

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DE
RECURSOS NATURAIS

Barthira Almeida Nunes

**IMPACTOS DE VIZINHANÇA E TECNOLOGIA NO DESMONTE DE ROCHA PARA
TERRAPLENAGEM EM ÁREA URBANA DE CAMPINA GRANDE-PB**

Campina Grande/PB
Maio de 2024

Barthira Almeida Nunes

**IMPACTOS DE VIZINHANÇA E TECNOLOGIA NO DESMONTE DE ROCHA PARA
TERRAPLENAGEM EM ÁREA URBANA DE CAMPINA GRANDE-PB**

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutora em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais.

Orientadora: Prof^a. Dra. Viviane Farias Silva

Campina Grande/PB
Maio de 2024

N972i

Nunes, Barthira Almeida.

Impactos de vizinhança e tecnologia no desmonte de rocha para terraplenagem em área urbana de Campina Grande-PB / Barthira Almeida Nunes. – Campina Grande, 2024.

84 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.

"Orientação: Profa. Dra. Viviane Farias Silva".

Referências.

1. Terraplenagem. 2. Tecnologia Sustentável – Desmonte de Rochas. 3. Rochas – Técnicas de Desmonte. 4. Poluição Sonora e Vibração do Terreno – Impactos de Vizinhança. 5. Métodos e Cobertura de Detonação. 6. Sismográficos. I. Silva, Viviane Farias. II. Título.

CDU 624.133(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA E GESTAO DE RECURSOS NATURAIS
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

Barthira Almeida Nunes

“IMPACTOS DE VIZINHANÇA E TECNOLOGIA NO DESMONTE DE ROCHA PARA TERRAPLENAGEM EM ÁREA URBANA DE CAMPINA GRANDE-PB”

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais como pré-requisito para obtenção do título de Doutor Engenharia e Gestão de Recursos Naturais.

Aprovada em: 13/05/2024

Dr.(a.) **Viviane Farias Silva** (Orientador PPGEGRN).

Dr.(a.) **Maria Sallydelandia Farias/PPGEGRN**(Examinador Interno).

Dr.(a.) **Maria de Fátima Nóbrega Barbosa/PPGEGRN**(Examinador Interno).

Dr.(a.) **Antonio Pedro Ferreira Sousa/UAMG/UFCG** (Examinador Externo).

Dr.(a.) **Defsson Douglas Araújo Ferreira/IFBA** (Examinador Externo).



Documento assinado eletronicamente por **VIVIANE FARIAS SILVA, COORDENADORA DE PÓS GRADUAÇÃO**, em 13/05/2024, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Defsson Douglas de Araújo Ferreira, Usuário Externo**, em 13/05/2024, às 18:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARIA SALLYDELANDIA DE FARIAS ARAUJO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/05/2024, às 19:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANTONIO PEDRO FERREIRA SOUSA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 14/05/2024, às 13:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARIA DE FATIMA NOBREGA BARBOSA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/05/2024, às 16:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **4418295** e o código CRC **2353433A**.

À Deus, pois dele, por ele e para ele são todas as coisas; glória a ele eternamente (Romanos 11:36).
À minha família (mãe e irmão) e o meu noivo por sempre acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me conduziu durante toda vida, principalmente nesses anos de academia. Toda honra e glória a ele, que não me deixou abater-se diante dos obstáculos e que me fortaleceu a cada dificuldade enfrentada, que me levantou e tomou-me pela mão guiando-me pelos caminhos da esperança. Hoje aqui estou para agradecer e dizer que sem ti nada sou e nada teria conseguido.

À minha família, em especial ao meu pai João Batista Nunes (in memorian), minha mãe Elizabete Almeida Silva e meu irmão Marx Henrique Almeida Nunes pelo amor e companheirismo dedicado a mim. Reconheço que a vida nem sempre foi fácil e o quanto suado foram os esforços para que eu chegasse até aqui. Obrigada pela educação e pelos valores repassados. Tenho muito orgulho de vocês.

Ao meu noivo, José Henrique de Araújo Rufino, por ser meu maior incentivador, por me inspirar e por ser um grande amigo.

À Profa. Dra. Viviane Farias Silva, orientadora desse trabalho, por me apoiar durante todas as dificuldades enfrentadas nessa reta final, eu jamais vou esquecer o que a senhora fez por mim. Sempre irei orar por sua vida, que é uma benção.

Ao Exército Brasileiro, General Bernardes e Alessandro, Coronéis Osmar Nunes, Oliveira Ramos e Grala por me permitirem continuar estudando quando assumi a missão de trabalhar no 1º Grupamento de Engenharia.

Aos meus colegas de trabalho, Sargento Calixto e Demetrio, pelo apoio durante as ausências para estudar.

Aos meus colegas do PPGEGRN, por terem sido ponto de apoio ao longo desse curso, sem vocês teria sido muito mais difícil.

À empresa de desmonte de rocha, anônima, por disponibilizar os dados e permitir analisar as técnicas utilizadas para o desmonte de rocha.

Por fim, e não menos importante, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais com elevado nível conhecimento técnico e profissional, pelo conhecimento repassado e apoio em todas as vezes e momentos que precisei. Me senti acolhida sempre por todos. Aqui é uma verdadeira família.

Nunca busquei ser melhor que alguém, ou querer o lugar de alguém, mas sempre lutei para buscar o meu lugar.

RESUMO

O desmonte de rochas é uma atividade essencial para a realização de terraplenagem, contribui com o desenvolvimento econômico é essencial para as atividades de mineração e construção civil. No entanto, essa prática não está isenta de impactos de vizinhança como poluição sonora e vibração do terreno. Nesse contexto, a presente pesquisa foi realizada objetivando-se analisar os impactos de vizinhança e aplicação de tecnologia no desmonte de rocha em área urbana de Campina Grande-PB. Foram realizadas acompanhamento durante todo processo de desmonte em três (3) obras, caracterizando cada empreendimento, identificando as técnicas, quantitativo de explosivo e de material retirado do desmonte, uso de sismógrafos para analisar vibração e ruído inseridos em pontos estratégicos. Para redução dos impactos como vibração, ultralanchamentos e sobrepressão atmosférica, foi analisada nesta pesquisa a implantação do detonador T-REX como iniciador e a cobertura de solo para o abafamento da detonação. Após a identificação de todas as etapas do processo de desmonte foi construído uma matriz de impacto de vizinhança. O volume desmontado na Obra A1, A2 e A3 foi de 857,31 m³, 3.735,58 m³ e 2.918,29 m³, respectivamente. Cerca de 62% de seus indicadores da fase de detonação são considerados de elevado impacto negativo. Enquanto a perfuração corresponde a 19% destes indicadores estão sendo elevados. O elevado impacto de vizinhança ocorre na fase de detonação, que foi observado na análise da matriz, porém cerca de 42% das interações totais foram não significativas, devido ao uso de tecnologias sustentáveis aplicadas nesta pesquisa, atingindo os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Palavras-chave: Técnicas de Desmonte; Vibração; métodos de detonação; Cobertura de Detonação; Sismográficos.

ABSTRACT

Rock dismantling is an essential activity for carrying out earthworks, it contributes to economic development and is essential for mining and civil construction activities. However, this practice is not free from neighborhood impacts such as noise pollution and ground vibration. In this context, the present research was carried out with the aim of analyzing the impacts of neighborhood and application of technology in rock dismantling in an urban area of Campina Grande-PB. Monitoring was carried out throughout the dismantling process in three (3) works, characterizing each project, identifying the techniques, quantity of explosive and material removed from the dismantling, use of seismographs to analyze vibration and noise inserted at strategic points. To reduce impacts such as vibration, ultralaunches and atmospheric overpressure, the implementation of the T-REX detonator as an initiator and the ground cover to muffle the detonation were analyzed in this research. After identifying all stages of the dismantling process, a neighborhood impact matrix was constructed. The volume dismantled in Work A1, A2 and A3 was 857.31 m³, 3,735.58 m³ and 2,918.29 m³, respectively. Around 62% of its detonation phase indicators are considered to have a high negative impact. While drilling accounts for 19% of these indicators, they are being raised. The high neighborhood impact occurs in the detonation phase, which was observed in the matrix analysis, but around 42% of total interactions were non-significant, due to the use of sustainable technologies applied in this research, achieving the Sustainable Development Goals.

Keywords: Dismantling Techniques; Vibration; Blasting methods; Blast Coverage; Seismographics.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANM	Agência Nacional de Mineração
CC	Código Civil
BR	Rodovia Federal
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Prospecção de Recursos Minerais
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EIV	Estudo de Impacto de Vizinhança
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PB	Paraíba
PNMA	Plano Nacional do Meio Ambiente
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

LISTA DE SÍMBOLOS

dB	Decibel
Hz	Hertz
km	Kilômetros
mm	Mililitros
ms	Milissegundos
h	hora
m	Metro
km ²	Kilômetros quadrados
mm/s	Milímetros por segundos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Áreas urbanizadas de Campina Grande-PB em 2005 e 2022	24
Figura 2	Fluxograma do processo de detonação	33
Figura 3	Principais efeitos das detonações nas edificações	35
Figura 4	Representação gráfica dos limites de velocidade de vibração de partículas de pico por faixas de frequência	38
Figura 5	Mapa de localização das áreas de pesquisa	40
Figura 6	Mapa de localização do desmonte do empreendimento Obra A1	41
Figura 7	Mapa de localização do desmonte do empreendimento Obra A2	42
Figura 8	Estruturas de concreto de área do empreendimento Obra A3	42
Figura 9	Mapa de localização do desmonte do empreendimento Obra A3	43
Figura 10	Mapa de solos do município de Campina Grande-PB	45
Figura 11	Mapa geológico do município de Campina Grande-PB	46
Figura 12	Fluxograma para avaliação do impacto de vizinhança	47
Figura 13	Detonador T-REX utilizado	48
Figura 14	Processamento de abafamento de desmonte de rocha	48
Figura 15	Geometria dos furos - malha estagiada	52
Figura 16	Cobertura de solo argiloso utilizada no desmonte de rocha nas Obras A1 (A), A2 (B) e A3 (C)	54
Figura 17	Área de bloqueio no período de detonação de rocha para terraplenagem na Obras A1 (A), Obra A2 (B) e Obra A3 (C)	56
Figura 18	Mapas de Localização dos sismógrafos da Obra A1 (A), Obra A2 (B) e Obra 3 (C)	58
Figura 19	Dados da sismografia dos empreendimentos A1 (A), A2 (B) e A3 (C)	62
Figura 20	Representação gráfica da velocidade de vibração de partículas de pico das Obras A1 (A), A2 (B) e A3 (C)	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Classificação de Materiais de 1ª, 2ª e 3ª Categoria	29
Quadro 2	Matriz utilizada para identificar os impactos do processo de desmonte em rocha	50
Quadro 3	Resumo dos dados dos Planos de Fogo dos empreendimentos.	59
Quadro 4	Análise da velocidade de vibração com o uso do detonador T-REX	64
Quadro 5	Matriz dos impactos ocasionados pelo processo de desmonte de rocha nas Obras analisadas	67
Quadro 6	Matriz de significância dos impactos ocasionados pelo processo de desmonte de rocha nas Obras analisadas	69
Quadro 7	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável relacionado a tecnologia sustentável aplicada no desmonte de rocha para terraplenagem em área urbana	72

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	17
2.1 Geral	17
2.2 Específicos	17
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 Expansão territorial e transformações urbanas	18
3.1.1 Urbanização na Região Nordeste	20
3.1.2 Expansão urbana na Paraíba e seus impactos	22
3.2 Estudo De Impacto De Vizinhança	25
3.3 Desmonte de rocha para terraplenagem	28
3.4 Legislação para desmonte de rocha para terraplenagem	37
4. MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1 Caracterização da área de estudo	39
4.1.1 Obra A1	40
4.1.2 Obra A2	41
4.1.3 Obra A3	42
4.2 Aspectos Fisiográficos	43
4.2.1 Clima, Hidrografia, Vegetação e Relevo	43
4.2.2 Geologia e Solos	44
4.3 Metodologia para avaliação do impacto de vizinhança	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1 Identificação de técnicas e procedimentos no desmonte de rochas nas áreas de estudo	52
5.2 Avaliação da eficiência das técnicas através de monitoramento sismográfico	62
5.3 Matriz de impacto de vizinhança decorrente da atividade de desmonte de rocha	66
5.4 Identificação dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS)	72
6. CONCLUSÃO	75
REFERÊNCIAS	76

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vem crescendo e influencia diretamente na economia nacional, porém segundo Meirelles *et al.*, (2023), em alguns casos, ainda é feita de maneira rudimentar, necessitando de investimentos e aplicação de tecnologias. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, no ano de 2022 o setor da construção civil teve acréscimo de aproximadamente 7% no PIB, sendo responsável por 10% dos empregos gerados. Enquanto no ano de 2023 esse crescimento foi de quase 2%, valor inferior ao esperado para o respectivo ano pós pandemia (IBGE, 2024). Nunes *et al.* (2020) afirmam que o PIB deste setor influencia moderadamente na taxa de desemprego, mesmo este sendo apenas uma fatia da economia nacional, representa uma média de 5,3%.

A indústria da construção civil, segundo Caliarri e Santos (2020), desempenha um papel de grande relevância para o estado do Nordeste. Essa importância se dá pelo fato da construção civil contribuir para o desenvolvimento de emprego nessa região, gerando uma significativa participação no mercado de trabalho nacional.

Para Agra (2020), na última década, a região sudoeste de Campina Grande passou por um aumento significativo de investimentos públicos e privados em infraestrutura. Isso se deve ao fato de abrigar diversos empreendimentos com habitações de interesse social que fazem parte de programas como o Minha Casa Minha Vida, além de estar estrategicamente localizada próximo às rodovias federais BR 104 e BR 230. Com isso, o solo da região se valorizou, por causa das construções residenciais, comércios e vias de acesso, despertando o interesse de loteadoras, construtoras e incorporadoras, que têm desenvolvido diversos projetos, como loteamentos, condomínios verticais e horizontais, além de edifícios comerciais, industriais e tecnológicos.

De acordo com Lima, *et al.* (2019), procura-se atender à demanda urbana, principalmente visando ao bem-estar dos cidadãos e aos critérios de desenvolvimento sustentável, levando em consideração as interrelações entre a sociedade e a natureza. Não basta apenas atender à demanda por infraestrutura nem somente delimitar as áreas de preservação; a gestão urbana deve garantir a combinação de ações que promovam a distribuição equilibrada dos benefícios urbanos com qualidade, pois a atividade de desmonte de rocha próximas dos grandes centros

urbanos, cria conflitos com a sociedade pelo seu impacto (Silva et al., 2019).

A expansão das áreas urbanas conduz frequentemente a conflitos em torno do ambiente, uma vez que são necessários novos espaços para infraestruturas e habitação. Esses conflitos surgem quando há um debate entre a preservação do meio ambiente e o progresso do desenvolvimento urbano, causando prejuízo entre diversos atores, incluindo entidades governamentais, empresas, comunidades locais e organizações ambientalistas. A rápida expansão urbana traz consigo diversos desafios, o principal deles é o crescimento desordenado das cidades, resultando em problemas como a falta de planejamento urbano, o surgimento de favelas e áreas de ocupação irregular, além do aumento da poluição e da degradação ambiental.

Assim, o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) é uma realidade nas áreas que estão em constante crescimento, sendo considerados os impactos que afetam a qualidade de vida da população urbana e causam transtornos significativos. Em relação ao conceito de vizinhança são considerados, pessoas, edificações, atividades que localizam-se no mesmo território e que possam ter influência positiva ou negativa relacionada ao empreendimento (Schvarsberg et al., 2016). É fundamental a análise dos impactos causados por novos empreendimentos à vizinhança e ao meio em que estão inseridos (Arôxa; Veiga, 2020).

Para todo tipo de obra, na área da Engenharia Civil, como afirma Galego e Marco (2021), a terraplenagem é necessária, sendo o movimento de terra essencial, pois nos terrenos naturais sempre haverá desníveis e vegetação, que devem ser removidos para que a obra siga com a perfeita execução. Antes de iniciar qualquer tipo de construção, é preciso adequar o terreno conforme as necessidades do projeto. A terraplenagem compreende as seguintes etapas: limpeza da área, escavação, aterro e compactação. É durante a escavação, na fase inicial do projeto, com a movimentação de terra, que surgem os materiais de terceira categoria, os quais apresentam o diâmetro médio acima de 1 metro ou volume superior a $2m^3$, onde o desmonte de rocha é somente realizado, com a utilização contínua de explosivos (Oliveira, 2020).

O desmonte de rocha gera impactos ambientais e desconfortos humanos, como a poeira, que provoca doenças no sistema respiratório; os ruídos e sobrepressão atmosférica, que causa danos muitas vezes definitivos a audição dos trabalhadores e até mesmo a população circunvizinha; vibração do terreno que pode causar danos severos estruturais e; os ultralanchamentos de fragmentos, representam

o maior perigo direto, devido a possibilidade de ocasionar acidentes com vítimas fatais, e danos em estruturas residenciais (Pontes et al., 2020). Entretanto, o mercado tem trabalhado, ininterruptamente, para buscar tecnologias que minimizem estes impactos, além disso, tentando se adequar às realidades locais.

O uso do explosivo tem evoluído através do uso de tecnologias obtendo-se conhecimento sobre as formas corretas de aplicação e manuseio com segurança tem gerado resultados positivos (Gouveia et al., 2020). A utilização de tecnologias aplicadas ao desmonte tem contribuído significativamente com a mitigação de ruídos e vibrações próximas a áreas urbanas. Faltam normas, regulamentos e métodos para avaliação de processos de remoção de rochas com uso de explosivos que devam indicar as atividades e principais etapas dos projetos em áreas urbanas, principalmente indicadores técnicos e procedimentos para o controle efetivo de explosivos, como descrevem Silva et al. (2019).

Para redução dos impactos como vibração, ultralanchamentos e sobrepressão atmosférica, será analisada nesta pesquisa a implantação do detonador T-REX como iniciador e a cobertura de solo para cobertura da detonação, por não haver comprovação científica relacionados ao uso destas tecnologias, principalmente em áreas urbanas, visando a qualidade de vida da população e da fauna próxima a situações de desmonte de rocha, que sofrem com desconforto nos momentos das detonações, seja pela poeira, barulho, vibrações, entre outros. Dessa maneira, o detonador T-REX foi escolhido como iniciador pela tecnologia de ponta que permite uma detonação mais controlada e eficiente. Em conjunto com a cobertura de solo para cobertura da detonação ser uma técnica importante que visa reduzir os impactos ambientais causados pela explosão, contendo o impacto da detonação no solo, reduzindo a propagação de poeira e detritos e protegendo a vegetação e a fauna locais.

É importante ressaltar que há carência de estudos sobre esse tema na literatura pesquisada, assim como a análise de tecnologias sustentáveis a ser aplicada para o desmonte de rocha buscando minimizar os impactos de vizinhança, tornando-se assim uma pesquisa inédita e inovadora, contribuindo para o alcance dos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS).

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar os impactos de vizinhança e aplicação de tecnologia no desmonte de rocha em área urbana de Campina Grande-PB.

2.2 Específicos

- Identificar técnicas e procedimentos no desmonte de rochas nas áreas de estudo;
- Avaliar a eficiência no uso das tecnologias: detonador T-REX e o abafamento do fogo para redução dos impactos ambientais nas áreas em estudo, através do monitoramento sismográfico durante o desmonte de rochas para terraplanagem nos empreendimentos estudados;
- Elaborar a matriz de impacto de vizinhança decorrente da atividade de desmonte de rocha;
- Identificar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) na atividade de desmonte de rocha com uso de tecnologia sustentável.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Expansão territorial e transformações urbanas

A progressão que vem ocorrendo na sociedade influencia diretamente na divisão do trabalho que se intensifica e assim há alteração do ambiente físico, decorrente de uma interação intrincada entre a sociedade e o mundo natural. Surgem assim novos métodos de ocupação do espaço, caracterizados pela complexidade e sofisticação, ocultando de forma eficaz os desequilíbrios de poder inerentes a esta evolução (Lourenço, 2023).

A expansão urbana é um processo de crescimento das áreas urbanizadas de uma cidade, caracterizada pelo aumento da população e pela ampliação de limites urbanos, acompanhada do crescimento de construções, como edifícios e áreas residenciais ou comerciais, de acordo com os interesses da comunidade local (Vilarinho et al., 2023).

Um dos aspectos urbanos que tem recebido mais atenção é o fenômeno da expansão física das cidades acompanhada de significativa perda de densidade, conhecido na literatura internacional como *urban sprawl*. A principal razão pela qual esse fenômeno voltou a ser foco de planejadores urbanos e cientistas sociais é a justa relação que existe entre a expansão urbana e a eficiência ambiental das cidades (Rubiera-Morollon; Garrido-Yserte, 2020).

No Brasil, o processo de expansão urbana iniciou-se a partir dos anos 50, com a industrialização e a população, até então predominantemente rural, passou a crescer nas áreas urbanas das grandes capitais brasileiras (Agra, 2020). Como descrito por Lourenço (2023) o solo urbano tende a ter uma renda diferencial com relação à terra rural, interessa aos proprietários utilizá-la como solo urbano quando possível. O uso do solo urbano possibilita incorporar investimentos considerados urbanos sobre a terra, como aqueles relacionados com a construção civil e que propiciam lucros extraordinários se comparados ao uso do solo pelas atividades rurais.

É notável que, cada vez mais, cresce a demanda do uso do solo por atividades urbanas e isso leva a utilização de áreas que ficam no entorno do espaço urbano, denominadas de áreas periurbanas (Nascimento, 2019). Com isso, as regiões

periurbanas se tornam áreas urbanas. As áreas periurbanas são zonas de transição entre a cidade e o campo, onde se mesclam atividades rurais e urbanas na disputa pelo uso do solo, as quais são consideradas como plurifuncionais, que se submetem a bruscas transformações econômicas, sociais e físicas, além de possuírem um dinamismo marcado pela proximidade de um grande núcleo urbano (Vale, 2005).

