



cbESF
Natal - RN

V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras
2018

INVESTIGAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS EDIFICAÇÕES APÓS ATIVIDADE MINERADORA NO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS - RN.

Enedina Aíra Alves da Silva ^{}, Francisco Erivan da Silva ^a, Maria Eliza Leite da Silva ^b,
Marcella de Sá Leitão Assunção ^c.*

^a UFERSA, Caraúbas, Rio Grande do Norte

^b UFERSA, Caraúbas, Rio Grande do Norte

^c UFERSA, Caraúbas, Rio Grande do Norte

* enedinna_aira@hotmail.com

Resumo: A atividade de desmonte de rocha é um dos principais elos da cadeia produtiva da atividade da extração mineral, com influência direta nas etapas de carregamento, transporte e beneficiamento. O uso de explosivos nessa atividade, denominada desmonte de rocha, traz impactos diversos à comunidade circunvizinha, com particular importância quando as populações e o seu patrimônio são afetados. Esses efeitos se traduzem na geração e propagação da vibração pelo solo, que podem levar desconforto a população e danos estruturais nas edificações. Neste âmbito, objetivou-se identificar as principais patologias geradas às estruturas das residências ao entorno da pedreira, bem como verificar o raio de atuação da vibração com a atividade mineradora. Para obter os resultados da pesquisa, foram aplicados questionários a população e junto à pedreira, buscando relacionar patologias apresentadas nas edificações amostradas, com as vibrações resultantes do desmonte de rocha. Diante do exposto, verificou-se que as principais patologias apresentadas são: trincas e rachaduras de alvenaria, rachaduras em reservatórios de água e infiltrações. Através do mapa do raio de atuação de vibração, verificou-se também que quanto menor a distância entre edificação e pedreira, mais severas as patologias identificadas.

Palavras-chave: Patologia. Edificação. Pedreira.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a pesquisa realizada em 2014 pelo Sinduscon (Sindicato da Indústria da Construção Civil), o setor da construção cresceu 74,25% nos últimos 20 anos. Este crescimento acentuado é um fato gerador do expressivo consumo dos insumos naturais, como notadamente, a pedra britada.

A atividade de mineração necessária para o desenvolvimento industrial do país em seus diversos setores produtivos ao longo dos anos exerce grande importância nos âmbitos político e econômico. Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2011), o Brasil está entre os países com maior potencial mineral do mundo, sendo também um grande explorador de rochas para a construção civil.

Em nível de Estado, o Rio Grande do Norte tem uma produção diversificada e significativa de bens minerais. Dentre os minérios produzidos, destacam-se granito, diatomita, schelita, calcário, caulim, mica, tantalita-columbita e as gemas, utilizadas no setor de joalheria (CPRM, 2005).

Em Caraúbas – RN, a mineração tem gerado emprego e renda após a instalação de uma pedreira, em 2004, com a produção de brita, cascalho e pó de pedra, materiais utilizados na construção civil. Este empreendimento atua diretamente na economia do município,



cbESF
Natal - RN

**V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras
2018**

aumentando a arrecadação tributária, bem como, promovendo um ambiente favorável para o desenvolvimento e crescimento desta cidade.

Estas atividades apesar de se mostrarem economicamente rentáveis apresentam-se em constante dilema socioambiental, tendo em vista que a fragmentação das rochas se dá na maioria das vezes com auxílio de explosivos, que quando não controlados desencadeiam impactos muitas vezes imensuráveis.

Santilli (2005) afirma que a mineração em área urbana é causadora de diversos impactos socioambientais, desde a interferência com os processos ambientais, com a poluição estética, a competição pelo uso e ocupação do solo, até a ocorrência de perturbação e conflitos com a vizinhança. Por sua vez, o suprimento de bens minerais tem importância fundamental no processo de consolidação do espaço urbano fornecendo matéria-prima para a construção de moradias, obras de saneamento básico e sistemas viários, os quais são extremamente necessários para o desenvolvimento urbanístico.

