

Avaliação de residências lindeiras ao desmonte de rochas por explosivos a partir da NBR 9653 e da NP 2074 na cidade de Salgueiro - PE

Assessment of residences adjacent to rock dismantling by explosives based on NBR 9653 and NP 2074 in the city of Salgueiro - PE

Lucíolo Victor Magalhães e Silva¹

¹ Instituto Federal do Sertão Pernambucano, CSAL-CTIED, Salgueiro/PE, Brasil. Email: luciolo.victor@ifsertao-pe.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1983-6085>

Resumo: A avaliação da integridade de residências lindeiras em operações de desmonte de rochas é um fator crucial para o respaldo da responsabilidade de possíveis danos nessas residências, tanto por parte dos usuários como do responsável pela operação. Essas avaliações são realizadas utilizando critérios normativos estabelecidos em cada país. Diante desse contexto o presente trabalho apresenta uma avaliação de duas residências lindeiras a operações de desmonte de rocha na cidade de Salgueiro, Pernambuco. Essa avaliação foi realizada utilizando a norma brasileira, NBR 9653 (2018), e a norma portuguesa NP 2074 (2015). No trabalho também foi realizado um comparativo entre as recomendações das duas normas.

Palavras-chave: Vibrações; Explosivos; Danos em estruturas.

Abstract: The assessment of adjacent residences in rock dismantling operations is a crucial factor in supporting liability for possible damage to these residences, both on the part of users and those responsible for the operation. These assessments are carried out using normative criteria established in each country. Given this context, this work presents an evaluation of two residences adjacent to rock blasting operations in the city of Salgueiro, Pernambuco. This assessment was carried out using the Brazilian standard, NBR 9653, and the Portuguese standard NP 2074. The work also carried out a comparison between the recommendations of the two regulations.

Keywords: Vibrations; Blasting; Structural damage.

1. Introdução

A avaliação de residências lindeiras é fundamental nas operações de desmonte de rochas por utilização de explosivos ou em atividades geotécnicas que possam causar danos às essas edificações por carregamentos dinâmicos induzidos por essas atividades. Uma avaliação realizada utilizando parâmetros normativos respaldam tanto o responsável pelo desmonte como os usuários das edificações lindeiras, de forma que os parâmetros experimentais aferidos no ato da detonação permitem que análises quantitativas possam ser realizadas em conjunto com análises qualitativas elaboradas por profissionais técnicos habilitados para a avaliação da resposta das mesmas à essas operações. Essas operações podem ser realizadas em qualquer local, como zonas urbanas ou rurais e em regiões que possuem edificações de diversos tipos. Esse tipo de análise possui variáveis que dependem dos carregamentos gerados, da geologia local e das características da estrutura avaliada, e são descritas em procedimentos normativos estabelecidos por cada país.

No caso do Brasil a recomendação utilizada para a análise de edificações lindeiras é a NBR 9653 (2018), já em Portugal a norma equivalente é a NP 2074 (2015). Essas normas, apesar de utilizarem os mesmos parâmetros de análise, possuem diferenças que serão avaliadas no presente trabalho em uma aplicação prática de desmonte de rochas na cidade de Salgueiro, Pernambuco. Como especificado no trabalho de Silva e Leão (2020), as edificações brasileiras, em geral, não são dimensionadas para carregamentos sísmicos, por estarem inseridas em uma região com baixa sismicidades; porém esses carregamentos podem surgir na execução das operações previstas nas normas citadas. Tendo em vista a importância da avaliação das residências e outras infraestruturas lindeiras à área de desmonte, diversos autores possuem trabalhos relevantes sobre o tema.

Uma análise semi-empírica utilizando o método de Mosler e Penta foi realizada no trabalho de Cavalcante e Assis (2022) para a análise da influência de desmontes de rocha na estabilidade de um talude de uma rodovia. O estudo apresentou a relação entre os riscos identificados na atividade e as seguintes variáveis: classe de risco, aspecto e quantificação de risco. Grossi (2011) realizou um estudo de caso de uma edificação lindeira ao desmonte de rochas de uma mineradora utilizando a NBR 9653. A partir da análise concluiu-se que as vibrações geradas pela atividade estavam dentro dos limites normativos aceitáveis e que as manifestações patológicas identificadas na residência possuíam causas alheias ao desmonte. Neto e Ferreira (2006) realizaram um estudo de monitoramento de vibrações geradas por explosões em uma lavra de calcário e argilito na cidade de Limeira, São Paulo. No trabalho foram desenvolvidas as equações de atenuação e de máxima energia, servindo como parâmetros para a adoção de medidas operacionais na realização de outros desmontes. Andrade e Rocha (2018) avaliaram a influência na estabilidade da casa de bombas da Barragem Governador João Alves Filho, popularmente chamada Barragem Poção da Ribeira, em função da atividade mineral da Pedreira Cajaíba, produtora de brita. A obra está localizada na divisa das cidades de Campo de Brito e Itabaiana, Sergipe. A partir dos resultados foram constatadas que a utilização de cargas explosivas da ordem de 1.000kg causam riscos extremamente elevados na estabilidade da estrutura. O trabalho também apresenta a indicação da implementação de medidas contínuas de controle e monitoramento das vibrações.

Um trabalho para a análise dos impactos das vibrações geradas pelo desmonte com explosivos na estabilidade de um talude de 380m de altura na Mina de Timbopeba em Ouro Preto, Minas Gerais, foi realizado por Lima (2001). A mina em questão é de exploração de minério de ferro e operada pela Vale do Rio Doce. Apesar de ser uma análise geotécnica/geológica os parâmetros avaliados foram os mesmos estabelecidos nas normativas para estruturas. O trabalho concluiu que o valor máximo aferido para a velocidade de partícula foi igual a 6,4% da velocidade mínima para romper a matriz do quartzito, valor insuficiente para comprometer a estabilidade do talude.

