

# RELATÓRIO FINAL

Perícia Técnica das edificações  
de Barra Longa/MG atingidas  
pelo rompimento da Barragem  
de Fundão

**Sumário**

DA EQUIPE TÉCNICA.....	3
CONTEXTUALIZAÇÃO DO DESASTRE DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM.....	4
AMBIENTE HISTÓRICO E CONSTRUÍDO DO MUNICÍPIO DE BARRA LONGA/MG.....	8
A TIPOLOGIA DOS IMÓVEIS BARRALONGUENSES E OS PROCESSOS DE AUTOCONSTRUÇÃO	11
DADOS OFICIAIS COMPILADOS DO MUNICÍPIO DE BARRA LONGA/MG .....	14
O COTIDIANO DE BARRA LONGA E O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO .....	15
A LAMA DE REJEITO SOBRE OS IMÓVEIS E ESPAÇOS LIVRES .....	19
O PROCESSO DE LIMPEZA DA LAMA DE REJEITO .....	25
CONSTRUÇÃO DA ESCOLA DE GESTEIRA .....	31
O TRÁFEGO DE VEÍCULOS PESADOS, A POEIRA E AS OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO DAS VIAS PÚBLICAS	34
RELAÇÃO DO TRAÇADO VIÁRIO, IMPLANTAÇÃO DOS IMÓVEIS E AUMENTO TRÁFEGO DE CAMINHÕES E MAQUINÁRIOS PESADOS.....	39
MOVIMENTAÇÃO E TRANSPORTE DE CARGA PESADA .....	42
VIBRAÇÃO	44
COMPRESSIBILIDADE E ADENSAMENTO DOS SOLOS .....	53
LISTA DE IMÓVEIS VISTORIADOS .....	60
CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE RISCO (IBAPE/2011) .....	66
CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS PELOS FATORES DE ORIGEM (IBAPE/2011).....	68
CONSIDERAÇÕES ACERCA DO RELATO DO MORADORES DOS IMÓVEIS VISTORIADOS.....	72
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	78
REFERÊNCIAS.....	80
REFERÊNCIAS DE ICONOGRAFIA: .....	82
ANEXO ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART - CREA/MG E REGISTRO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – RRT – CAU/BR .....	83

## INTRODUÇÃO

O presente relatório tem como objetivo apresentar dados sobre os pareceres técnicos realizados com base no Termo de Referência apresentado pela Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social: AEDAS, consiste na reunião de 183 (cento e oitenta e três) pareceres técnicos de vistorias realizadas nos imóveis que foram indicados pela Associação, realizados em prol dos atingidos e atingidas, nos quais os interessados detectaram anomalias e patologias construtivas. Tratam-se de imóveis localizados no município de Barra Longa/MG e avaliados sobre o ponto de vista dos impactos causados após o rompimento da Barragem de Fundão (Samarco – Vale – BHP Billiton) ocorrido em 5 de novembro de 2015, atingidos tanto pela lama quanto pelo fluxo de veículos pesados nas vias após esta data.

## DA EQUIPE TÉCNICA

ARTHUR ETRUSCO QUEIROZ CARNEIRO, arquiteto e urbanista pela Universidade Federal de Viçosa, registrado no CAU/BR 194247-6; Perito corresponsável para essa atividade.

LEANDRO LOPES CARDOSO, Engenheiro Civil, registrado no CREA-MG Nº 207534/D, sócio-proprietário da empresa Alteto Engenharia, especialista em laudos periciais de engenharia, membro associado no Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de Minas Gerais - IBAPE-MG Nº 1027, pós-graduando em engenharia de estruturas (PUC-MG); Perito corresponsável para essa atividade.

Também participaram do desenvolvimento dos pareceres técnicos, as arquitetas Fabiana Correia Dias e Laura Lanna Carneiro e os estagiários da área de engenharia, Leonardo Dias Flor Rocha e Priscila Oliveira dos Santos.

A equipe técnica desenvolveu o trabalho a partir dos imóveis indicados pela AEDAS, com base na literatura, nas notas sobre a arquitetura, urbanismo e engenharia, nas normas técnicas da ABNT, na observação de dados contidos no levantamento de visita técnica - *in loco*, bem como nos relatos dos responsáveis pelos imóveis no momento da vistoria.

## CONTEXTUALIZAÇÃO DO DESASTRE DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

A barragem de Fundão, de responsabilidade da mineradora Samarco S/A, está localizada no complexo de mineração de Germano no município de Mariana/MG e - quando em fase de produção - recebia os rejeitos provenientes do processo de extração de minério de ferro local.