Bacci (2006) em seu trabalho defende que detonações para desmonte de rocha podem provocar erosões, sobrepressão atmosférica, ruído, vibração do terreno, ultralancamento de fragmentos, fumos, gases, poeira, contaminação de águas superficiais e subterrâneas.

Nessa perspectiva o uso de explosivos tem contribuído para o aumento de danos em edificações. Tais deteriorações são provenientes de vibrações resultantes de atividades mineradoras, que refletem nas estruturas, verificando-se principalmente trincas e rachaduras em paredes, forros de gesso, lajes e reservatórios de água, causando, portanto, além de danos materiais, riscos aos moradores.

O desenvolvimento desta atividade econômica deve ser planejado de modo que envolva aspectos técnicos, sociais, econômicos, ambientais e culturais, dentre outros, para evitar situações de impasse entre empresa e população decorrente da vulnerabilidade ao qual estão expostos.

No tocante a este trabalho, objetiva-se identificar as principais patologias geradas às estruturas das residências ao entorno da pedreira, proveniente de explosões/detonações para desmonte de rocha, bem como verificar o raio de atuação da vibração com a atividade mineradora.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA

O município de Caraúbas está localizado no Estado do Rio Grande do Norte, na Microrregião da Chapada do Apodi, e na Mesorregião Oeste Potiguar, abrangendo uma área de 1.095,006 km². Apresenta uma densidade demográfica de 18,22 hab/km² e com população estimada em 20.636 habitantes, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE de 2016. O município distancia-se da capital do estado, Natal, a aproximadamente 300 km. A altura da sede do município é de 144m em relação ao nível do mar.

2.2. GEOLOGIA LOCAL

O município de Caraúbas – RN encontra-se inserido geologicamente na província de Borborema, e sua formação rochosa predominante é arenito, granito e as rochas do período



pré-cambial, nas quais são utilizadas para a extração e o processo de britagem da pedra, como está exposto na Figura 1 a seguir.

Figura 1: Estrutura geológica de Caraúbas – RN



Fonte: CPRM, 2005.

A área em destaque verde trata-se da formação do arenito, formado no período mesozoico; e a área de destaque vermelha trata-se da formação de granitos, formado no período neoproterozóico.

2.3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi realizada por meio do estudo de caso, em que foram identificadas e analisadas as manifestações patológicas nas edificações decorrentes das explosões na atividade mineradora no município de Caraúbas-RN.

Para isso, foram confeccionados 100 questionários para auxiliar na identificação dos impactos causados pela atividade em questão. Estes foram aplicados junto à população que vive no entorno da pedra de forma a amostrar o maior número possível de pessoas, e desta forma obter resultados precisos acerca dos impactos causados pela extração de minérios na região.

Após a aplicação desses questionários, foi realizada uma análise detalhada em todas as patologias identificadas, e conseqüentemente, comparadas com casos de pesquisas bibliográficas, buscando correlacionar os resultados obtidos com patologias decorrentes de vibração, respaldadas em pesquisas científicas e testes laboratoriais.

Confeccionou-se também um mapa com um raio de atuação dos impactos causados com a pedra, relacionando a proximidade das residências com a severidade das patologias encontradas, bem como um segundo mapa indicando as residências avaliadas e quais apresentaram patologias.

Além disso, elaborou-se 1 questionário, que foi aplicado junto ao administrador do empreendimento, de maneira a identificar medidas que minimizem os impactos junto à vizinhança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados mostra que a população do município considera as explosões na atividade mineradora, a principal causadora dos impactos significativos à qualidade de vida e



a estrutura física das edificações. Sendo que os impactos sentidos estão contribuindo diretamente para os danos na estrutura das residências de quem mora próximo ao empreendimento, como mostra o Gráfico 1:

Gráfico 1: Existência de patologia nas residências amostradas, Caraúbas – RN.