O trabalho de Silva e Leão (2020) apresenta a influência das vibrações em edificações, geradas pelo desmonte de uma mina de extração de gnaiss para fabricação de brita da empresa Mineração Estrela Ltda, localizada na cidade de São Gonçalo, estado do Rio de Janeiro. No trabalho foram realizadas 11 medições com sismógrafo com os resultados avaliados conforme as recomendações da NBR 9653 e a norma alemã DIN 4150. Todos os resultados se apresentaram abaixo dos limites máximos estabelecidos nas duas normas, descartando a possibilidade de danos às edificações por conta dos desmontes.

O trabalho de Oliveira e Muñoz (2013) consiste em um estudo de análise do tráfego dos veículos na Igreja de Santo Antônio da Mouraria, na cidade de Salvador, Bahia. Nesse trabalho os autores verificam que não há norma brasileira específica para esse tipo de estudo, e citam normas internacionais, como a NP 2074 que é utilizada para esse tipo de situação. No trabalho foi utilizado como parâmetro as recomendações da DIN 4150, descartando a influência do tráfego na estabilidade da edificação. Gevú, Varela e Niemeyer (2020) e Gevú, Varela e Niemeyer (2015) também apresenta uma análise sob o ponto de vista da DIN 4150 para o impacto de vibrações geradas pelo tráfego de veículos em fachadas

históricas da rua primeiro de março, na cidade de Rio de Janeiro. Nesses estudos conclui-se que as fachadas estão sujeitas a vibrações prejudiciais que comprometem a preservação do patrimônio histórico local.

Bacci et. al. (2003a) e Bacci et. al. (2003b) apresentam um trabalho que apresenta um compilado sobre as principais normas de controle de vibrações provocadas por uso de explosivos. Nesses trabalhos são apresentados os comparativos entre as recomendações das normas europeia, brasileira, Indiana, australiana e norte-americana; em termos de aparelhagem, classificações das edificações e parâmetros de avaliação.

Análises numéricas também surgem como alternativas para a avaliação do comportamento de estruturas sujeitas a carregamentos sísmicos gerados por desmontes. No trabalho de Fonseca et. al. (2018) foi realizado um estudo caso da barragem de Salamonde, instalado no Rio Cávado, na região norte de Portugal. O estudo foi realizado durante as atividades de desmonte para a construção de uma nova central de energia e de uma comporta adicional. O modelo numérico corroborou com os estudos sismográficos com resultados satisfatórios e que podem ser usados em estruturas desse tipo.

A partir dos trabalhos supracitados é possível verificar que, apesar das normas brasileira e portuguesa tratarem de danos em estruturas, essas são utilizadas como parâmetros de avaliação de diversas obras civis. Além disso é interessante observar que outras técnicas, como a análise numérica, podem servir como uma ferramenta complementar ao estudo do comportamento de estruturas lindéiras.

2. Comparativo entre a NBR 9653 e a NP 2074

Essa seção mostra um comparativo entre as normas brasileira e portuguesa para análise da influência no desmonte de rochas nas residências lindéiras. Para o trabalho foram utilizadas a NBR 9653 de 2018, que tem como título: Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas, e a NP 2074 de 2015 que tem como título: Avaliação da influência de vibrações impulsivas em estruturas, que são as normas vigentes nos dois países respectivos. A Tabela 1 apresenta um compilado do comparativo entre as duas normas que, para efeitos práticos, possuem como principal ponto de distinção a classificações das edificações avaliadas.

Um aspecto a ser considerado é que os parâmetros de análise para as vibrações em estruturas é a velocidade de vibração da partícula em função da frequência. Esses parâmetros são utilizados em todas as normas avaliadas nos trabalhos de Bacci et. al. (2003a) e Bacci et. al. (2003b) que contempla 15 normas utilizadas em países distintos.

Tabela 1 – Comparativo entre a NBR 9653 e a NP 2074.

Item avaliado	Norma	
	NBR 9653	NP 2074
Escopo	Descrever metodologia para reduzir os riscos inerentes ao desmonte de rochas com uso de explosivos em indústria de mineração e construção civil.	Estabelecer critério de limitação de valores das grandezas físicas características das vibrações impulsivas e com um número de ocorrências limitado, com o objetivo de evitar danos nas estruturas.
Aplicação	Emissão de ruídos impulsivos, vibrações, ultralançamento.	Vibrações.
Atividades contempladas	Desmonte de rochas com uso de explosivos em indústria de mineração e construção civil em geral. Aplicável em área urbana e facultativamente à área rural. Serve como referência para cavidades naturais subterrâneas.	Atividades mineiras e geotécnicas que induzem solicitações dinâmicas no terreno.
Avaliação prévia	Não faz referência.	Especifica que deverá ser realizada uma avaliação prévia nas estruturas próximas para o levantamento das patologias existentes.
Aparelho utilizado	Sismógrafo de engenharia, utilizado para registrar níveis de vibração e pressão acústica.	Sismógrafo de engenharia, utilizado para registrar níveis de vibração.
Instalação do sensor (microfone)	O sensor deve estar voltado para o local da detonação. Deve ser evitado obstáculo natural ou oficial e deve ser instalado:	Não se aplica.