Segundo RAFAEL (2012), uma barragem de rejeito é uma estrutura de terra construída para armazenar resíduos de mineração, os quais são definidos como a fração estéril produzida pelo beneficiamento de minérios, em um processo mecânico e/ou químico que divide o mineral bruto em concentrado e rejeito. O rejeito não tem aspecto de líquido, podendo ser identificado como *polpa de rejeitos*, usualmente abrasiva e de alta viscosidade, sua densidade é definida como a razão entre o peso de sólidos pelo correspondente peso da polpa, variando no intervalo entre 0.15 a 0.55. *O rejeito é um material que não possui maior valor econômico, mas para salvaguardas ambientais deve ser devidamente armazenado.*

Neste caso, acompanhando o conceito supracitado, salienta-se, por este presente trabalho pericial que esta salvaguarda dada pelo integral e devido armazenamento do rejeito, além do viés ambiental, deve incluir também a proteção de vidas humanas e de todos os atributos dos ambientes construídos pelo homem, abarcando os culturais, históricos, econômicos ou outros quaisquer dignos de conservação e tutela por direitos humanos.

Em 05 de novembro de 2015, por volta das 16:20h, a barragem de Fundão entrou em colapso e rompeu-se, soltando toneladas daquela polpa de rejeito de alta viscosidade, que seguiu arrasando todo o ambiente natural e construído ao longo do veio natural de drenagem fluvial.

De acordo com a SEDRU (2016), foram cerca de 34 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos de minério, o equivalente a quatorze mil piscinas olímpicas, que foram diretamente lançados no meio ambiente, atingindo a barragem de Santarém, logo à jusante, causando-lhe sérias avarias e o seu transbordo, seguindo o sentido da correnteza das águas em direção à foz do Rio Doce, no oceano espírito-santense, passando pelo município vizinho de Barra Longa/MG, campo de trabalho do presente trabalho pericial.

