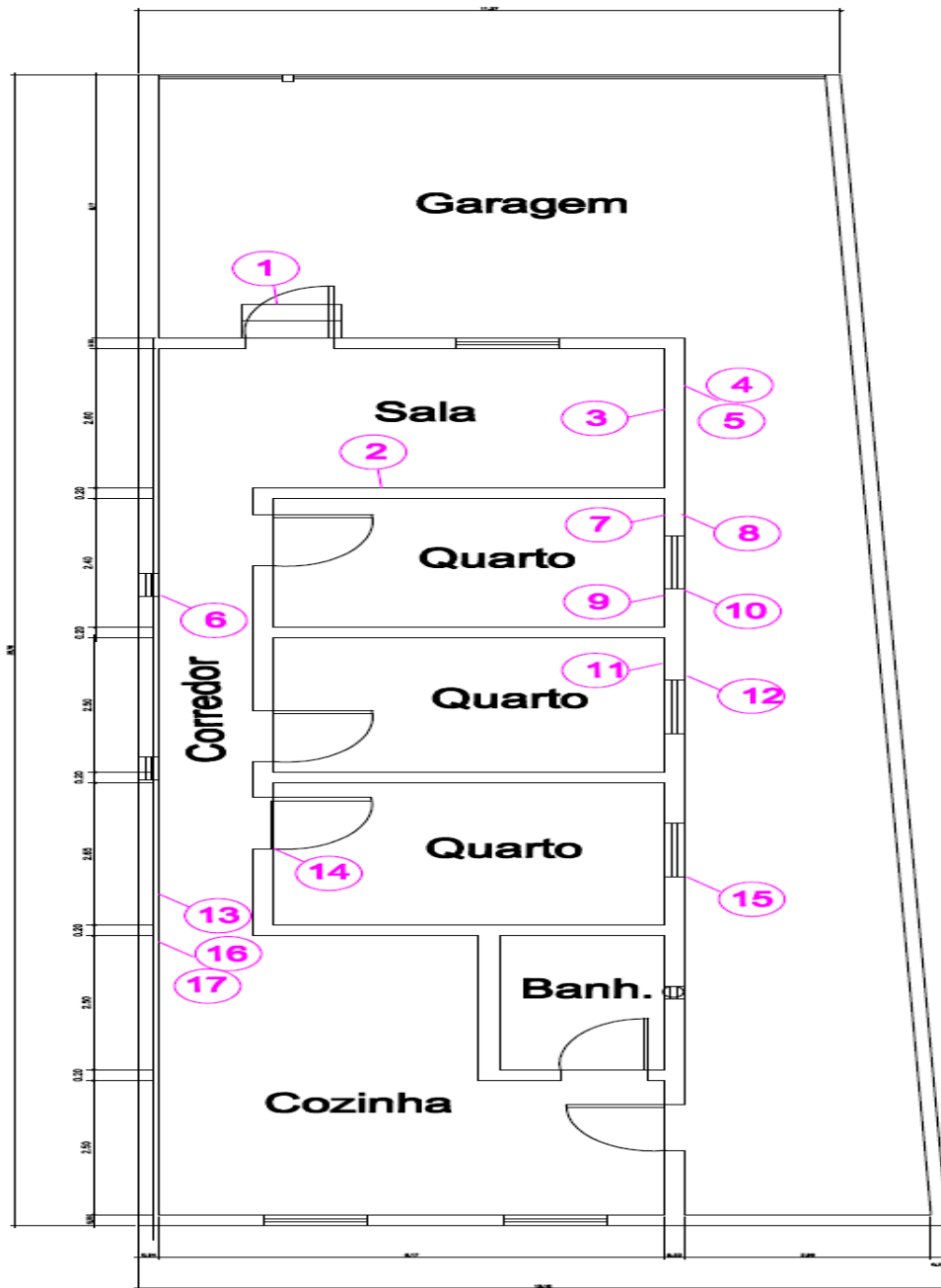
SCHIAPPA, Felipe de Azevedo. PRATÍCIO, Jorge. *Vibrações ambientes. Critérios de danos e de incomodidade*. Atualidade e perspectivas futuras. 01p.(Artigo)Lisboa, LNEC, 2001. Disponível em: <<https://blog.mettzer.com/fraude-academica-e-ilegal/>> Acesso em: 23 de junho de 2017.

SOUZA, Vicente Custódio; RIPPER, Thomaz. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. São Paulo, 1998.

SCHNAID, Fernando. *Palestra sobre Patologia das Fundações na Universidade Regional Unijui*, 2006. Com base nos dados publicados por Schnaid et al. (2005). 18 Pag.

THOMPSON, Willian. *Teoria da vibração com aplicações*. New Jersey, USA: Editora Interciência, 1978. 01p. Disponível em: <<https://docgo.org/teoria-da-vibracao-com-aplicacoes-william-t-thompson-pdf>>. Acesso em: 06 novembro de 2017.

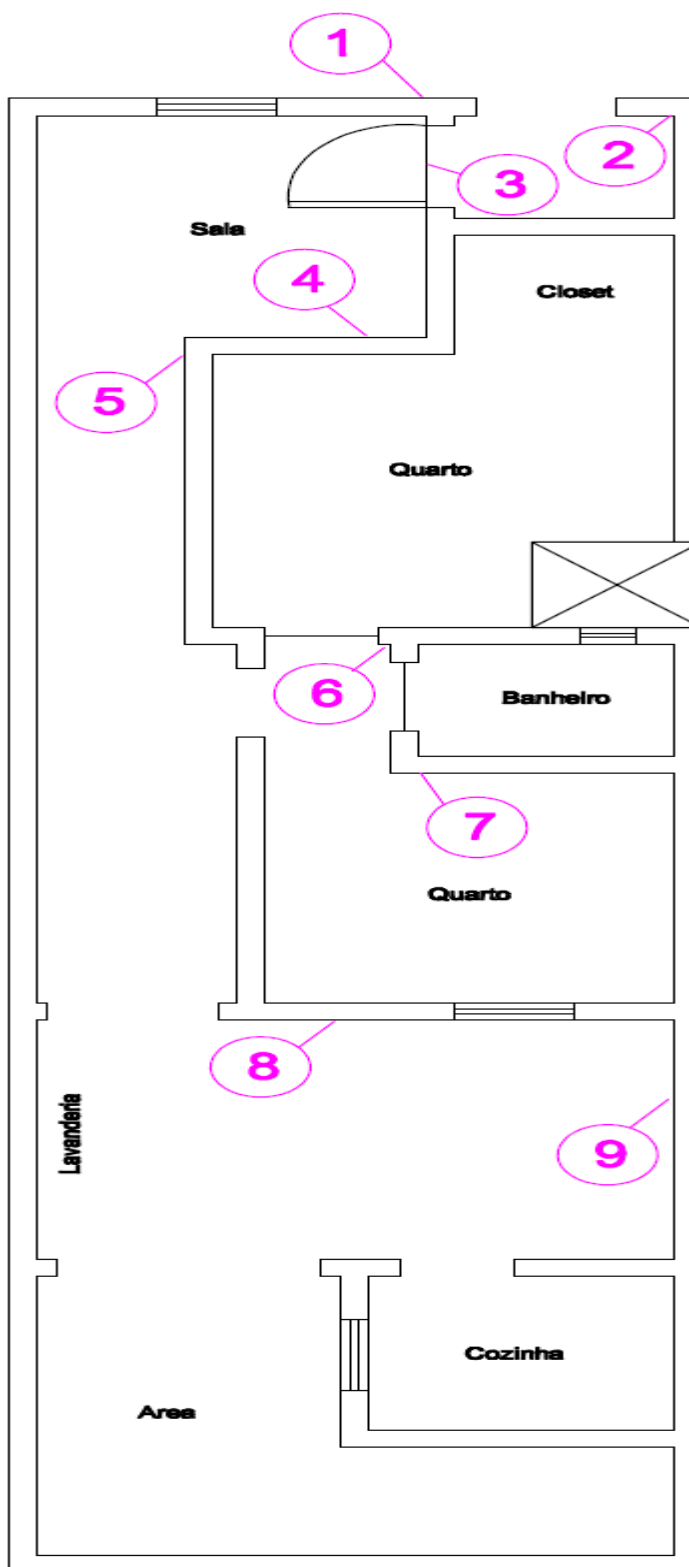
# APÊNDICE I—Localização das patologias na construção 01



Fonte: As autoras (2017)