	<ul style="list-style-type: none"> • Na parte externa da estrutura ou edificação; • Na lateral da estrutura; • Em altura recomendada pelo fabricante; • Com o protetor de vento. 	
Programação do sismógrafo e tempo de captação (microfone)	Quando a pressão acústica for a medida principal o sismógrafo deverá ser calibrado de forma que as medições não sejam afetadas pelo vento.	Não se aplica.
Instalação do sensor (geofone)	Quando o sensor for instalado em locais que existam edificações, instalar em terreno natural ou aterro consolidado, evitando solo desagregado. O sensor deverá ser instalado o mais próximo possível da edificação a ser monitorada, a menos de 3m ou 10% da distância da fonte.	Deverá ser fixada ao elemento da estrutura ou do edifício solidário com a fundação, no máximo a 0,5m do nível do terreno.
Fixação do sensor (geofone)	O sensor deverá ser fixado rigidamente ao meio a ser medido. Na impossibilidade de fixar no solo, o sensor pode ser instalado na calçada, rocha ou na própria estrutura. O sensor poderá ser fixado com chumbadores mecânicos ou químicos em superfícies rígidas, enterrados em solos ou cravado.	De acordo com a ISO 5348.
Programação do sismógrafo (geofone)	A programação deverá ser feita de modo que consiga captar as vibrações e não ter interferências de outras fontes.	Não faz referência.
Características do sismógrafo	<ul style="list-style-type: none"> • Composto por unidade de processamento de dados, transdutor de vibração (geofone/accelerômetro) e transdutor de pressão acústica (microfone); • Possuir sistema de verificação interna; • Dispor de memória; • Funcionar em temperaturas de -10°C a 50°C; • Registrar instantaneamente as VV em 3 direções; • Deve registrar pressão acústica. 	Composto por transdutores, condicionador de sinal, sistema de registro e processamento. Os transdutores de velocidade ou acelerômetros devem ser triaxiais.
Calibração do sismógrafo	<ul style="list-style-type: none"> • Deve ser realizado em laboratório calibrado a cada 12 meses. • Pode ser realizado estudo para ser calibrado a cada 24 meses. • A norma oferece outras alternativas para a calibração do sismógrafo. 	Deve ser cobrado anualmente, por laboratório certificado, de acordo com a Norma NP EN ISO ISO 17025.
Incomodidade ao ser humano	Em termos de incomodidade humana deverá ser realizado o conjunto de medidas apresentado abaixo: <ul style="list-style-type: none"> • Implantação de um sistema de informações; • Implantar registro de reclamações; • Adotar medidas de minimização de impactos; • Usar técnicas e insumos adequados para minimizar impactos; • Estabelecer um setor da empresa responsável pela comunicação com a comunidade; 	Estabelece que os valores fixados na norma são incômodos, mas suportáveis, desde que ocorram entre as 07:00h 20:00h.

	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitação dos funcionários; • Registro de relatórios; • Estabelecer plano de monitoramento. 	
--	---	--

Fonte: Autor (2025).

A partir da análise da Tabela 1, pode-se tirar algumas conclusões evidentes sobre o comparativo entre as normas. Uma das importantes diferenças é que enquanto a NBR 9653 trata de 3 aspectos que são a emissão de ruídos, as vibrações e ultralançamentos, enquanto a NP 2074 trata apenas das vibrações nas estruturas. Outro aspecto importante é que a NP 2074 recomenda a execução de uma avaliação prévia nas edificações, ao contrário da NBR 9653 não apresenta recomendação da mesma natureza.

O aspecto mais relevante em termos de divergência entre as normas é sobre os parâmetros de avaliação de limite das variáveis que são aferidas pelo sismógrafo. O primeiro ponto relevante é que a NP 2074 faz distinção entre o tipo da edificação que será avaliada, possuindo as seguintes classificações: sensíveis, correntes e reforçadas. Para cada uma das edificações existe uma faixa específica de velocidade de vibração da partícula em função da frequência aceitável. Essas frequências são definidas conforme a Tabela 2. Diferente da NP 2074, a NBR 9653 especifica critérios que podem ser observados na Tabela 3, que não fazem referência ao tipo de estrutura a ser avaliada. Esse ponto relativo à falta da classificação do tipo de estrutura por parte da NBR 9653 será objeto de crítica no estudo de caso apresentado nesse trabalho, pois a norma coloca estruturas de edificações com danos severos e estruturas recém-construídas dimensionadas para cargas sísmicas, por exemplo, na mesma categoria, podendo não contemplar danos em edificações muito deterioradas.

Tabela 2 – Tabela 1 da NP 2074, que define os valores limites para os parâmetros de vibração de uma estrutura.

Tipo de estrutura	Frequência dominante, f		
	$f \leq 10\text{Hz}$	$10\text{Hz} < f \leq 40\text{Hz}$	$f > 40\text{Hz}$
Sensíveis	1,5	3,0	6,0
Correntes	3,0	6,0	12,0
Reforçadas	6,0	12,0	40,0

Fonte: Autor (2025).

Tabela 3 – Tabela 3 da NBR 9653, que define os valores limites para os parâmetros de vibração de uma estrutura.

Faixa de frequência ^a	Limite de velocidade de vibração de partícula de pico
4 Hz a 15 Hz	Iniciando em 5 mm/s, aumentando linearmente até 20 mm/s
15 Hz a 40 Hz	Acima de 20 mm/s, aumentando linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s

^a Para valores de frequência abaixo de 4 Hz, deve ser utilizado como limite o critério de deslocamento de partícula de pico de no máximo 0,6 mm (de zero a pico).

Nota 1 Hz corresponde a uma oscilação por segundo.

Fonte: Autor (2025).