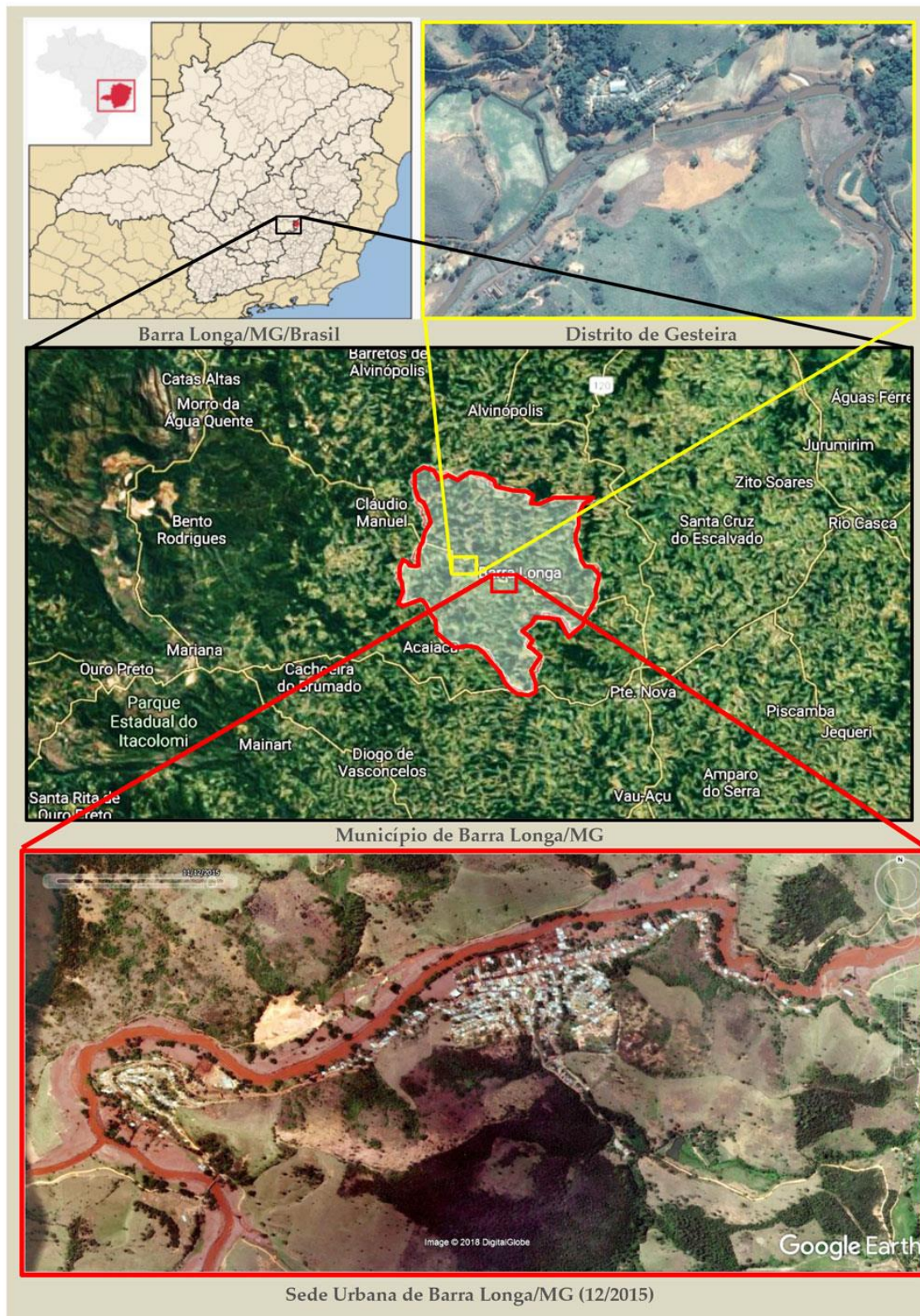


Figura 1- Localização da cidade de Barra Longa/MG  
Imagens Base: *Wikipedia+GoogleEarth*. Elaboração: Fabiana Correia Dias, 2018.

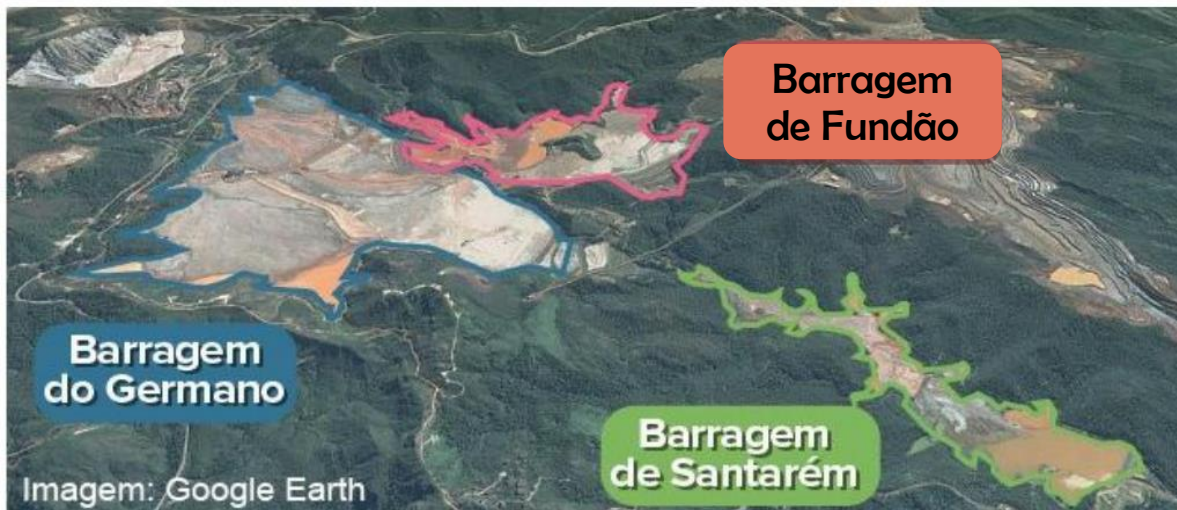


Figura 2- Barragens de Fundão, Germano e Santarém  
Fonte: SEDRU, 2016.