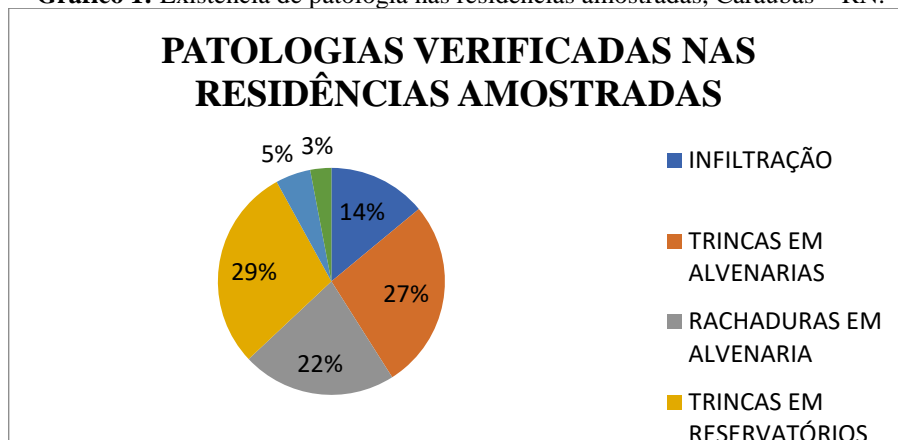
Fonte: Autor, 2018.

Os resultados mostram que 57% das residências amostradas apresentam algum tipo de dano as suas estruturas. Os moradores afirmam que no período anterior a instalação da pedreira, esses danos não ocorriam, e atribuem estas patologias a sobrepessão e vibrações decorrentes de detonações realizadas para possibilitar a extração do material.

Apenas 3% dos entrevistados que tiveram danos em suas residências causadas pelo desmonte de rocha entraram em contato com o empreendimento. No entanto, não houve vistoria técnica nessas residências por parte da empresa, bem como nenhum tipo de retorno.

Os principais danos estruturais identificados foram trincas e rachaduras em alvenarias de vedação, trincas em forros de gesso, bem como fissuras em reservatórios de água como é possível observar no Gráfico 2. Em alguns casos, registraram-se problemas de infiltração e bolor, em decorrência da severidade dos danos causados nos reservatórios.

Gráfico 1: Existência de patologia nas residências amostradas, Caraúbas – RN.

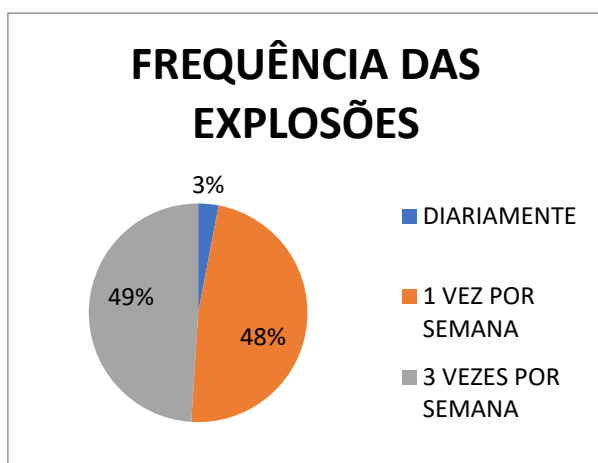


Fonte: Autor, 2018.

A população amostrada afirma ainda que os incômodos sentidos devido às detonações realizadas pela atividade mineradora são frequentes e que este desconforto está principalmente relacionado à frequência das explosões, a intensidade destas explosões e aos horários dessas destas (Gráfico 3A e 3B).

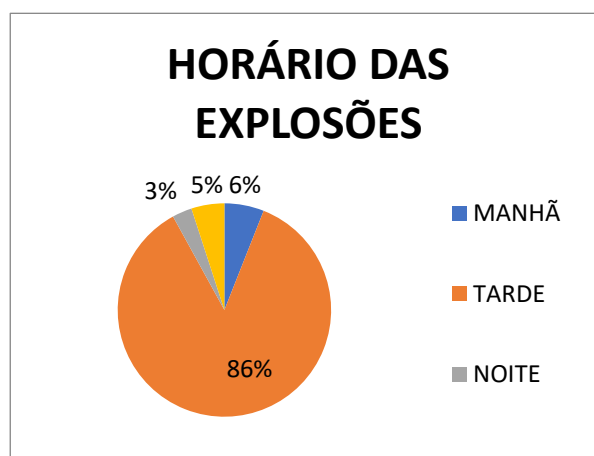


Gráfico 3A: Frequência de explosões na pedreira estudada



Fonte: Autor, 2018.