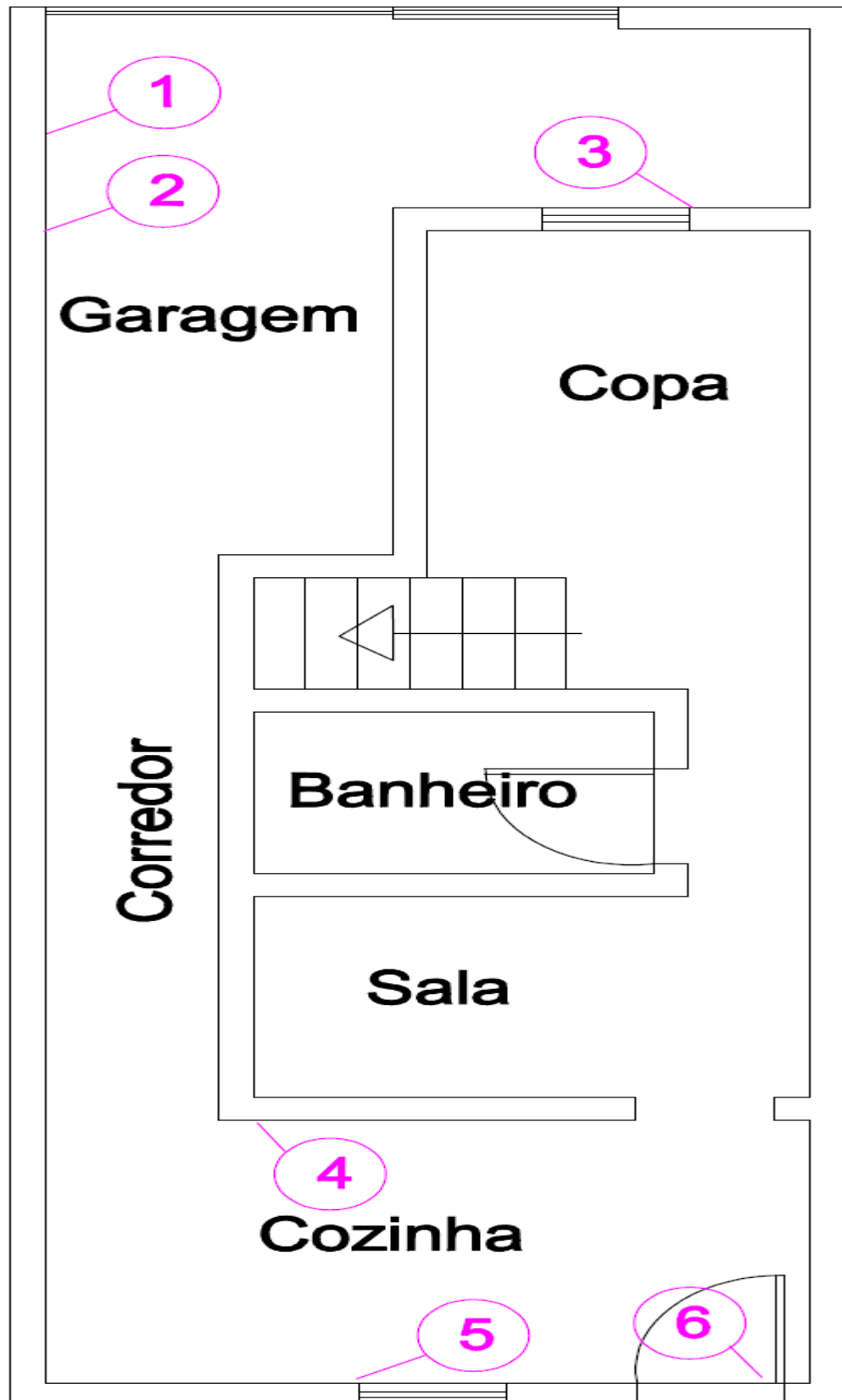


## APÊNDICE II—Localização das patologias na construção 02

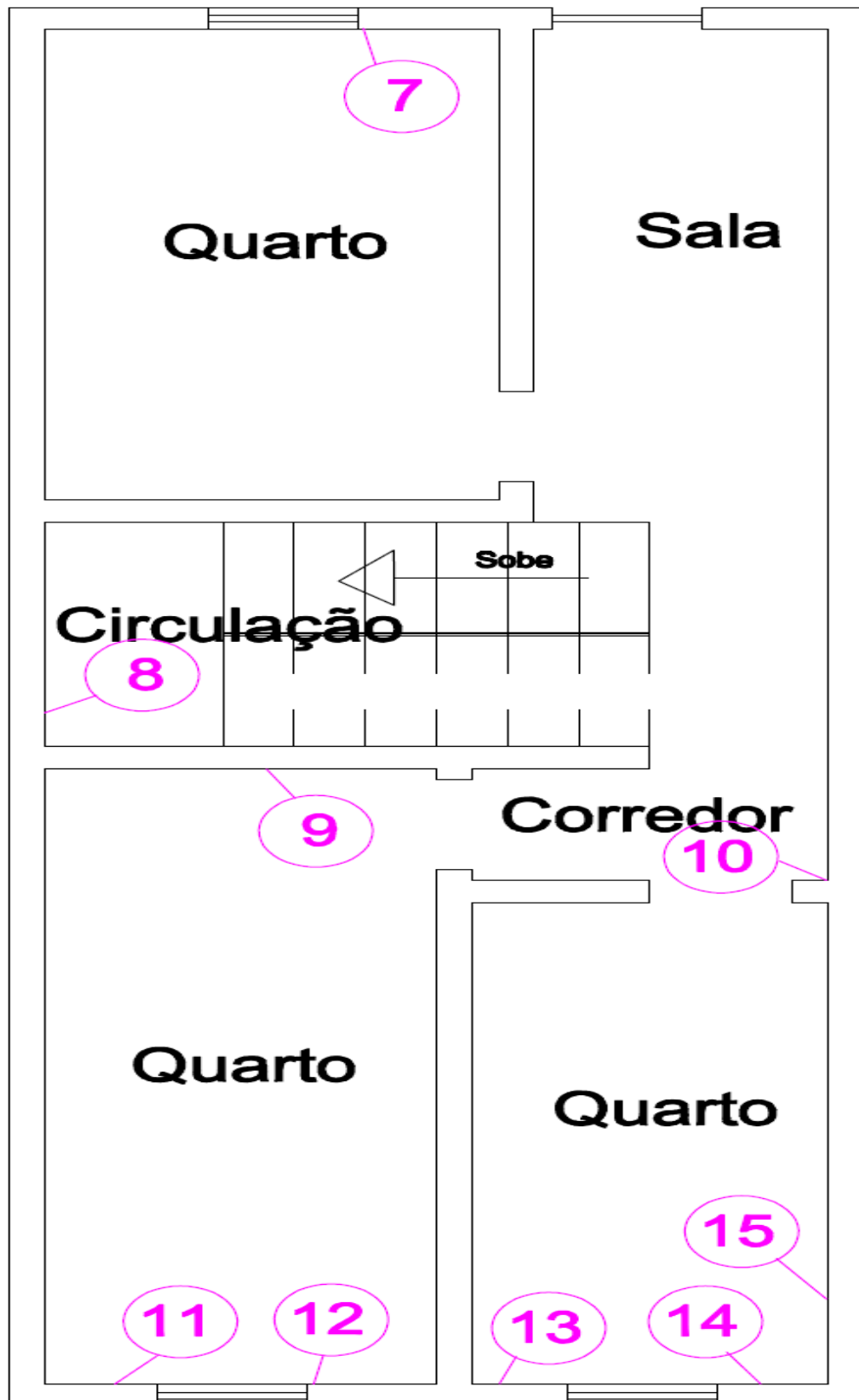


Fonte: As autoras (2017)

**APÊNDICE III–Localização das patologias na construção 03 (Térreo)**

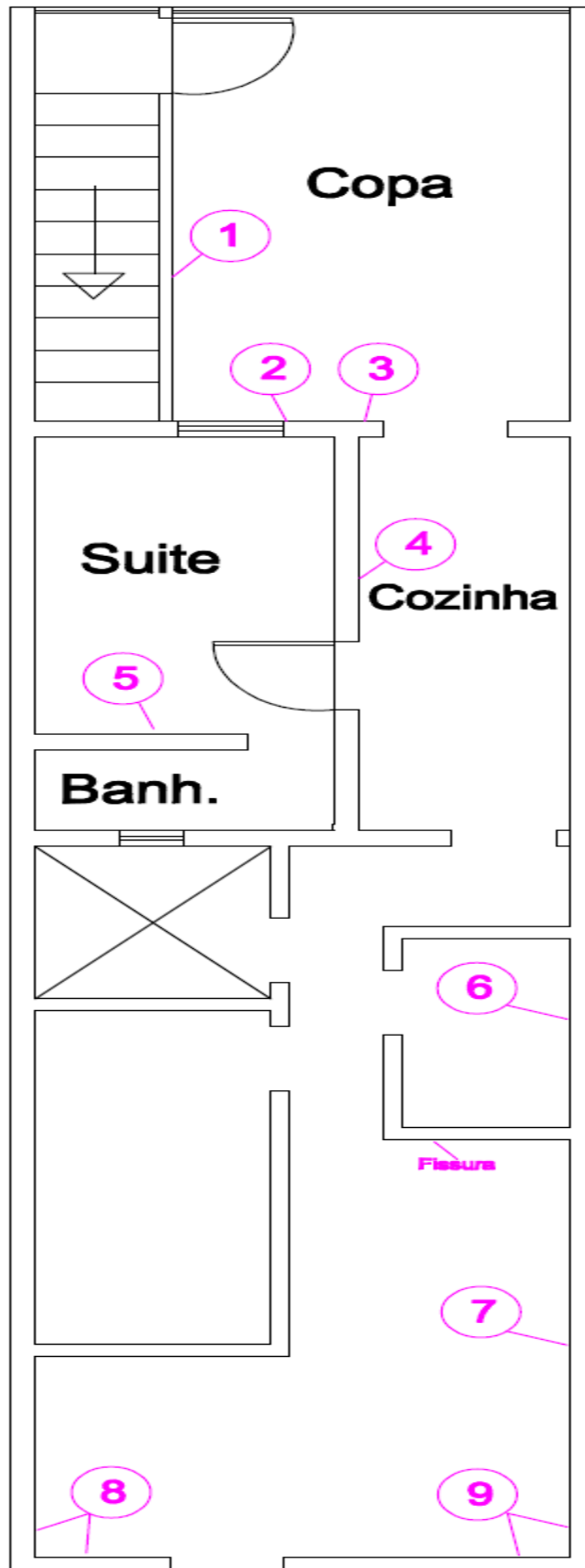


APÊNDICE IV–Localização das patologias na construção 03 (Superior)



Fonte: As autoras (2017)

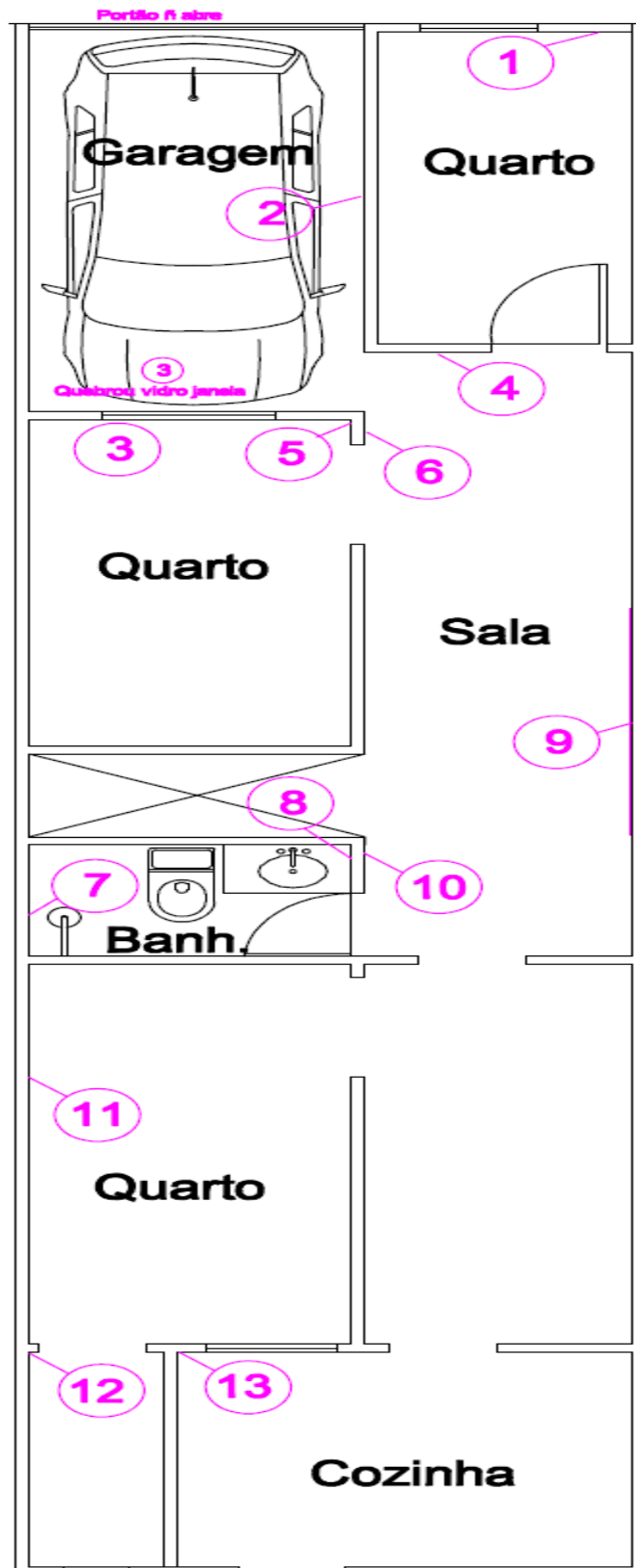
APÊNDICE V—Localização das patologias na construção 04



Fonte: As autoras (2017)