3. Metodologia

O presente trabalho foi realizado a partir de um plano de monitoramento experimental de duas residências em uma área lideira de desmontes de rochas realizado na cidade de Salgueiro, Pernambuco. A área de desmonte consiste em um canteiro de obras para a instalação de uma usina de geração de energia fotovoltaica. Esse tipo de empreendimento tem sido instalado com cada vez mais frequência na região avaliada, tendo em vista que o clima semiárido, que é o clima de Salgueiro, é propício para o aproveitamento desse tipo de energia. Para a avaliação das edificações foram realizadas inspeção *in loco*, por profissionais técnicos habilitados. Na inspeção foram identificadas as fissuras e outras manifestações patológicas da edificação, além da elaboração de levantamentos arquitetônicos e estruturais. Apesar da NBR 9653 (2018) não fazer menção à avaliação prévia, diferente da NP 2074 (2015), a empresa responsável pelo desmonte solicitou a realização dessas vistorias. As residências avaliadas são apresentadas na Figura 1 a) e na Figura 1 b), denominadas, no presente trabalho, de 1^a Casa e 2^a Casa.

Para o monitoramento das fissuras foi utilizada a técnica de colocação de placas de vidro de pequena espessura, transversais à fissura e fixadas com resina epóxi. O objetivo da placa é servir como material de sacrifício caso a fissura

apresente alguma atividade. Ao final do monitoramento deverá ser verificado se a placa de vidro se encontra ou não quebrada; um esquema dessa aplicação está apresentado na Figura 2. Nas vistorias foram elaborados memoriais fotográficos das fissuras com suas respectivas placas, objetivando ter um registro visual da sua situação para que sejam comparados.

Para a avaliação da resposta dinâmica das edificações sob influência de carregamentos dinâmicos gerados nas operações de desmonte de rochas, foram realizados ensaios de sismografia, sob as prescrições da NBR 9653 (2018). As sismografias foram realizadas em 7 ocasiões de desmontes que foram realizados no período de monitoramento do presente trabalho. O ponto da realização da sismografia foi fixado para todos os desmontes e pode ser verificado na Figura 3. Os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros estabelecidos na norma brasileira NBR 9653 (2018) e a norma portuguesa NP 2074 (2015).



a)

b)

Figura 1 – a) Fachada da 1^a Casa. b) Fachada da 2^a Casa.
Fonte: Autor (2024).

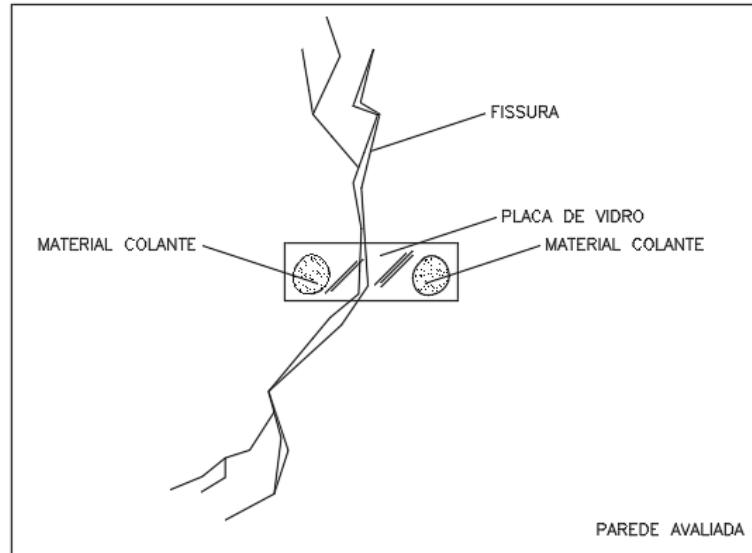


Figura 2 – Esquema de instalação das placas de monitoramento.
Fonte: Autor (2024).

4. Análise das residências

Esse tópico apresenta os detalhes da análise das residências, tratando aspectos físicos do local e apresentando os resultados do monitoramento. A Figura 3 apresenta um recorte da disposição das residências avaliadas e o ponto da sismografia. Também é possível verificar na imagem os pontos que determinam a área onde os desmontes ocorreram, esse local consiste em uma comunidade rural na cidade de Salgueiro, Pernambuco, denominada Baixio do Tanque.

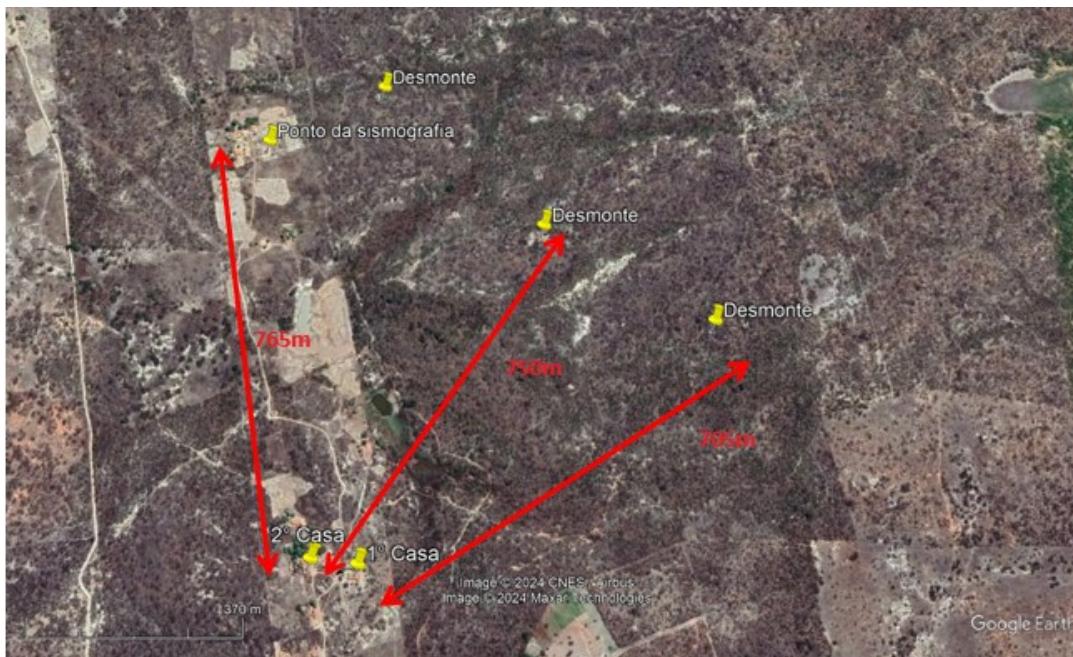


Figura 3 – Locação das casas avaliadas, ponto da sismografia e do desmonte.