Gráfico 3B: Horário de explosões na pedreira estudada



Fonte: Autor, 2018.

Conforme exposto no Gráfico 3A, as frequências das explosões apresentam percentuais consideravelmente distintos. Este fato se dá, de acordo com a distância entre as residências amostradas e a pedreira. Na aplicação do questionário, percebeu-se que a maioria dos habitantes do bairro Maria Bandeira (a 2,5Km da pedreira) e moradores do bairro Leandro Bezerra (a aproximadamente 3,5km da pedreira), responderam sentir os impactos das explosões 3 vezes por semana. Os moradores dos bairros Nestor Fernandes e Centro (a aproximadamente 5km da pedreira), responderam sentir os impactos 1 vez por semana.

A grande maioria dos entrevistados, 86%, responderam sentir explosões no período da tarde. Apenas 6% responderam sentir as explosões pela manhã, 3% responderam sentir vibrações no turno noturno, e 5% responderam perceber impactos manhã e tarde. Na entrevista ao diretor da pedreira, este informou não haver expediente noturno. As explosões variam entre os períodos manhã e tarde, de acordo com necessidade e planejamento do desmonte de rocha.

Conforme estabelecido na metodologia, após aplicação dos questionários e catalogado os resultados, foi montado um raio de atuação das vibrações de acordo com a severidade das patologias identificadas na pesquisa de campo, como está exposto na Figura 2



Figura 2: Raio de atuação dos impactos decorrentes da pedreira.



Fonte: Google Earth, 2018.

As zonas vermelha e laranja, como visto na imagem acima, e segundo estabelecido pela NBR 9653, são consideradas regiões críticas, de maior propagação de vibração, portanto os impactos seriam maiores. Nos raios de 1km e 2km, não existe edificação, portanto, não há como identificar a severidade das patologias.

Na área de atuação do raio, a 3km da pedreira, as patologias encontradas foram as mais severas, com rachaduras em alvenarias e reservatórios de água, além de uma diversidade de problemas decorrentes da infiltração. Os bairros atingidos são Maria Bandeira e Leandro Bezerra.

O raio de atuação a 4km do empreendimento engloba quase todos os bairros da zona urbana, no entanto, os pesquisados foram Bairro Nestor Fernandes e Centro. Nestes, também foram encontradas rachaduras e fissuras em alvenarias e reservatórios de água, no entanto, com menor severidade. Foram também encontradas fissuras em forros de gesso, mas devido a vulnerabilidade do material e à possíveis falhas construtivas, não é possível associar diretamente a vibrações oriundas de explosões da pedreira.

Para compreender o mapa com raio de atuação da vibração, foi montado um mapa de pesquisa, para identificar as casas amostradas, bem como os problemas apresentados. Essa ferramenta auxilia na compreensão e catalogação dos resultados apresentados.

Figura 3: Casas amostradas e seus eventuais problemas



Fonte: Google Earth, 2018.



cbESF
Natal - RN

**V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras
2018**

Como é possível observar na imagem acima, quanto mais próximo da pedreira, maior o número de edificações com patologias e maior a severidade destas. De acordo com Nojiri (2001) os possíveis danos estruturais provocados por vibrações terrestres e aéreas, são as maiores reclamações da comunidade que está no entorno do empreendimento, além do incomodo que é provocado pela alta sensibilidade do ser humano a graus de vibração, o que torna difícil estabelecer uma norma de controle.

Com isso, observa-se que a comunidade do entorno é frequentemente afetada pela vibração, ruídos e lançamento de pedras, pó e produtos químicos oriundos da extração mineral, todavia, esta não é a única consequência da atividade, pois a mesma promove a desconfiguração da vegetação natural da região, por meio do desmatamento e a escavação de vastas extensões territoriais (PUSSOLI, 2015).