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023) houve crescimento populacional no Brasil ao comparar 2010 a 2022 de 6,5% no país, com cerca de 203,1 milhões de habitantes no ano de 2022 e aproximadamente 124,1 milhões de pessoas encontram-se em áreas urbanas. Este aumento populacional potencializa a expansão urbana, com ampliação de residências, comércios e indústrias.

No Brasil, os condomínios horizontais fechados surgiram direcionados para as classes alta e média em ascensão. Com a expansão desse empreendimento imobiliário, criou-se uma imagem de melhor gestão, prometendo segurança, homogeneidade social, status, paisagem natural e construída e qualidade de arquitetura (Silva et al., 2015). A instalação de um condomínio residencial em áreas periurbanas, ou seja, que se localizam no limite dos perímetros urbanos, é um exemplo que gera uma pressão pela expansão dos limites da área urbanizável podendo, inclusive, induzir a alteração de zonas rurais para urbanas ou de expansão urbana (Schvasrberg et al., 2016).

Estes tipos de condomínios são considerados uma nova forma de segregação urbana contemporânea, devido ao muro que cerca e separa a área pública da particular. Na busca pela segurança e melhor qualidade de vida, a expansão urbana assume contornos derivados de mudanças importantes na esfera da vida cotidiana decorrente do crescimento da construção civil e imobiliária. Geralmente, são de grandes extensões, estão localizadas em áreas isoladas e afastadas dos centros urbanos, fazendo parte do processo de reestruturação do padrão residencial em que o uso é restrito aos moradores (Silva et al., 2015).

Nos loteamentos fechados, a sua expansão tem se consolidado como uma estratégia para viabilizar empreendimentos imobiliários como garantia longa de vendas e áreas estratégicas (Silva, 2022). Segundo Souza (2008), estes loteamentos são considerados parcelas de terrenos (lotes individuais), em que o proprietário pode utilizá-las como lhe aprouver na construção da sua moradia. Possui espaços públicos de uso comum a todos os moradores. Portanto, à medida que as moradias se

expandem, os comércios crescem, as demandas se tornam crescentes constantemente e tudo isso demanda à construção civil.

Outrossim, vale ressaltar que a implantação de um novo empreendimento, como por exemplo, centro administrativo municipal ou um hospital, em área predominantemente residencial, irá acarretar o surgimento de estabelecimentos comerciais e de serviços de apoio no entorno - como restaurantes e agências bancárias entre outros - que tendem a alterar o uso predominante no local (Schvasberg et al., 2016). Na opinião de Elias (2018) ao ocorrer a expansão urbana também haverá surgimento de cidades, aumento da área urbana, assim como ampliação do agronegócio.

Como descrito por Pinto e Moreira (2022) a rápida expansão urbana também traz consigo uma série de desafios, destacando-se o crescimento desordenado das cidades, resultando em ausência de planejamento urbano, o aparecimento de favelas e áreas de ocupação irregular, além do acréscimo da poluição e danos ambientais.

A expansão urbana no Brasil, especialmente na região Nordeste, é um fenômeno que deve ser analisado por diversas perspectivas, que reflete tanto as oportunidades quanto os desafios enfrentados pelas cidades nessa parte do país. Ao longo das últimas décadas, tem-se observado crescimento acelerado das áreas urbanas, influenciado por diversos fatores socioeconômicos e demográficos.

3.1.1 Urbanização na Região Nordeste

É no período colonial que a urbanização no Nordeste se iniciou e caracterizou-se de forma e período distintos das demais regiões brasileiras, em virtude de abrigar as primeiras localidades colonizadas e onde se instalaram as principais atividades econômicas. Estabeleceu-se, primeiramente, a cultura da cana-de-açúcar, consolidando a formação do chamado “Nordeste Açucareiro”, posteriormente outros produtos, como o algodão, favorecendo o crescimento de cidades como Salvador e Recife (Agra, 2020).

Uma nova fase para a atividade produtiva do Nordeste se iniciou em meados dos anos de 1990. Algumas empresas de calçados, eletrodomésticos, confecções, têxteis, alimentos, bebidas e embalagens, entre outras, procuraram os estados

nordestinos e instalaram suas unidades de produção nas capitais ou nas cidades do interior, interessadas, principalmente, na oferta de força de trabalho a baixo custo, nos benefícios fiscais e na maior possibilidade de flexibilizar a produção e as relações de trabalho. Vinculou-se, sobretudo, à transferência de gêneros da indústria tradicional de outras partes do Brasil para a região nordestina (Junior, 2016) .

Para Dieb (2022), os capitais industriais atraídos introduziram em periferias metropolitanas ou em cidades médias e pequenas uma atividade industrial moderna é caracterizada pela aceleração do tempo da fábrica, materializada em zonas de produção formadas a partir da instalação de uma ou mais unidades produtivas. Pelo papel importante que os governos estaduais desempenharam nessa organização produtiva, ao oferecer subsídios fiscais, mas também erguendo a infraestrutura necessária para a instalação de fábricas, é possível afirmar que o bom desempenho na consolidação dessas zonas industriais deu-se por meio de ações subvencionadas.

Com isso, as economias tradicionais, como a pecuária e o algodão, foram dando espaço para outros setores como o da construção civil. A ampliação da base de ciência, tecnologia e inovação que o Governo Federal aqueceu nos últimos anos, que resultou na expansão das universidades no interior e dos institutos de educação técnica, com a instalação de novos centros de pesquisa e desenvolvimento de polos tecnológicos no interior (Araújo, 2014). De acordo com Bizerril (2020) a região nordeste possui maior quantidade de *campi*, com aumento expressivo da interiorização do ensino superior, com cerca de 18 universidades e 75 *campi* nesta região.

Apesar da legislação exercer um fator importante de ordenamento territorial, sua efetividade é limitada, uma vez que ocupações com fins urbanos dentro da zona rural continuam ocorrendo e são o principal motivo e pretexto para aumentos de perímetro urbano (Zampieri & Balestro, 2020).

De acordo com a Nota Técnica Novo Plano de Aceleração do Crescimento (Brasil, 2023): A grande influência desse crescimento vem do PAC, cujo plano cria as condições regulatórias, as soluções de créditos e programas para sustentar a transição ecológica. Essas condições estão pautadas em promoção de crédito com taxas especiais (para setores públicos e privados), que reduzam o custo do investimento em projetos estruturantes; incentivo em investimentos no setor de logística (nos subeixos rodovias, ferrovias, hidrovias, portos e aeroportos); fomento à educação básica, científica, tecnológica e superior, com a expansão da rede pública

educacional e retomada de obras, garantindo o acesso e a permanência escolar em todos os níveis educacionais; a saúde, com ampliação dos serviços e da cobertura do Sistema Único de Saúde (SUS), etc. Além disso, o Novo PAC traz consigo, como novidade em relação aos PACs anteriores, o tema central das demandas voltadas à transição energética e ao desenvolvimento ambientalmente sustentável.

O impacto positivo relacionado ao PAC está na urbanização e no desenvolvimento regional no Nordeste do Brasil, devido esta região ter uma história de desigualdades social e econômica, assim a aplicação da PAC estimula o crescimento em áreas menos desenvolvidas, tentando diminuir as discrepâncias regionais, melhorando a qualidade de vida da população e potencializando a expansão urbana, como relatam Rotta e Reis (2018). Contudo destaca-se que a aplicação da PAC de forma eficiente depende de alguns fatores como burocracia, corrupção, entre outros problemas governamentais, assim como deve ser considerado as demandas das comunidades que serão contempladas, sendo utilizada uma metodologia participativa e inclusiva, o que geralmente não é observado.

Assim a expansão urbana traz diversos benefícios para a qualidade de vida da população, porém conjuntamente há os problemas ambientais ocasionados pela ausência de planejamento urbano e falta de conscientização ambiental da população. Segundo Franco e Ramos Junior (2023) é necessário ter uma perspectiva relacionada ao direito à construção, com habitação digna e acesso às cidades considerando diversos aspectos jurídicos e sociais, embora as propostas de humanização das cidades sejam ousadas, é crucial para modificar e melhorar a vida urbana, na busca de sustentabilidade.

3.1.2 Expansão urbana na Paraíba e seus impactos

A Paraíba, por vários períodos da sua história, teve no algodão o grande produto da sua economia, nas primeiras duas décadas do século XX, o que fez com que o referido estado também sofresse influências das estratégias econômicas de empresas originárias de países centrais na dinâmica da economia capitalista mundial (Dieb, 2022). Os anos 1960 e 1970 marcaram a inserção da Paraíba no processo de industrialização. Isso ocorreu devido à implementação de um conjunto de condições infraestruturais que possibilitaram a ampliação do quadro de produção industrial local.

Tal inserção fez parte de um projeto federal que visava equilibrar as diferenças entre as regiões sudeste e nordeste, e foi viabilizada através da criação da SUDENE, em 1959 (Dieb, 2022).

Entre os anos 1955 e 1979 foram construídas universidades, rodovias e indústrias que deram novos contornos aos municípios da Paraíba, dentre essas pode citar: a criação da Universidade Federal da Paraíba e a ampliação da BR-101 (Dieb, 2022). Na década de 1960, Campina Grande se destaca como importante polo comercial, industrial e tecnológico, arrecadando mais impostos do que a capital do estado (Fernandes, 2011). Outro município de economia bastante relevante para o estado da Paraíba, é Santa Rita. Possui uma economia forte na indústria canavieira, é a maior produtora de abacaxi do estado. Há indústrias que oferecem suporte econômico como a Demillus e Brastex (Lima 2012).

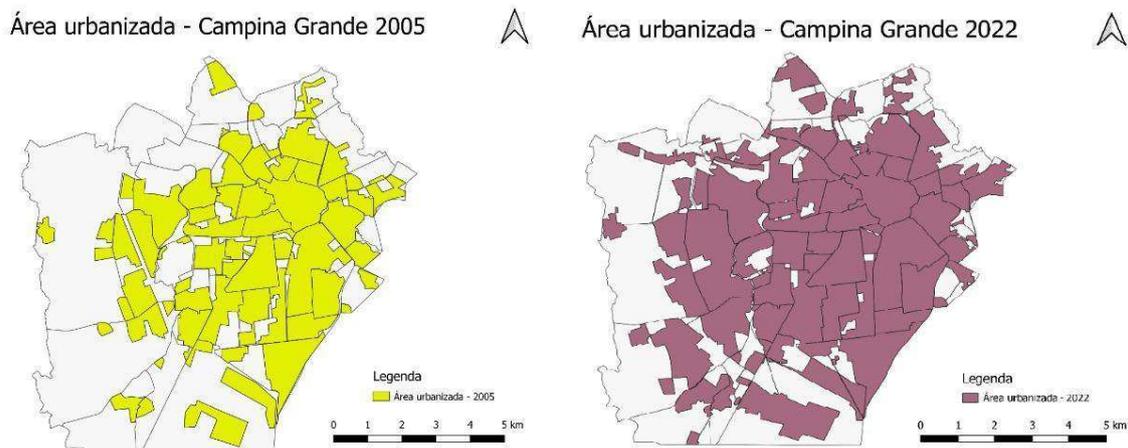
A urbanização da região sudoeste da cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba, teve destaque a partir da implantação de investimentos públicos e privados em infraestrutura e empreendimentos destinados a habitações de interesse social (Agra, 2021). De acordo com Medeiros, (2018), na década de 70 foram implantados dois programas federais de desenvolvimento urbano: O CURA (Comunidade Urbana para Recuperação Acelerada) e o PNCCPM (Programa Nacional para Capitais e Cidades de Porte Médio), que tiveram destaque no desenvolvimento urbano e habitação, com a criação de vias ligando o centro às demais regiões como é o caso da Avenida Floriano Peixoto e a implantação de três grandes conjuntos habitacionais localizados na região Sudoeste, sendo estas as primeiras áreas da cidade beneficiada pelos programas: Severino Cabral, Presidente Médici e Álvaro Gaudêncio, totalizando quatro mil unidades habitacionais, entre 1975 e 1981.

As estratégias definiram os rumos da estruturação produtiva responsável pela criação de zonas industriais no Nordeste. Como por exemplo a indústria de calçados, onde é possível destacar os efeitos regionais e urbanos dos investimentos do grupo Alpargatas na Paraíba, o qual se iniciou por João Pessoa e depois migrou para outras cidades (Campina Grande e Santa Inês) (Júnior, 2015). O conjunto habitacional Álvaro Gaudêncio continha 3.300 unidades habitacionais e seria destinado aos servidores estaduais, entretanto quando foi finalizado em 1983, faltava infraestrutura mínima para habitação. Este conjunto habitacional não foi entregue aos servidores, e mediante a falta de providências dos órgãos competentes para a conclusão definitiva

da obra e o déficit habitacional que assolava a época, no mesmo ano, aconteceu a ocupação deste conjunto habitacional (Medeiros, 2018).

Em meados de 2007 e 2009 foi criado o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) para fornecer moradia aos menos favorecidos. Além de beneficiar a classe mais abastada, o Estado tinha como objetivo aquecer a economia por meio das construtoras e bancos (Hiromoto, 2018). A política habitacional funcionou, a qual resultou em oito conjuntos habitacionais. Esse cenário se repetiu na região sudoeste de Campina Grande entre os anos de 2013 e 2019, que se expandiu ligeiramente com a implantação de alguns empreendimentos com base no PMCMV como é o caso do loteamento Raimundo Suassuna e Acácio Figueiredo e o Portal Sudoeste, totalizando mais de 10.000 habitações construídas (Agra, 2020). Não obstante, foi construído no perímetro de Campina Grande, o conjunto habitacional Aluizio Campos, com 4100 unidades construídas e entregues, é proveniente do PMCMV. Este conjunto chega a ser maior que alguns municípios da Paraíba, estimulado pelo PAC. Grismino e Da Silva (2023) realizaram uma análise temporal de Campina Grande no lapso temporal de 2005 e 2023, Figura 1.

Figura 1: Áreas urbanizadas de Campina Grande-PB em 2005 e 2022.



Fonte: Grismino e da Silva (2023).

De acordo com censo realizado em 2022 o município de Campina Grande-PB foi registrado com 419.379 pessoas (IBGE, 2024). No mapa da cidade referente ao ano de 2005 nota-se que a concentração populacional na cidade está principalmente na região central e na região leste da cidade. Ao comparar o mapa do ano de 2005 e 2022, verifica-se que houve uma notável expansão urbana na cidade. Há expansão

em todas as áreas da cidade, mas em especial destacam-se o aumento significativo da urbanização na região sudoeste. Essa expansão se dá pelos investimentos públicos e privados na infraestrutura do local (Grismino e da Silva, 2023).

A expansão da região sudoeste é caracterizada por residências unifamiliares populares. Essa expansão tende a continuar pelos próximos anos na medida em que a demanda por moradia aumenta junto com o crescimento da população da cidade. De acordo com o Caderno Técnico de Regulamentação e Implementação (2016), essa expansão urbana acarreta em desmatamento, com perda da biodiversidade e aumento da temperatura, modificação dos regimes de vento e chuva; o adensamento populacional com o aumento da população, o que sobrecarrega a infraestrutura urbana.

Assim analisar o impacto de vizinhança em áreas urbanas para avaliar os danos positivos e negativos ocasionados por determinado empreendimento relacionado ao local, imóveis e residentes próximos, sendo essencial esta análise para determinação da qualidade de vida, do valor imobiliário, do bem-estar da comunidade e do meio ambiente, como afirma Bechelli (2018).

3.2 Estudo De Impacto De Vizinhança

O Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) vem sendo reconhecido no Brasil como um importante instrumento de planejamento e gestão ambiental urbana, que faz parte do processo de licenciamento de empreendimentos e atividades localizados em áreas urbanas e periurbanas (Costa, 2008; Schvarsberg et al., 2016; Cassiano & Peres, 2017). O EIV veio para contribuir com a organização dos municípios brasileiros por meio da avaliação dos impactos causados pela implantação de empreendimentos ou atividades no ambiente urbano e consequente proposição de alternativas mitigadoras e ou compensatórias para os impactos negativos identificados, bem como, de alternativas potencializadoras para os impactos positivos (Barreiros & Abiko, 2016)

Segundo Schvarsberg et al. (2016) para aplicar o EIV existem dois conceitos básicos e essenciais: impacto e vizinhança. No que diz respeito aos conceitos de impacto, é necessário ter em conta que cada atividade ocasiona impacto que pode ser de natureza sociais, econômicas, ambientais, urbanísticas, entre outros. No caso

do EIV, devem ser considerados os impactos que afetam a qualidade de vida da população urbana e causam transtornos significativos. Em relação ao conceito de vizinhança para a EIV são considerados, pessoas, edificações, atividades que localizam-se no mesmo território e que possam ter influência positiva ou negativa relacionada ao empreendimento. Conforme estes autores, o nível de inconveniência tem relação com o tipo e tamanho do projeto ou atividade e onde ocorre. Assim, é de responsabilidade do município determinar quais atividades têm potencial para ocasionar danos conforme a realidade local, bem como impactos relevantes no seu território de acordo com as características de uso e ocupação de cada área de sua rede urbana.

Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, segurança, bem-estar da população, biota atividades sociais e econômicas, condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e, a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986). Assim como a ABNT (2012) tras em sua norma impacto ambiental definido como qualquer mudança do meio ambiente, positiva ou negativa, que ocasione danos nas características ambientais de uma organização. Conforme mencionado por Prestes e Vincenci (2019), é possível observar que a qualidade ambiental pode ou não estar associada à qualidade de vida. Embora um determinado ambiente físico possa ser considerado bom, seguindo os padrões e normas estabelecidos, os elementos de ordem social podem impactar de forma negativa um grupo de pessoas inseridas nesse ambiente.

A relação entre a qualidade ambiental e a qualidade de vida é estreita, uma vez que o ser humano considera uma boa qualidade de vida tendo um ambiente de qualidade para viver. Oliveira (1983) afirma a complexidade em estabelecer uma definição precisa, ressaltando que a qualidade do meio ambiente está intrinsecamente ligada à qualidade de vida. A vida e o meio ambiente são indissociáveis, e essa interação profunda e contínua deve ser sempre em equilíbrio. Esse equilíbrio pode variar em termos de escala de tempo e lugar, podendo ser frágil, intenso, duradouro ou efêmero.

A Lei 10.257 de 2001, conhecida como o Estatuto da Cidade contempla as diretrizes e instrumentos para a elaboração de Planos Diretores e de Estudos de Impacto de Vizinhança- EIV para garantir um desenvolvimento equilibrado no espaço

urbano. O EIV aparece como um importante instrumento de política urbana, faz a mediação entre os interesses privados dos empreendedores e o direito à qualidade urbana daqueles que moram ou transitam em seu entorno (Alves et al., 2013). De acordo com a Lei 10.257/2021 em seu artigo 37, o EIV deve abordar os danos positivos e negativos do empreendimento relacionado a qualidade de vida da comunidade próxima, devendo-se considerar: adensamento populacional; equipamentos urbanos e comunitários; uso e ocupação do solo; valorização imobiliária; geração de tráfego e demanda por transporte público; ventilação e iluminação; paisagem urbana e patrimônio natural e cultural.

Acrescenta-se que o Estudo de Impacto de Vizinhança funciona sob o princípio de distribuir equitativamente as vantagens e desvantagens da urbanização, eventualmente como uma ferramenta de gestão complementar às regulamentações que regem a divisão, o uso e a ocupação da terra. Através da utilização da Avaliação de Impacto Ambiental durante o processo de licenciamento urbano, projetos de alto impacto em regiões vizinhas podem ser avaliados antecipadamente, permitindo a mitigação de efeitos indesejáveis e promoção de resultados positivos para a comunidade como um todo, (Schvarsberg et al. 2016).

O EIV avalia a repercussão do empreendimento ou atividade sobre a paisagem urbana, os empreendimentos públicos ou privados já instalados, sobre a movimentação de pessoas e mercadorias e sobre os aspectos ambientais da vizinhança (Chamié, 2010). Outrossim, o EIV objetiva prever os impactos positivos e negativos que poderão trazer consequências à qualidade ambiental do que está contido em torno da atividade a ser desenvolvida (Soares, 2001).

Schvarsberg et al. (2016) afirmam que a aplicação do EIV justifica-se devido a preocupação com o planejamento urbano e a utilização socialmente equitativa e ambientalmente equilibrada dos serviços, bens, equipamentos e infra-estruturas urbanas, incluindo a participação da população urbana como atores centrais nas decisões relacionadas à implementação ou autorização de um empreendimento ou atividade na cidade.

Essas premissas levam à compreensão que o EIV é um instrumento de gestão de sustentabilidade urbano-rural-ambiental, uma vez que relata as repercussões significativas das atividades do ambiente no qual está inserido (Pontes, 2013). Conforme Saleme e Micchelucci (2023) o EIV é uma ferramenta de política específica oferecida às autoridades governamentais locais com a

capacidade de avaliar os efeitos potenciais dos projetos e atividades propostas dentro da sua jurisdição. Serve como meio de regulação das atividades urbanas e se inspira em práticas inovadoras nos Estados Unidos, que são comparáveis aos princípios seguidos nos processos de licenciamento ambiental (AIA).

Na pesquisa realizada por Epaminondas (2023) sobre o EIV em Belo Horizonte, constatou os desafios e como este instrumento pode ser aplicado para gerenciamento de áreas urbanas, com envolvimento de aspectos sociais e de direito relacionados à propriedade urbana, com produção de informações que podem ser utilizadas auxiliando no planejamento urbano. Uma atividade que ocasiona diversos impactos negativos na vizinhança é o desmonte de rocha por gerar ruído excessivo, vibrações, poeira, perturbação visual, risco à saúde e a segurança, sendo fundamental o Estudo de Impacto de Vizinhança, no intuito de minimizar os efeitos adversos desta prática.

3.3 Desmonte de rocha para terraplenagem

As escavações ou desmontes de rochas é definido como o conjunto de metodologias, técnicas de escavação mecânica ou com o auxílio de explosivos, instrumentações e serviços auxiliares necessários para escavar, desmontar, fragmentar ou cortar maciços e blocos rochosos, atendendo a projetos de obras civis ou à produção de minérios para fins industriais (Silva, 2019).