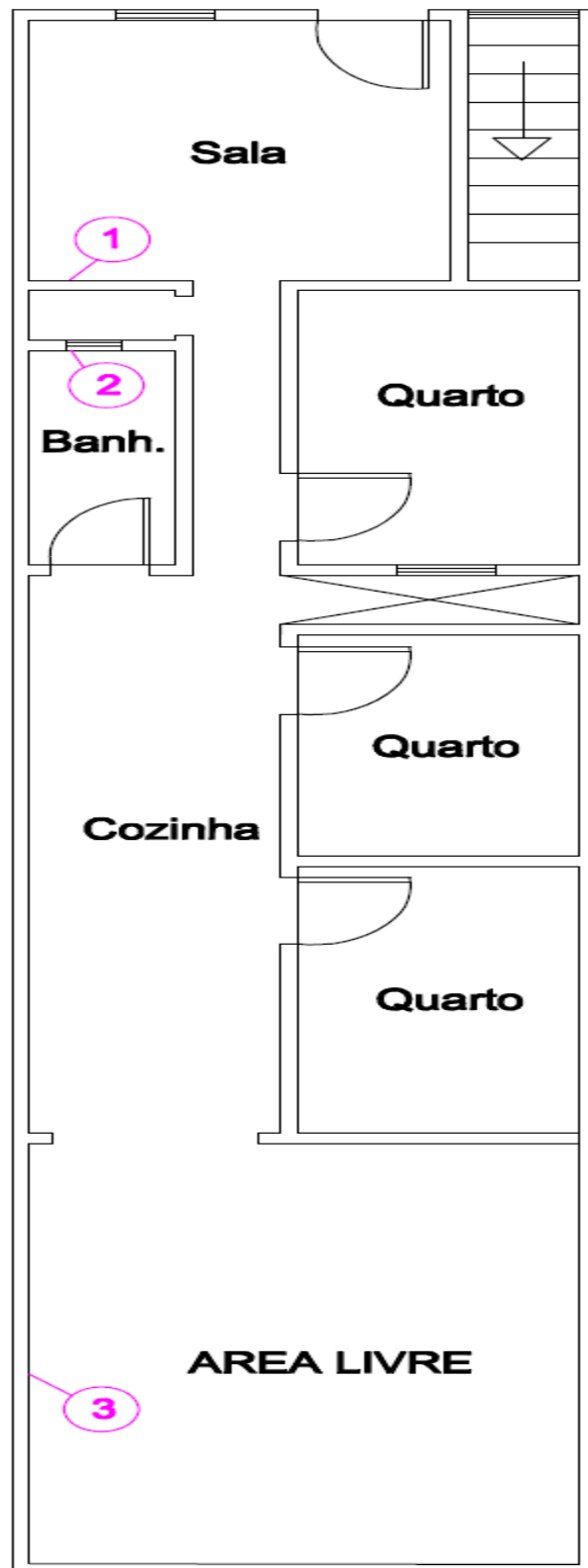


## APÊNDICE VI—Localização das patologias na construção 05



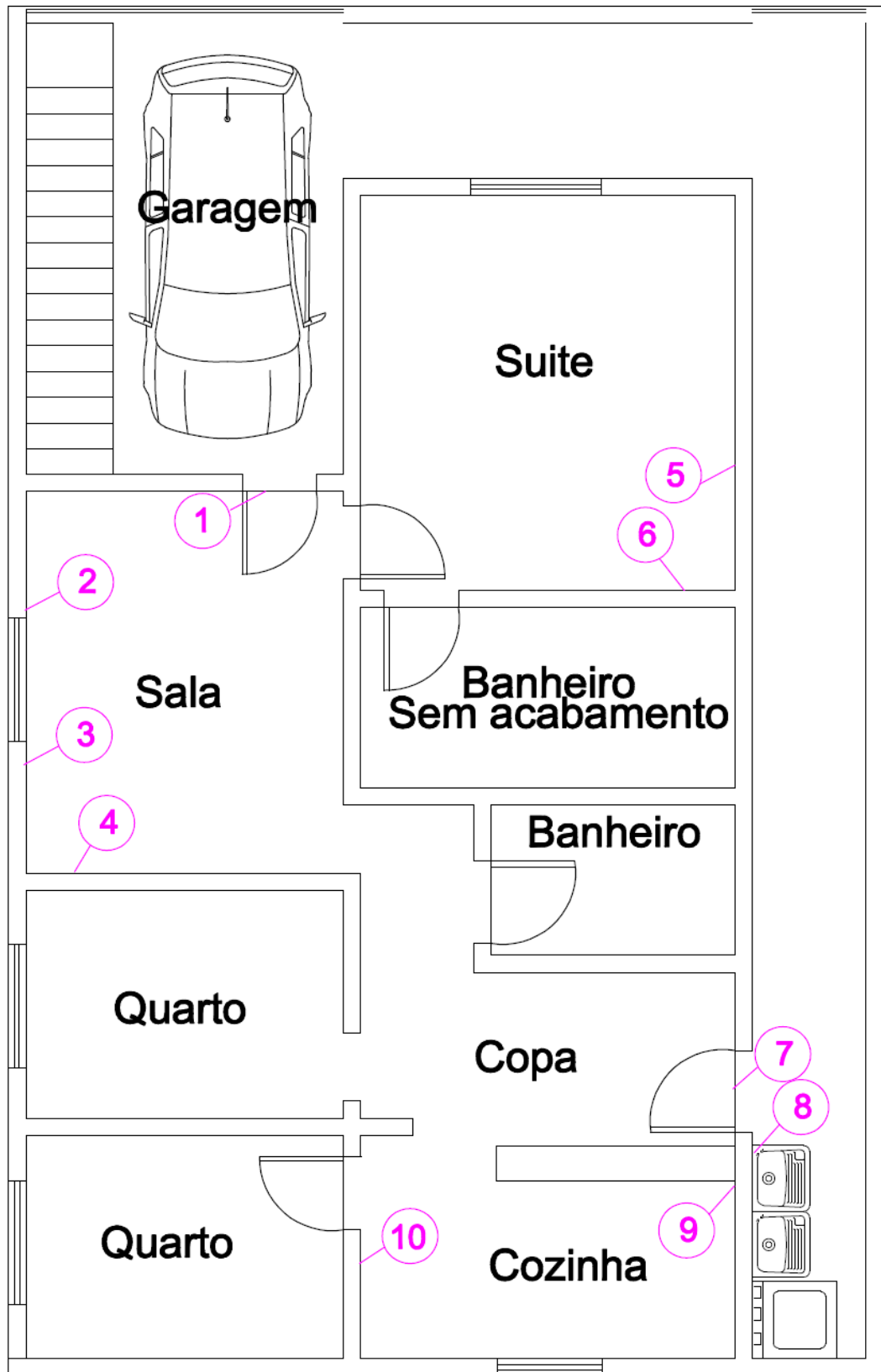
Fonte: As autoras (2017)

**APÊNDICE VII—Localização das patologias na construção 06**



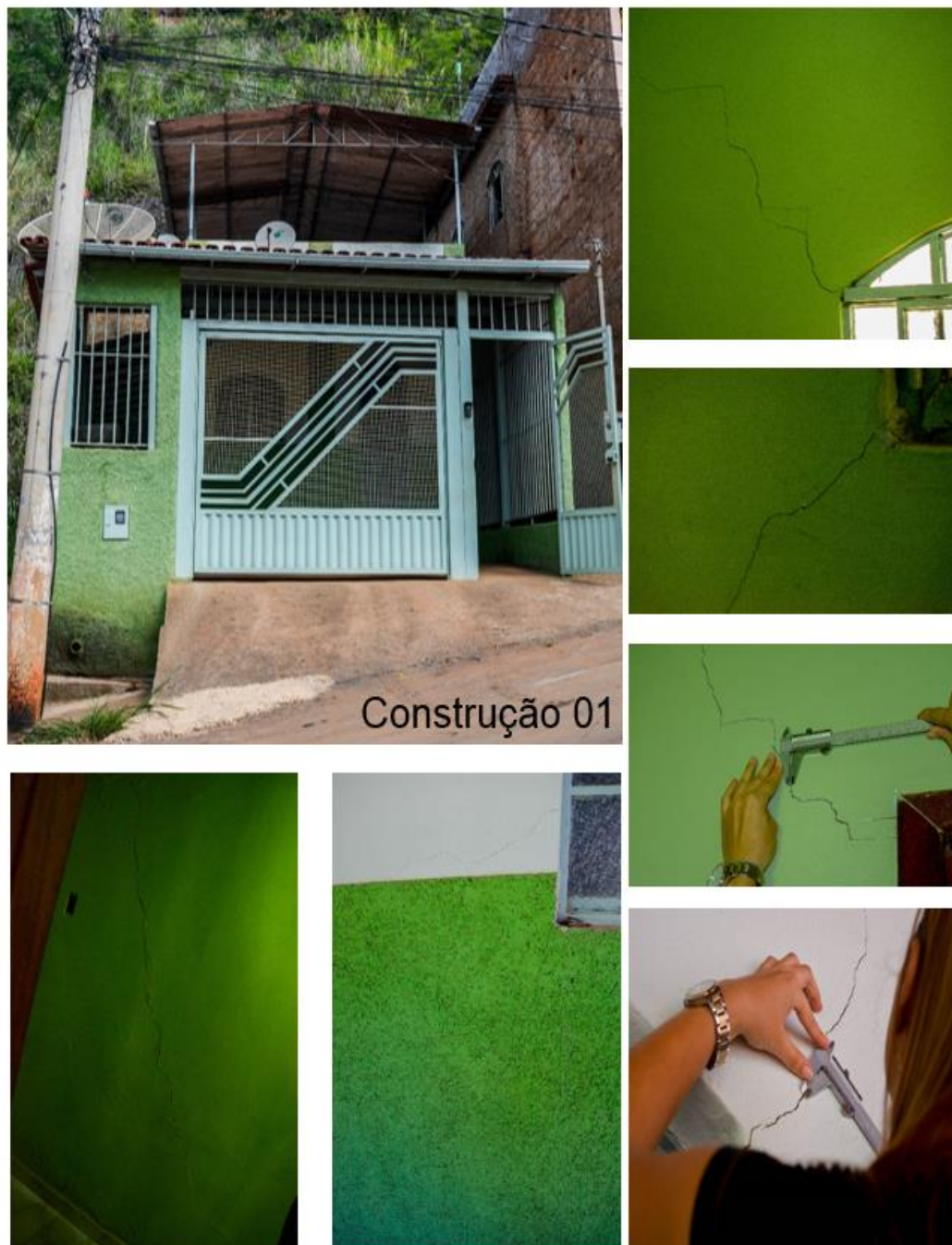
Fonte: As autoras (2017)

## APÊNDICE VIII—Localização das patologias na construção 07



Fonte: As autoras (2017)

APÊNDICE IX–Edificação convencional em estrutura de concreto armado 01



**APÊNDICE X–Edificação convencional em estrutura de concreto armado 02**



**APÊNDICE XI—Edificação convencional em estrutura de concreto armado 03**





**APÊNDICE XII—Edificação convencional em estrutura de concreto armado 04**



**APÊNDICE XIII—Edificação convencional em estrutura de concreto armado 06**





## APÊNDICE XIV–Edificação convencional em estrutura de concreto armado 07



## APÊNDICE XV—Edificação em alvenaria estrutural (autoportante)



## ANEXO A–Calibração do sismógrafo



**TECMETRO - TECNOLOGIA EM MEDIÇÕES LTDA**  
Rua Tirreno,40 - Jardim do Mar - São Bernardo do Campo - SP - CEP 09726-170  
Tel (11) 4330-5017 - e-mail: tecmetro@tecmetro.com.br - www.tecmetro.com.br  
CNPJ 67.178.988/0001-54 - Inscrição Estadual 635.190.600.119

Página

Laboratório de Medição de Vibração (LMV)

### CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

#### CLIENTE

**Nome:** Presanger Locação de Equipamentos Ltda.  
**Endereço:** Rua Manoel Gonçalves de Castro, 836 - Caratinga / MG  
**CEP:** 35.300-321

#### IDENTIFICAÇÃO DO ITEM

**Nome:** Sismógrafo  
**Fabricante:** White Industrial Seismology  
**Modelo:** MS-2G

Nº de série: 5743

**Acessórios:** Geofone nº 5743  
Microfone nº 5743

#### PROCEDIMENTO UTILIZADO

PC-014 Rev.01 Procedimento de Calibração de Sismógrafos.

A calibração é realizada por comparação com os padrões utilizados.

#### INFORMAÇÕES

**Ordem de serviço:** 23406  
**Temperatura ambiente:** (23 ± 3) °C  
**Data da calibração:** 13/09/2016  
**Data de recebimento:** 05/09/2016

*A Incerteza expandida de medição (I.M.) é declarada como incerteza padrão combinada, multiplicada pelo fator de abrangência k=2, o qual corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95 %. A incerteza expandida de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02 e norma ISO 16063-21:2003.*

1609-019

Número do certificado



REMESSP

www.remessp.org.br

## ANEXO A-Calibração do sismógrafo



**TECMETRO - TECNOLOGIA EM MEDIÇÕES LTDA**  
Rua Tirreno,40 - Jardim do Mar - São Bernardo do Campo - SP - CEP 09726-170  
Tel (11) 4330-5017 - e-mail: tecmetro@tecmetro.com.br - www.tecmetro.com.br  
CNPJ 67.178.988/0001-54 - Inscrição Estadual 635.190.600.119

Página 2 de 3

### Laboratório de Medição de Vibração (LMV)

Continuação do Certificado de Calibração nº 1609-019

#### **PADRÕES UTILIZADOS**

Acelerômetro piezoelétrico Brüel & Kjær modelo 4370 - VB-14  
Certificado: LIT/RBC nº LIT09-LIT00-CC-10191  
Validade: 28/08/2017

Amplificador de Medição Brüel & Kjær modelo 2525 / - VB-35  
Certificado: INMETRO nº DIMCI 0823/2015  
Validade: 15/05/2017

Microfone de 1" Brüel & Kjær modelo 4117 / 1" - AC-01  
Certificado: B&K/RBC nº CBR1600557  
Validade: 29/06/2018

Multímetro digital 6 ½ dígitos Hewlett Packard modelo 34401A / - EL-39  
Certificado: Keysight RBC nº 1-6319427679-1  
Validade: 13/01/2017

#### **RESULTADOS OBTIDOS**

<i>Eixo</i>	<i>I.M. (%)</i>
<i>Vertical</i>	1,20
<i>Transversal</i>	1,20
<i>Longitudinal</i>	1,20

	<i>I.M. (%)</i>
<i>Microfone</i>	2,55

São Bernardo do Campo, 13 de setembro de 2016

**Heitor Presser**  
Técnico Executante

**Ivo Sebode**  
Responsável do Laboratório



## ANEXO A-Calibração do sismógrafo



**TECMETRO - TECNOLOGIA EM MEDIÇÕES LTDA**  
Rua Tirreno,40 - Jardim do Mar - São Bernardo do Campo - SP - CEP 09726-170  
Tel (11) 4330-5017 - e-mail: tecmetro@tecmetro.com.br - www.tecmetro.com.br  
CNPJ 67.178.988/0001-54 - Inscrição Estadual 635.190.600.119

Página 3 de 3

Laboratório de Medição de Vibração (LMV)

Continuação do Certificado de Calibração nº 1609-019

Convenções:

V.C.: Valor Convencional - Média de 3 medições

V.I.: Valor Indicado - Média de 3 medições

Erro: V.I. - V.C.