Em entrevista com o gerente do empreendimento, este afirma que existe o monitoramento das explosões, vibração, sobrepressão atmosférica e carga detonada de modo que não venha prejudicar o meio ambiente ou social. No entanto, não explicou como era feito o procedimento das explosões ou da carga detonada, nem forneceu o valor da velocidade de vibração de partícula (vp), frisando que estas informações são restritas a empresa, mas que seguem conforme a Norma.

O gerente afirma também que a Pedreira não possui um horário específico para realização das detonações. Estas são realizadas durante manhã ou tarde, de acordo com necessidade do trabalho, de forma que não comprometa a produção, e em média acontece uma vez por semana.

Com relação ao ultralancamentos de fragmentos durante detonações, esse caso aconteceu uma única vez, atingindo um ciclista que trafegava na rodovia. Embora as medidas de segurança tenham sido tomadas, a carga detonada foi superior ao esperado pela equipe, lançando um fragmento de rocha para o meio externo. A empresa se responsabilizou pelos danos, ressarcindo as perdas materiais.

No que diz respeito a patologias em edificações, a empresa recebeu apenas 3 reclamações informais durante os 13 anos de funcionamento, mas nunca foi realizado qualquer procedimento técnico de inspeção por parte da empresa, excluindo a possibilidade de ressarcir os possíveis lesados com impactos provenientes de vibrações.

4. CONCLUSÃO

Os riscos de ocorrência de danos induzidos por vibrações do terreno devem ser avaliados levando-se em consideração a magnitude e a frequência da velocidade de vibração de partícula de pico. Como cada tipo de estrutura apresenta uma frequência de vibração natural, pode-se estabelecer um limite de vibração natural da partícula de pico (mm/s) aceitável em áreas residenciais para que não ocorram danos às mesmas. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT por meio da NBR 9653:2005, estabelece os limites de velocidade de vibração de partícula para áreas residenciais a uma frequência de até 40Hz, o que também se enquadra nos limites estabelecidos por normas internacionais.

Diante do exposto, se faz necessário verificar o limite de vibração para relacionar as patologias em estruturas. No entanto, devido ausência de aparelhos (sismógrafos, geofones, etc) nos laboratórios da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, os resultados obtidos são analíticos, e como citado nos resultados obtidos, quanto menor a distância entre edificação e pedreira, maior a severidade das patologias encontradas.



cbESF
Natal - RN

**V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras
2018**

O fato é que, apesar das vibrações não serem quantificadas, é constatado a presença de impactos de ordem local, atingindo toda a comunidade caraubense, no entanto não existe um gerenciamento nas atividades de desmonte de rocha, havendo um impasse entre população e empreendimento. Buscando soluções para melhorias, sugere-se medidas proativas que podem ser facilmente incorporadas às atividades da empresa:

- Monitoramento contínuo dos desmontes e programas ativos para minimização de vibrações e sobrepressão, dado que estes são os impactos que mais afetam a comunidade local;
- Manutenção de todos os registros dos planos de fogo realizados, tanto para constar que a empresa tem controle sobre o uso dos explosivos, como para mostrar aos interessados os registros;
- Uso de insumos na operação de desmonte, de modo a minimizar os impactos ambientais, especialmente os propagados pela atmosfera na forma de ruído, sobrepressão e poeiras;
- Treinamento para os operadores vinculados às tarefas de desmonte, visando a habilitá-los na minimização dos impactos ambientais;
- Relacionamento com a comunidade através da contratação de consultores e serviços de vistoria e diagnóstico de danos em residências, de preferência terceirizados;
- Relacionamento com a comunidade através do estabelecimento de um registro de reclamações em formulário adequado, contendo, pelo menos, nome e endereço do reclamante.