De acordo com Santos et al. (2019), a terraplenagem trata-se do movimento necessário para moldar os terrenos antes do início de uma obra, é constituído de um conjunto de operações de escavação, retirada, distribuição e compactação da terra, gerando dessa forma, os cortes e aterros necessários para o empreendimento. A terraplenagem tem início no desmatamento, que é a retirada da vegetação de grande porte existente no terreno, juntamente com a limpeza que se trata da retirada da vegetação rasteira e a retirada da camada vegetal, solo que contém ainda matéria orgânica.

A etapa de empréstimos de terra, segundo Galego e Marco (2021), também denominado de corte, são necessários quando o volume do corte não preenche a escassez do aterro, eles são obtidos pela escavação do terreno natural. Em determinadas situações, com o avanço das escavações, é factível deparar-se com uma quantidade considerável de rochas que requer a extração de material in natura.

Ressalta-se ainda que esses cortes também são necessários para atingir o nível topográfico da obra.

Para Silva (2019), durante os serviços de escavação e terraplenagem, trabalhou-se com diferentes tipos de materiais. O material removido na escavação do terreno, é em geral formado por solos, maciços rochosos ou associações desses tipos, os quais se classificam em três categorias, 1ª, 2ª e 3ª categoria, de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1: Classificação de Materiais de 1ª, 2ª e 3ª Categoria.

Classificação	Características
1ª Categoria	Material incoerente (solos, em geral) Seixos rolados ou não: Diâmetro máx. < 15cm
2ª Categoria	Resistência à extração inferior à da rocha não alterada Uso eventual de explosivos ou processos manuais Blocos ou matacões: $V < 2m^3$; $15cm < \text{Diâmetro médio} < 1m$
3ª Categoria	Resistência ao desmonte mecânico (Uso contínuo de explosivos) Blocos de rocha: $V > 2m^3$; Diâmetro médio $> 1m$

Fonte: adaptado de Pereira et al (2015).

A primeira categoria (Quadro 1) é formada por solos em geral de origem residual ou sedimentar, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 15 centímetros, são fáceis de desagregação e, para a execução utiliza-se normalmente trator de esteiras ou escavadeiras (Valdir, 2019). A segunda categoria é definida como um solo composto por materiais mais resistentes ao desmonte mecânico, assim sendo, fragmentos de rochas de até 25 centímetros de diâmetro, além das escavadeiras, é utilizado tratores com lâminas e com escarificadores, devido à resistência do material (Silva, 2019).

Pereira et al (2015) complementa a definição do autor, considerando que poderá envolver nesta categoria a utilização de explosivos para a extração das rochas. Já a terceira categoria (Quadro 1), corresponde aqueles materiais com resistência de desmonte mecânico, que são equivalentes à da rocha sã e de blocos de rocha que apresentam seu diâmetro médio acima de 1 metro ou seu volume superior a $2m^3$, onde

o processamento é somente realizado, com a utilização contínua de explosivos (Silva, 2019).

A detonação de rochas com uso de explosivos é um processo essencial tanto para o setor da mineração quanto da construção, que envolve a utilização de explosivos para quebrar rochas e possibilitar processamento de minério e outras atividades, como a terraplenagem (Lira e Filho, 2023). Estes autores relatam que deve ser aperfeiçoado o planejamento contra incêndios para que ocorra a detonação com eficácia dos explosivos, com segurança e mínimos impactos possíveis.

Os efeitos das cargas explosivas em estruturas naturais e estruturas artificiais ganharam considerável atenção devido ao aumento dos impactos causados pelas atividades de desmonte de rocha com a utilização de explosivos em atividades de mineração e construção civil (Kumar et al., 2016). Segundo Gomes (2016) o uso de explosivos para desmonte de rocha produz vibrações, que são as ondas senoidais propagadas radialmente tendo como ponto de partida o local de desmonte. Estas vibrações no terreno que ocorrem durante a detonação, podem ocasionar problemas estruturais de edifícios próximos e impasses à população que encontra-se nas proximidades, conforme Kumar et al. (2016) as ondas de choque propagadas tem capacidade de ocasionar problemas sociais e ambientais.

Limites de controle de vibração são estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é a NBR 9653/2018, em que avalia a utilização de explosivos nas minerações em áreas urbanas, esta normativa observa a velocidade de partícula e a frequência vinculada a onda de choque, contudo esta norma é baseada em informações experimentais, não analisando as estruturas das construções habitacionais ou comerciais.

Silva (2019) afirma que o efeito ressonância pode ocorrer por que as ondas de baixa frequência e superficiais continuam mesmo distante do ponto de desmonte, evidenciando que deve-se realizar o plano de desmonte de forma correta, no intuito de amenizar os danos. A pressão acústica pode ser definida como aquela provocada por uma onda de choque aérea com componentes na faixa audível (20 Hz a 20 000 Hz) e não audível, com duração menor do que um segundo. Portanto,

o limite de pressão acústica admitido é de 134 dBL pico no ambiente externo à área (ABNT 9653:2018).

De acordo com a NBR 9.653 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) o ultralancamento é definido como um ato de utilizar explosivos para desmontar estruturas pode fazer com que fragmentos de rocha sejam lançados para além da área operacional designada (ABNT, 2015). A ocorrência desses ultralancamentos representa uma ameaça a áreas não autorizadas, dificultando o desenvolvimento de projetos e trazendo riscos tanto à vida humana quanto aos bens materiais, como relatam Pontes et al. (2016).

Durante o procedimento de operação de detonação, é imprescindível que sejam tomadas medidas de segurança, segundo Guedes et al. (2020), atualmente as detonações podem ser monitoradas por drones, com filmagens e dotados de tecnologias de alta resolução, para obter informações importantes para o controle de desmontes. Na análise de danos de edificação em área de desmonte de rocha, Grossi (2021) realizou diagnóstico das fissuras e sua relação com as vibrações ocasionadas pelo desmonte de rocha, e observaram que todas as vibrações ocorridas desta atividade estavam dentro do limite permissível, conforme a ABNT NBR 9653 (2018), e que o aumento ou aparecimento de fissuras nos edifícios podem ser decorrentes de fragilidades construtivas.

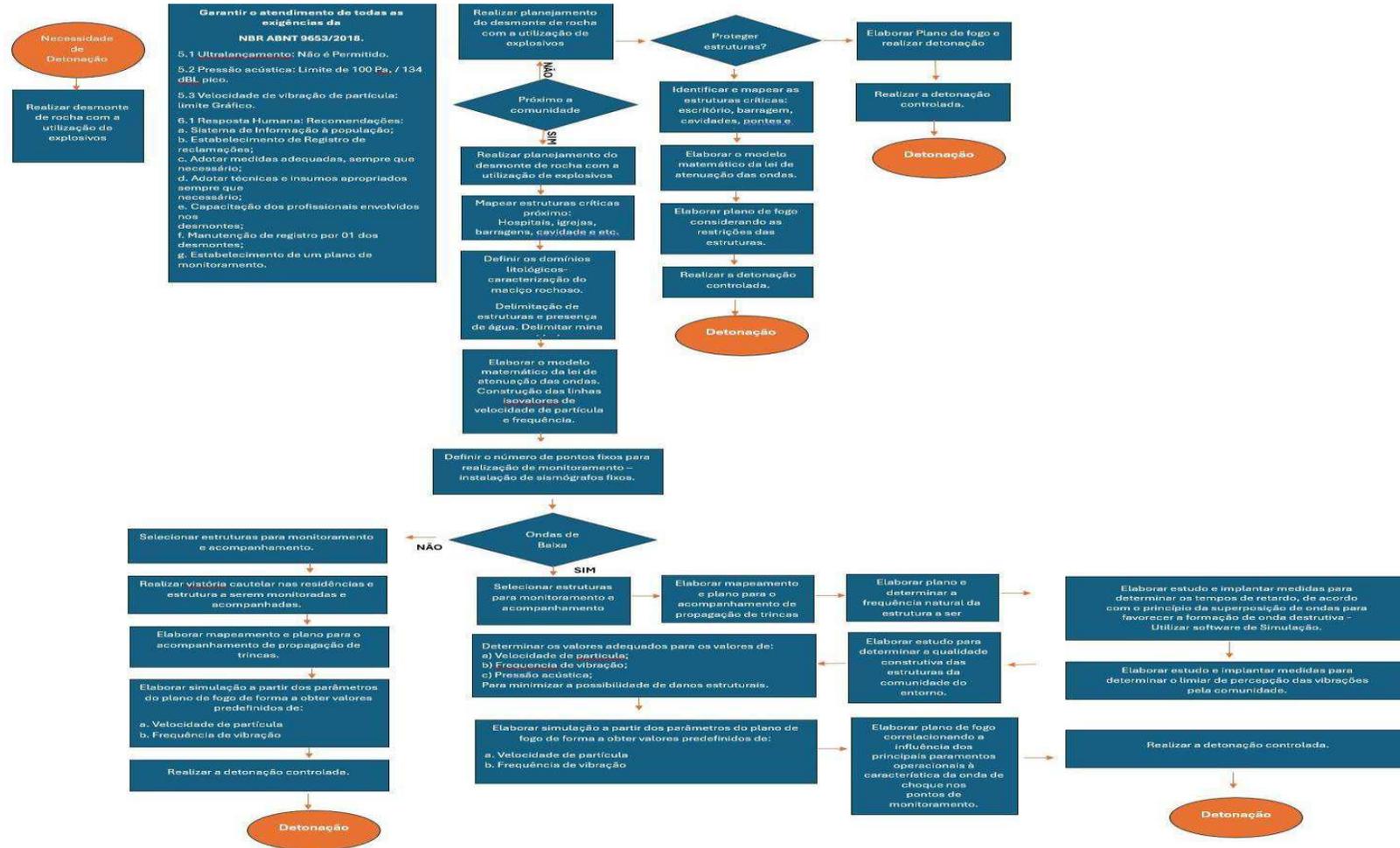
Faltam normas, regulamentos e métodos para avaliação de processos de remoção de rochas com uso de explosivos que devam indicar as atividades e principais etapas dos projetos em áreas urbanas, principalmente indicadores técnicos e procedimentos para o controle efetivo de explosivos. O impacto da demolição é necessário para minimizar o potencial de impacto e incômodo para as comunidades vizinhas. Além disso, acrescenta-se, a atividade de desmonte de rocha próximas dos grandes centros urbanos, proximidade que cria conflitos e favorece uma maior pressão da sociedade pelo seu impacto (Silva et al., 2019).

Perfuração incorreta nos furos ou modificações em planos de fogo, podem resultar em maior vibração no terreno, amplia os problemas ambientais, assim como para os operadores e as máquinas decorrentes de vibrações e ultralancamentos, como descreve Amorim (2019). Nos últimos tempos, há um aumento no desenvolvimento de diversas tecnologias destinadas a melhorar o trabalho dos engenheiros de minas durante o desmonte de rochas com explosivos, contudo ainda pouco expressiva sua aplicabilidade. Essas soluções abrangem uma ampla gama de

tecnologias que otimizam e auxiliam na maioria das operações elementares envolvidas no processo, conforme afirmam Gouveia et a. (2020).

Segundo Silva (2019), o processo ideal para os trabalhos de desmonte de rocha por explosivos deve seguir o fluxo conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma do processo de detonação.



Fonte: Adaptado de Silva (2019).

Para Silva (2019), cada rota do processo se desenvolve conforme a complexidade e a necessidade de controle destes processos de desmonte de rocha. Primeiramente deve identificar se há a necessidade do uso de explosivo, em seguida deve se atentar aos padrões exigidos pelas Normas Técnicas que garantam a segurança da execução da atividade. É necessário identificar os pontos críticos (hospitais, casas, edifícios), elaboração do plano de fogo adequado com a natureza da rocha e realidade do local, assim como adequar os tipos de acessórios a serem utilizados. Além disso, para controle do desmonte de rocha, devem ser utilizados sismógrafos, para garantirem o monitoramento das ondas sísmicas.

A identificação e principalmente o mapeamento dos pontos críticos para o desmonte, corresponde à primeira etapa de um processo de desmonte, onde o responsável pelo processo de desmonte com explosivo tem a oportunidade de identificar e mapear todas as estruturas críticas que sofrem influência dos desmonte e que podem ser danificadas pela atividade de detonação (Silva, 2019). Após a realização da identificação e mapeamento dos pontos críticos e determinado as curvas de isovalores para a velocidade de partícula e frequência das ondas de choque induzidas no maciço pelo desmonte de rocha com a utilização de explosivos, é instalado o sismógrafo na região mais crítica (Silva, 2019).

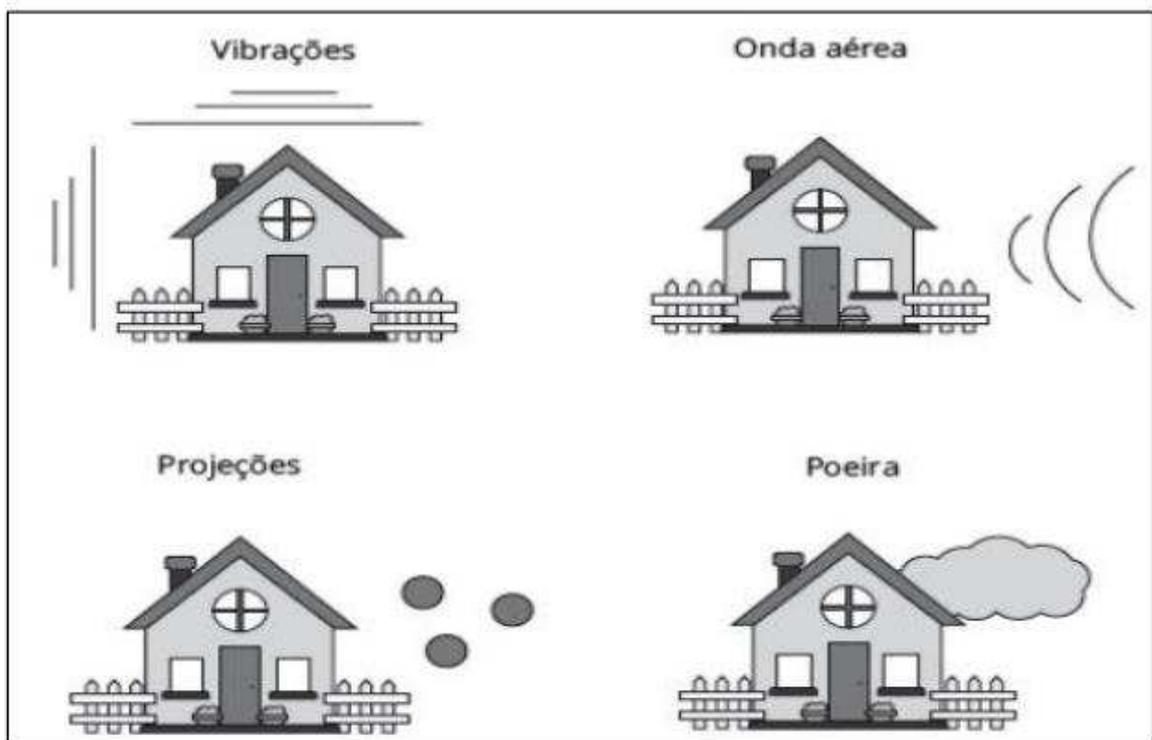
Em um planejamento de desmonte o tipo de desmonte a ser realizado deve ser verificado. Os desmontes podem ser primários e secundários. O bom planejamento do plano de fogo elimina a necessidade do desmonte secundário. Estes desmontes secundários são executados com intuito de fragmentar o material remanescente, cuja detonação foi ineficiente para a fragmentação no desmonte primário. Quando se realiza os desmontes secundários concomitantemente aos desmontes primários, o nível de ruído serve como alerta para as comunidades que passam a esperar pela vibração, assim, mesmos os desmontes que poderiam ser despercebidos pela comunidade passam a ser perceptíveis pelo alerta dos ruídos do desmontes primários (Silva, 2019).

Para Bacci (2000), a operação do desmonte de rocha com explosivos produz ondas sísmicas que se refletem causando o fraturamento do maciço rochoso. Essas

ondas procuram, preferencialmente, as zonas de menor resistência, ou seja, a superfície, causando vibrações. As ondas se atenuam em decorrência do atrito interno, que não se transforma em trabalho útil. Este é um dos cuidados que devem ser priorizados além dos conhecimentos do comportamento das propriedades da rocha a ser trabalhada, pois os resultados das detonações são mais influenciados pelas propriedades do maciço rochoso do que pelas propriedades dos explosivos.

A utilização de substâncias explosivas sem aplicação de técnicas específicas na atividade do desmonte de rocha, em áreas próximas a centros urbanos, gera impactos ambientais diversos como, por exemplo: os relacionados com vibrações nos terrenos, fenômeno este que se manifesta sempre que ocorrer detonação não controlada devido às energias transmitidas ao maciço rochoso (Bernardo, 2004). Os problemas gerados por este fenômeno normalmente se refletem nas perturbações causadas às comunidades que se encontram nas proximidades e também em danos nas estruturas e equipamentos localizados na vizinhança, conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3: Principais efeitos das detonações nas edificações.



Fonte: Adaptado de Oliveira Junior, 2022.

Esses problemas podem ser reduzidos a um nível aceitável se o desmonte for executado de modo a preservar as condições de segurança, adotando-se técnicas modernas de desmonte, e pelo monitoramento continuado dos parâmetros ambientais

envolvidos, mantendo-os no mínimo dentro dos limites estabelecidos pelas normas (Oliveira Junior , 2022). O desmonte de rocha em área urbana causa alguns impactos ambientais e desconfortos. Entretanto, é uma atividade necessária e auxiliar no processo de consolidação do espaço urbano para a construção de moradias, obras de saneamento básico e sistemas viários, os quais são extremamente necessários para o desenvolvimento urbanístico (Mata e Costa 2020).

Segundo Pontes (2020), os principais problemas ambientais decorrentes do desmonte de rocha estão associados à dissipação da fração de energia liberada pelo explosivo na detonação que não é transformada em trabalho útil. Sendo estes os principais problemas:

- emissão de gases tóxicos e partículas sólidas na atmosfera no momento da detonação, causados pela nuvem de poeira podem comprometer a qualidade do ar e conseqüentemente a saúde dos funcionários;
- emissão e propagação de ondas sísmicas transientes através dos maciços de rocha e solo, ocasionando vibrações de suas partículas, é outro importante efeito da utilização de explosivo para o desmonte de rocha e causa à população, um desconforto ambiental marcante. A propagação de vibrações através do terreno pode provocar trincas em construções mas, geralmente, seu efeito se reduz ao incômodo causado às pessoas pela sensação de vibração ou tremor das edificações marcadas, algumas vezes, pela oscilação e/ou queda de objetos
- emissão e propagação de energia pela atmosfera, provocando deslocamento do ar (sobrepessão) ocasionando ruídos e vibrações em faixas de frequência não audíveis, com a possibilidade de provocar danos materiais e incômodos aos seres humanos;
- ultralançamento de fragmentos rochosos além da área de segurança representa o maior perigo direto, devido à possibilidade de ocasionar acidentes com vítimas fatais e danos em estruturas residenciais.

Assim, para que haja redução dos danos ocasionados com o desmonte de rocha é necessário que as normas e legislações vigentes sejam seguidas e analisadas, para que esta atividade ocorra com segurança para todos.

3.4 Legislação para desmonte de rocha para terraplenagem

Em 14 de novembro de 1996, com a criação da Lei nº 9.314, a legislação alterou alguns dispositivos do Código de Minas. As atividades de desmonte de rocha *in natura*, para fins de terraplenagem, passaram a não ter obrigatoriedade de autorização prévia pelo órgão, desde que não seja realizada comercialização dos materiais retirados, como explícito em seu artigo 3º desta Lei.

Com isso, a Portaria nº 155 de 12 de maio de 2016 do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) enquadra os casos específicos dependendo da real necessidade e da vedação de comercialização dos materiais *in natura* dos referidos trabalhos.

Art. 326. O enquadramento dos casos específicos no § 1º do art. 3º do Código de Mineração dependerá da observância dos seguintes requisitos:
I – real necessidade dos trabalhos de movimentação de terras ou de desmonte de materiais *in natura* para a obra; e
II – vedação de comercialização das terras e dos materiais *in natura* resultantes dos referidos trabalhos.

§ 1º Para fins do inciso I entende-se por real necessidade aquela resultante de fatores que condicionam a própria viabilidade da execução das obras à realização dos trabalhos de movimentação de terras ou de desmonte de materiais *in natura*, ainda que excepcionalmente fora da faixa de domínio.

Outrossim, de acordo com a legislação vigente, não é obrigatório comunicar à Agência Nacional de Mineração (ANM) a realização de atividades de movimentação de terra e desmonte de rocha *in natura* para fins de terraplenagem.

Art. 325. A execução dos trabalhos de movimentação de terras ou de desmonte de materiais *in natura* que se enquadrem no § 1º do art. 3º do Código de Mineração independe da outorga de título minerário ou de qualquer outra manifestação prévia do DNPM.
Parágrafo único. Opcionalmente, o responsável pela obra poderá requerer ao Superintendente do DNPM com circunscrição sobre a área de interesse a Declaração de Dispensa de Título Minerário a ser emitida nos termos desta Consolidação.