Velocidade indicada: mm/s (peak)

Nível sonoro indicado: (dBL)

I.M.: Incerteza de Medição Expandida

### Geofone

<i>Eixo Vertical</i>					
V.I. (mm/s) pico	V.I. (Hz)	V.C. (mm/s) Média	Erro (%)	Repetibilidade (%)	I.M. (%)
25	15,0	24,78	0,86	0,04	1,20

<i>Eixo Transversal</i>					
V.I. (mm/s) pico	V.I. (Hz)	V.C. (mm/s) Média	Erro (%)	Repetibilidade (%)	I.M. (%)
25	15,0	24,86	0,57	0,04	1,20

<i>Eixo Longitudinal</i>					
V.I. (mm/s) pico	V.I. (Hz)	V.C. (mm/s) Média	Erro (%)	Repetibilidade (%)	I.M. (%)
25	15,0	25,29	-1,15	0,04	1,20

<i>Microfone - Nível Sonoro</i>				
V.C. (dBL)	V.C. (Hz)	V.I. (dBL)	Erro (dBL)	I.M. (%)
129,9	30,0	131,2	1,38	2,55

11

## ANEXO B-Planilha de campo da primeira etapa de monitoramento

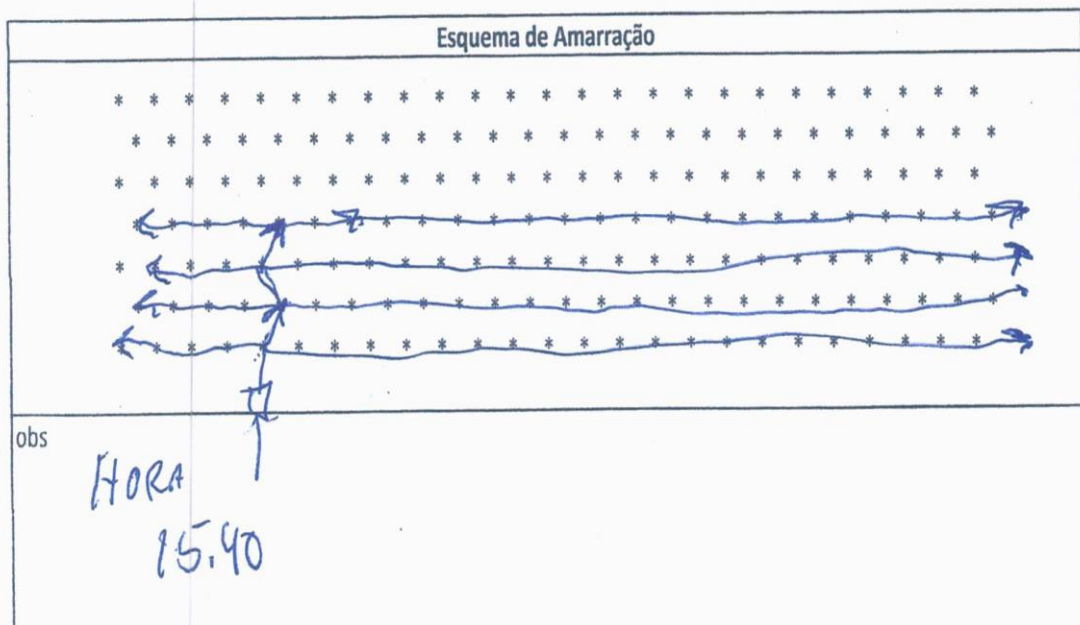
BRITADOR SÃO GERALDO	<b>Planilha de Campo Sismografia</b>	Pág.:	
		1/2	Rev.: 01
CLIENTE: Data: 08/12/16 LOCAL DO MONITORAMENTO: RUA MARIA PIMENTA N. 135			
N° SISMOGRAFO: 5743 write industrial seismology			
TIPO DE INSTALAÇÃO GEOFONE: <input type="checkbox"/> CRAVADO <input checked="" type="checkbox"/> GESSO <input type="checkbox"/> OUTROS			
Condições Atmosféricas: <input type="checkbox"/> Chuva <input type="checkbox"/> Nublado <input checked="" type="checkbox"/> Ensolarado <input checked="" type="checkbox"/> Com Vento <input type="checkbox"/> Sem Vento			
Horário de Instalação: Horário de Detonação: Horário de Retirada: 15:45 / 16:20 / 16:31			
Coord. do Monitoramento	Latitude:	-19,78203991°	
	Longitude:	-42,12469273°	
Coord. da Detonação	Latitude:	-19,781226°	
	Longitude:	-42,119863°	
Identificação da bancada: bancada 06			
N° de Furos:	114	Diâmetro de perfuração:	2" 1/2
Malha:	3,80 x 1,50	N° de Linhas:	4
Profundidade:	11,66	Sub-perfuração:	0,30m
Tamponamento:	1,50m	Inclinação do furo:	90°
Altura da Bancada: 14,20m			
Distancia Detonação x Sismógrafo:		536,21	
Explosivos: <input checked="" type="checkbox"/> Emulsão Encartuchada <input checked="" type="checkbox"/> Granulado <input type="checkbox"/> Bombeado			
Desmonte misto emulsão e granulado encartuchado			
Acessórios:			
Plano de desmonte com linha silenciosa			
QME:	5.438 Kg	Carga por furo:	29 419 Kg
Volume de Produção:	7.581	Razão de carga:	0,442 Kg/m <sup>3</sup>
Observações: monitoramento sismografico 01-02, GEOFONE CRAVADO com Gesso, local interior residência familiar			
Visto do responsável pela Conferência e Transferência de dados: MARCOS			

**ANEXO C-Planilha de plano de fogo da primeira etapa de monitoramento**

Local:	CARATINGA	MAHA 380X150
Fogo Nº:		
Material:	+ GNAISSE	Nº de Furos: 114
Inclinação de Furo:	90° VERTICAL	Profundidade Média: 11,666
Diâmetro do Furo:	+ 2 1/2"	Metros Perfurados: 13,30
Nº de Linhas:	4	Volume Real: 7,581
Banco:	04	Razão de Carga: 0,442 400 17903

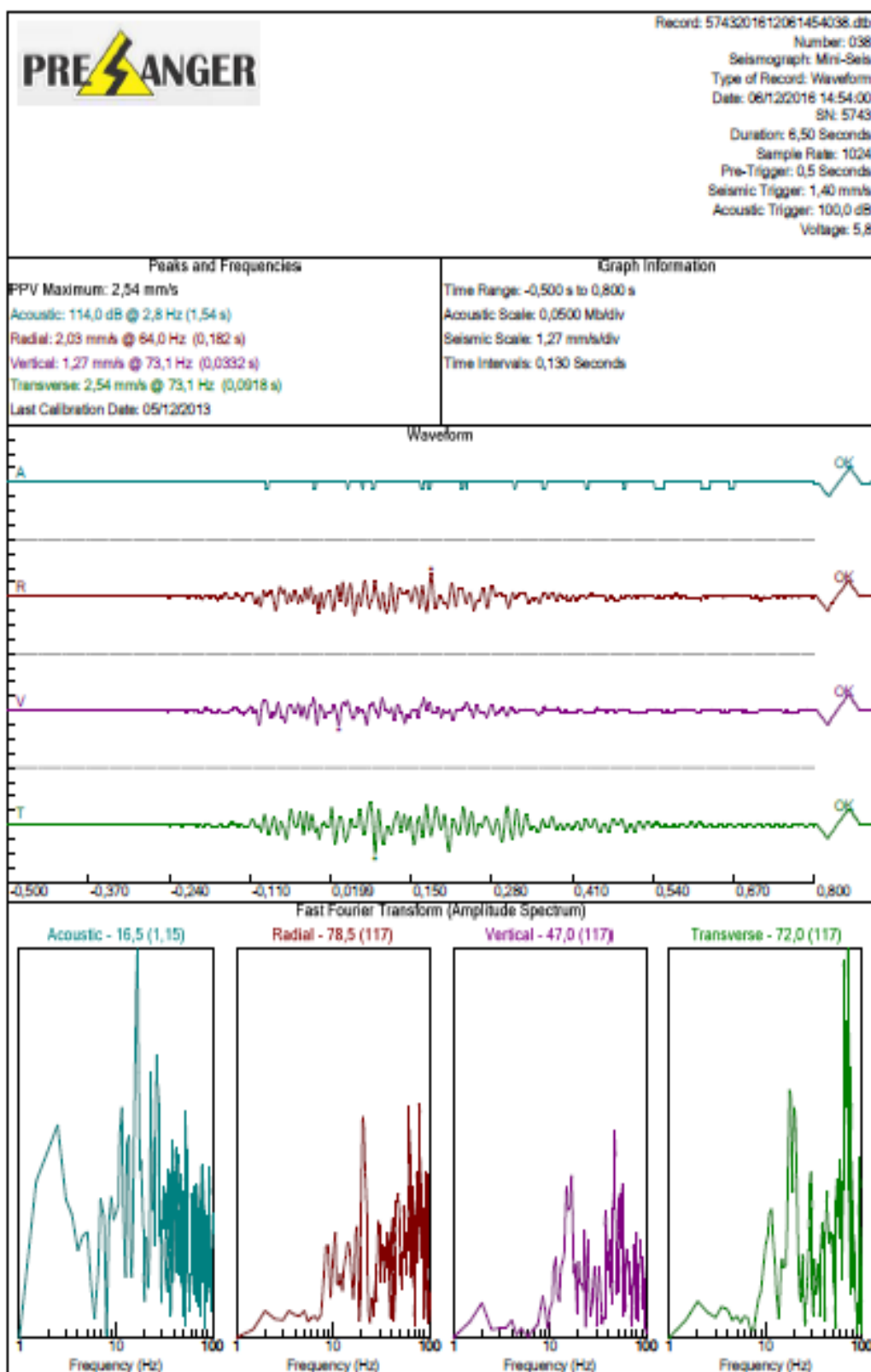
Primeira Linha		Demais Linhas:	
Tampão		Tampão: 150	
Carga de Fundo - Emulsão Alumin:		Carga de Fundo - Emulsão Alumin:	5,43859649 12 17
Carga de Coluna - Anfo		Carga de Coluna - Anfo:	18,53508 19
Reforça - Emulsão Comum		Reforçador - Emulsão comum:	5,43859649 12 17
Outros:		Outros:	
Carga por Mina:		Carga por Mina:	29 419,649 12

MATERIAL GASTO									
Granulado		Dinamite		Total	Cordel		Retardo		Est. Iniciador
Tipo	KG	Tipo	KG	KG	Tipo	M	Tipo	PÇ	PÇ
ANFO	2113	2x24	1240,84		NP 10	1285,4	250ms x 6m	106	
		EMUL AL			NP 05		275ms x 6m		02
		EMUL C					17ms x 9m	106	
total							25ms x 6m		
				3353,84			42 ms x 6m	04	