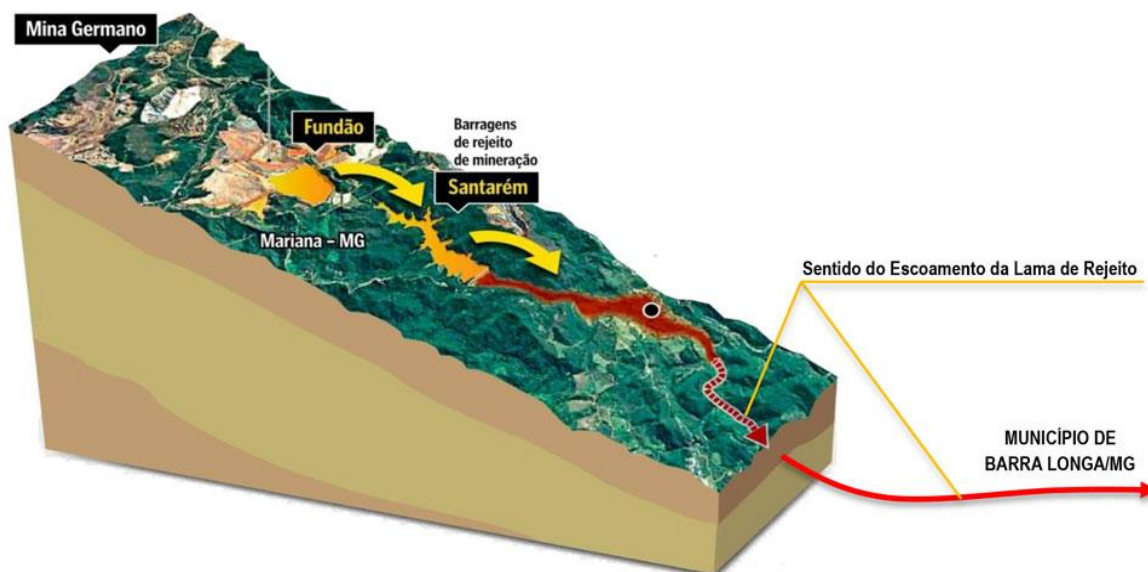
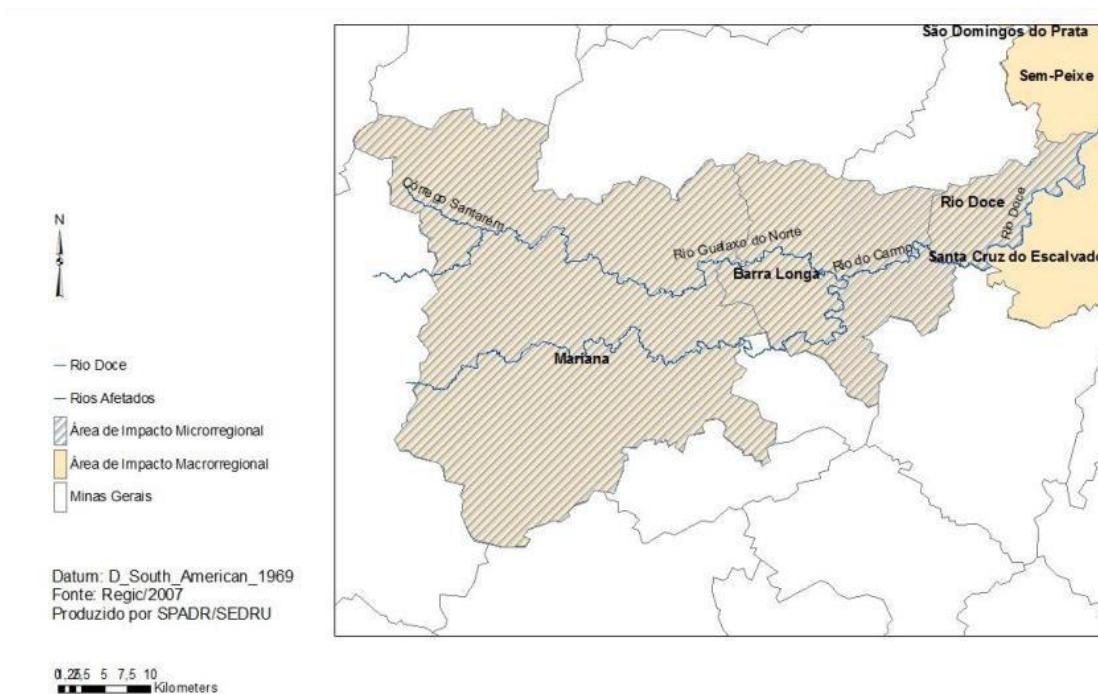


Figura 3 - Iconográfico (A Gazeta / Cidades): 2015.  
Adaptado: Fabiana Correia Dias, 2018.

Seguindo a drenagem natural, acompanhada do curso d'água e topografia local, Barra Longa é o próximo município com ocupação urbana impactada com graves transtornos, não somente no distrito sede, mas também nos distritos de Gesteira, Barretos, dentre outras comunidades rurais, cujo impacto se deu pela enxurrada de lama que transbordou o leito do rio atingindo e - por vezes submergindo - casas, ruas e praças. Vale ressaltar, que o município de Barra Longa foi o único atingido em seu centro urbano pela enxurrada de rejeito proveniente do rompimento da Barragem de Fundão.