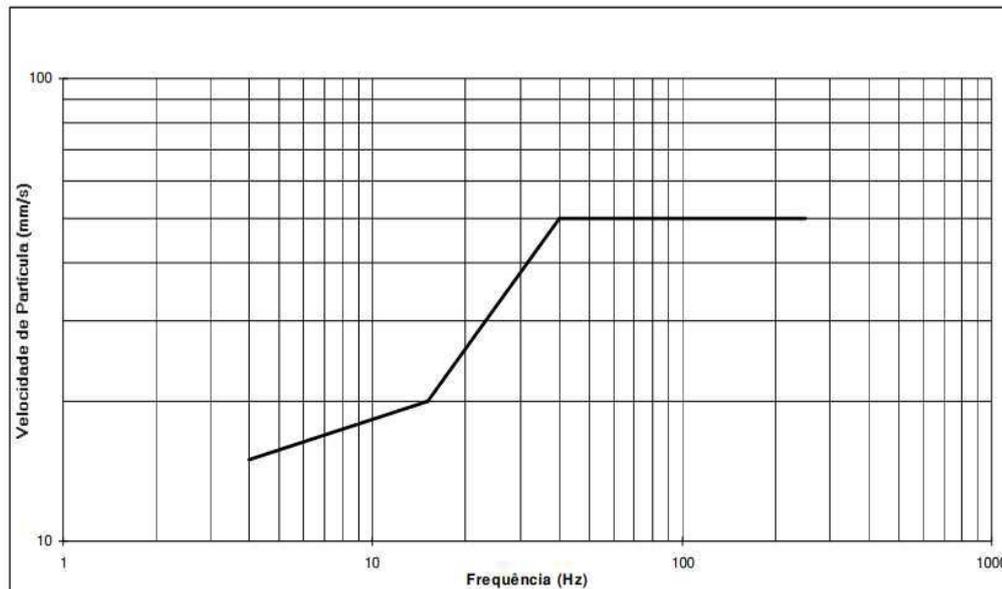
Em área urbana, a frente a ser desmontada, em cada detonação, deve ser coberta por meio de rede de cabos de aço, correntes, lonas ou pneus, de modo a evitar o lançamento de fragmentos de rocha sobre pessoas ou edificações vizinhas (NBR 9061:1985).

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 9061, a escavação com emprego de explosivos só pode ser executada sob orientação e controle de profissionais

habilitados e em caso de área urbana ou logradouro público, somente pode ser iniciado após o cumprimento do rito processual normativo das repartições públicas competentes.

A NBR 9653/2018 regula que o nível de pressão acústica não deve ultrapassar o pico de 134 dBL e deve estar expresso dentro do limite da representação gráfica da Figura 4. Se estes limites forem ultrapassados, existem os riscos de ocorrência de danos induzidos por vibrações do terreno.

Figura 4: Representação gráfica dos limites de velocidade de vibração de partículas de pico por faixas de frequência.



Fonte: ABNT NBR 9653 (2018).

De acordo com a norma NBR 9653/2018 e a norma regulatória de monitoramento (NRM) 16 o ultralaçamento não pode acontecer além do determinado, devendo-se manter nível de ruído em até 134 dB. O cálculo da velocidade de vibração das partículas segue a mesma metodologia descrita na norma NBR 9653. De acordo com esta norma, o valor máximo permitido para a componente vertical é de 3 mm/s. No entanto, quando as medições são realizadas utilizando instrumentos que integram todos os três componentes, a velocidade máxima permitida das partículas é fixada em 4,2 mm/s para garantir o conforto da população. É importante notar que estas medições devem ser sempre realizadas fora dos limites da atividade de desmonte de rocha.

4. MATERIAL E MÉTODOS

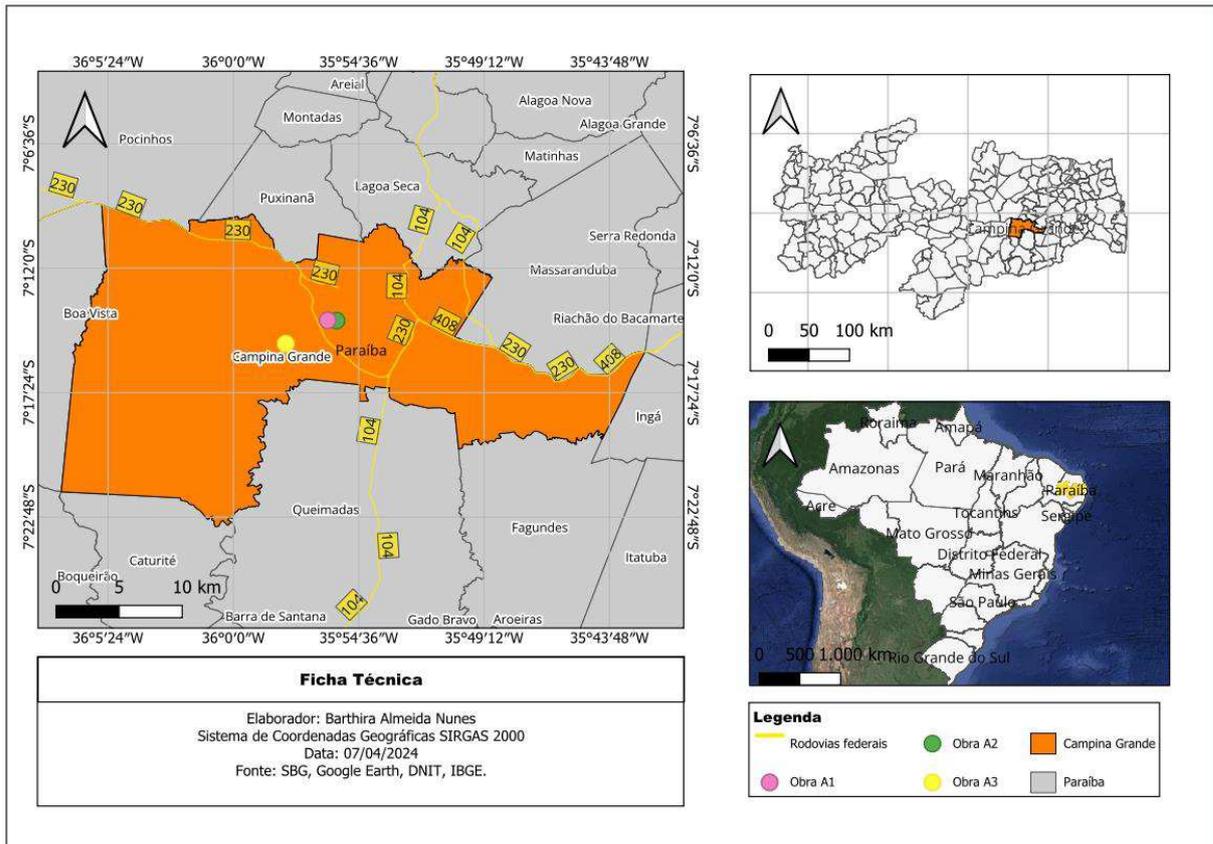
4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Campina Grande-PB, Figura 5, localizado na mesorregião Agreste e na microrregião Campina Grande, limitando-se com os municípios de Puxinanã, Lagoa Seca, Massaranduba, Ingá, Fagundes, Queimadas e Boa Vista, abrangendo uma área de 591.658 km², inseridos nas folhas Boqueirão (SB.24-Z-D-III) e Campina Grande (SB.25-Y-C-I) na escala 1:100.000, do Serviço Geológico do Brasil-SGB. A sede do município tem uma altitude média de 151 metros e coordenadas 07°13'14,04" de latitude sul e 35°53'19,80" de longitude oeste, distante da capital João Pessoa cerca de 127 km.

Tomando como referência, João Pessoa, a capital do Estado da Paraíba, o acesso pode ser efetuado por via rodoviária, por cerca de 127 km até o município de Campina Grande, através da rodovia pavimentada BR-230. Quanto aos dados socioeconômicos do município de Campina Grande-PB, tem-se: a) uma população residente de 419.379 pessoas; b) o PIB per capita é de R\$ 25.066,11, IDHM de 0,720, densidade demográfica de 708,82 hab/km², a escolarização de 6 a 14 anos é de 97,6% e a mortalidade infantil é de 13,35 óbitos por mil nascidos vivos (IBGE, 2022).

As áreas de estudos são as obras com desmontes de rocha, em área urbana executados pela empresa denominada BANVES que realizou a atividade para fins de terraplenagem dos seguintes empreendimentos: Obra A1; Obra A2 e Obra A3, conforme Figura 5. Ressalta-se que o nome da empresa e dos empreendimentos foram substituídos por denominações fictícias para preservar os direitos das mesmas.

Figura 5: Mapa de localização das áreas de pesquisa.



Fonte: Autor (2024).

As áreas dos empreendimentos nesta pesquisa estão situadas no perímetro urbano e periurbano do município de Campina Grande-PB. A empresa BANVES é uma empresa de desmonte de rocha que atua no mercado, a qual participa diretamente das atividades da construção civil e mineração.

Durante o processo de desmonte foi realizado o acompanhamento *in loco*, com registros fotográficos de cada etapa realizada, assim como a observação e análise dos impactos de vizinhança ocasionados.

4.1.1 Obra A1

O empreendimento Obra A1 é um condomínio que está em fase inicial de construção. Encontra-se na fase de preparação do terreno através da terraplenagem. O desmonte de rocha da Obra A1 tem por finalidade desmontar o material rochoso aflorante para o nivelamento do terreno.

A área de detonação, Figura 6, encontra-se bastante próxima às áreas hospitalares, como o Hospital de Emergência e Trauma Dom Luiz Gonzaga Fernandes e o Hospital Help, cujas distâncias são: 62 metros e 165 metros, respectivamente.

Figura 6: Mapa de localização do desmote do empreendimento Obra A1.



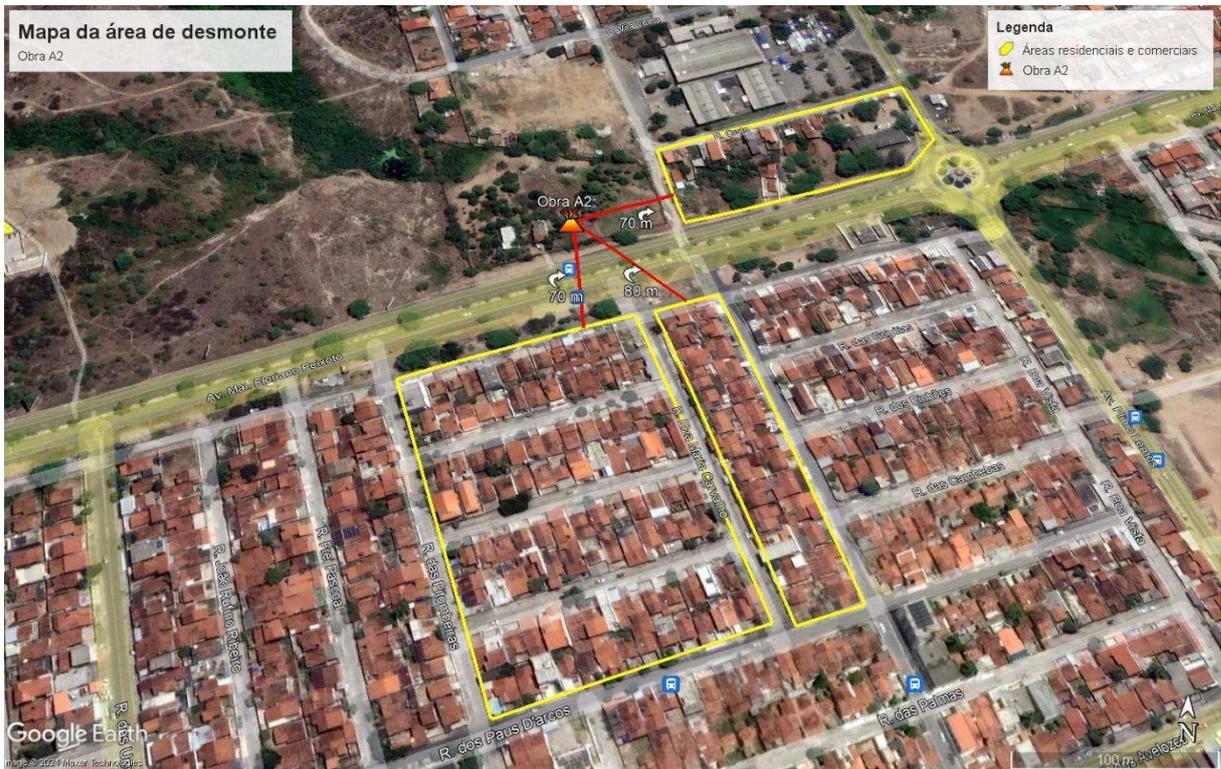
Fonte: Elaborado pelo autor, Google Earth (2024).

4.1.2 Obra A2

Na Rainha da Borborema, assim conhecida a cidade de Campina Grande, será construída a Obra A2. Esta obra trata-se da edificação de um hospital público na cidade a qual será contemplada com centro de imagem, urgência e emergência, ambulatórios, entre outros. Atualmente encontra-se na fase de preparação do terreno e necessita de desmote de rocha, devido a presença de material rochoso de 3ª categoria.

A área em questão, fica em área urbana bastante habitada e próximo do perímetro residencial, dista desses perímetros entre 70 e 80 metros, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7: Mapa de localização do desmonte do empreendimento Obra A2.



Fonte: Elaborado pelo autor, Google Earth (2024).

4.1.3 Obra A3

A Obra A3 trata-se de uma distribuidora atacadista, sendo uma das maiores do país. Nesta área será construído um depósito da distribuidora. O depósito conta com uma extensa área para sua construção, e por isso foi dividida em etapas. Uma boa parte da construção encontra-se em fase avançada com a construção de colunas de concreto, conforme a Figura 8.

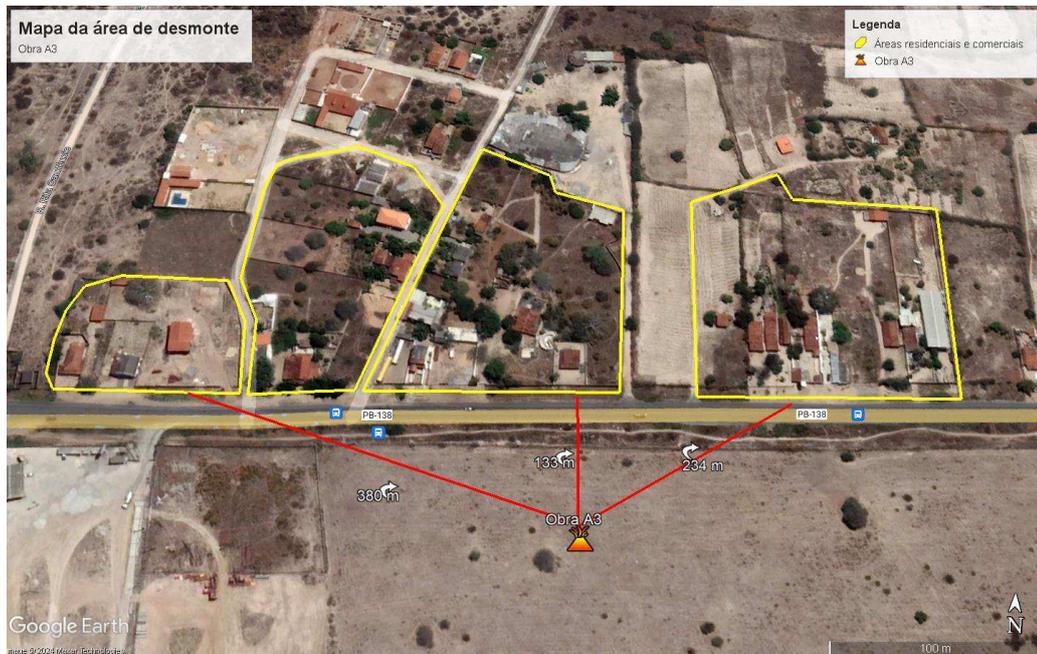
Figura 8: Estruturas de concreto de área do empreendimento Obra A3.



Fonte: BANVES Serviços técnicos de desmonte (2024).

Além disso, o local onde está sendo construído, conforme Figura 9, é considerado periurbano, distante no mínimo 133 metros das edificações, ou seja, está bastante próximo das moradias e da rodovia PB-138.

Figura 9: Mapa de localização do desmonte do empreendimento Obra A3.



Fonte: Elaborado pelo autor, Google Earth (2024).

Apesar dos empreendimentos Obra A1 e Obra A2 estarem inseridos em áreas com maior concentração de edificações, infraestruturas urbanas como ruas, calçadas, comércio e população mais densa, a Obra A3, está localizada em área periurbana com espaços verdes, que contêm uma concentração significativa de fauna e flora que devem ser preservadas.

4.2 Aspectos Fisiográficos

4.2.1 Clima, Hidrografia, Vegetação e Relevô

A área investigada está situada na microrregião Campina Grande-PB, localidade caracterizada por um clima Tropical Chuvoso, com verão seco. A estação chuvosa se inicia em meados de janeiro e fevereiro com término em setembro, podendo se estender até outubro (CPRM, 2005).

Além disso, a altitude de 552 metros acima do nível do mar garante temperaturas mais amenas durante todo o ano. As temperaturas máximas são de 30 °C nos dias mais quentes de verão e 18 °C nos dias de inverno. As temperaturas mínimas ficam em torno de 20 °C nos dias mais quentes de verão, ou 13 °C nas noites mais frias do ano. A umidade relativa do ar está entre 75 a 82 %. O período chuvoso começa em maio e termina em agosto. A área é recortada por rios perenes, porém de pequena vazão e o potencial de subterrânea é baixo (CPRM, 2005).

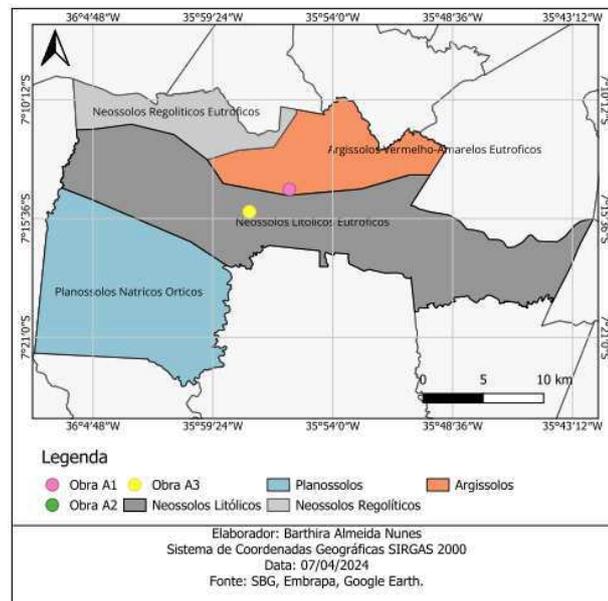
Inserido no Planalto Borborema, a vegetação é formada por *Florestas Subcaducifólica e Caducifólica* próprias das áreas agrestes (da Silva Rodrigues et al., 2019). Segundo Pereira *et al.* (2017), existe a presença de um grupo de espécies comuns de sub-bosque de áreas abertas, formado por espécies ruderais de Asteraceae, Solanaceae, Rubiaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae e Turneraceae. Estas espécies apontam indícios de alta diversidade e riqueza de espécies para esse estrato herbáceo, que são as espécies ruderais ou de ampla distribuição.

O município de Campina Grande, está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 a 1.000 metros. Ocupa uma área de arco que se estende do sul de Alagoas até o Rio Grande do Norte. O relevo é geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados. Com respeito à fertilidade dos solos é bastante variada, com certa predominância de média para alta (CPRM, 2005).

4.2.2 Geologia e Solos

Nas Superfícies suave onduladas a onduladas, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, fortemente drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média e ainda os Argissolos, que são profundos, textura argilosa, e fertilidade natural média a alta. Nas elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa e fertilidade natural média. Nos Vales dos rios e riachos, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e problemas de sais, os quais podem ser vistos na Figura 10 (CPRM, 2005).

Figura 10: Mapa de solos do município de Campina Grande-PB.



Fonte: Autoria Própria, com uso da base de dados do Serviço Geológico do Brasil.

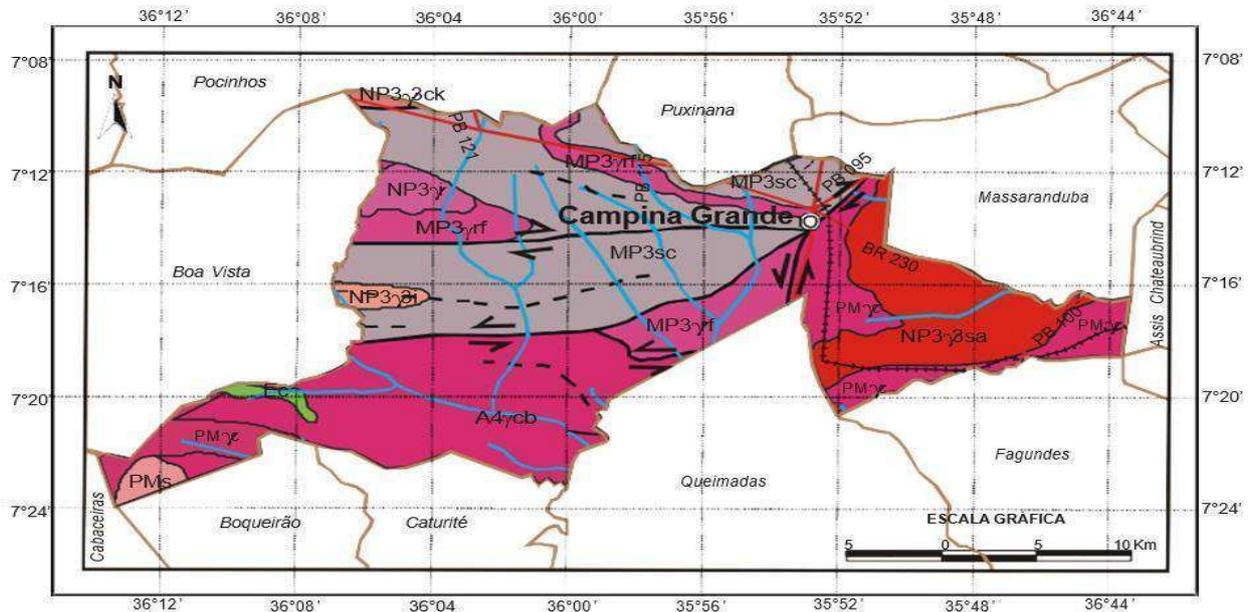
De acordo com as informações da Companhia de Prospecção e Recursos Minerais (CPRM, 2005), o Município de Campina Grande está inserido, geologicamente, em dois grandes domínios (a Zona Transversal e o Rio Grande do Domínio Norte), o primeiro deles (a Zona Transversal) ocupa a maior parte da área estudada, enquanto o segundo (Domínio do Rio Grande do Norte) ocupa um pequeno segmento no Nordeste parte da Folha de Campina Grande. Campina Grande-PB é constituída na maior parte pelos litótipos do Complexo Cabaceiras, Complexo São Caetano e Suíte-transicional shoshonítica alcalina Teixeira/Serra Branca (sa) (CPRM, 2005).