Fonte: Autor (2024).

4.1 Geologia do local

A área de estudo encontra-se localizada na Folha Salgueiro (SC.24-V-B-III), conforme apresentado na Figura 4. A Folha Salgueiro se encontra localizada na região Nordeste do Brasil, na porção sudoeste da Província da Borborema. Um recorte da carta geológica de Salgueiro (BRITO E MARINHO, 2012) está apresentada na Figura 5, correspondente a área de estudo que se encontra na Suíte Intrusiva Serrita (NP3γ2s), que congrega os seguintes granitoides: granito tipo serrita, biotita-hornblenda monzodiorito, monzonito, quartzo monzonito e biotita granito, sin a tardi orogênicos, de afinidade trondjemítica (CPRM, 2017). Todas as detonações foram realizadas em rocha do tipo granito.

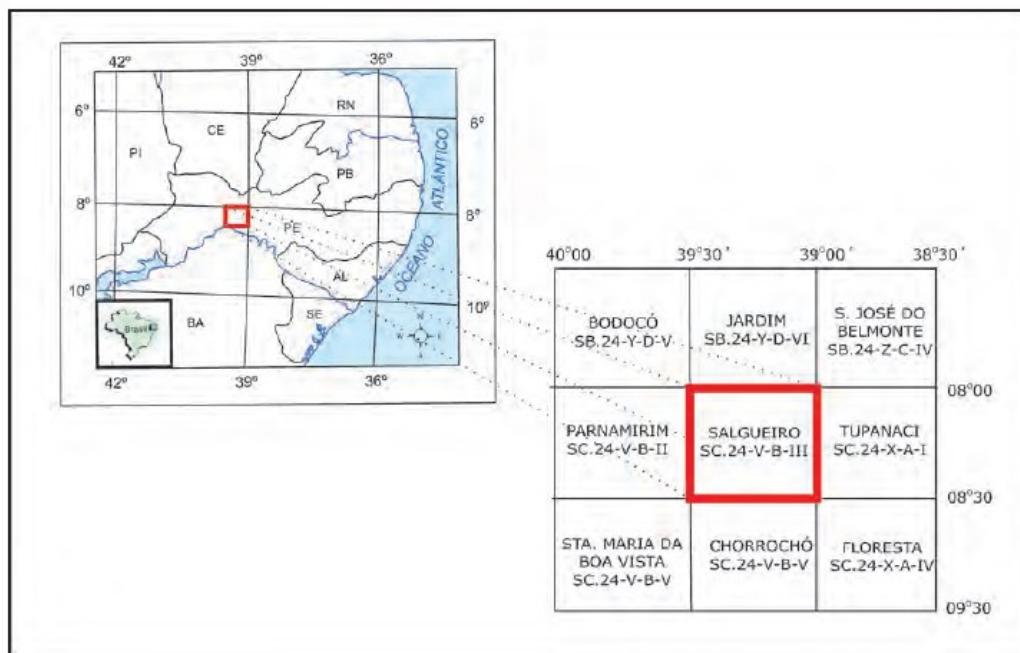


Figura 4 – Mapa de localização da Folha Salgueiro (SC.24-V-B-III).

Fonte: CPRM (2017).

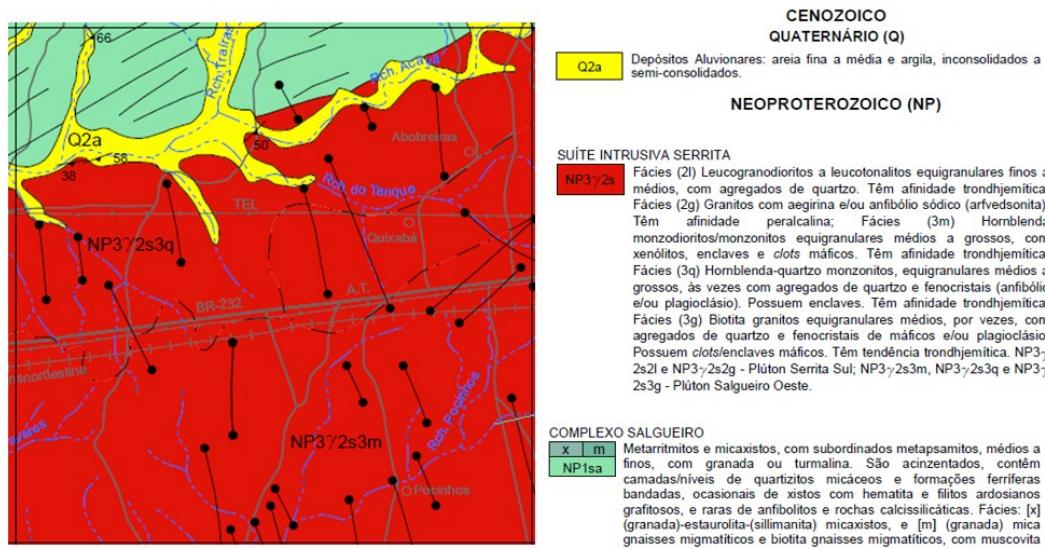


Figura 5 – Geologia da Folha Salgueiro (SC.24-V-B-III).