A primeira comunidade chamada de Bento Rodrigues, ainda no município de Mariana, foi integralmente abatida, com perdas irreparáveis, incluindo mortes humanas e, com isso, toda a população deslocada para outra localidade. Já em Barra Longa/MG, a população permaneceu nas cidades e localidades avariadas, e convivem até a presente data – e quiçá eternamente – com os danos causados pelo Rompimento da Barragem de Fundão.



Fonte: SEDRU/MG.

Figura 4 - Área de Impacto do Rompimento da Barragem: Mariana > Barra Longa > Rio Doce.  
Fonte: SEDRU, 2016.

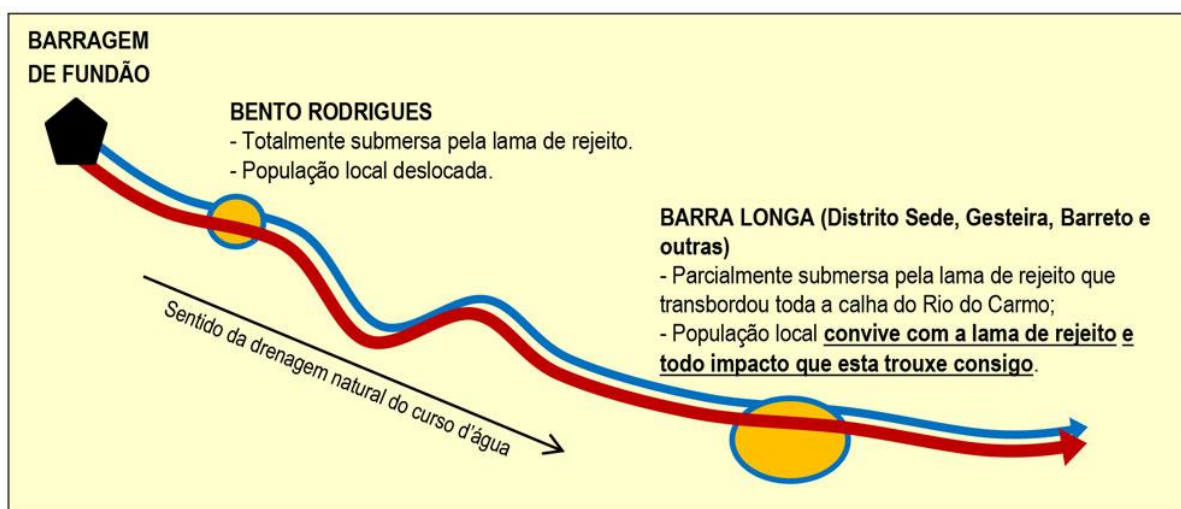


Figura 5- Croquis Barragem de Fundão > Bento Rodrigues > Barra Longa  
Elaboração: Fabiana Correia Dias, 2018.