Como podem ser observados na Figura 11, as principais unidades litoestratigráficas de Campina Grande são:

- Suíte transicional shoshonítica alcalina Teixeira/Serra Branca (sa): leucogranito e biotita-hornblenda sienito.
- Granitóides indiscriminados: granito, gran osiorito, monzogranito
- Grupo Seridó (s): xisto, quartzito, mármore e rocha calcissilicática
- Suíte granítica-migmatítica peraluminosa Recanto/Riacho do Forno: ortogneisse e migmatito granodiorítico a monzogranítico.
- Complexo São Caetano: gnaisse, megauvaca, metavulcânica félsica a intermediária, metavulcânica (1089 Ma U-Pb)

- Suíte Camalaú: ortognaisse tona lítico-trondhjemítico-granítico e sienítico

Figura 11: Mapa geológico do município de Campina Grande-PB.



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Cenozóico

Ec Formação Cam pos Novos (c): argilito, arenito e basalto

Neoproterozóico

NP3-γsa Suíte transicional shoshonítica alcalina Teixeira/Serra Branca (sa): leucogranito e biotita-hornblenda sienito (570 Ma U-Pb)

NP3-γck Suíte calcialcalina de alto potássio Es perança (ck): monzonito a monzogranito (581 Ma U-Pb)

NP3-γi Granitóides de quimismos indiscriminado (i): granitóides diversos (571 Ma U-Pb)

NP3-γcm Suíte calcialcalina de médio a alto potássio Itaporanga (cm): granito e granodiorito porfirítico associado a diorito (588 Ma U-Pb)

NP3-γ Granitóides indiscriminados: granito, granosiorito, monzogranito

NP3-s Grupo Seridó (s): xisto, quartzito, mármore e rocha calcissilicática

Mesoproterozóico

MP3-γf Suíte granítica-migmatítica peraluminosa Recanto/Riacho do Forno: ortognaisse e migmatito granodiorítico a monzogranítico (1037 Ma U-Pb)

MP3-sc Complexo São Caetano: gnaiss, megaurvaca, metavulcânica félsica a intermediária, metavulcânica (1089 Ma U-Pb)

Paleoproterozóico

PM-γc Suíte Camalaú: ortognaisse tona lítico-trondhjemítico-granítico e sienítico

PMs Complexo Sumé: leucognaisse trondhjemítico paragnaisse, metamáfica/metaultamáfica e anfíboloito (retroeclogito)

Arqueano

A4-γcb Complexo Cabaceiras: ortognaisse tonalito-granodiorítico, intercalações de metamáfica

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato geológico
- ≡ Falha ou Zona de Cisalhamento Transcorrente Dextral
- ≡ Falha ou Zona de Cisalhamento Transcorrente Sinistral
- - - Lineamentos estruturais (Traços de Superfícies)

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- ⊙ Sed e Municipal
- Rodovias
- Limites Inter Municipais
- Rios e riachos

Fonte: CPRM (2005).

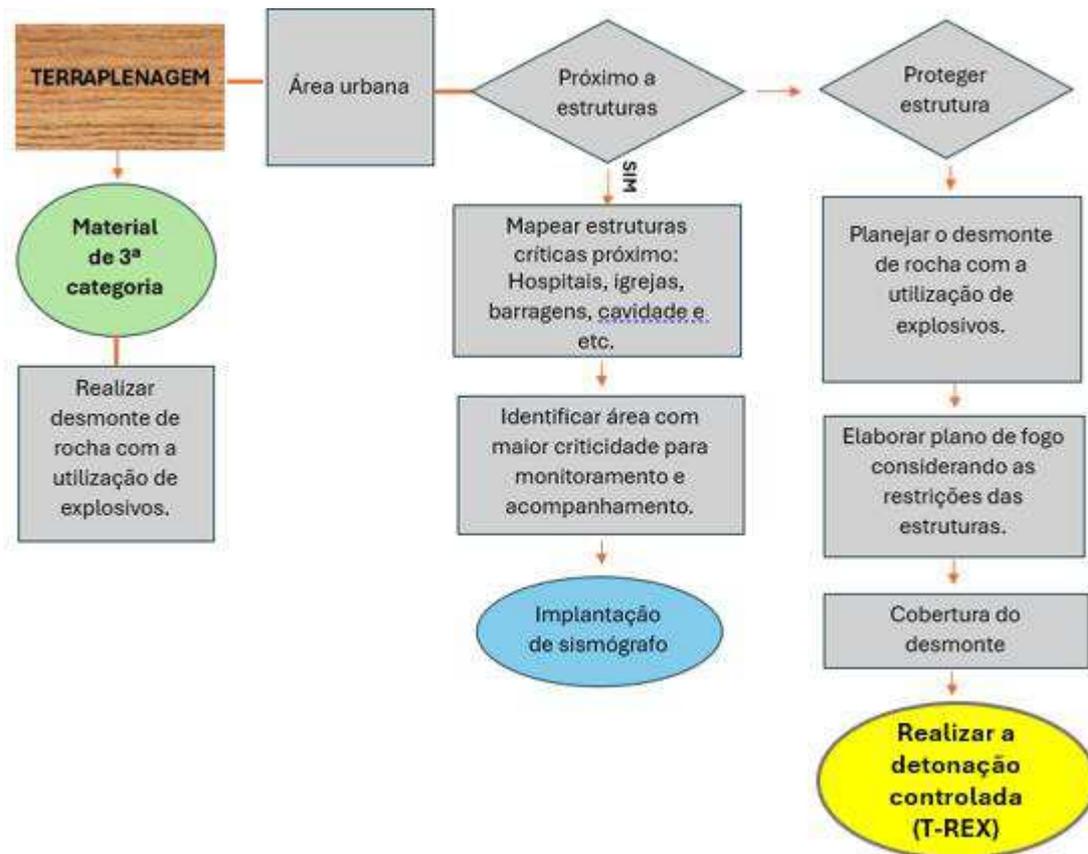
4.3 Metodologia para avaliação do impacto de vizinhança

Os impactos decorrentes das atividades do desmonte de rocha com o uso de explosivos realizado pela empresa BANVES, foram avaliados de acordo com a metodologia do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), conforme o fluxograma das

etapas para realização do desmonte de rocha, Figura 12, para cada empreendimento.

Quando para a terraplenagem é necessário o desmonte de rocha em área urbana tem-se de ser verificado a distância das estruturas próximas e realizar o mapeamento observando a suscetibilidade das mesmas relacionadas a vibração e assim faz-se a proteção para minimizar os impactos, através do planejamento do desmonte de rocha, plano de fogo e a cobertura do desmonte, Figura 14.

Figura 12: Fluxograma para avaliação do impacto de vizinhança.



Fonte: Adaptado de Silva (2019).

A caracterização das áreas e do empreendimento foi realizada através de visitas *in loco*, pesquisas bibliográficas e documental acerca dos mesmos, assim como analisar o uso do T-REX (Figura 13) e o abafamento do desmonte de rocha com uso de material solto. A escolha do detonador T-REX como iniciador se deve ao fato de ser uma tecnologia de ponta que pode oferecer uma detonação mais controlada e eficiente para o acionamento dos explosivos dentro dos furos, reduzindo assim os impactos como vibração e ultralanchamentos. De acordo com o Catálogo do produto, ao emitir a onda de choque a tensão média por disparo é de 1.900 V.

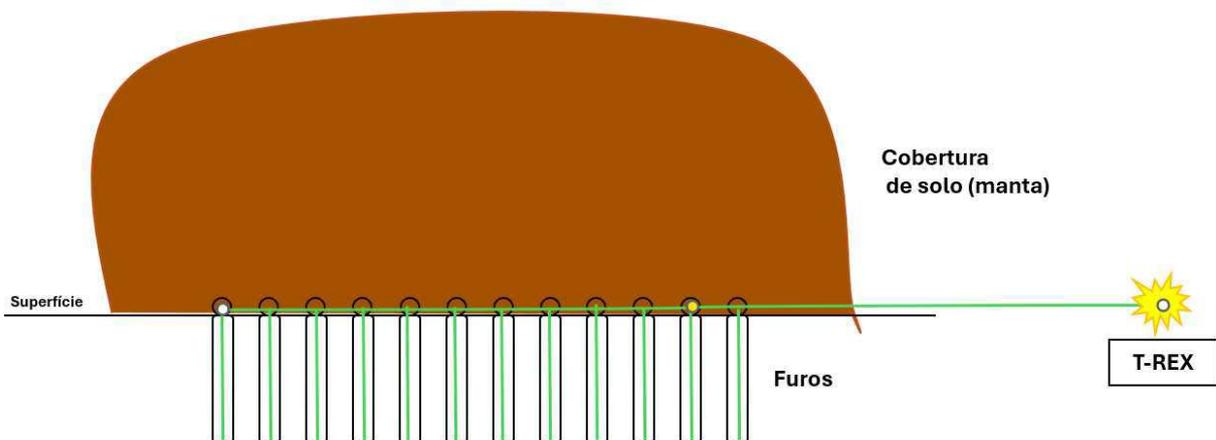
Figura 13: Detonador T-REX utilizado.



Fonte: Catálogo do produto (2024).

Para a cobertura da face a ser desmontada, foi utilizado o material argiloso. O emprego da argila se dá pela viabilidade de acesso, é um material encontrado facilmente próximo às áreas das obras e, com isso, permite uma viabilidade de uso. A relação utilizada para a quantidade de material a ser depositado na face é: para cada 1 metro de profundidade perfurado, deverão ser colocados 2,5 metros cúbicos de argila, conforme ilustra a Figura 14.

Figura 14: Processamento de abafamento de desmonte de rocha.



Fonte: Autor (2024).

A utilização da cobertura de solo argiloso para cobertura da detonação é uma abordagem importante para reduzir os impactos ambientais causados pela detonação. Esse abafamento ajuda a conter o impacto da detonação no solo, reduzindo a propagação de poeira e detritos e protegendo a vegetação e a fauna locais. Outrossim, a argila possui uma densidade suficiente para sobrepor a face a ser desmontada, ou seja, suficiente para auxiliar na contenção da sobrepressão atmosférica e ultralanchamentos. Vale ressaltar que o detonador T-REX e a cobertura com argila, deve estar associado a um Plano de Fogo adequado para o desmonte, em área urbana, com o emprego de explosivos de acordo a realidade da área e para o tipo de rocha.

Para analisar todo o processo de desmonte de rocha nos locais, realizou-se o acompanhamento de cada procedimento através do monitoramento sismográfico que ficará dispostos nas edificações mais próximas ao desmonte de rocha, seguindo a metodologia abordada por Pontes et al. (2012) para identificar cada etapa.

Para o monitoramento sismográfico foi medido os parâmetros sísmicos durante a detonação para o desmonte de rochas para terraplenagem de cada empreendimento, sendo analisado a vibração do terreno e pressão acústica, utilizando o sismógrafo do fabricante GeoSonics Inc. modelo SSU3000EZ+, medindo os seguintes parâmetros: velocidade de vibração de partícula de pico-Vpp (mm/s), frequência-F (Hz), nível de pressão acústica-Na (dBL), analisando os resultados de vibração com a ABNT NBR 9653 (2018). Essa análise poderá constatar a eficiência do detonador T-REX e a técnica de abafamento para redução dos impactos ambientais. Durante o desmonte foi analisada a densidade da rocha (t/m³), volume desmontado (m³) e quantidade de explosivos (Kg) para cada empreendimento analisado de acordo com o plano de fogo construído.

A construção da Matriz de impacto ambiental ocasionado pelo desmonte de rocha para terraplenagem em área urbana foi desenvolvida tendo como base matriz de Leopold e com a matriz realizada por Pontes et al. (2020), Quadro 2. De acordo com Gebler e Longhi (2018) este instrumento é uma opção eficiente para avaliar os impactos ambientais e será utilizado para auxiliar na análise de impactos de vizinhança. O nível de importância dos indicadores são analisados conforme: baixa importância (1), médio importância (2); e elevada importância (3). O grau de impacto dos processos foram determinados considerando grau baixo (1), médio (2) e elevado (3), tendo como base em Gebler e Longhi (2018). A interação destes dois fatores

determinou-se o nível de significância dos impactos, como nota-se no Quadro 2.

Quadro 2: Matriz utilizada para identificar os impactos do processo de desmonte em rocha.

Indicadores	Meio Ambiente								Vizinhança												
	Água	Ar			Solo		Fauna	Flora	Valorização Imobiliária	Geração de emprego	Matéria prima para própria obra	Acidente de trabalho	Doenças diversas	Aumento da população próxima aos empreendimentos	Alteração paisagista	Conflito de uso e ocupação do solo	Danos as estruturas da edificação próximas	Vibrações	Poluição sonora	Gases e Poeira	Transtorno ocasionados pela detonação a população próxima
	Interferências em águas superficiais	Gases e Poeira	Poluição sonora	ultralancamento	Erosão	vibrações	Afugentamento	Interferências na área de exploração													
Importância	1	2	2	3	3	3	2	2	1	1	2	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3
Processo de desmonte																					

LEGENDA						
Impacto Positivo			Potencial Impacto Negativo			Sem interferência
Alto	Médi o	Baix o	Alto	Médio	Baixo	
↑	⊖	↓				Cor branca

LEGENDA				
Importância dos indicadores	Peso	Nível de Significância		
		1	2	3
Grau de Impacto	1	NS	NS	S
	2	NS	S	MS
	3	S	S	MS

Fonte: Adaptada de Pontes et al. (2020); Gebler e Longhi (2018); Autores (2024)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Identificação de técnicas e procedimentos no desmonte de rochas nas áreas de estudo

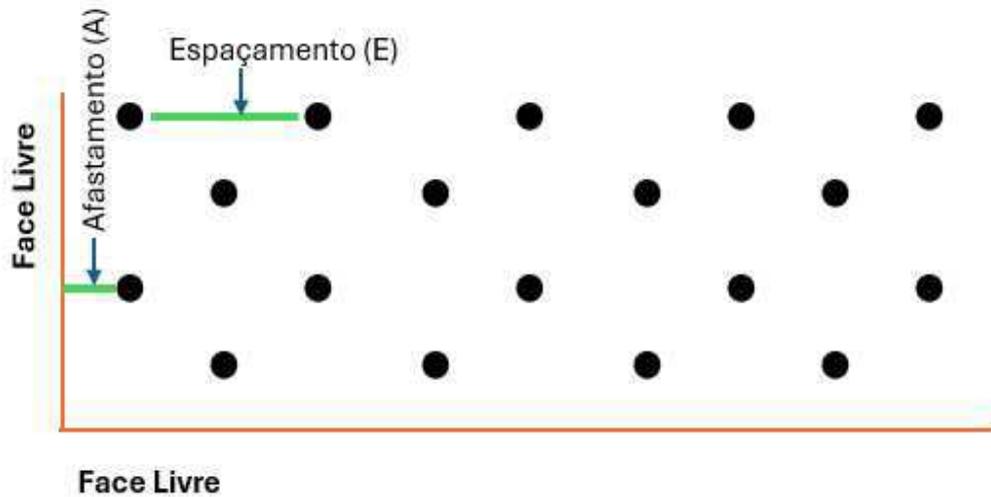
Para cada desmonte foram observados os planos de fogo que foram disponibilizados de cada Obra, sendo constatado que utilizavam o detonador T-REX e a cobertura com solo, em todos os empreendimentos analisados. Para sua elaboração foram considerados os seguintes dados:

- Características gerais do plano de fogo: profundidade do furo, diâmetro do furo, tampão mínimo, tipo de explosivo, quantidade de carga explosiva possível, etc;
- Malha utilizada, número de furos, razão de carregamento, carga máxima por espera, etc;
- Temporizações utilizadas entre linhas e entre furos, sequência de iniciação, janela de sobreposição, etc;
- Distribuição de energia do explosivo ao longo da malha;
- Implantação de Sismógrafos nas áreas críticas.

Antes de iniciar a elaboração do plano de fogo, realizou-se visitas *in loco* para averiguar as necessidades técnicas da área, assim como levantar os dados do material e do maciço rochoso a ser desmontado.

O material rochoso a ser desmontado com o objetivo de atingir as cotas desejadas possui baixas profundidades, ou seja, as profundidades dos furos de ambas as obras são pequenas, visto que as cotas a serem atingidas eram rasas. Para projeção dos furos, a geometria da malha de perfuração escolhida é a *estagiada*, ou seja, a geometria de furos é alternada, conforme ilustra a Figura 15.

Figura 15: Geometria dos furos - malha estagiada.



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Uma malha de perfuração é composta pelo Afastamento, cujo componente trata-se da distância que o furo faz com a face livre, e pelo Espaçamento, sendo a distância entre dois furos de uma mesma linha. Para esses casos (Obra A1, Obra A2 e Obra A3), a geometria da malha, *estagiada*, foi escolhida porque ela oferece uma melhor distribuição do explosivo no maciço rochoso, visto que para essa situação de desmonte em área urbana, se torna imprescindível. Em seguida, foi realizada a perfuração do maciço com a perfuratriz pneumática PWH-5000 para posteriormente ser carregado os furos com explosivos.

A escolha adequada de um explosivo é uma das partes mais importantes no projeto de desmonte, ditada pelas condições econômicas e de campo, com isso, se deu pelos seguintes fatores: geologia da rocha, segurança e manuseio, pressão de detonação e resistência a água, considerando que Campina Grande tem um período pluviométrico instável, portanto o explosivo que melhor se enquadra nesses fatores foi a emulsão encartuchada, diâmetro 2" x 24", compatível com o diâmetro do furo, e para as conexões dos furos, foram escolhidos os cordéis detonantes do tipo NP-05 e NP-10. O cordel detonante é um acessório de detonação, consiste de um tubo de plástico com núcleo de explosivo de alta velocidade, a nitropenta, sendo fabricado com variadas gramaturas: 5, 10, 20, 40 g/m etc, de nitropenta, sendo a sua nomenclatura corresponde com a concentração de nitropenta. Além disso, o cordel detonante possui boa sensibilidade para iniciar cargas explosivas simultaneamente.

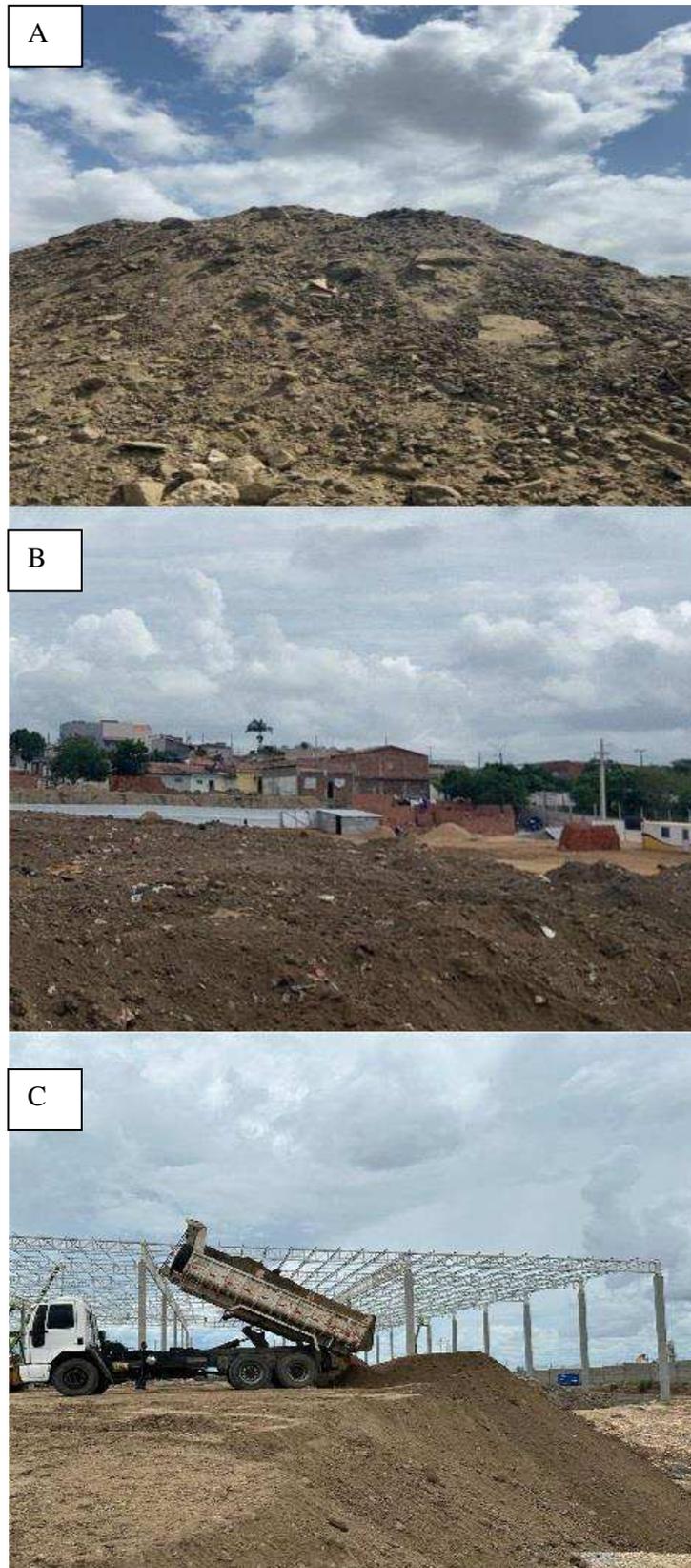
A determinação do tipo de cordel para estes desmontes, foram de acordo com

o risco de corte que ele pode sofrer durante a quebra do maciço, pois o NP-05 é um fio mais fino e pode ser rompido com maior facilidade através dos fragmentos de rocha, fazendo com que ocorra a falha no desmonte; essa situação chama-se de '*corte do fogo*' que não deve existir, evitando fogos secundários, que são desmontes para quebrar os blocos remanescentes que não foram adequadamente fragmentados no primeiro desmonte, o que pode onerar as operações e aumentar os impactos negativos. Para o tipo de desmonte desse trabalho, cujo material a ser desmontado possui pequenas dimensões, pode ser utilizado ambos os tipos de cordéis: NP-05 e NP-10. Outrossim, vale ressaltar, que de acordo com Juca Filho (2022), o cordel detonante é um acessório amplamente utilizado para iniciação de cargas explosivas em desmontes a céu aberto, possui velocidade de detonação muito elevada, sendo aproximadamente 7000 m/s, além de ser um acessório extremamente seguro para o manuseio, por esta razão que foi escolhido.