## ANEXO D—Gráfico e valores de vibração da primeira monitoração





**ANEXO E-Planilha de campo da segunda etapa de monitoramento**

BRITADOR SAO GERARDO.		<b>Planilha de Campo Sismografia</b>		Pág.:	
				1/2	Rev.: 01
CLIENTE: Data: 12/01/2016			LOCAL DO MONITORAMENTO:		RUA - MARIA RAIMUNDA SOARES PIMENTA N° 161
N° SISMOGRAFO: 5743					
TIPO DE INSTALAÇÃO GEOFONE: <input type="checkbox"/> CRAVADO <input checked="" type="checkbox"/> GESSO <input type="checkbox"/> OUTROS 1					
Condições Atmosféricas: <input type="checkbox"/> Chuva <input checked="" type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Ensolarado <input checked="" type="checkbox"/> Com Vento <input type="checkbox"/> Sem Vento					
Horário de Instalação: Horário de Detonação: Horário de Retirada: 10:00 / 10:45 / 10:55					
Coord. do Monitoramento		Latitude: -19.782070°			
		Longitude: -42.124777°			
Coord. da Detonação		Latitude: -19.784314°			
		Longitude: -42.119869°			
Identificação da bancada: 02					
N° de Furos: 83 UNID			Diâmetro de perfuração: 2"		
Malha: 3,80 x 1,50 M			N° de Linhas: 04		
Profundidade: 19,03			Sub-perfuração: 0,30 M		
Tamponamento: 1,50 metros			Inclinação do furo: 90°		
Altura da Bancada: 19,03					
Distancia Detonação x Sismógrafo:					
Explosivos: <input checked="" type="checkbox"/> Emulsão Encartuchada <input checked="" type="checkbox"/> Granulado <input type="checkbox"/> Bombeado					
Acessórios: corbel upto linha silenciosa de coluna e linha silenciosa 25 ms					
QME:		Carga por furo: 50,4849 Kg			
Volume de Produção: 9.006,00 m <sup>3</sup>		Razão de carga: 0,465 Kg/m <sup>3</sup>			
Observações: SISMOGRAFO 701, CRAVADO COM GESSO, NO INTERIOR DA RESIDÊNCIA					
Visto do responsável pela Conferência e Transferência de dados:					

## ANEXO F-Planilha de plano de fogo da segunda etapa de monitoramento

PLANO DE FOGO - PLANILHA DE CAMPO					
BRITADOR SÃO GERALDO			Data 12.01.2017		
Local:	+ CARATINGA		MA/AA 380x150		
Fogo Nº:	01				
Material:	- GNAISSE		Nº de Furos:	83	
Inclinação de Furo:	VERTICAL		Profundidade Média:	19,036.144	
Diâmetro do Furo:	+ 2 1/2"		Metros Perfurados:	1580	
Nº de Linhas:	04		Volume Real:	9,006	
Banco:	02		Razão de Carga:	0,4652453 kg/m3	

Primeira Linha		Demais Linhas:	
Tampão		Tampão:	1,50
Carga de Fundo - Emulsão Alumin:		Carga de Fundo - Emulsão Alumin:	5,9653614 kg
Carga de Coluna - Anfo		Carga de Coluna - Anfo:	38,554216 kg
Reforça - Emulsão Comum		Reforçador - Emulsão comum:	5,9653614 kg
Outros:		Outros:	
Carga por Mina:		Carga por Mina:	50,484939 kg

MATERIAL GASTO									
Granulado		Dinamite		Total	Cordel		Retardo		Est. Iniciador
Tipo	KG	Tipo	KG	KG	Tipo	M	Tipo	PÇ	PÇ
ANFO	3200	2x24	990,25	4,190,25	NP 10	(29)	250ms x 6m	103	
		EMUL AL			NP 05		275ms x 6m		02
		EMUL C					17ms x 9m	45	
total							25ms x 6m	43	
							42 ms x 6m	03	

Esquema de Amarração

obs

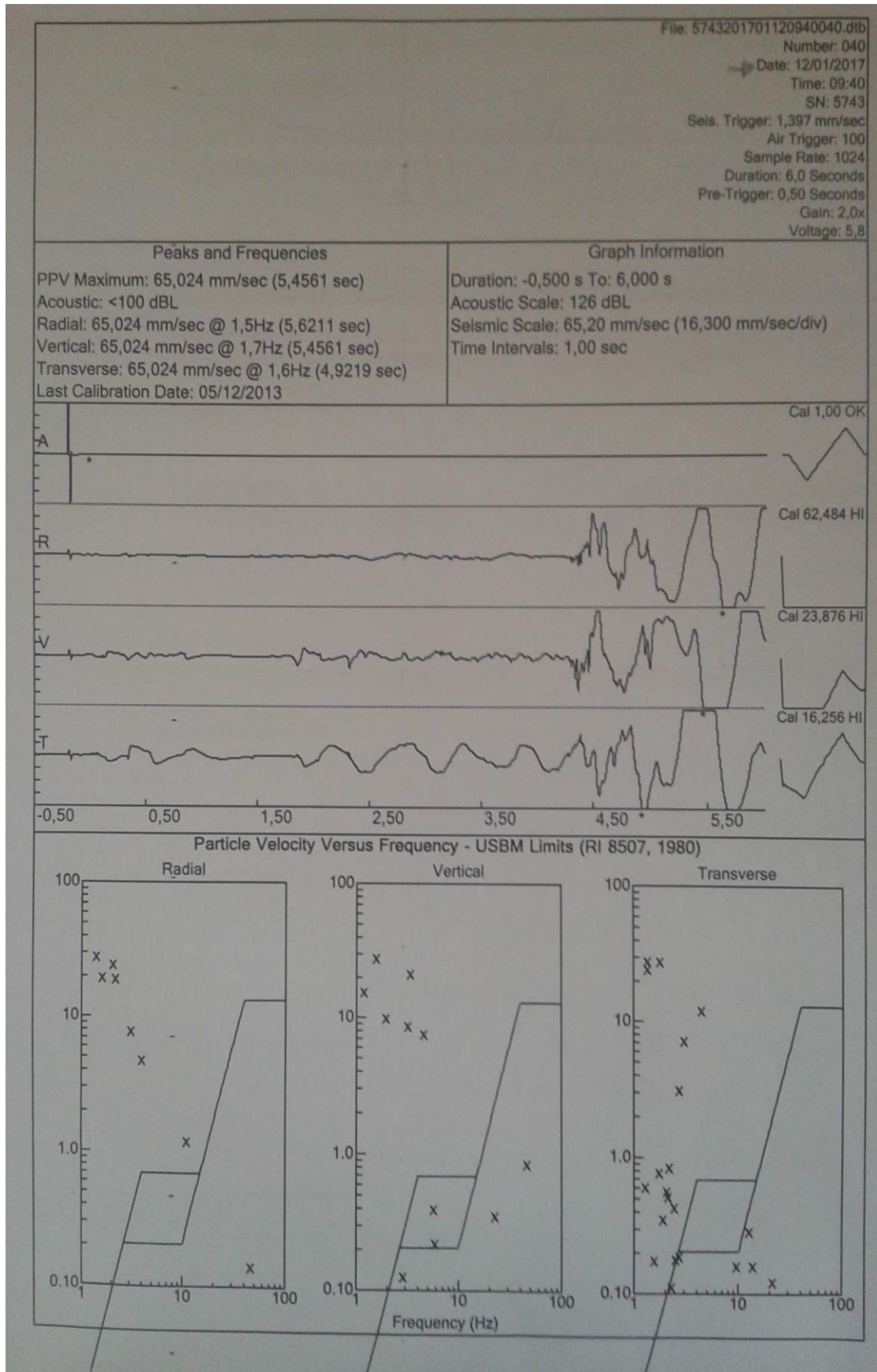
**Convenções:**  
 Minas \* Exel 17ms x 6m      Exel 42ms x 6m      Cordel detonante NP 10

RESULTADO			
Lançamento	Fragmentação	Altura de Pilha	Repé
Normal xx	Boa x	Normal x	Sim
Excesso	Ruim	Alta	Não

Observação: 1ª linha de minas com afastamento e tamponamento de 1,60 m para conter ultra lançamento.

Calculo e acompan \_\_\_\_\_ Execução

## ANEXO G-Gráfico e valores de vibração da primeira monitoração





**ANEXO H – Planilha de campo da terceira etapa de monitoramento**

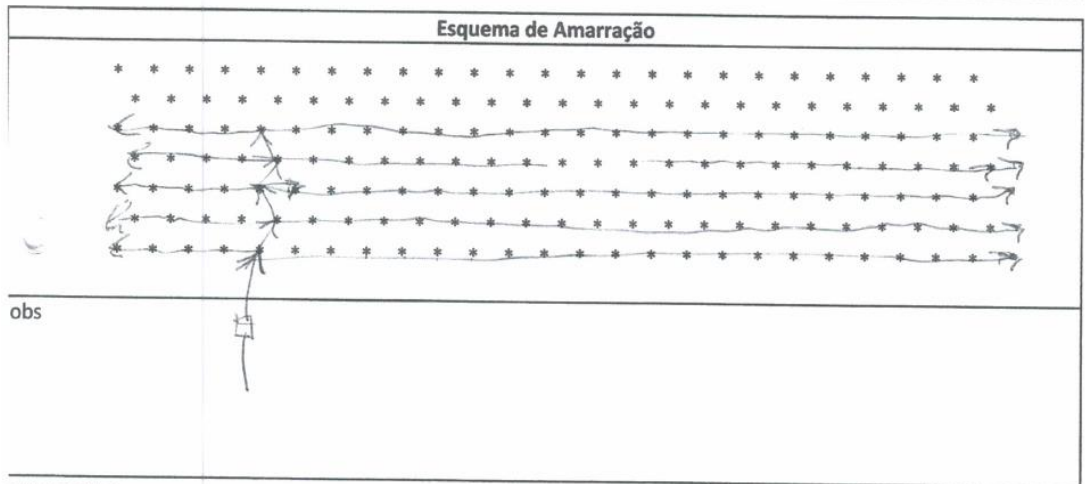
BRITADOR SAO GERASDO		<b>Planilha de Campo Sismografia</b>		Pág.:	
				1/2	Rev.: 01
CLIENTE: Data: 21/02/2019		LOCAL DO MONITORAMENTO:		RUA MARIA PIMENTA N° 161	
N° SISMOGRAFO: N° 5743 MOD MS26					
TIPO DE INSTALAÇÃO GEOFONE: <input type="checkbox"/> CRAVADO <input checked="" type="checkbox"/> GESSO <input type="checkbox"/> OUTROS 09:00 / 09:30 / 09:41					
Condições Atmosféricas: <input type="checkbox"/> Chuva <input checked="" type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Ensolarado <input checked="" type="checkbox"/> Com Vento <input type="checkbox"/> Sem Vento					
Horário de Instalação: Horário de Detonação: Horário de Retirada: _____					
Coord. do Monitoramento		Latitude: -19°46'55,30"			
		Longitude: -42°07'30,325"			
Coord. da Detonação		Latitude: -19°46'53,33			
		Longitude: -42°07'11,71			
Identificação da bancada: 02					
N° de Furos: 158		Diâmetro de perfuração: 2 polegadas			
Malha: 3,0 x 1,50		N° de Linhas: 3			
Profundidade: 6,32		Sub-perfuração: 0,50M			
Tamponamento: 1,50		Inclinação do furo: 90° graus			
Altura da Bancada: 6,32					
Distancia Detonação x Sismógrafo: 538,42 metros					
Explosivos: <input checked="" type="checkbox"/> Emulsão Encartuchada <input checked="" type="checkbox"/> Granulado <input type="checkbox"/> Bombeado					
Acessórios: lenha silenciosa, peças de Retardo 250 ms, 17 ms, 42 ms,					
QME: 13,501 kg		Carga por furo: 13,501 kg			
Volume de Produção: 6.320,26 m <sup>3</sup>		Razão de carga: 0,374 kg/m <sup>3</sup>			
Observações: MONITORAMENTO SISMOGRAFICO SEM A medicção de ruído.					
Visto do responsável pela Conferência e Transferência de dados: <i>[Assinatura]</i>					