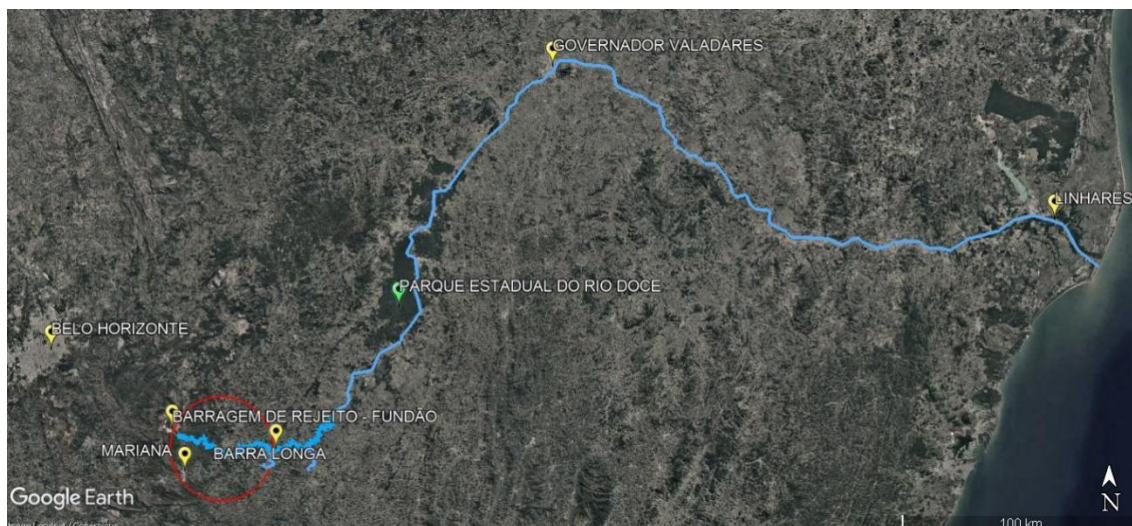


Figura 6 - Rota do Rejeito de Mariana a Linhares, passando por Barra Longa/MG  
Elaboração: Fabiana Correia Dias, 2018.

## AMBIENTE HISTÓRICO E CONSTRUÍDO DO MUNICÍPIO DE BARRA LONGA/MG

Barra Longa tem sua formação datada pelo período colonial brasileiro do Séc. XVIII, quando foram identificadas as regiões com abundância de ouro nas Minas Gerais, juntamente com as demais cidades dos arredores, Mariana e Ouro Preto. Ainda nos Setecentos, Barra Longa pertencia à Mariana e, somente na primeira metade do Séc. XX, foi emancipada levando à categoria de Município.

A partir da descoberta de tais pedras, bandeirantes paulistas e portugueses passaram a ocupar o território formando novos arraiais oriundos do encontro das pepitas que viriam a se tornar o símbolo de maior prestígio nacional e fonte da principal economia do período colonial brasileiro, a partir daquele século, após o êxito anterior da economia da cana-de-açúcar no Nordeste Brasileiro.

Segundo Charles Boxer (1989 - Apud VILLATA), o surgimento e a conformação do espaço urbano em Minas encontram-se profundamente ligados aos ditames que orientaram o processo colonizatório. Primeiramente, neste processo, havia o bifrontismo, o objetivo de colonizar para incorporar almas e territórios, dilatar o Império e estender a fé e, com isso, acumular riquezas. Este bifrontismo, expresso de modo claro no padroado — através do qual a Coroa garantia a interferência nos assuntos eclesiásticos, assumindo a responsabilidade pela construção e manutenção de templos e pelo pagamento dos eclesiásticos,

administrando receitas, apresentando a Santa Sé nomes para dignidades eclesiásticas rejeitando bulas e breves papais com os quais estivesse em desacordo.

O bandeirante Francisco Bueno Camargo é apontado como o primeiro a passar pela região de Barra Longa à procura de ouro. Os primeiros habitantes chegaram a partir de 1702, porém o seu desbravador é o Coronel Matias Barbosa da Silva que, em 1701, foi para a localidade a pedido do governador Artur de Sá de Menezes para “combater” os índios que ali se encontravam. Recebeu em troca grande extensão de terras, onde foi construída a Fazenda dos Fidalgos ou Fazenda da Barra – que encontra-se erguida à margem do encontro dos Rios Carmo e Gualaxo do Norte. Nas proximidades da referida Fazenda foi construída a Capela de São José da Barra e, em seus arredores, foi-se formando o povoado chamado Barra de Matias Barbosa que, posteriormente, tornou-se Barra Longa de São José (...) atual cidade de Barra Longa.

BARRA LONGA, 2015.

Neste contexto, a região onde está localizada a cidade de Barra Longa, situa-se à jusante dos cursos d’água que têm suas nascentes e cabeceiras nos municípios de Ouro Preto e Mariana. Essas águas chegam na sede urbana de Barra Longa denominando-se Rio do Carmo, deste os primórdios até o presente, bastante influente e dominante em todo o cotidiano da cidade.

Na colonização portuguesa, a escolha de implantação de cidades era – via de regra – em elevações ou morros cujo traçado urbano seguia as curvas de nível, ou seja, acompanhava, sem esforço, a topografia local.

Monte-Mór (2001) afirma que *no interior da região montanhosa, entretanto, diferentemente das áreas de planalto e planície da região costeira onde a ocupação se deu através dos amplos vales, os caminhos por terra seguiam pelos divisores de águas das grandes bacias, evitando vales e rios encaixados de difícil transposição.*

Entretanto, ao contrário de outras cidades da região montanhosa de Minas Gerais conforme aponta Monte-Mór (2001), Barra Longa não foi ocupada em um divisor de águas ou topo de morro, mas sim como em um vale, provavelmente devido às grandes dimensões do Rio do Carmo, cuja margem direita foi então urbanizada.