De acordo com Araújo (2020) o desmonte de rochas é uma das fases fundamentais para a realização de corte em rodovias, sendo o levantamento topográfico o primeiro passo para a realização do plano de fogo para que seja realizado o cálculo de volume de desmonte, profundidade dos furos, altura da rocha e outras informações necessárias para sua execução.

Com os furos carregados com explosivos e conectados através do cordel detonante, realizou-se a cobertura da área a ser desmontada com a cobertura de solo com características de material argiloso, Figura 16. Esse material foi adquirido de jazidas comercializadas nas regiões próximas às áreas. A NBR 9061:1985 orienta que em casos de desmonte de rocha com explosivos em área urbana, a frente da bancada deve ser coberta por meio de rede de cabos de aço, correntes, lonas ou pneus, a fim de evitar o impacto ambiental decorrente do ultralançamento de fragmentos de rocha. Entretanto, o material argiloso demonstrou-se eficiente para amortecer a pressão acústica proveniente pelos explosivos e os ultralançamentos. Contudo, contribui com a redução dos impactos negativos como a sobrepressão atmosférica.

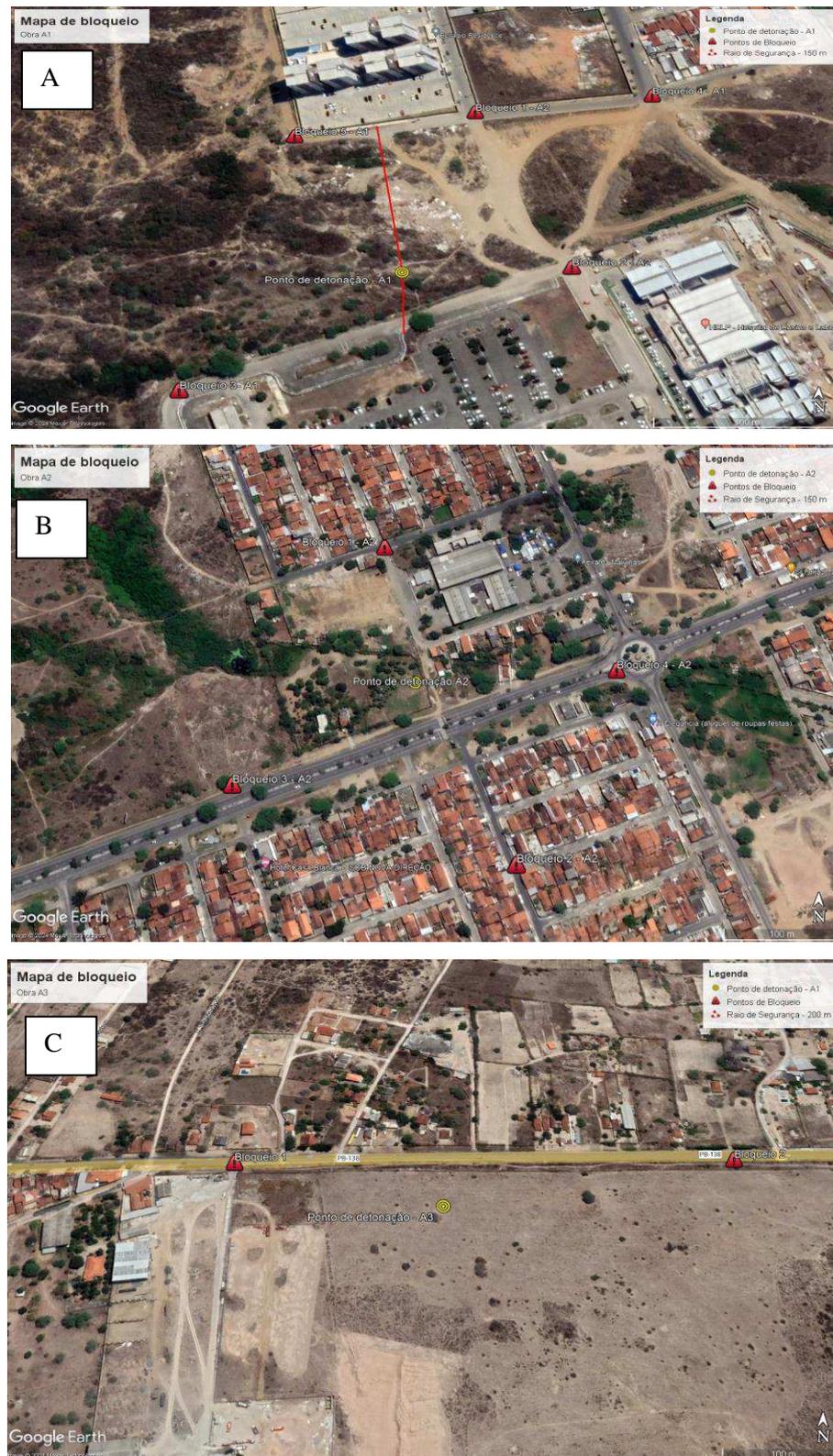
Figura 16: Cobertura de solo argiloso utilizada no desmorte de rocha nas Obras A1 (A), A2 (B) e A3 (C).



Fonte: Relatório Técnico Sismográfico da empresa BANVES (2024).

Concomitante à etapa de cobertura da área de detonação com a cobertura de solo, mapeou-se, através do *Google Earth*, o entorno da área para identificar os pontos de bloqueio como pode ser observado na Figura 17A, 17B e 17C referente aos bloqueios que foram realizados nas Obras A1, A2 e A3, respectivamente. Conforme a NBR 9061:1985, os caminhos de acesso devem ser sinalizados e tem autoridade suficiente para impedir a passagem de qualquer pessoa não diretamente ligada à operação de detonação. Esses bloqueios oferecem segurança aos transeuntes pois não permitem o tráfego de pessoas e automóveis no período da detonação. Santos (2023), enfatiza a necessidade de evacuar os arredores da área de desmonte, além de manter os avisos de atenção durante todo o procedimento próxima à área para que garanta a segurança de toda a área.

Figura 17: Área de bloqueio no período de detonação de rocha para terraplenagem na Obras A1 (A), Obra A2 (B) e Obra A3 (C).

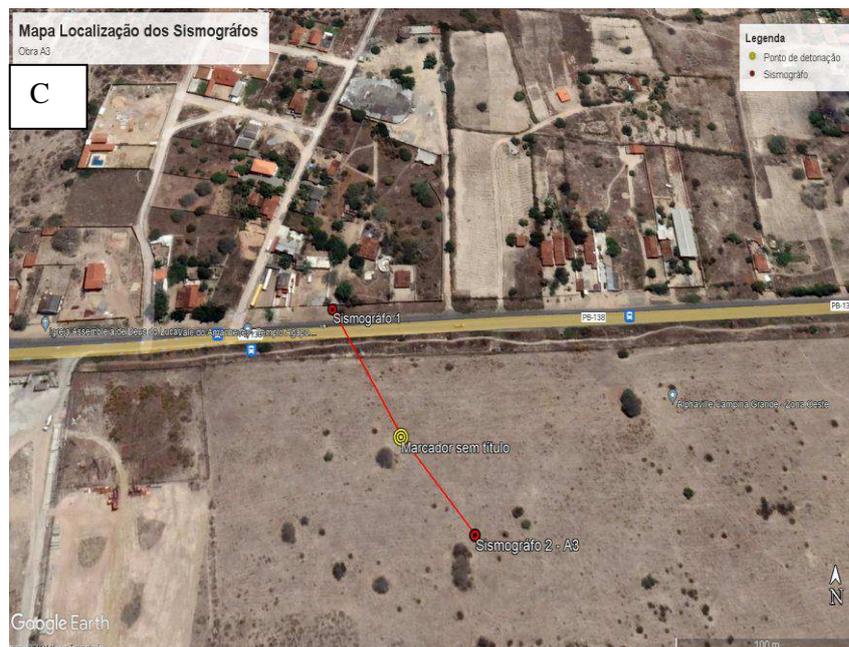


Fonte: Elaborado pelo autor, Google Earth (2024).

Após as etapas de preparação do desmonte, instalou-se os sismógrafos em 2 setores diferentes, em geral, em sentidos diferentes. No empreendimento denominado Obra A1, foi instalado a estação sismográfica 1 de número de série: 8991. Esta área, a qual foi colocado o equipamento, é área hospitalar, precisamente, no portão de uma de suas entradas. Área bastante crítica pela sua complexidade, foi instalado a 50 metros de distância do ponto de detonação, Figura 18A. Para o segundo ponto de análise sismográfica, a estação sismográfica 2 de número de série: 8992 foi instalado a 100 metros, próximo a um edifício residencial de 8 andares.

Para o empreendimento denominado Obra A2, os locais/pontos monitorados, onde os sismógrafos foram dispostos são pontos residenciais, ambos distam 50 metros do ponto de detonação. Os sismógrafos instalados possuem números de série 8992 e 8993, Figura 18B. No empreendimento Obra A3, foi instalada a estação sismográfica 1 de série: 8992, posicionada a 15 metros de distância do ponto de detonação, nas colunas de concretos; por último, a estação sismográfica 2 de série: 8993, instalada a 50 metros, em ambiente residencial, após a rodovia PB-138, conforme Figura 18C.

Figura 18: Mapas de Localização dos sismógrafos da Obra A1 (A), Obra A2 (B) e Obra 3 (C).



Fonte: Elaborado pelo autor, Google Earth (2024).

Após a conclusão das etapas envolvendo a elaboração do plano de fogo, perfuração da rocha, carregamento dos furos, amarração do explosivo, cobertura da área e a instalação dos sismógrafos, todas as etapas necessárias foram realizadas para a detonação, que será acionada pelo Detonador T-REX. Os planos de fogo elaborados para as obras se assemelham, mas foram ajustados conforme a necessidade demandada, principalmente em relação ao volume a ser desmontado e a profundidade dos furos. Os dados gerais dos planos de fogo da Obra A1, Obra A2 e Obra A3 estão descritos no Quadro 3.

Quadro 3: Resumo dos dados dos Planos de Fogo dos empreendimentos.

Dados gerais dos planos de fogo de cada empreendimento			
	Obra A1	Obra A2	Obra A3
Densidade da rocha	2,5	2,5	2,5
Profundidade média de corte (m)	2,06	1,80	1,80
Malha de furação (m) (Afastamento x Espaçamento)	1,25 x 1,0	1,30 X 2,60	1,30 X 2,60
Subfuração (m)	0,80	0,50	0,50
Volume desmontado in situ (m³)	857,31	3.735,58	2.918,29
Tampão (m)	0,80	0,80	0,80
Razão Carga	1,17	1,0	1,0
Quantidade de furos	280	614	860
Inclinação dos furos	15°	15°	15°
Diâmetro do furo	2 ½"	2 ½"	2 ½"
Total de explosivos (kg)	1000	1400	1800
Tipo de explosivo	emulsão encartuchada	emulsão encartuchada	emulsão encartuchada
Tipo de cordel	NP - 05 NP - 10	NP - 05 NP - 10	NP - 05 NP - 10

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No Quadro 3, verifica-se que as obras apresentaram litologias semelhantes, ou seja, as rochas são cristalinas, com características graníticas e migmatíticas, duras

e compactas; a profundidade média foi de 2,06 m (Obra 1), 1,80 m para Obra 2 e Obra 3. O volume desmontado na A2 e A3 foi de 3.735,58 m³ e 2.918,29 m³, respectivamente, com valores bem superiores aos verificados no A1 com 857m³, isso se deve ao fato que as dimensões das bancadas são diferentes, podendo ter extensões horizontais maiores, o que resulta em uma maior quantidade de furos. O maior quantitativo de furos foi na A3 (860 furos) e a menor na A1 (280 furos), percebe-se que o quantitativo de explosivo teve valor expressivo no A3. Para o tamponamento do furo, também é um parâmetro essencial para o controle do desmonte, ele corresponde à porção do furo, acima da carga explosiva, que é preenchida por material inerte, a fim de confinar os gases resultantes da detonação dos explosivos e, nesse caso foi utilizado a brita 1, cuja granulometria varia entre 9,5 e 19mm. Segundo Silva (2020), é o material indicado, porque possui uma estrutura mais sólida e proporciona uma melhor estabilidade e distribuição da pressão gerada pela detonação.

Em uma obra de implantação da ferrovia Transnordestina no estado do Ceará foi constatado no seu plano de fogo para desmonte de rocha de 90 metros de rocha alterada, realizaram 80 furos e 26,344 kg/furo de carga explosiva com aproximadamente 4.413,9 metros cúbicos de volume desmontado, com média de profundidade de 9,2 metros, tipo da carga aplicada foi emulsão, como relata Araújo (2020) em sua pesquisa. Estes resultados foram inferiores aos obtidos nesta pesquisa em relação ao quantitativo de furos, que variou de acordo com o material rochoso a ser desmontado.

Conforme o plano de fogo nas Obras analisadas, tem-se uma variação no quantitativo de explosivos que está relacionada pelo número de furos, aplicado 1000 kg de explosivos para A1, 1400 kg e 1800 Kg de explosivos, para A2 e A3, respectivamente, como nota-se no Quadro 4, sendo estes valores inferiores aos utilizados por Araújo (2020) com total de explosivos de 2.107,52 Kg.

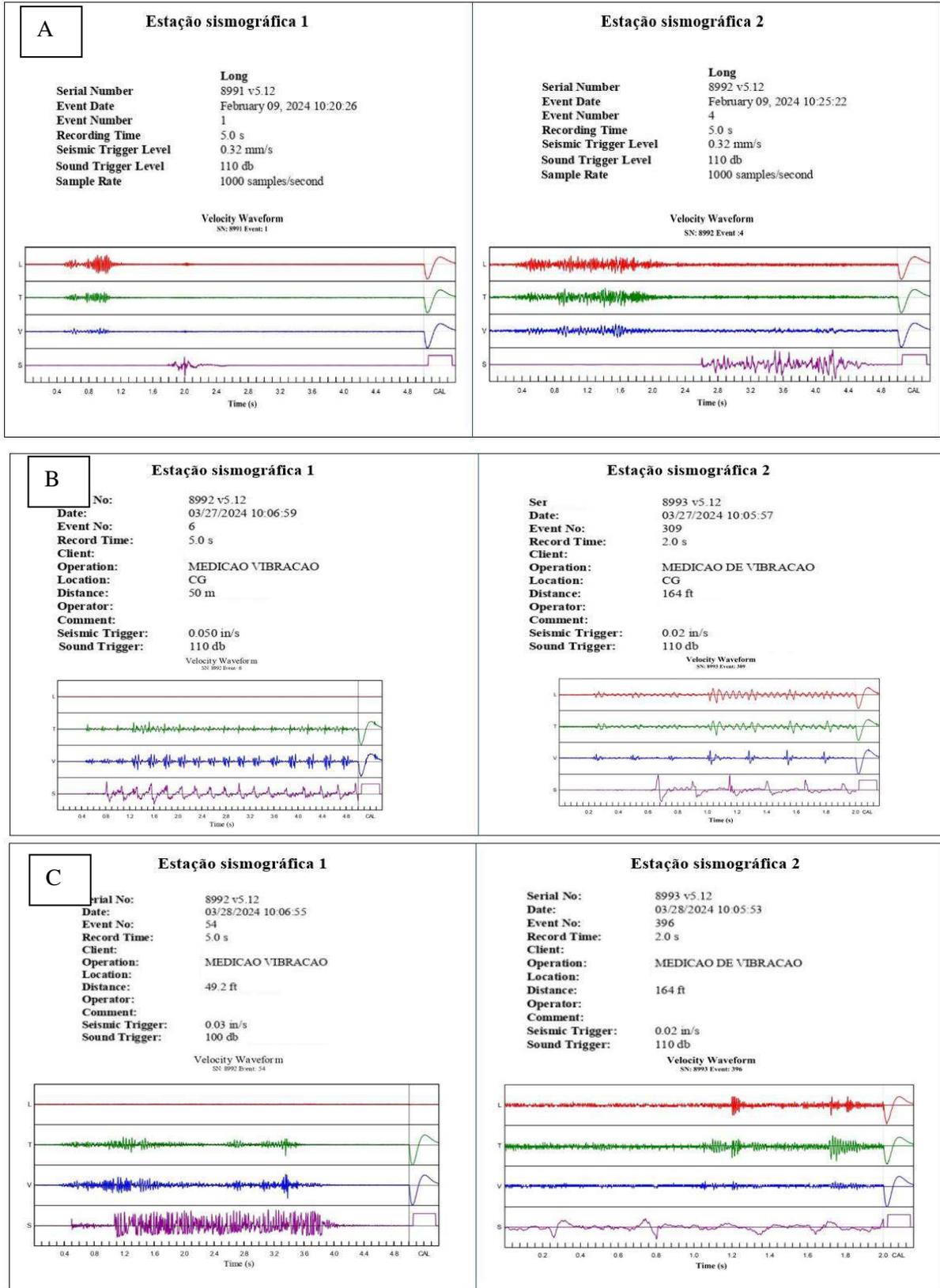
Para a terraplenagem nesta pesquisa foi utilizado o explosivo do tipo emulsão encartuchada, segundo Araújo (2020) são utilizadas para rochas maciças de alta dureza, tem elevada intensidade e liberação de energia, pode ser utilizada como carga de fundo, além de não ocasionar efeitos fisiológicos, sendo explosivo considerado seguro.

5.2 Avaliação da eficiência das técnicas através de monitoramento sismográfico

Na Figura 19 A, tem-se resultado relacionado a vibração, tendo-se registrado valor de 110 dB o pico de vibração do terreno no ponto 1, mesmo valor foi obtido no ponto 2. Na Obra A2, na análise dos sismógrafos teve-se resultado igual a Obra A1 com valor de pico de 110dB, observa-se que neste caso os sismógrafos estavam distantes cerca de 50 e 100 metros do ponto de detonação, Figura 19B. No empreendimento Obra A3, os sismógrafos foram instalados em locais bastantes próximos da área de detonação, devido conter estruturas de concretos vizinho à detonação, sendo obtido uma média de 105 dB, como observa-se na Figura 19C.

Os dados da sismografia do equipamento de número de série 8992, o qual estava posicionado a 15 metros de distância da área de detonação, registrou um pico de vibração de 100 dB, Figura 18 C. Por outro lado, o sismógrafo instalado próximo a rodovia com 50 metros de distância do ponto de detonação, cujo número de série é 8993, marcou um pico de vibração de 110 dB. Conforme a norma NBR 9653/2018 e a norma regulatória de monitoramento (NRM) 16 deve-se manter nível de ruído em até 134 dB, assim observa-se que os três empreendimentos analisados estão dentro da normativa estabelecida.

Figura 19. Dados da sismografia dos empreendimentos A1 (A), A2 (B) e A3 (C).



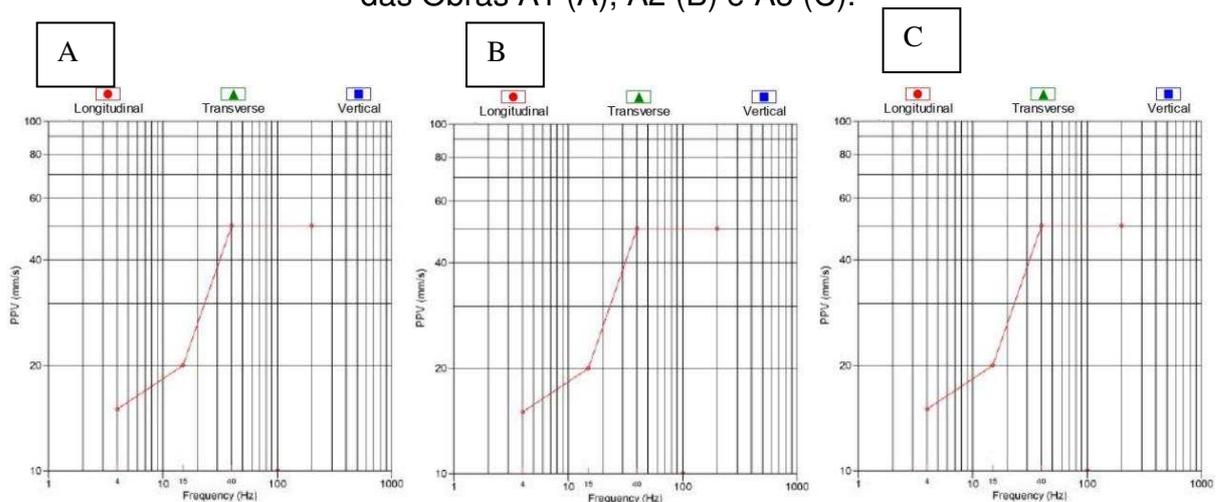
Fonte: Adaptado do Relatório Técnico Sismográfico da empresa BANVES (2024).

Nota-se que nas Obras analisadas tem-se que ao aumentar a frequência houve acréscimo na vibração, alcançando 50 mm/s na frequência acima de 40 Hz, Figura 19. De acordo com a NBR 9653 a velocidade de vibração relacionada a frequência, em baixa frequência começa em 15 mm/s até frequência superior a 40Hz com velocidade alcançando 50mm/s, assim em todas as obras têm-se os valores dentro dos parâmetros estabelecidos. Resultados superiores ao obtido por Costa e Mata (2020) ao avaliar a vibração de desmonte em área de mineração próxima a 300 metros da área urbana, com valores oscilando de 5,46 a 14,90 mm/s, o que pode estar relacionado com a distância de instalação do sismógrafo.