Fonte: Adaptação de Brito e Marinho (2012).

4.2 Características das edificações avaliadas

As edificações avaliadas foram concebidas por profissionais leigos, sem a elaboração de projetos de arquitetura e engenharia e sem o acompanhamento de qualquer profissional técnico habilitado durante a execução. Essas informações foram repassadas pelos usuários das edificações que acompanharam a construção. A 1^a Casa é concebida em alvenaria resistente na sua parte interna, coberta em madeira com telhas cerâmicas e com os apoios da coberta dos alpendres em

pilares de concreto armado. A 2^a Casa foi concebida integralmente em alvenaria resistente e com a coberta em madeira com telhas cerâmicas.

A alvenaria resistente é uma técnica utilizadas em geral em edificações populares sem o acompanhamento de profissionais técnicos, onde os carregamentos são resistidos por blocos de alvenaria não estrutural. Esse é um tipo de edificação muito comum na comunidade em que as residências avaliadas fazem parte.

5. Resultados e discussão

Os resultados aferidos pelo sismógrafo da velocidade de pico da partícula (VPP) pela frequência são apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6 para as componentes longitudinal, transversal e vertical, respectivamente. Esses resultados estão compilados na Figura 6, onde estão apresentados também os limites normativos que podem ser consultados na legenda. Na 1^a Casa foram monitoradas 7 fissuras e na 2^a Casa foram monitoradas 17. Na primeira casa não houve atividade em nenhuma das fissuras avaliadas, já na segunda casa, 2 fissuras tiveram atividade durante o período monitorado. A Figura 7 e a Figura 8 apresentam nas datas de 4 vistorias realizadas os registros das fissuras que tiveram atividade na 2^a Casa. As datas das vistorias foram 19/03/2024, 25/03/2024, 02/04/2024 e 08/04/2024.

No ato da vistoria preliminar, foi verificado que, apesar das duas casas estarem dentro da mesma classificação, a 2^a Casa se encontrava em um estado de fissuração mais avançado que a 1^a Casa. Além disso, as fissuras da 2^a Casa que sofreram atividade foram escolhidas por se encontrarem em duas regiões sensíveis. A Fissura apresentada na Figura 6 está localizada na escada, como pode ser observado essa fissura transpassa toda a extensão da escada, que já apresentava problemas na sua integridade desde antes das operações de desmonte. A Fissura apresentada na Figura 7 está localizada acima de uma porta que não possui verga. As vergas são elementos essenciais nas aberturas em alvenarias, com a função de transmitir de forma adequada os esforços ao longo da parede. Além disso verificou-se também que essa parede recebe os carregamentos da coberta, contribuindo para a sua escolha.

Diante das condições apresentadas e levando em conta os resultados na Figura 6, pode-se concluir que os comportamentos das casas analisadas nesse trabalho durante os desmontes corroboram com os critérios estabelecidos na NP 2074 (2015). Como pode ser observado na Figura 6 os resultados aferidos possuem apenas um resultado acima do limiar entre as VPP das edificações sensíveis e correntes e vários dos outros resultados se encontram relativamente próximos a esse limiar. Levando em consideração que não existem critérios específicos para a classificação das edificações e todas as outras variáveis que são intrínsecas ao problema, os resultados apresentados mostram concordância entre a classificação das edificações, a escolha das fissuras a serem monitoradas e os resultados e os requisitos da NP 2074 (2015).

Quando se analisa a Figura 6 em termos da NBR 9653 (2018), percebe-se que os resultados obtidos no monitoramento se apresentam muito distante dos limites estabelecidos nessa norma para a VPP. Então, utilizando seus critérios as atividades registradas das duas fissuras não poderiam ser associadas ao desmonte.

Observa-se então que, dependendo da norma que se utiliza para a avaliação de vibrações induzidas por desmonte de rochas, pode-se ter conclusões demasiadamente distintas em relação à associação da atividade das fissuras e o desmonte.

Tabela 4 – VPP(mm/s) e FREQ(Hz) para a componente longitudinal.

Data	VPP(mm/s)	FREQ(Hz)
	Longitudinal	Longitudinal
19/01/2024	4.250	142.900
26/01/2024	2.100	45.500
02/02/2024	0.890	43.500
09/02/2024	0.060	500.000
23/02/2024	2.860	45.500
24/02/2024	3.370	41.700
01/03/2024	4.950	45.500

Fonte: Autor (2024).

Tabela 5 – VPP(mm/s) e FREQ(Hz) para a componente transversal.

Data	VPP(mm/s)	FREQ(Hz)
	Transversal	Transversal
19/01/2024	3.940	111.100
26/01/2024	3.430	34.500
02/02/2024	0.950	58.800
09/02/2024	0.060	1000.000
23/02/2024	1.590	41.700
24/02/2024	3.180	41.700
01/03/2024	3.180	62.500

Fonte: Autor (2024).

Tabela 6 – VPP(mm/s) e FREQ(Hz) para a componente vertical.

Data	VPP(mm/s)	FREQ(Hz)
	Vertical	Vertical
19/01/2024	2.860	90.900
26/01/2024	1.140	27.800
02/02/2024	0.510	27.000
09/02/2024	0.190	1.600
23/02/2024	1.080	31.300
24/02/2024	1.520	35.700
01/03/2024	1.460	45.500

Fonte: Autor (2024).