Neste sentido, pode-se observar que a ocupação urbana se deu ao longo da margem do curso d’água, gerando magníficos quintais vegetados de lotes alongados voltados para o

rio e posteriormente, devido ao crescimento do município, as áreas de morros começaram a ser ocupadas. Acompanha também esta tipologia de Barra Longa, a tipologia do casario implantação na testada da via, comum da ocupação colonial brasileira.



Figura 7 - Implantação da cidade de Barra Longa em relação ao Rio do Carmo  
Elaboração: Fabiana Correia Dias, 2018.



Figura 8- Topografia/Implantação da cidade de Barra Longa em relação ao Rio do Carmo  
Elaboração: Fabiana Correia Dias, 2018.



Figura 9 - Vista aérea / Tipologia de Ocupação de Barra Longa

Imagem Aérea Base: Pouso e Prosa <sítio eletrônico>. Adaptado: Fabiana Correia Dias, 2018.

## A TIPOLOGIA DOS IMÓVEIS BARRALONGUENSES E OS PROCESSOS DE AUTOCONSTRUÇÃO

A arquitetura identificada em Barra Longa pode ser caracterizada por uma combinação de técnicas construtivas tradicionais em terra, pedra, madeira, tais como taipa de mão (pau-a-pique), adobe, tijolo maciço, dentre outras, a saber que a cidade é originária do período colonial, com técnicas contemporâneas e mais recentes tais como concreto armado, tijolos cerâmicos furados, blocos de concreto, dentre outras.

Cada técnica construtiva define diferentes tipos de acabamento, solidez e durabilidade específicos. Elas podem ser diferenciadas pelo domínio da mão de obra: pelos processos de autoconstrução, mão de obra com experiência alcançada ao longo dos anos através da tradição. Além disso, podem também ser distinguidas pela origem da matéria-prima, que pode ser local ou transportada de outros lugares.

Dito isso, poderão ser observados diferentes tipos de anomalias e patologias, bem como resistências e solidez, a depender da técnica construtiva, sobretudo, mais facilmente identificadas em um mesmo edifício com estruturas mistas, quando utilizadas mais de uma técnica construtiva.

Não sendo apenas uma característica encontrada no município de Barra Longa, mas como uma realidade brasileira, o modelo de autoconstrução sempre esteve fortemente presente no processo de formação do espaço urbano.

A autoconstrução como técnica passada de geração em geração é ainda muito utilizada nos dias atuais. Este modo de construir com as próprias mãos é caracterizado desde os primórdios das habitações, com técnicas tradicionais em terra, madeira e pedra, até a contemporaneidade, surgido como uma maneira superar as demandas por moradia diante das circunstâncias econômicas, sociais e políticas enfrentadas pela população.

Diante de diversos fatores que limitaram o acesso à moradia para grande parte da população urbana nas últimas décadas, entende-se a *autoconstrução* como um processo historicamente consolidado e que faz parte do modo de construir e viver. Estima-se que aproximadamente 70% das habitações das cidades brasileiras tenha sido realizada através deste processo no Brasil.

Para NASCIMENTO (2016), a — “autoconstrução é, desde 1940, mecanismo importante de provisão habitacional não mercantilizada, de acesso à moradia e à propriedade (...) e de estabilidade familiar”. Além disso, esse modo de construir é marcado pela autonomia do indivíduo quanto ao processo de construção:

Existe uma significativa fatia da construção habitacional que é representada por usuários que tomam suas decisões relativas à moradia de maneira isolada, sem a interferência ou a participação daqueles que detêm o conhecimento codificado (seja de qualquer natureza). Essa fatia, geralmente nomeada —autoconstrução, é entendida como provisão de moradia, onde a família de posse de um lote urbano, obtido no mercado formal ou informal, decide e constrói por conta própria a sua casa, utilizando seus próprios recursos e, em vários casos, mão de obra familiar, de amigos ou ainda contratada. (...)

Na autoconstrução há, inegavelmente, conhecimento implícito, lucidez e capacidade crítica por parte dos autoconstrutores na escolha e na avaliação das opções que possam atender, com flexibilidade, suas necessidades e aspirações individuais e coletivas em relação não só às tecnologias, aos materiais, sistemas construtivos e à execução, mas também ao financiamento e/ou gerenciamento.