Os moradores dos edifícios podem perceber de forma direta as vibrações mecânicas com frequência de 1 a 80 Hz, ou indiretamente, como por exemplo os ruídos estruturais na faixa de frequência de 16 a 250 Hz, conforme Antunes e Patrício (2023). Assim, todas as frequências foram perceptíveis aos moradores próximos ao desmonte de rocha nesta pesquisa.

Quanto aos níveis de vibração, a velocidade de vibração das partículas foram analisados os gráficos gerados e os mesmos encontram-se dentro dos limites exigidos pela norma NBR 9653:2018, sendo estes representados graficamente na Figura 20.

Figura 20: Representação gráfica da velocidade de vibração de partículas de pico das Obras A1 (A), A2 (B) e A3 (C).



Além disso, no Quadro 5, foram descritos os valores dos picos de velocidade de vibração em três dimensões: Longitudinal (L), Transversal (T) e Vertical (V). É possível analisar os valores das vibrações provenientes da detonação com detonador

T-REX, cujo valores das vibrações estão descritos na coluna T-REX, e os valores obtidos pela espoleta eletrônica na coluna de linha eletrônica, dados obtidos de Pontes et al. (2020), no Quadro 4.

Quadro 4: Análise da velocidade de vibração com o uso do detonador T-REX.

Empreendimento	Vibração	Linha Eletrônica	T-REX
Obra A1	L (mm/s)	1,05	1,78
	T (mm/s)	0,86	1,17
	V (mm/s)	0,9	0,79
	Valor médio	0,93	1,24 (mm/s)
Obra A2	L(mm/s)	1,05	0,69
	T (mm/s)	0,86	0,83
	V (mm/s)	0,9	0,71
	Valor médio	0,93	0,74 (mm/s)
Obra A3	L (mm/s)	1,05	0,25
	T (mm/s)	0,86	1,6
	V (mm/s)	0,9	0,19
	Valor médio	0,93	0,68 (mm/s)

Fonte: Autor (2024).

Os valores de vibrações observados durante o desmonte com o uso de linha eletrônica encontram-se dentro dos limites sugeridos pela NBR 9653/2018. É possível notar que as vibrações obtidas durante o desmonte com o detonador T-REX na obra A2 e A3 foram ainda menores do que as da linha eletrônica. Entretanto, observou-se que o valor da Obra A1 com uso do T-REX teve uma velocidade maior, quando comparado a linha eletrônica. Uma constatação técnica é explicada pela diferença na

geometria da malha, cujo afastamento da malha é maior que o espaçamento, como nota-se no Quadro 4, cuja dimensões da malha (AxE) são: 1,25 x 1,0m. Segundo Costa (2019), o afastamento deve ser menor que o espaçamento, caso contrário, o espaçamento seja menor que o afastamento, de acordo com Oliveira Júnior (2022) as fendas originadas entre os furos se interceptam antes do restante chegar à face livre, gerando um plano de descontinuidade pelo qual os gases escapam prematuramente, ou seja, a quebra por cisalhamento só ocorre na parte inferior do maciço. Neste caso, para Jucá Filho (2022), os gases tem dificuldade de desacoplar o material e com isso transforma parte dessa energia do explosivo em energia sísmica, elevando os níveis de vibrações. Assim, conclui-se que as detonações com linha silenciosa causam mais desconforto à população local em comparação com as detonações feitas com linha eletrônica.

5.3 Matriz de impacto de vizinhança decorrente da atividade de desmonte de rocha

Em relação ao nível de importância dos indicadores que foram observados durante o processo de desmonte de rocha, contudo não gera limitações e não afeta a qualidade de vida da população e do ambiente negativamente, como interferência em águas superficiais; valorização imobiliária; geração de renda; alteração de topografia foram consideradas de baixa importância (1). Já indicadores considerados de médio grau de limitação para a qualidade de vida das pessoas e para o meio ambiente, tiveram peso 2, como gases e poeiras; afastamento dos animais; interferência na área de exploração; matéria prima para a própria obra; aumento da população próxima ao empreendimento; alteração da paisagem; Conflito de uso e ocupação do solo; Poluição sonora. De elevada importância os que geram impactos negativos às pessoas e ao ambiente com valor 3, sendo os seguintes: Ultralanchamento; erosão; vibrações; acidente de trabalho; doenças diversas; Danos às estruturas da edificação próximas e Transtorno ocasionados pela detonação a população próxima, Quadro 5.

Percebe-se que o processo de perfuração e a detonação ocasionam poeira, poluição sonora, afastamento da fauna, na flora, com elevado potencial para ocorrência de acidente de trabalho, Quadro 6, sendo notório o elevado grau de impacto negativo. A detonação é a fase que ocasiona danos ao meio ambiente e a vizinhança, com cerca de 62% de seus indicadores considerados de elevado impacto negativo. Enquanto a perfuração corresponde a 19% destes indicadores estão sendo

elevados. As etapas de carregamento de explosivos, amarração do fogo foram as consideradas sem interferência, além do baixo grau de impacto.

Avaliando os impactos socioambientais na mineração, Silva et al. (2017) relatam que na fase de detonação é a que proporciona maior nível de impactos, com poluição do ar, poluição sonora, espantando os animais, mudanças na paisagem, semelhantes com as informações observadas no local durante o processo de desmonte de rocha para terraplenagem, corroborando com os dados destes autores.

Em relação ao impacto positivo foi atribuído símbolos identificando os indicadores que contribuíram com a qualidade de vida da população do entorno. Os impactos positivos destaca-se a valorização imobiliária com o início das atividades no local, geração de emprego algumas vezes proporcionando renda a população próxima da região, e com isso possibilita o aumento da população na área (Quadro 6), porém há diversos impactos negativos relacionados a esta atividade mesmo que seja por um período curto, como a perda de flora e fauna local, transtorno com a explosão ocasionado na comunidade, com vibrações, poeira e poluição sonora.

Quadro 5: Matriz dos impactos ocasionados pelo processo de desmonte de rocha nas Obras analisadas.

Indicadores	Meio Ambiente								Vizinhança												
	Água	Ar			Solo		Fauna	Flora	Valorização Imobiliária	Geração de emprego	Matéria prima para própria obra	Acidente de trabalho	Doenças diversas	Aumento da população próxima aos empreendimentos	Alteração paisagista	Conflito de uso e ocupação do solo	Danos as estruturas da edificação próximas	Vibrações	Poluição sonora	Gases e Poeira	Transforno ocasionados pela detonação a população próxima
	Interferências em águas superficiais	Gases e Poeira	Poluição sonora	ultralaçamento	Erosão	vibrações	Afugentamento	Interferências na área de exploração													
Importância	1	2	2	3	3	3	2	2	1	1	2	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3
Processo de desmonte	Perfuração do maciço rochoso		Red	Yel			Yel	Red	Red	↑	↑		Red	Yel	⊖	↓	Grn	Grn	Grn	Grn	Grn
	Carregamento com explosivo									↑	↑		Red	Yel	⊖		↓				
	Amarração do fogo									↑	↑		Red	Yel	⊖		↓				
	Cobertura com manta de solo (argila)		Yel					Yel	Yel	↑	↑	↑	Red	Grn	⊖		↓				
	Detonação	Grn	Red	Red	Red	Grn	Red	Red	Red	↑	↑		Red	Yel	⊖		Red	Red	Red	Red	Red

LEGENDA						
Impacto Positivo			Potencial Impacto Negativo			Sem interferência
Alto	Médi o	Baix o	Alto	Médio	Baixo	Cor branca
↑	⊖	↓	Red	Yel	Grn	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024), adaptado de Pontes et al. (2020); Gebler e Longhi (2018).

De acordo com Silva (2019) , mesmo havendo eficiência no processo de desmonte de rocha, cerca de 30% da energia do explosivo ocasiona danos ambientais, com a vibração do terreno, poluição sonora, ultralanchamentos e poeira, por isso que ao analisar o Quadro 6, tem-se que estes indicadores no processo de detonação tem maior impacto ao meio ambiente e a vizinhança. Os impactos de vizinhança elevados são para a fase de detonação, como afirmam Silva et al. (2017) ocasionam descontentamento da população relacionado a vibração, ruídos por causa do som emitido durante a explosão.

Ao relacionar Indicadores com os processos de desmonte e o nível de importância, foi pontuado de acordo com o grau de impacto sendo considerado grau baixo (1), médio (2) e elevado (3), segundo Gebler e Longhi (2018). Após esta análise foi observado o nível de significância dos indicadores juntamente com o grau de impacto, como observa-se no Quadro 6, analisando assim a interação totalizando 105 itens. O nível de significância do impacto teve nível elevado para o processo de detonação com cerca de 67% dos indicadores sendo considerado muito significativo, enquanto que para o processo de desmonte denominado Perfuração teve-se aproximadamente 33,33% considerado muito significativo, como verifica-se no Quadro 6.

Quadro 6: Matriz de significância dos impactos ocasionados pelo processo de desmonte de rocha nas Obras analisadas.

Indicadores	Meio Ambiente							Vizinhança														
	Água	Ar			Solo		Fauna	Flora														
	Interferências em águas superficiais	Gases e Poeira	Poliuição sonora	ultralancamento	Erosão	vibrações	Afugentamento	Interferências na área de exploração	Valorização Imobiliária	Geração de emprego	Matéria prima para própria obra	Acidente de trabalho	Doenças diversas	Aumento da população próxima aos empreendimentos	Alteração paisagista	Conflito de uso e ocupação do solo	Danos as estruturas da edificação próximas	Vibrações	Poliuição sonora	Gases e Poeira	Transforno ocasionados pela detonação a população próxima	
Perfuração do maciço rochoso																						
Carregamento com explosivo																						
Amarração do fogo																						
Cobertura com manta de solo (argila)																						
Detonação																						

LEGENDA				
Importância dos indicadores	Peso	Nível de Significância		
		1	2	3
Grau de Impacto	1	NS	NS	S
	2	NS	S	MS
	3	S	S	MS

NS (Não Significativo); S (significativo); MS (Muito significativo)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024), adaptado de Pontes et al. (2020) e Gebler e Longhi (2018).

Apenas quatro (4) indicadores resultaram em não significativos em todo processo de desmonte, Quadro 6, sendo a Interferência em águas superficiais, valorização imobiliária, geração de empregos e aumento da população no entorno, decorrente de não haver reservatórios superficiais no local bem como os demais indicadores terem impacto positivo na qualidade de vida da população, já que a valorização de terras e imóveis potencializa a venda e alugueis, estimulando o comércio e potencializando o crescimento urbano nestas áreas.

Assim o quantitativo total de itens analisados através da interação da matriz em relação ao nível de significância, tem-se que cerca de 22% foram considerados que os impactos ao meio ambiente e de vizinhança foram Muito Significativo (MS), Quadro 6, considerados como Significativos 36,2% das interações dos indicadores e os processos de desmonte, e não significativos com 41,9%, dessa maneira é perceptível que dentre a interação o maior quantitativo que não tem impacto considerável ao meio ambiente e a vizinhança, indubitavelmente por causa das medidas de segurança que foram estabelecidas durante a execução do desmonte, além do uso de tecnologias que reduz os problemas resultantes desta atividade.

Resultados diferentes ao desta pesquisa foram obtidos por Pontes et al. (2020) ao fazer uma análise dos impactos ambientais de desmonte de rocha em área de mineração utilizando matriz de interação, constataram que em relação a gases e poeira é grande e importante os danos ambientais, vibrações, ruídos, ultralanchamento, erosão, migração de aves/mamíferos e interferência na área de explosão possuem elevada magnitude e importância, estes resultados está relacionado com o tipo de atividade analisada, diferenciando de desmonte de rocha para terraplenagem que a finalidade apenas é para nivelar a área para fins construtivos, sendo uma área bem menor quando comparada com a exploração mineral.

A desvalorização imobiliária foi detectada por Pontes et al. (2020) na sua pesquisa, justifica-se que a exploração mineral realiza desmonte de rocha com bastante frequência e uso de baixa tecnologia, afetando negativamente a qualidade de vida da população do entorno. No caso do desmonte para terraplenagem em áreas urbanas, ocorre em curto período de tempo, além de ser utilizado tecnologias sustentáveis como foi o caso desta pesquisa, minimizando os problemas de vizinhança e ambientais.

De acordo com Silva et al. (2017) a etapa de perfuração das rochas ocasiona impactos negativos significativos ambientais, por causa da emissão de gases, poeira,

poluindo o ar e a vegetação próxima, incluindo a poluição sonora que espanta os animais, sendo uma atividade insalubre sendo fundamental uso de Equipamentos de Proteção Individual, para evitar doenças ao trabalhador, contudo essa atividade ocasiona impactos positivos, como a geração de empregos, uso de equipamentos para perfuração de rocha, combustível para energia, entre outros. Ainda de acordo com estes autores a fase de carregamento dos furos com explosivo tem baixa intensidade de impactos, sendo uma atividade reconhecida por ser significativa na geração de emprego, renda, contribuição de impostos, compra de explosivos, destaca-se que para exercer esta função deve-se ter treinamento e muita atenção no manuseio com os explosivos para evitar acidentes na área.

Nieble (2017) discorre que a detonação de explosivos produz Co_2 , vapor d'água e N_2 , assim como fumaças constituídas de CO , NO_2 , por exemplo. Existe um quantitativo de energia de baixa frequência que podem afetar as estruturas construtivas das reincidentias próximas, contudo ocorre com frequência níveis elevados de vibração, que são sentidos pelos moradores pela vibração dentro da habitação, assim níveis até 114 dB é suportável e não ocasiona danos, acima de 171 dB já provoca problemas de saúde podendo até ocasionar a morte, como descreve Silva (2019).

O tempo de ocorrência de danos ambientais no ar atmosférico dura o tempo da realização do desmonte, dependendo de diversos fatores como o uso de detonador eletrônico, redução de carga explosiva, assim como a hora do desmonte, já que em horários de inversão térmica, o impacto no ar pode ser potencializado (Nieble, 2017).

5.4 Identificação dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).

O uso de acessórios que reduzem o impacto da atividade de desmonte de rocha, tais como a sobrepressão e a vibração do terreno, contribui diretamente para o cumprimento da Agenda 2030. Assim, de acordo com Mastrodi (2021), ao tratar dos instrumentos de gestão e governança dos espaços urbanos, admite-se todo um conjunto estratégico que possibilite o atingimento do interesse público das políticas urbanas mais atualizadas no compromisso internacional com a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável.

conforme identificadas no Quadro 7, especificamente dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável relacionados à redução da poluição sonora e ambiental.

Quadro 7: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável relacionado a tecnologia sustentável aplicada no desmonte de rocha para terraplenagem em área urbana.

Nº do ODS	ODS
8	Trabalho decente e crescimento econômico
9	Indústria, inovação e infraestrutura
11	Cidades e comunidades sustentáveis
15	Vida terrestre

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 3 estabelece como objetivo garantir uma existência saudável e promover o bem-estar de todos os indivíduos. A prática de desmonte de rochas deve ser realizada de maneira a não comprometer a saúde dos habitantes locais, os quais devem ser devidamente informados e estabelecida uma uniformização de dias e horários para a sua execução, assegurando que todos estejam preparados para a situação adversa. Com o planejamento executado como previsto, é possível minimizar os riscos a saúde e contribuir com a Agenda 2030 indiretamente, visto que de acordo com Moreira *et al.* (2020), deve ser priorizado outros objetivos como o ODS 4 (Educação de Qualidade) e 1 (Erradicação da Pobreza) pois contribui para a consecução do ODS 3.

O ODS 8 visa promover o crescimento econômico inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo e o trabalho decente para todos. Para Masuero (2021), a indústria da construção civil tem um papel de grande importância social e econômica, em especial em períodos de crise como por exemplo na pandemia Covid-2019. Ela movimenta uma grande cadeia produtiva, alavanca o crescimento econômico e a geração de empregos de uma forma rápida, é responsável por uma parcela

significativa do PIB, por um grande número de postos de trabalho e uma parcela considerável da geração de renda para a população. Para Francisco Jr. et al. (2021) trata-se de normatizar e certificar que tais metas são atingidas através da mensuração de indicadores padronizados e, portanto, aplicáveis ao contexto proposto.

Já o ODS 9 objetiva construir infraestruturas resilientes, promovendo a industrialização inclusiva e sustentável, além de fomentar a inovação, que ainda segundo Masuero (2021), a indústria da construção civil tem um impacto ambiental negativo, com um alto consumo de insumos naturais esgotáveis, alta demanda energética, alta geração de resíduos e de emissão de CO₂. E para a ONU, a estimativa é que até 2050, a população mundial que vive em áreas urbanas passe dos atuais 55% para aproximadamente 70%. Quanto a inovação ainda destacada do 9º ODS, que trata, construir infraestruturas robustas, promoção a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação, na visão de Araújo (2019), afigura-se como elemento mais básico dos ODS, sem uma mudança positiva nas formas em que se produz, pensa, distribui e usa os recursos, qualifica-se a educação, adapta-se às cidades, reduz as desigualdades, a possibilidade de atingir tais objetivos é reduzida.

O ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) busca tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Isso inclui a promoção de práticas responsáveis e a proteção do patrimônio natural. E por último, o ODS garante a proteção, restauração e promoção do uso sustentável dos ecossistemas terrestres, sendo crucial para a conservação da biodiversidade e a garantia do controle de recursos naturais para as gerações futuras.

Dessa forma, a eficiência dessas técnicas sustentáveis não apenas promove a sustentabilidade ambiental e a preservação dos recursos naturais, mas também contribui para a promoção de práticas mais responsáveis e conscientes no setor da construção civil. Além disso, ao minimizar os impactos negativos da atividade de desmonte de rocha, tais acessórios garantem a proteção do meio ambiente e a integridade dos ecossistemas, além disso, reduz a perturbação à fauna.

6. CONCLUSÃO

- Os empreendimentos que foram acompanhados a fase de desmonte de rocha para terraplenagem, são para as seguintes finalidades: loteamento/condomínio vertical, hospital e um depósito de distribuidora;
- No processo de desmonte de rocha, especificamente para obras próximas as zonas urbanas e periurbanas, ocorre a perfuração da rocha, carregamento de explosivos, amarração do fogo, cobertura com solo argiloso e detonação.
- As tecnologias empregadas foram o uso da cobertura com solo argiloso e o detonador T-REX, que reduziram os impactos de vizinhança e ambientais;
- A detonação é responsável por 62% e a perfuração corresponde a 19% dos problemas ocasionados ao meio ambiente e a vizinhança;
- As etapas de carregamento de explosivos, amarração do fogo foram as consideradas sem interferência, além do baixo grau de impacto;
- O nível de significância do impacto para o processo de detonação foi de 67% dos indicadores, sendo muito significativo, enquanto que para o processo de desmonte perfuração teve-se aproximadamente 33,33%;
- Elevado impacto de vizinhança ocorreram na fase de detonação, que foi observado na análise da matriz, porém cerca de 42% das interações foram não significativas, devido o uso de tecnologias sustentáveis;
- As tecnologias empregadas minimizam os impactos, o que pode contribuir com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 3, 8, 9, 11 e 15, os quais são fundamentais para o cumprimento do Plano de Ação da Agenda 2030, pois todas elas contribuem para o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das pessoas e do planeta como um todo.
- Sugere-se para trabalhos futuros a aplicação de outros tipos de solo como melhoria do abafamento aliados ao detonador T-REX e com Exel Lead in Line para iniciação dos furos.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 9653, D. E. ABNT NBR 9653/2018. Associação Brasileira de Normas Técnicas, p. 8, 2018.
- AGRA, Davi Mendes. Processo de expansão urbana de Campina Grande-PB sob a ótica da região sudoeste. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218, v. 1, n. 1, p. e24257-e24257, 2021.
- AMORIM, Diego Cunha. Redução de custos nas operações de pedreira com lavra de Mica Xisto variando parâmetros que compõe o Plano de Fogo. 2019. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1796/1/MONOGRAFIA_Reduc%C3%A7%C3%A3oCustosOperacionais.pdf
- ANTUNES, S.M.; PATRICIO, J.V. Avaliação da componente vibração em estudos de impacto ambiental para projetos de vias-férreas em zonas urbanas: atualização de aspetos metodológicos e práticas correntes em Portugal. *Tecniaacustica*, 2023.
- ARAUJO, A. L. Desmonte de rocha com o uso de explosivos: Estudo de caso em trecho da ferrovia nova transnordestina. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, 35p.2020.
- ARAÚJO, T. B. Nordeste: desenvolvimento recente e perspectivas. Caderno 19. In: GUIMARÃES, P. F.; AGUIAR, R. A. de; MARTINS, H. M.; SILVA, L. M. M. da. Um olhar territorial para o desenvolvimento: Nordeste. Rio de Janeiro: BNDES, 2014.
- ARÔXA, B. H.; Veiga, L. A. O estudo de impacto de vizinhança (EIV) e a gestão urbana na cidade: o caso do EIV de uma empresa industrial em Londrina-PR. *Formação (Online)* , v. 27, n. 52, p. 209-231, 2020.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.653. Guia para avaliação dos efeitos pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas. São Paulo, 11 p., 2005.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9061. Projeto e Execução de Impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.
- BACCI, D. C. Vibrações geradas pelo uso de explosivos no desmonte de rochas: avaliação dos parâmetros físicos do terreno e dos efeitos ambientais. 2000. 205f. Tese (Doutorado em Geociência e Ciências Exatas) – Universidade Estadual de Rio Claro, Rio Claro, 2000.
- BARBOSA, Gabriel Alves Piuzana. Estudo da perfuração e desmonte de rochas: desafios e medidas de segurança. 2023.
- BARREIROS, Mário Antonio Ferreira; ABIKO, Alex Kenya. Avaliação de impactos de vizinhança utilizando matrizes numéricas. *Ambiente Construído: Porto Alegre*, v. 16, n. 3, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ac/v16n3/1678-8621-ac-16-03-0023.pdf>. Acesso em: 16 abril de 2024.
- BERNARDO, P. A. M. Impactos ambientais do uso de explosivos na escavação de rochas, com ênfase nas vibrações. 2004. 385f. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1986) Resolução CONAMA nº. 001, de 23 de janeiro de 1986. Brasil. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Brasília. DF, 2005. p. 198 – 199

BRASIL . Decreto-Lei nº 227/1967, de 28 de fevereiro de 1967. Código de Minas. Brasília. DF, 1967.