**ANEXO I –Planilha de plano de fogo da terceira etapa de monitoramento**

PLANO DE FOGO - PLANILHA DE CAMPO <i>Katonagão (192)</i>			
BRITADOR SÃO GERALDO		Data <i>21.02.2017</i>	
Local:	CARATINGA		
Fogo Nº:	<i>2</i>	<i>MATINA 380x150</i>	
Material:	<i>+</i> GNAISSE	Nº de Furos:	<i>158</i>
Inclinação de Furo:	<i>0°</i> VERTICAL	Profundidade Média:	<i>6,320 26</i>
Diâmetro do Furo:	<i>+</i> 2 1/2"	Metros Perfurados:	<i>967</i>
Nº de Linhas:		Volume Real:	<i>5,511,9</i>
Banco:	<i>02</i>	Razão de Carga:	<i>0,374,76478 Kg/m³</i>

Primeira Linha		Demais Linhas:	
Tampão		Tampão:	
Carga de Fundo - Emulsão Alumin:		Carga de Fundo - Emulsão <del>Alumin</del> <i>Alumina</i> :	<i>2,1764705 kg</i>
Carga de Coluna - Anfo		Carga de Coluna - Anfo:	<i>9,1437408 kg</i>
Reforça - Emulsão Comum		Reforçador - Emulsão comum:	<i>2,1764705 kg</i>
Outros:		Outros:	
Carga por Mina:		Carga por Mina:	<i>13,501084 kg</i>

MATERIAL GASTO									
Granulado		Dinamite		Total	Cordel		Retardo		Est. Iniciador
Tipo	KG	Tipo	KG	KG	Tipo	M	Tipo	PÇ	PÇ
ANFO	<i>1399</i>	<i>EMUL AL</i>	<i>668,34</i>		NP 10	<i>741</i>	250ms x 6m	<i>153</i>	
		EMUL C			NP 05		275ms x 6m		<i>02</i>
							17ms x 9m	<i>70</i>	
total				<i>2065,86</i>			25ms x 6m		
							42 ms x 6m	<i>03</i>	



**Convenções:**

Minas \* Exel 17ms x 6m Exel 42ms x 6m Cordel detonante NP 10

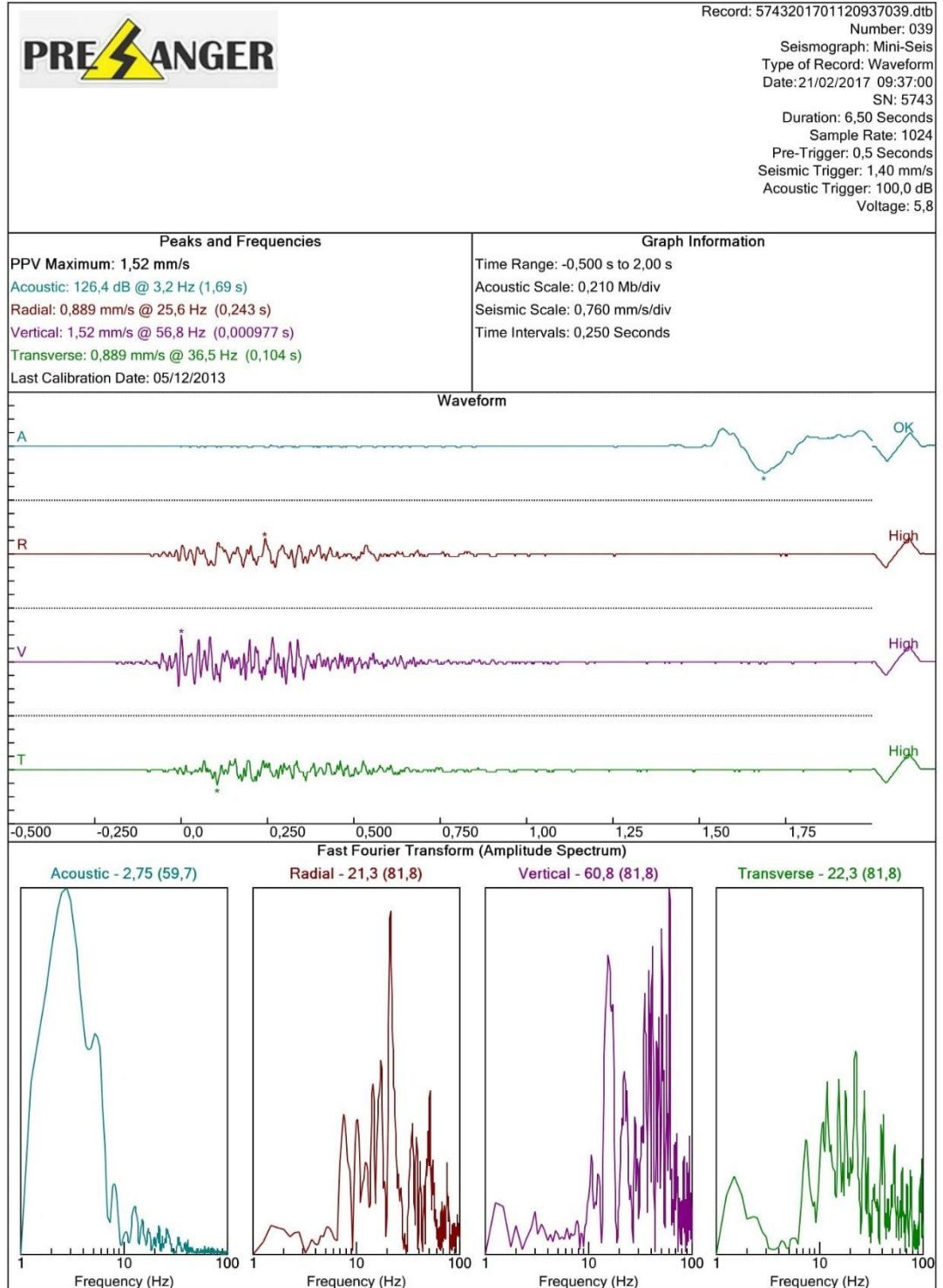
RESULTADO			
Lançamento	Fragmentação	Altura de Pilha	Repé
Normal xx	Boa x	Normal x	Sim
Excesso	Ruim	Alta	Não

Observação: 1ª linha de minas com afastamento e tamponamento de 1,60 m para conter ultra lançamento.

Calculo e acompan *Luiz Idalberto de Jesus*  
*CREA 32365 TD/AC*

Execução *Wilton José Ferreira*

## ANEXO J-Gráfico e valores de vibração da terceira monitoração





**ANEXO K-Planilha de campo da quarta etapa de monitoramento**

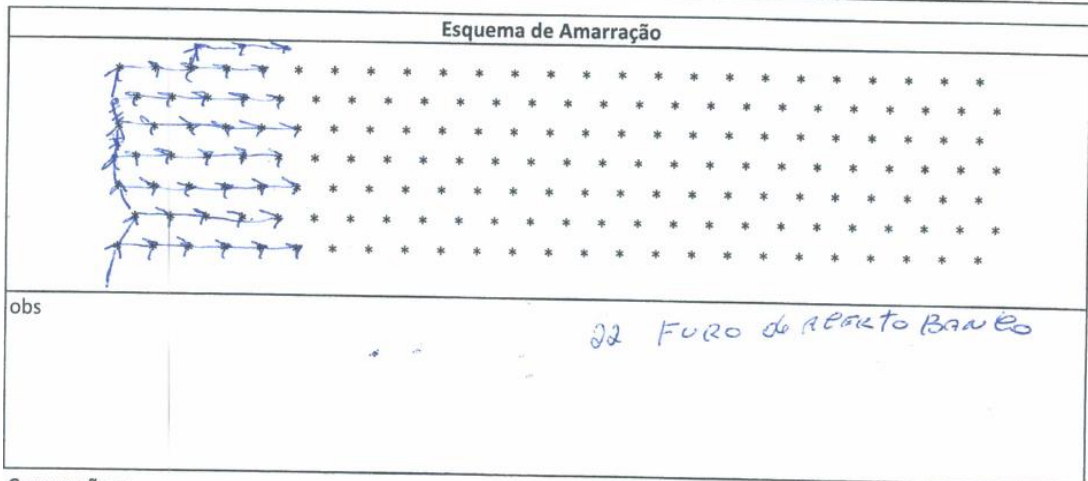
BRETADOR SAO GEORGI		Planilha de Campo Sismografia		Pág.:	
				1/2	Rev.: 01
CLIENTE: Data: 03.05.17		LOCAL DO MONITORAMENTO: RUA MARIA DA MOURA SOARES PIMENTA N. 265			
N° SISMOGRAFO: 5793 M-2G		TIPO DE INSTALAÇÃO GEOFONE: <input checked="" type="checkbox"/> CRAVADO <input type="checkbox"/> GESSO <input type="checkbox"/> OUTROS		9:31 / 9:34 / 9:36	
Condições Atmosféricas: <input type="checkbox"/> Chuva <input checked="" type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Ensolarado <input checked="" type="checkbox"/> Com Vento <input type="checkbox"/> Sem Vento					
Horário de Instalação: Horário de Detonação: Horário de Retirada: _____					
Coord. do Monitoramento	Latitude:	-19°46'54,76"			
	Longitude:	-42°07'29,83"			
Coord. da Detonação	Latitude:	-19°46'51,91"			
	Longitude:	-42°07'22,68"			
Identificação da bancada: 02					
N° de Furos: 40		Diâmetro de perfuração: 2 1/2"			
Malha: 4,00 x 1,50 m		N° de Linhas: 7			
Profundidade: 20,05 m		Sub-perfuração: 0,40 m			
Tampomamento: 1,50 m		Inclinação do furo: 90°			
Altura da Bancada: 20,05 m					
Distancia Detonação x Sismógrafo: 508,93 metros.					
Explosivos: <input checked="" type="checkbox"/> Emulsão Encartuchada <input checked="" type="checkbox"/> Granulado <input type="checkbox"/> Bombeado					
EMULSÃO encartuchada como carga de fundo, e GRANULADO encartuchado					
Acessórios:					
Carga silenciosa 250us = 60 unid, 17ms = 56 unid, 42 ms = 03 unid					
QME: 46,440 kg		Carga por furo: 46,440 kg			
Volume de Produção: 4,812 m <sup>3</sup>		Razão de carga: 0,386 kg/m <sup>3</sup>			
Observações:					
Detonação de teste com 22 minas					
Visto do responsável pela Conferência e Transferência de dados: Marcos Vinícius M.					