De acordo com Worsley (2004), as boas relações públicas e a comunicação são as melhores ferramentas existentes, quando ocorrem conflitos. A empresa deve ser transparente, procurar ter um bom relacionamento com a comunidade e apresentar a ela como vem exercendo suas atividades, como se preocupa com o bem-estar e proteção da população, que existem limites aceitáveis de vibração do terreno e de sobrepressão e que trabalha dentro desses limites, que pratica o monitoramento dos impactos ambientais e está atenta ao desconforto causado pela atividade, mas que existem inúmeros estudos sobre os impactos gerados em pedreiras e que estes mostram que, uma vez respeitados os limites legais, a chance de ocorrer danos em suas residências é muito pequena. Através dessas atitudes, os conflitos são minimizados e a comunidade passa a entender o problema e a conviver com a atividade da pedreira de forma menos problemática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. **NBR 9653**: Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2005.

BACCI, Denise de La Corte; LANDIM, Paulo Milton Barbosa. Statistical methods applied to evaluate blasting seismic vibration. **Geologia Usp. Série Científica: Revista do Instituto de Geociências - USP**, [s.l.], v. 16, n. 1, p.101-120, 7 abr. 2016. Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v16i1p101-120>.



cbESF
Natal - RN

**V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras
2018**

CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. In: Mascarenhas, J. C. et al. (Orgs.). **Diagnóstico do município de Caraúbas, estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/atlas_digital_rhs/rgno rte/relatorios/CARA176.PDF>. Acesso em: 29 Agos. 2018.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Balanco Mineral Brasileiro**, 2011.

NOJIRI, J. Q. Normas para vibração: subsidios para uma nova padronização. In: **Anais do I Seminário Internacional sobre Agregados para Construção Civil**. 2001. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/137655308/18Normas-Para-Vibracao>>. Acesso em: 09 set. 2017.

PUSSOLI, R. Ê. K. **Exploração mineral em áreas urbanas - minimização dos efeitos de ruído e vibração**. Paraná, Brasil. Curitiba, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) - INSTITUTOS LACTEC, 2015. Disponível em: <<http://www.institutoslactec.org.br/menu-capacitacao/dissertacao-rafael-erico-kalluf-pussoli/>>. Acesso em: 07 set. 2018.

SANTILLI, J. **Socioambientalismo e novos direitos: proteção jurídica à diversidade biológica e cultural**. São Paulo: Peirópolis, 2005.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINDUSCON). O crescimento da Construção Civil nos Últimos 20 anos. **Revista PINI**, 08 de agosto de 2014. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negociosincorporacaoconstrucao/negocios/construcao-civil-cresceu-7425-nos-ultimos-20-anos-revelaestudo-323993-1.aspx>>. Acesso em: Agos. 2018.

WORSEY, P.N. Blasting. In: WORSEY, P.N. DUTTA, S., PARAMESWARAN, K.(ed). **Sustainable mining practices a global perspective**. Balkema of Netherlands., 2004. Cap. 9.



cbESF

Natal - RN

**V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras**

2018

**CONSIDERAÇÕES FINAIS INVESTIGATION OF PATHOLOGICAL
MANIFESTATIONS IN BUILDINGS AFTER MINING ACTIVITY IN
CARAÚBAS MUNICIPALITY - RN.**

***Abstract:** The rock stripping activity is one of the main links of the production chain of the mineral extraction activity, with a direct influence on the loading, transportation and beneficiation stages. The use of explosives in this activity, called rock stripping, brings diverse impacts to the surrounding community, with particular importance when the populations and their patrimony are affected. These effects translate into the generation and propagation of vibration in the soil, which can cause discomfort to the population and structural damage to buildings. In this context, the objective was to identify the main pathologies generated to the structures of the residences near the quarry, as well as to verify the radius of vibration performance with the mining activity. To obtain the results of the research, questionnaires were applied to the population and to the quarry, seeking to relate pathologies presented in the sampled buildings, with the vibrations resulting from the rock dismantling. In view of the above, it was verified that the main pathologies presented are: cracks and cracks in masonry, cracks in water reservoirs and infiltrations. Through the map of the radius of action of vibration, it was also verified that the smaller the distance between building and quarry, the more severe the pathologies identified.*

***Keywords:** Pathology; Edification; Quarry.*