BRASIL. Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996. Brasília. DF, 1996.

BRASIL. Portaria nº 155 de 12 de maio de 2016.

BRASIL. Novo Plano de Aceleração do Crescimento: A retomada dos investimentos e os possíveis impactos para o desenvolvimento brasileiro, número 276 (2023). Brasília: Ministério do Planejamento, 13-09-2023, Disponível em <https://www.dieese.org.br/notatecnica/2023/notaTec276NovoPAC.html> , Acesso em: 25 de abril de 2024.

CALIARI, T.; SANTOS, U. P. Evolução estrutural e setorial de emprego nas Microrregiões Brasileiras: uma Análise Exploratória para o período 2003-2013 pelo método shift-share. Redes (St. Cruz Sul, Online), v. 25, 2020.

CASSIANO, A. M. & Peres, R. B. (2016). Diretrizes e critérios para a regulamentação e implementação do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) no município de São Carlos, SP. In Anais do 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável: Pluris. (p. 1-12). Maceió: Viva Editora.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Reestudo dos critérios de análise do incômodo causado aos indivíduos por vibrações. São Paulo, 51 p., 1983.

CHAMIÉ, P. M. B. Contexto histórico, sob o enfoque urbanístico, da formulação e legalidade do estudo de impactos de vizinhança. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo. São Paulo, 2010

CLEBER, M. C; MARIA, N. O. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 28-2, p.11-30, 2005.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Campina Grande. Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15949/1/Rel_Campina_Grande.pdf>. Acesso em: 7 Abril 2024.

CORRÊA, R. L. O espaço urbano. São Paulo: Ed. Ática, 1989.

CÔRTEZ, A. M., Romano, C. A. e Barros Jr., P. A. (2011), “Instrumentos de apoio à inovação tecnológica no Paraná: disponibilidade e uso nas empresas do arranjo produtivo local (APL) de software de Curitiba”, Sistema & Gestão, Vol. 6, No. 4

COSTA, V. Desmonte de rochas. Oficina de Textos, 2019.

COSTA, L. V.; MATA, J. F. C. A aplicação da técnica de smooth para o controle de vibrações próximo a áreas urbanas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 97157-97165, 2020.

COSTA, L. de V., & Mata, J. F. C. da. (2020). A aplicação da técnica de smooth para o controle de vibrações próximo a áreas urbanas / The application of the smooth technique for vibration control near urban áreas. *Brazilian Journal of Development*, 6(12), 97157–97165. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-273>

CUTTER, S. L. (Org.) Environmental risks and hazards. London: Prentice-Hall, 1994.

DATAPEDIA. Dados – Campina Grande. 2022. Disponível em: <<https://datapedia.info/cidade/2202/pb/campina-grande/?b=1#mapa>>. Acesso em: 23 de abril de 2024.

DIAS, E.G.C.S. Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral). Escola Politécnica, USP, 2001, São Paulo, SP. 303 p.

DIEB, Denise de Azevedo et al. Sustentabilidade urbana: reflexões sobre a expansão urbana na borda sul de João Pessoa (PB). 2022.

OLIVEIRA, Natan de. A importância de uma boa preparação do terreno para a construção civil.

MELO, C. F. A. de, & Filho, M. N. M. B. Vulnerabilidade dos Espaços Livres à Ocupação Urbana: Análise dos Atributos Perceptivos dos Espaços Livres de Campina Grande, PB.

SANTOS, Lúcio Flávio Coelho dos. Desmonte controlado em pedreiras. 2023.

ELIAS, Denise. Globalização e Agricultura. v.1, 1º. ed. São Paulo: EDUSP, 2018.
Bechelli, C. (2018). Utilização de matriz de impactos como ferramenta de análise em Estudos de Impacto de Vizinhança. *Revista Terra & Cultura: Cadernos De Ensino E Pesquisa*, 27(52), 153-162.

EPAMINONDAS, L.M.R. Estudo de impacto de vizinhança em Belo Horizonte. Tese(Programa de Pós-Graduação em Graduação). Universidade Federal de Minas Gerais. 185p. 2023.

Estudo de Impacto de Vizinhança: Caderno Técnico de Regulamentação e Implementação/ Benny Schvasrberg, Martins, Giselle C., Kallas, Luana M. E.; Cavalcanti, Carolina B.; Teixeira, Leticia M.. Brasília: Universidade de Brasília, 2016.

FRANCO, G.M.O.; RAMOS JUNIOR, G.L.CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS: UMA ANÁLISE SOB À PERSPECTIVA DA FUNÇÃO SOCIAL E SOLIDÁRIA DA EMPRESA LOTEADORA. *Revista de Direito Urbanístico, Cidade e Alteridade*, v. 9, n. 2 , p.56–76, 2023.

FRÚGOLI JÚNIOR, H. São Paulo: espaços públicos e interação social. São Paulo: Marco Zero, 1995.

FERNANDES, S. T. 2011. Campina Grande, PB. Uma outra representação da modernização em Campina Grande: a cidadenas páginas do Diário da Borborema (1960/1980). Disponível em www.scielo.org. Acessado em 16 de abril de 2024.

FERREIRA, G. C.; DAITX, E. C.; NETO, C. D. Impactos ambientais associados a

desmonte de rocha com uso de explosivos. Geosciences= Geociências, v. 25, n. 4, 2006.

GAUDÊNCIO: Políticas públicas de moradia x condomínios privados. Disponível em www.scielo.org. Acesso em 16 de abril de 2024.

GALEGO, O.; MARCO, G. Terraplenagem na construção civil. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar, Maringá, PR, v.1, n. 1, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v1i1.740>. Acesso em: 16 abr. 2022.

GAMA, C. D. da. Curso vibrações em geotécnica: geração, monitorização, impactos ambientais, critérios de dano e sua mitigação. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2003.

GEBLER, L.; LONGHI, A. Aplicação da matriz de Leopold para avaliação expedita de impacto ambiental na produção de morangos: um estudo de caso em Ipê (RS). *Ambiência Guarapuava*, v.14, n.3, p.709-727, 2018.

GOMES, J. P. Metodologia Para Análise De Vibrações Provocadas Por Desmontes Com Recurso a Explosivos. p. 89, 2016.

GOUVEIA, Vinicius; LEITE, Francisco; BRITO, Pedro; SOBRAL, Raquel. Novas Tecnologias para o Controle e Otimização de Desmonte de Rochas. 2020. Disponível em:

http://downloads.opitblast.com/files/technical_pt/Tecnologia%20para%20o%20controle%20e%20otimiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20desmontes.pdf

GROSSI, M.V.F. Análise de Danos em Edificações Lindeiras a Área de Desmonte de Rocha: Estudo de Caso de uma Mineradora Anônima no Brasil. VXII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das construções. 2021. <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/CINPAR.2021.151>

GRISMINO, M. H. V.; SILVA, P. W. METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOESPACIAIS DA EXPANSÃO URBANA: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, [S. l.], v. 19, n. 2, 2023. DOI: 10.54399/rbgdr.v19i2.6779. Disponível em: <https://www.rbgdr.com.br/revista/index.php/rbgdr/article/view/6779>. Acesso em: 23 abr. 2024.

HÉLIO, S. R.; Guilherme, C. Manual Prático de Escavação – terraplenagem e escavação de rocha, 2ª edição, Editora PINI, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Campina Grande: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/campina-grande.html>. Acesso em: 7 abril de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) .De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões. Agência IBGE. Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes#:~:text=Os%20tr%C3%AAs%20estados%20brasileiros%20mais,milh%C3%B5es%20de%20pessoas%2C%2061%25>. Acesso em: 7 maio 2024.

- IRAMINA, Wilson Siguemasa. Desmonte de rocha e controle ambiental. 1997. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- JUCÁ FILHO, A. J. A. Métodos de controle aplicados na mitigação dos efeitos danosos provocados pelas vibrações resultantes do desmonte de rochas com uso de explosivos: uma revisão, (2022).
- KUMAR ET AL. Determination of blast-induced ground vibration equations for rocks using mechanical and geological properties. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, v. 8, n. 3, p. 341–349, 2016.
- LANGFORS, U. & KIHLESTRÖM, B. *Rock blasting*. Almqvist & Wiksel Förlag AB Stockholm, 438 p., 1978.
- LIRA Filho, Mizaél Correia de . Software em otimização de desmonte de rochas com Explosivos. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Minas - Bacharelado, 2023. 53 p
- LIMA, S. M. S. A., LOPES, W. G. R., & Façanha, A. C. (2019). Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. *urbano*. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 11, p. e20180037, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180037>.
- LIMA, J. S. D. A expansão do bairro de Tibiri II–Santa Rita/PB e suas consequências na infraestrutura (2012).
- MACEDO, A. T., et MARTINS, M. F. (2011). A Sustentabilidade urbana na perspectiva das empresas construtoras em Campina Grande – PB, artigo apresentado no XII ENGEMA: Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, São Paulo, SP, 5-7 de Dezembro, 2011.
- MASTRODI, J., Brollo, M. E. A., & Ribeiro, N. L. (2021). A GOVERNANÇA E A GESTÃO COMO ESTRATÉGIAS DE INCLUSÃO NAS CIDADES INTELIGENTES: DESAFIOS E PERSPECTIVAS SOB A ÓTICA DA AGENDA 2030. *Juris Poiesis - Qualis B1*, 24(36), 50–71. Recuperado de <https://mestradoedoutoradoestacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/jurispoiesis/article/view/10269>. Acesso em 10 maio 2024.
- MASUERO, A. B. (2021). Desafio da Construção Civil: crescimento com sustentabilidade ambiental. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 26(04), e13123.
- MEDEIROS, Mateus Araújo de. 2018. Campina Grande –PB. Expansão urbana e a segregação sócioespacial presentes no bairro Malvinas, Conjunto Álvaro Gaudêncio: Políticas públicas de moradia x condomínios privados. Disponível em www.scielo.org. Acessado em 16 de Abril de 2024.
- MEDEIROS, Sara Raquel F. Queiroz de. Natal, RN. 2018. Segregação e gentrificação: os conjuntos habitacionais em Natal –RN. Disponível em www.repositorio.ufrn.br. Acessado em 06 de março de 2024.
- MEIRELLES, C. R. M.; SANT'ANNA, S. S.; SOUZA, V. C. de; MARCONDES, F.; FEHR, L.; JUNIOR, J. A. de O.; MICHELIN, G. A.; BRUNA, G. C.; RAIA, F. A gestão da construção civil por meio de inovações tecnológicas. **Seven Editora**, [S. l.], 2023. Disponível em: <http://sevenpublicacoes.com.br/index.php/editora/article/view/1425>.

- MIDÉA, N.F. Uso de explosivos na exploração de pedreiras próximas a áreas urbanas. In: VALVERDE, F.M.; KYOTANI, M.A.; AKINAGA, R.M. (Coords.), Seminário Internacional sobre Mineração em Áreas Urbanas. Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais (Pró-Minerio), São Paulo, p. 44-47, 1989
- MOREIRA, Marcelo Rasga et al. O Brasil rumo a 2030? Percepções de especialistas brasileiros (as) em saúde sobre o potencial de o País cumprir os ODS Brazil heading to 2030. *Saúde em Debate*, v. 43, n. spe7, p. 22-35, 2019.
- MOSER, C. The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. *World Development*, New York, v. 26, n. 1, 1998.
- MUNARETTI, E. Desenvolvimento e avaliação de desempenho de misturas explosivas a base de nitrato de amônio e óleo combustível: 2002. 249 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Portaria nº 155**, de 12 de maio de 2016. Aprova a Consolidação Normativa do DNPM e revoga os atos normativos consolidados. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 13 de maio de 2016. Seção 1, p. 1.
- NASCIMENTO, Ana Priscila Gonçalves. Loteamentos residenciais, expansão territorial e questões socioambientais o caso do Loteamento Crystal, na cidade de Cajazeiras / PB / Ana Priscila Gonçalves Nascimento. - Cajazeiras, 2019.
- NIEBLE, C. M. Desmontes cuidadosos com explosivos: aspectos de engenharia e ambientais. São Paulo – SP. Oficina de Textos. 2017, 126 p.
- NUNES, J. M., Longo, O. C., Alcoforado, L. F., & Pinto, G. O. (2020). O setor da Construção Civil no Brasil e a atual crise econômica. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 9(9), e393997274-e393997274.
- OJIMA, Ricardo. Novos contornos do crescimento urbano brasileiro? O conceito de urban sprawl e os desafios para o planejamento regional e ambiental. *GEOgraphia*, v. 10, n. 19, 2008.
- OLIVEIRA, J. A. Meio ambiente e qualidade de vida. São Paulo: Editora Ática. 1983.
- PENA, Rodolfo F. Alves. 2015. Recife, PE. Urbanização no Nordeste. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/a-urbanizacao-nordeste.htm>. Acessado em 17 de ABRIL de 2024.
- PEREIRA, D.M. et al. Introdução à terraplenagem. UTFPR 2015. Disponível em: [http://www.tecnologia.ufpr.br/portal/dtt/wpcontent/uploads/sites/12/2019/05/Terraplena a gem2015.pdf](http://www.tecnologia.ufpr.br/portal/dtt/wpcontent/uploads/sites/12/2019/05/Terraplena%20gem2015.pdf) QUIESI, N. Organização do canteiro de obras: estudo de caso na construção de uma unidade automobilística em Araquari-SC. Curitiba, 2014. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3488/1/CT_CEEST_XXVII_2014_26.pdf. Acesso em 17 de abril de 2024.
- PEREIRA, T. M. S.; MOURA, D. C.; SILVA, J. A. L.; RODRIGUES, E. de M.; MELO, J. I. M. de. Resgate florístico da vegetação de floresta estacional no município de Campina Grande–PB. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 11, n. 1, p. 1–12, 2017.

PEREIRA JÚNIOR, Edilson. DINÂMICAS INDUSTRIAIS E URBANIZAÇÃO NO NORDESTE DO BRASIL /// \\\ INDUSTRIAL DYNAMICS AND URBANIZATION IN THE NORTHEAST OF BRAZIL. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 4, p. 63-81, feb. 2016. ISSN 1984-2201. Available at: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1784>. Date accessed: 25 apr. 2024.

PONTES, Julio Cesar de et al. Impactos de vizinhança proporcionados pelo desmonte de rocha com uso de explosivos: estudo de caso na "mineração Dantas Gurgel & CIA LTDA", Caicó-RN. 2013.

PONTES, Julio Cesar de; NASCIMENTO, Paulo Henrique Moraes do; SILVA, Valdenildo Pedro da; LIMA, Vera Lúcia Antunes de. Uso de espoleta eletrônica para otimizar o desmonte de rochas com explosivos e mitigar os impactos de vizinhança. Paraíba, 2016. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2016/TRABALHO_EV064_MD1_SA2_ID_1281_05102016143719.pdf.

PONTES, J. C. De, Rolim Filho, J. L., Silva, J. A. L., Medeiros, M. C., & de Lima, V. L. A. (2012). DESMONTE DE ROCHA COM TÉCNICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A SAÚDE DO TRABALHADOR. *Estudos Geológicos*, 22, 2.

PONTES, J. C. de, Lima, V. L. A. de, & Silva, V. P. da. (2020). Impactos ambientais no desmonte de rochas com foco na transição para a economia circular / Environmental impacts of rock blasting focused on transition towards a circular economy. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(3), 1240–1251. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-042>

PRESTES, R. M., & VINCENCI, K. L. (2019). Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental / Bioindicators as environmental impact assessment. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 2(4), 1473–1493. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/3258>. Acesso em: 16 de abril de 2024.

RODRIGUES, M. A. da Silva, De Andrade, G. N., Ribeiro, M. A., Silva, M. A., & De Almeida, G. L. P. Caracterização Produtiva Do Agroecossistema Familiar: Um Estudo De Caso Da Propriedade Queimadinhos Situada No Município De Bezerros–Pe, 2019.

ROTTA, E.; REIS, C.N. As Práticas do Desenvolvimentismo Brasileiro: Plano de Metas e Programa de Aceleração do Crescimento. *Textos & Contextos (Porto Alegre)*, v. 17, n. 1, p. 151 - 166, 2018 .

RUBIERA-MOROLLÓN, F.; Garrido-Yserte, R. Recent Literature about Urban Sprawl: A Renewed Relevance of the Phenomenon from the Perspective of Environmental Sustainability. *Sustainability*, 2020, 12, 6551.

SANCHEZ, L.E. Ruido y sobrepresion atmosferica. In: Repetto, F.L. & Karez, C.S. (Eds.), *Aspectos geologicos de proteccion ambiental*. Montevideo: PNUMA/ UNESCO e Instituto de Geociências/UNICAMP, v. 1, p. 189-196, 1995. (a). 16. SANCHEZ, L.E. Curso “Formación en aspectos geológicos de protección ambiental”. Campinas: Instituto de Geociências/UNICAMP, p. 179-211, 1995. (b).

SALEME, E.R.; Michelucci, A. Conveniência da imposição de estudos de impacto

de vizinhança e as medidas compensatórias, mitigatórias e retributivas. *Revista Dir. Cidades*, V. 15, N.02., 2023, p. 586-612.

SCHVARBERG, Benny; Martins, Giselle C.; Cavalcanti, Carolina B. (org.). *Estudo de Impacto de Vizinhança: Caderno Técnico de Regulamentação e Implementação*. Coleção Cadernos Técnicos de Regulamentação e Implementação de Instrumentos do Estatuto da Cidade. Brasília: Universidade de Brasília, 1000. 2016.

SÁNCHEZ, L. E. *Curso de sistemas de gestão ambiental*. São Paulo: USP, 2001.

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

SILVA, Alexandro Fortes Simões da. *Metodologia para mitigar os efeitos adversos gerados pelo desmonte de rocha com explosivos em minerações a céu aberto / Alexandro Fortes Simões da Silva*. – 2019.

SILVA, J. A. L.; DAMASCENO, J.; REINALDO, L. R. L. R.; Gomes FILHO, M. F.; de MACEDO, D. R. G.; PEREIRA, T. M. S. *Avaliação dos impactos socioambientais advindos da extração mineral em áreas próximas aos centros urbanos: estudo de caso no município de Pedra Lavrada-PB*. *Revista Espacios*, v.38, n.9, p. 32-44, 2017.

SILVA, V. C. *Desmonte de Rochas*. São Paulo – SP, Oficina de Textos. 2019, 334 p.

SILVA, A.F.S. *Metodologia para mitigar os efeitos adversos gerados pelo desmonte de rocha com explosivos em mineração a céu aberto*. Dissertação de mestrado (Pós graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas). Universidade Federal de Minas Gerais, 2019. 89p.

SILVA, G. C., LOPES, W. G. R., & MONTEIRO, M. S. L. (2015). *Presença de condomínios horizontais e loteamentos fechados nas cidades contemporâneas: expansão e transformações do espaço urbano de Teresina, Piauí*. *Geosul*, 30(59), 167-187.

SILVA, G. C. ., & Lopes, W. G. R. (2022). *Aspectos Gerais sobre Condomínios Horizontais e Loteamentos Fechados*. *Epitaya E-Books*, 1(1), 190-210. <https://doi.org/10.47879/ed.ep.2022380p190>.

SILVA, V.C.; ANTONINI, A.; KOPPE, J.; FLOYD, J.; CERELLO, L.; CROSBY, W.; HOGAN, T. *Problemas gerados pelas detonações*. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2000.

SILVA, Valdir. *Desmontes de Rochas seguros, econômicos e com menor impacto ambiental*. Oficina de Textos, 2020. Disponível em: <https://vimeo.com/642746475/483c0bf1b8>. Acesso em: 09 mai. 2024.

SILVA, Alexandro Fortes Simões. *Metodologia para mitigar os efeitos adversos gerados pelo desmonte de rocha com explosivos em minerações a céu aberto*. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31431/1/METODOLOGIA%20PARA%20MITIGAR%20OS%20EFEITOS%20ADVERSOS%20GERADOS%20PELO%20DESMONTE%20DE%20ROCHA%20COM%20EXPLOSIVOS%20EM%20MINERA%C3%87%C3%95ES%20A%20C%C3%89U%20ABERTO.pdf>.

Sindicato da indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. (2005), *Gestão*

ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP, Sinduscon-SP, São Paulo, SP.

SISKIND, D.E.; STAGG, M.S.; KOPP, J.W.; DOWDING, C.H. Structure response and damage produced by ground vibrations from surface mine blasting. Report of Investigations 8507. Washington: United States Bureau of Mines, 74 p., 1980.

SOUZA, F. B. R. Controle tecnológico aplicado a obras de terraplenagem estudo de caso da via expressa transolímpica. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009286.pdf>. Acesso em 17 de abril de 2024.

SOUZA, M. L. de. Fobópole: o medo generalizado e a militarização da questão urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

UNFPA United Nations Population Fund (2007) State of World Population 2007: Unleashing the potential of Urban Growth. UNFPA: New York.

VALE, Ana Rute do. Expansão Urbana e plurifuncionalidade do espaço periurbano do município de Araraquara-SP. 2005. 215f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 2005.

VILARINHO, K. G., Menezes, M. R., & Vieira, V. D. C. B. (2023). Análise espaço-temporal da expansão urbana no município de Cajueiro da Praia-Piauí. *Research, Society and Development*, 12(6), e25712642308-e25712642308.

ZAMPIERI, Fabio Lúcio Lopes, and Fernanda BALESTRO. "Efetividade da legislação urbanística na regulação da ocupação urbana em zonas rurais: análise para o município de Estância Velha para o período de 1959-2018." *Revista de Direito da Cidade*. Rio de Janeiro. Vol. 12, n. 4 (2020).