**ANEXO L-Planilha de plano de fogo da quarta etapa de monitoramento**

PLANO DE FOGO - PLANILHA DE CAMPO			
BRITADOR SÃO GERALDO		Data 08.05.2017	
Local:	CARATINGA	MALHA 400 X 150	
Fogo Nº:			
Material:	GNAISSE	Nº de Furos:	40
Inclinação de Furo:	0 VERTICAL	Profundidade Média:	20,05
Diâmetro do Furo:	+ 2 1/2"	Metros Perfurados:	302
Nº de Linhas:	7	Volume Real:	4,812
Banco:	02	Razão de Carga:	0,3860371 kg/m <sup>3</sup>

Primeira Linha		Demais Linhas:	
Tampão		Tampão:	150
Carga de Fundo - Emulsão Alumin:		Carga de Fundo - Emulsão Alumin:	7,95138756
Carga de Coluna - Anfo		Carga de Coluna - Anfo:	30,53756
Reforça - Emulsão Comum		Reforçador - Emulsão comum:	7,95138756
Outros:		Outros:	
Carga por Mina:		Carga por Mina:	46,440272

MATERIAL GASTO									
Granulado		Dinamite		Total	Cordel		Retardo		Est. Iniciador
Tipo	KG	Tipo	KG	KG	Tipo	M	Tipo	PÇ	PÇ
ANFO	1221,5	2x24	636,1115	1857,61	NP 10		250ms x 6m	62	
		EMUL AL			NP 05		275ms x 6m		02
		EMUL C					17ms x 9m	56	
total							25ms x 6m		
							42 ms x 6m	03	



**Convenções:**

Minas \* Exel 17ms x 6m Exel 42ms x 6m Cordel detonante NP 10

RESULTADO			
Lançamento	Fragmentação	Altura de Pilha	Repé
Normal xx	Boa x	Normal x	Sim
Excesso	Ruim	Alta	Não

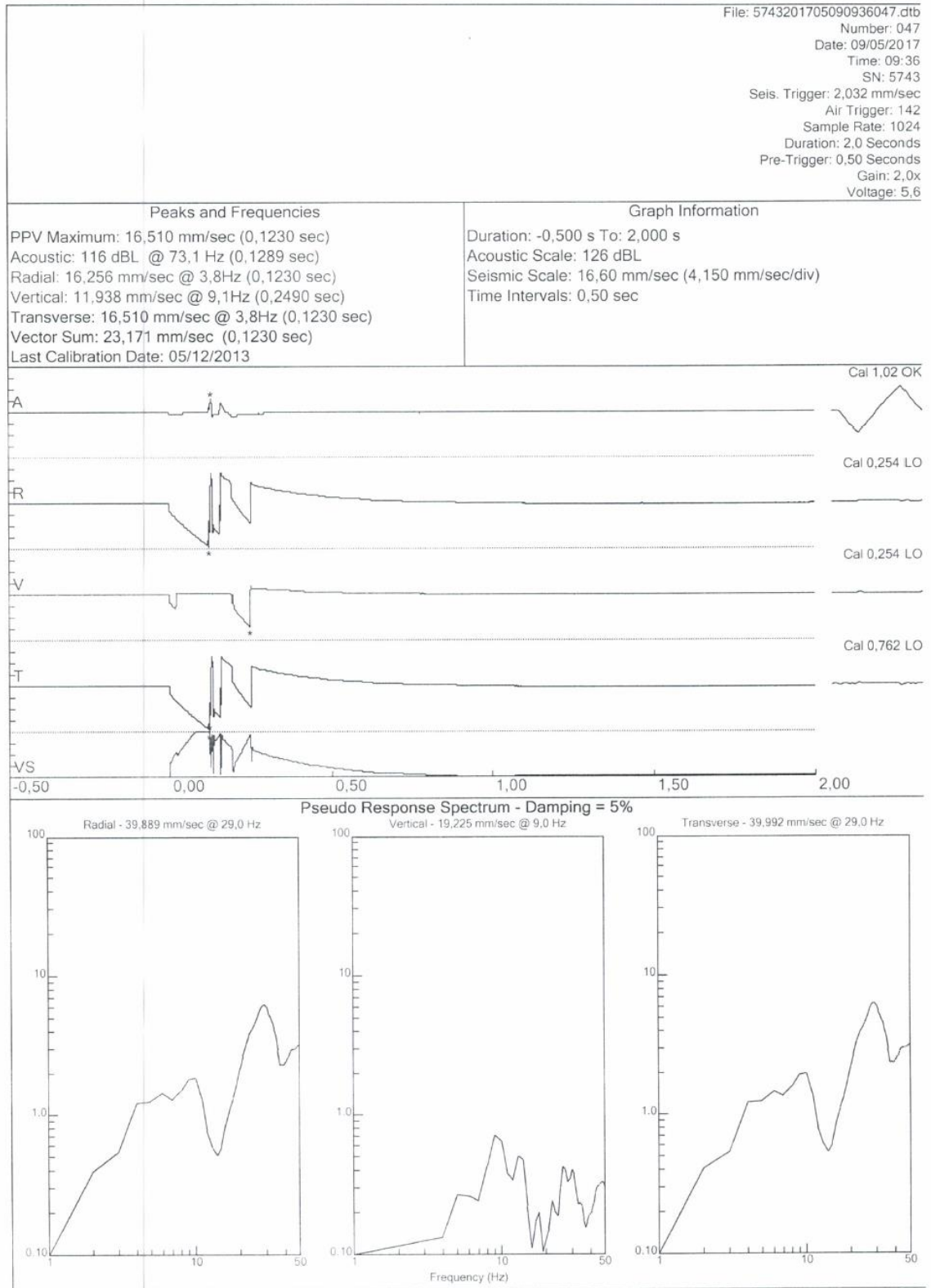
Observação: 1ª linha de minas com afastamento e tamponamento de 1,60 m para conter ultra lançamento.

Calculo e acompan -----

Execução *Calculo* -----



## ANEXO M-Gráfico e valores de vibração da quarta monitoração



**ANEXO N-Planilha de campo da quinta etapa de monitoramento**

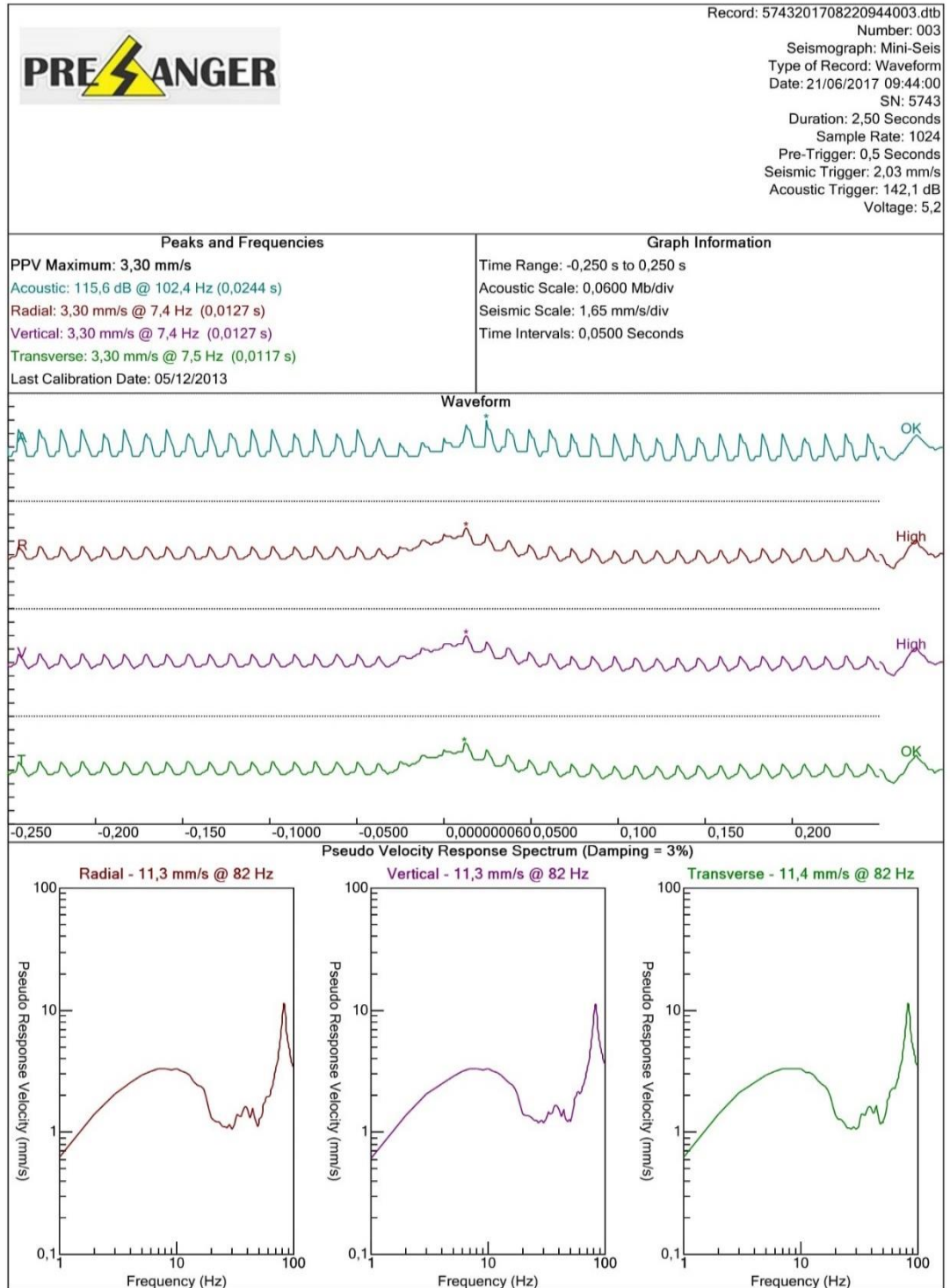
BRITADOR SÃO GERALDO.		Planilha de Campo Sismografia		Pág.:	
				1/2	Rev.: 01
21/06/17		CLIENTE: Data: <del>19/06/17</del>		LOCAL DO MONITORAMENTO: RUA MARIA RAMUNDA SOARES PIMENTA	
N° SISMOGRAFO: M2G-5743					
TIPO DE INSTALAÇÃO GEOFONE: <input checked="" type="checkbox"/> CRAVADO <input type="checkbox"/> GESSO <input type="checkbox"/> OUTROS		1055/11:01/11:04			
Condições Atmosféricas: <input type="checkbox"/> Chuva <input checked="" type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Ensolarado <input checked="" type="checkbox"/> Com Vento <input type="checkbox"/> Sem Vento					
Horário de Instalação: Horário de Detonação: Horário de Retirada: _____					
Coord. do Monitoramento		Latitude: -19°46'55,35"			
		Longitude: -42°07'29,95"			
Coord. da Detonação		Latitude			
		Longitude			
Identificação da bancada: 2					
N° de Furos: 33		Diâmetro de perfuração: 2 1/2"			
Malha: 4,00 x 1,50		N° de Linhas: 6			
Profundidade: 13,27		Sub-perfuração: 0,60M			
Tampamentos: 1,50 Metros.		Inclinação do furo: 90°			
Altura da Bancada: 13,27					
Distância Detonação x Sismógrafo:					
Explosivos: <input checked="" type="checkbox"/> Emulsão Encartuchada <input checked="" type="checkbox"/> G anulado <input type="checkbox"/> Bombeado					
Acessórios: Linha silenciosa 250ms 47 peças, 17ms 33 peças, 9ms 12 peças, 42ms 3 peças					
QME: 46,23 Kg		Carga por furo: 46,23 Kg			
Volume de Produção: 3,613 m³		Razão de carga: 0,422 Kg/m³			
Observação: Desmonte em bancada, e Repé 12 furos 4,63 Kg por MUA					
Visto do responsável pela Conferência e Transferência de dados: Marcos Vinícius M.					

## ANEXO O-Planilha de plano de fogo da quinta etapa de monitoramento

PLANO DE FOGO - PLANILHA DE CAMPO									
BRITADOR SÃO GERALDO					Data <u>21.06.2017</u>				
Local:	CARATINGA								
Fogo Nº:	<u>M/ha 400 x 150</u>								
Material:	GNAISSE				Nº de Furos:	33			
Inclinação de Furo:	<u>0</u>	VERTICAL			Profundidade Média:	18,27			
Diâmetro do Furo:	<u>+</u>	2 1/2"			Metros Perfurados:	603			
Nº de Linhas:	6				Volume Real:	3,618			
Banco:	2				Razão de Carga:	<u>0,42227114 Kg/m<sup>3</sup></u>			
Primeira Linha					Demais Linhas:				
Tampão					Tampão: <u>1,50</u>				
Carga de Fundo - Emulsão Alumin:					Carga de Fundo - Emulsão Alumin: <u>12.962,939 Kg</u>				
Carga de Coluna - Anfo					Carga de Coluna - Anfo: <u>33.333 Kg</u>				
Reforça - Emulsão Comum					Reforçador - Emulsão comum: <u>12.962,939 Kg</u>				
Outros:					Outros:				
Carga por Mina:					Carga por Mina: <u>46.296,272 Kg</u>				
MATERIAL GASTO									
Granulado		Dinamite		Total	Cordel		Retardo		Est. Iniciador
Tipo	KG	Tipo	KG	KG	Tipo	M	Tipo	PC	PC
ANFO	<u>1100</u>	<u>2x24</u>	<u>427,777</u>		NP 10	<u>490</u>	250ms x 6m	<u>47</u>	
		EMUL AL		<u>1527,777</u>	NP 05		275ms x 6m		<u>02</u>
		EMUL C					17ms x 9m	<u>39</u>	
total							<u>09ms x 6m 9m</u>	<u>12</u>	
							42 ms x 6m	<u>03</u>	
OBS <u>4.68 Kilo Gramas NORÉPE</u> Esquema de Amarração									
obs <u>1x24, 4,68 kg</u>									
LEGEN <u>042 e 43 ms O</u> <u>09 ms □</u> <u>17 ms X</u>									
Convenções: Minas *    Exel 17ms x 6m    Exel 42ms x 6m    Cordel detonante NP 10									
RESULTADO									
Lançamento	Fragmentação	Altura de Pilha	Repé						
Normal xx	Boa x	Normal x	Sim						
Excesso	Ruim	Alta	Não						
Observação: 1ª linha de minas com afastamento e tamponamento de 1,60 m para conter ultra lançamento.									
Calculo e acompan					Execução <u>Calculo</u>				