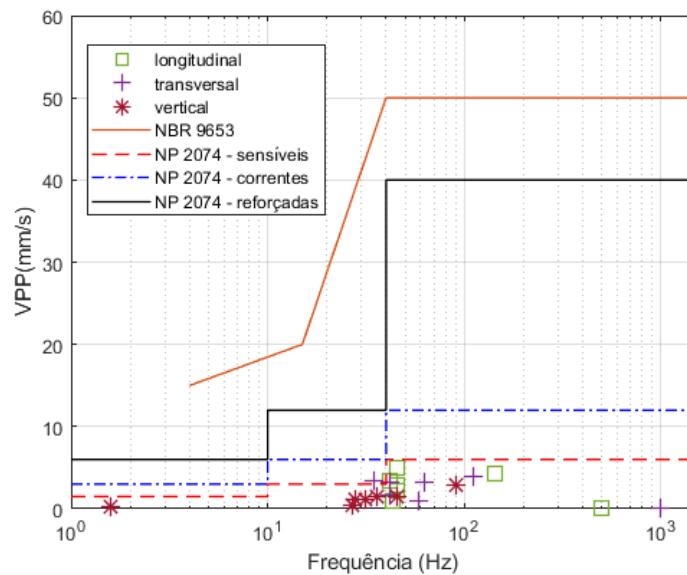


Figura 6 – VPP(mm/s) × Frequência de oscilação da partícula (Hz)..

Fonte: Autor (2024).

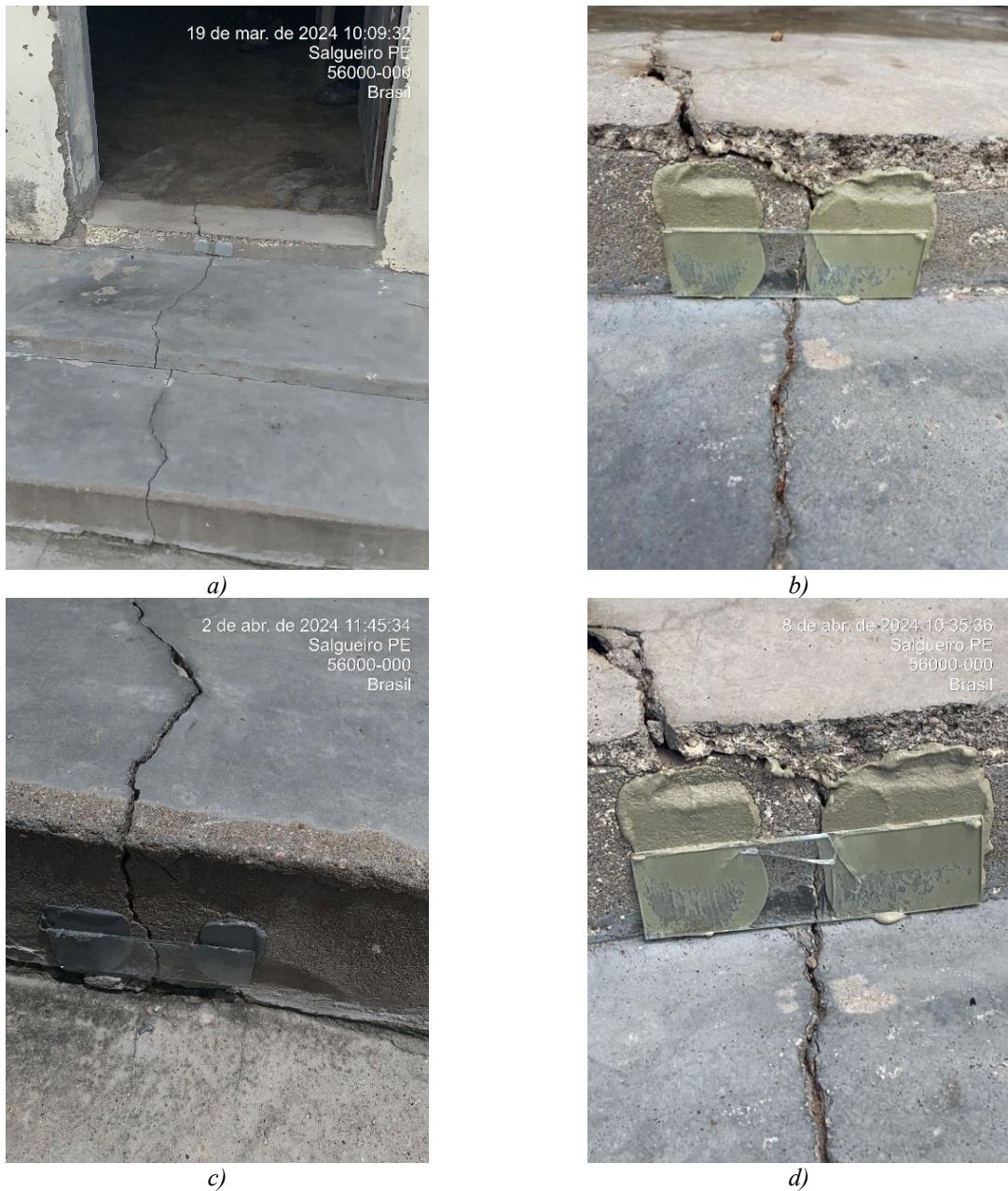


Figura 7 – Fissuras na escada da 2^a casa. a) 19/03/2024. b) 25/03/2024. c) 02/04/2024 d) 08/04/2024.
Fonte: Autor (2024).



Figura 8 – Fissuras no revestimento da fachada da 2^a casa. a) 19/03/2024. b) 25/03/2024. c) 02/04/2024. d) 08/04/2024.

Fonte: Autor (2024).