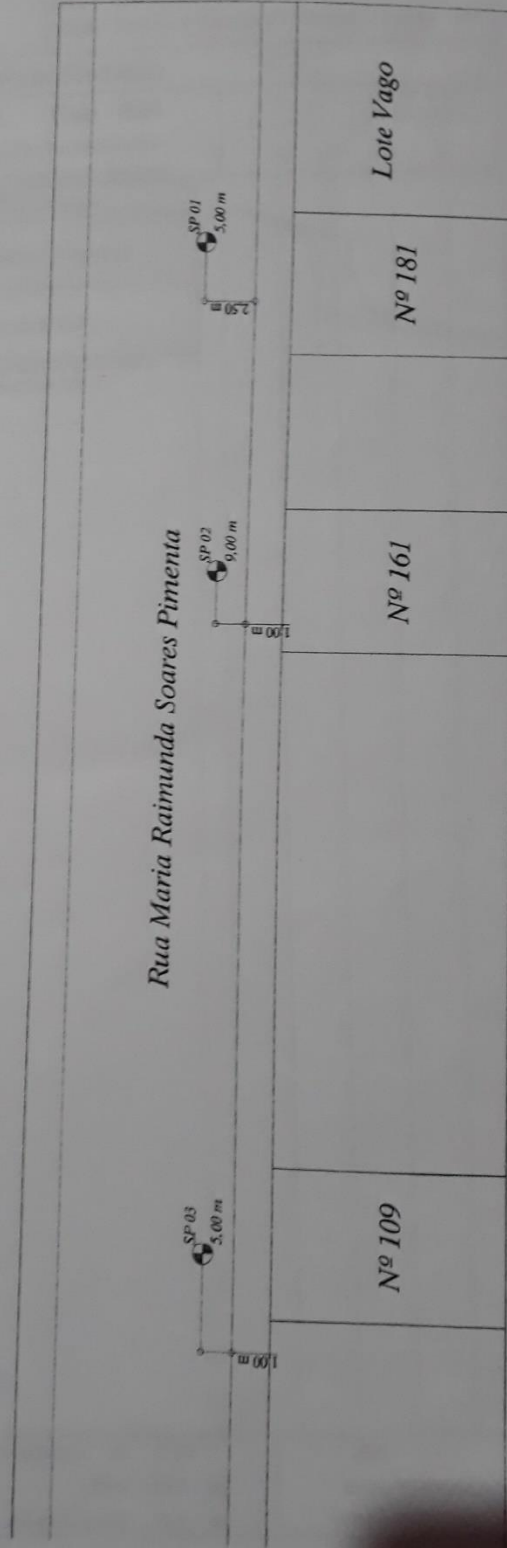
# ANEXO P-Gráfico e valores de vibração da quinta monitoração



**ANEXO Q- Localização dos pontos de sondagem**

*Localização dos Furos*

*sem escala*



- Construtora
- Projetos
- Estaqueamento com Perfuratriz e Bate Estaca

- Sondagem
- Serviços de Agrimensura
- Locação de caminhão Munck

## 01 - Apresentação

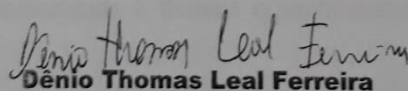
Venho Através deste apresentar Relatório de Sondagem SPT feita no Local onde será Feita uma Obra de Construção Civil tendo como Contratante Britador São Geraldo em Área Sita à Rua Maria Raimunda Soares Pimenta , Bairro Vale do Sol em Caratinga - MG . Foram Executados 03 Furos de Sondagem Geotécnica SPT com um Total de Perfuração de 19,00 m em Locais Marcados Pelo Contratante do Serviço .

Para cada Furo foram Coletados amostras de metro em metro , colocados em um Saco Plástico para posteriormente serem analisados pelo Engenheiro Responsável . Foram anotados os Golpes necessário para Cravar o Amostrador Padrão no Solo , Revestimentos usados , altura do Lençol Freático e outros itens necessários ao Laudo . Todo o Equipamento e as Técnicas Utilizadas no Processo seguem Normas Estabelecidas pela ABNT.

Segue os Laudos para cada Furo , e nos colocamos a Disposição para esclarecimento de qualquer dúvida .

**ENGESAT**

Manhuaçu , 03 de Agosto de 2017.

  
Dênio Thomas Leal Ferreira

Engenheiro Responsável Técnico  
CREA 57.412-D

Responsavel Técnico:  
Dênio Thomas Leal Ferreira

CREA - 57.412 / D

CNPJ: 01126791/0001-63

[deniotlferreira@yahoo.com.br](mailto:deniotlferreira@yahoo.com.br)

(33) 3332-2534 / (33) 9974-9095

(33) 8802-7556 / (33) 8404-9150

Rua Antônio Wellerson - 790 - Santo Antônio - Manhuaçu - MG

- Construtora
- Projetos
- Estaqueamento com Perfuratriz e Bate Estaca

- Sondagem
- Serviços de Agrimensura
- Locação de caminhão Munck

## 2 - MÉTODOS UTILIZADOS


Os procedimentos adotados durante a realização dos serviços procuraram seguir ao máximo o método de ensaio *NBR 6484/fev2001 - Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT* -

## 3 - SONDAGEM A PERCUSSÃO

### 3.1 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados foram os seguintes:

- torre com roldana e sarilho;
- tubo de revestimento em aço com diâmetro nominal interno de 67 mm e diâmetro nominal externo de 76 mm.
- haste de lavagem/penetração em aço com diâmetro nominal interno de 25 mm e massa teórica de 3,23kg/m .
- amostrador padrão de diâmetro externo de 50,8 mm e diâmetro interno de 34,9mm;
- cabeça de bater em aço;
- trépano;
- trado concha com  $(100 \pm 5)$ mm de diâmetro;
- trado helicoidal com diâmetro entre 67 mm e 73 mm;
- medidor de nível de água;
- bomba motorizada e demais equipamentos exigidos pelo método de ensaio.



Responsavel Técnico:  
Dênio Thomas Leal Ferreira  
CREA - 57.412 / D  
CNPJ: 01126791/0001-63

deniotlferreira@yahoo.com.br

(33) 3332-2534 / (33) 9974-9095  
(33) 8802-7556 / (33) 8404-9150

Rua Antônio Wellerson - 790 - Santo Antônio - Maranhão - MA



## ANEXO R- Relatórios de sondagem

Dênio Thomas Leal Ferreira CREA-MG:57.412/D Rua Antônio Wellerson, 790				Cliente: Britador São Geraldo Obra: Construção Civil Cidade: Rua Maria Raimunda S. Pimenta, Caratinga - MG			
<b>Relatório de Sondagem</b> N° 0							
<b>Furo SP 01</b>		<b>Cota 0,00</b>		SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos			
Revestimento	Método cravação	Cota referência R.N.	Cota de N.A.	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm Amostras		
					Prof. Camadas (m)		
				2	2		
				16	22		
				17	23		
		-5		16	25		
				43	50		
		-10					
		-15					
		-20					
		-25					
		-30					
		-35					
Solo Retirado a mão			30 cm finais 30 cm iniciais				
Argila Arenosa Cor Variada							
Alteração de Rocha							
† Furo terminado e impenetrável a percussão a 5,00 m							
Profundidade nível d'água Inicial 3,00 m 01/08/2017 Final 3,00 m 02/08/2017			Amostrador Ø interno 1 3/8 " Ø externo 2 "		Revestimento Ø 2 3/8 " Peso 65,0 kg Altura de queda 75,0 cm		
Data Início 01/08/2017 término 01/08/2017			Obs: .				
Sondador		Alessandro		Engº Dênio			
02/08/2017 Folha 1							



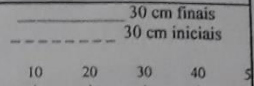
Dênio Thomas Leal Ferreira  
 CREA-MG 57.412/D  
 Rua Antônio Wellerson, 790

Cliente: Britador São Geraldo  
 Obra: Construção Civil  
 Cidade: Rua Maria Raimunda S. Pimenta, Caratinga - MG

**Relatório de Sondagem** N° 0

**Furo SP 03 Cota 0,00**

SPT - Standart Penetration Test  
 Camadas - Classificação dos solos



Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	Cota do N.A.	Índice de SPT iniciais/50cm	Índice SPT finais/50cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	SPT - Standart Penetration Test						
							1,00	Solo Retirado a mão						
							2,00	Argila Arenosa Cor Cinza						
								Argila Arenosa Cor Variegada						
		-5					5,00	Furo terminado e impenetrável a percussão a 5,00 m						
		-10												
		-15												
		-20												
		-25												
		-30												
		-35												

Profundidade nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 2 3/8 "		Data	
Inicial	2,00 m	02/08/2017	Ø interno	1 3/8 "	Peso	65,0 kg	Início 02/08/2017
Final	1,50 m	03/08/2017	Ø externo	2 "	Altura de queda	75,0 cm	término 02/08/2017

Obs: .

Sondador	Alessandro	Eng°	Dênio	02/08/2017	Folha	1
----------	------------	------	-------	------------	-------	---

Dênio Thomas Leal Ferreira  
 CREA-MG:57.412/D  
 Rua Antônio Wellerson, 790

Cliente: Britador São Geraldo  
 Obra: Construção Civil  
 Cidade: Rua Maria Raimunda S. Pimenta, Caratinga - MG

**Relatório de Sondagem**

Nº 0

**Furo SP 02 Cota 0,00**

SPT - Standart Penetration Test  
 Camadas - Classificação dos solos

30 cm finais  
 30 cm iniciais

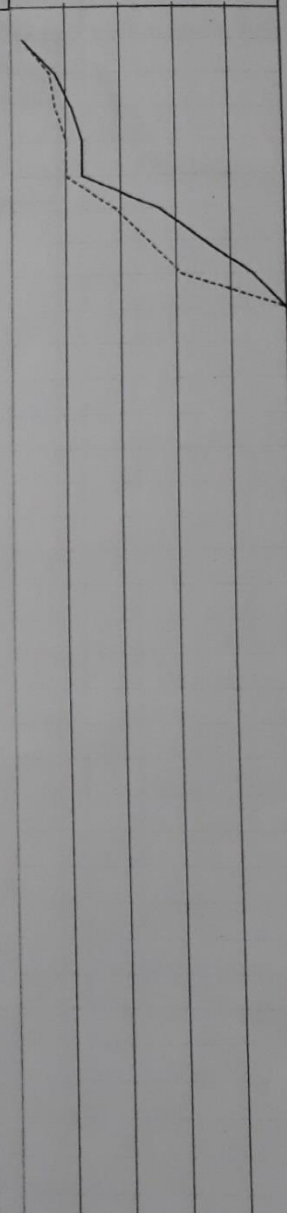
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	Cota do N.A.	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)
				2	2		1,00
				7	8		
				8	11		
		-5		10	13		5,00
				10	13		
				19	27		
				25	35		
				31	44		9,00
		-10		50	50		
		-15					
		-20					
		-25					
		-30					
		-35					

Solo Retirado a mão

Argila Arenosa Cor Variiegada

Alteração de Rocha

↑ Furo terminado e impenetrável a percussão a 9,00 m



Profundidade nível d'água		Amostrador	Revestimento Ø 2 3/8 "	Data
Inicial	3,00 m 01/08/2017	Ø interno 1 3/8 "	Peso 65,0 kg	Início 01/08/2017
Final	1,60 m 02/08/2017	Ø externo 2 "	Altura de queda 75,0 cm	término 01/08/2017
Obs. .				
Sondador	Alessandro	Engº	Dênio	02/08/2017 Folha 1