6. Considerações finais

A partir da análise do comparativo entre os resultados aferidos e os limites estabelecidos pela NBR 9653 (2018) e a NP 2074 (2015), verifica-se que a NP 2074 (2015) apresentou resultados mais consistentes com o observado *in loco*. Os limiares apresentados nessa norma conseguiram prever o comportamento da atividade das fissuras da 2^a Casa, como esperado. Já quando os resultados são confrontados com os requisitos da NBR 9653 (2018) o que se pode observar é uma discrepância significativa entre os resultados observados e os limites normativos, que apresentam resultados muito menos conservadores que a NP 2074 (2015).

Outro fato a ser levado em consideração é a classificação das edificações de acordo com a NP 2074 (2015) foi realizada de forma consistente, apesar dos critérios apresentados na norma serem de caráter qualitativos.

Apesar das diferenças entre as normas em termos de critérios quantitativos, quando se analisa a Tabela 1 pode-se perceber que a utilização complementar das duas normas pode fornecer uma análise mais rigorosa da edificação analisada, além disso ressalta-se a importância de um plano de monitoramento detalhado, com uma análise prévia de um profissional habilitado para definir os pontos críticos da edificação a serem monitorados.

7. Agradecimentos

Os agradecimentos vão para o IFSErtão e para a empresa 3S engenharia pelo fornecimento do material do estudo.

Referências

- Andrade, J. D. J. P.; Rocha, J. C. S. SISMOS INDUZIDOS POR ESCAVAÇÃO DE ROCHAS: O CASO DA BARRAGEM GOVERNADOR JOÃO ALVES FILHO, ITABAIANA/SE. *XI Encontro de Recursos Hídricos de Sergipe*. Aracaju. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9653: Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas. Rio de Janeiro. 2018.
- Bacci, D. L. C.; Landim, P. M. B.; Eston S. M.; Iramina W. S. Principais normas e recomendações existentes para o controle de vibrações provocadas pelo uso de explosivos em áreas urbanas – Parte I. *Revista Escola de Minas*, v. 56, n. 1, 51-57, 2003.
- Bacci, D. L. C.; Landim, P. M. B.; Eston S. M.; Iramina W. S. Principais normas e recomendações existentes para o controle de vibrações provocadas pelo uso de explosivos em áreas urbanas – Parte II. *Revista Escola de Minas*, v. 56, n. 2, 131-137, 2003.
- Brito, M. F. L; Marinho, M. S. *Carta Geológica da Folha Salgueiro SC.24-X-B-III*. CPRM. Recife. 2012.
- Cavalcante, P. H. F.; Assis, A. P. ANÁLISE DE RISCO EM OBRAS DE GEOTECNIA COM USO DE EXPLOSIVO. *Revista Foco Interdisciplinary Studies*, v. 15, n. 1, 01-10, 2022.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. *GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA SALGUEIRO SC.24-X-B-III*. Organizadores: Maria de Fátima Lyra de Brito, Marcelo de Souza Marinho. Recife, PE: CPRM, 2017.
- Fonseca, R.; Gomes, J.; Lemos, J.; Resende, R. MODELAÇÃO DO MACIÇO ROCHOSO PARA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE BARRAGENS DE BETÃO SIJEITAS A VIBRAÇÕES EXPLOSIVAS. *Revista da Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões*, v. 30, n. 1, 61-70, 2018.
- Gevú, N.; Varela, W; Niemeyer, M. L. AS FACHADAS HISTÓRICAS DA RUA PRIMEIRO DE MARÇO: O IMPACTO DAS VIBRAÇÕES GERADAS PELO TRÁFEGO INTENSO NO CENTRO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. *VI Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*. Brasília. 2020.
- Gevú, N.; Varela, W; Niemeyer, M. L. Tráfego intenso na cidade do Rio de Janeiro: impacto das vibrações viárias em fachadas históricas. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, v. 5, n. 2, 31-39, 2015.
- Grossi, M. V. F. Análise de Danos em Edificações Lindeiras a Área de Desmonte de Rocha: Estudo de Caso e uma Mineiradora Anônima no Brasil. *XVII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das Construções*. Fortaleza. 2011.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DE QUALIDADE. NP 2074: Avaliação da influência de vibrações impulsivas em estruturas. Caparica. 2015.
- Lima, G. A. C. Análise dos Impactos das Vibrações Geradas por Desmontes em Taludes das Minerações – Estudo de Caso da Mina Timbopeba em Ouro Preto (MG). *Geografia*, v. 10, n. 2, 245-255, 2001.
- Miranda, L.; Costa, A; Delgado, R. ANÁLISE DE VIBRAÇÕES EM EDIFÍCIOS PROVOCADOS PELA DETONAÇÃO DE EXPLOSIVOS. *7º Congresso de Sismologia e Engenharia sísmica*. Porto. 2007.

Neto, C. D.; Ferreira, G. C. CONTROLE DE VIBRAÇÕES GERADAS POR DESMONTE DE ROCHA COM EXPLOSIVOS. ESTUDO DE CASO: CALCÁRIO CRUZEIRO, LIMEIRA (SP). *Geociências*, v. 25, n. 4, 455-466, 2006.

Oliveira, M. M.; Muñoz, R. AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE VIBRAÇÕES NA IGREJA DE SANTO ANTÔNIO DE MOURARIA. *Encontro Nacional Arquimemória 4*. Salvador. 2013

Silva, S. L.; Leão, M. F. INFLUÊNCIA DAS ONDAS SÍSMICAS GERADAS POR DESMONTES DE ROCHA EM BARRAGEM DE MINERAÇÃO. *Geociências: Desenvolvimento científico, tecnológico e econômico*, v. 2, n. 1, 122-147, 2020.