(NASCIMENTO, 2016)

No caso de Barra Longa, a autoconstrução é claramente o modo predominante de construção, uma vez que alia as questões de ordem econômica e social à pouca oferta de mão de obra dita especializada. No entanto, não se pode afirmar que o processo de autoconstrução seja desprovido de conhecimento das técnicas construtivas adequadas. Ele é, no fim das contas, fruto do que o cidadão consegue, com suas parcas economias, construir sua habitação onde e como lhe é consentido.

Além disso, entende-se que o conhecimento prático acumulado através das gerações permite que as edificações sejam concebidas para que atendam às necessidades dos moradores dentro da realidade em que estão inseridos. Dessa forma, a autoconstrução estabelece um padrão de construção em conformidade com a realidade local, tanto quanto ao conhecimento empírico acumulado, quanto ao ambiente em que se encontra e as condições às quais a edificação precisará se adequar. Esse processo é o que determina os limites e as condições mínimas que orientam as decisões construtivas. É importante ressaltar que a autoconstrução não pode ser vista como resultado direto da falta de acesso à legislação ou ao conhecimento técnico, mas como um processo relacionado a uma série de fatores e que melhor se adequou àquela realidade em um dado momento.

Em uma cidade com mais de 300 anos de história, muitos saberes se acumularam e o modo de construir pôde, então, se aprimorar de acordo com as demandas presentes.

Considerando a ocupação urbana de Barra Longa às margens do curso d'água, muitas das edificações que, desde o ano de 2015, sofreram abalos estruturais relacionados ao rompimento da Barragem de Fundão, já resistiram a enchentes ao longo dos anos, segundo relatos dos moradores, sem, no entanto, apresentar danos estruturais relevantes.

Este modo de construir pode ser definido como:

“(...) uma modalidade construtiva autônoma, em que o morador empreende a provisão de sua própria casa desde a escolha do terreno, planejamento, definição do projeto e execução da obra. Nesse sistema, o proprietário reduz o custo final do imóvel através da eliminação de custos com agentes intermediários como o financiador e o corretor imobiliário e, principalmente, reduz o custo de mão-de-obra, já que constrói a casa em seu tempo livre, ou seja, não é remunerado por este trabalho.”

(BALTHAZAR, 2012, p.35)

## DADOS OFICIAIS COMPILADOS DO MUNICÍPIO DE BARRA LONGA/MG

O município de Barra Longa pode ser considerado um típico exemplar de uma pequena cidade de interior, com vida tranquila e pouca dinâmica urbana. Observa-se que tem uma população reduzida com tendência à diminuição e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM de 0,624, considerado como “médio de 0,6 e 0,69”, que é uma medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: *longevidade, educação e renda*.

A frota de veículos de grande porte do tipo “caminhão” são de apenas 44 (quarenta e quatro) unidades, sendo a frota de maior número a de motocicletas, com 816 (oitocentas e dezesseis) unidades. De modo que o trânsito da cidade pode ser considerado bastante reduzido, sem sobrepeso sobre as vias públicas, tampouco representa volume causador de congestionamentos ou ruídos.

As principais atividades econômicas são de comércio varejista com predominância de produtos alimentícios – minimercados, mercearias e armazéns, seguido do setor moveleiro em varejo, do atacado de material elétrico, fabricação de aguardente de cana-de-açúcar, varejo de artigos de vestuário dentre outras que correspondem a menores percentuais de arrecadação.

Tabela 1 – Dados de População; Trabalho e Rendimento; Território e Ambiente; e Economia de Barra Longa/MG

POPULAÇÃO		TRABALHO E RENDIMENTO	
População estimada [2017]	<b>5.624</b> pessoas	Salário médio mensal dos trabalhadores formais [2015]	<b>1,6</b> salários mínimos
População no último censo [2010]	<b>6.143</b> pessoas	Pessoal ocupado [2015]	<b>476</b> pessoas
Densidade demográfica [2010]	<b>16,01</b> hab/km <sup>2</sup>	População ocupada [2015]	<b>8,2</b> %
		Percentual da população com rendimento nominal mensal per capita de até 1/2 salário mínimo [2010]	<b>42,3</b> %
TERRITÓRIO E AMBIENTE		ECONOMIA	
Área da unidade territorial [2016]	<b>383,628</b> km <sup>2</sup>	PIB per capita [2015]	<b>8.957,54</b> R\$
Esgotamento sanitário adequado [2010]	<b>60,9</b> %	Percentual das receitas oriundas de fontes externas [2015]	<b>93,8</b> %
Arborização de vias públicas [2010]	<b>24,2</b> %	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) [2010]	<b>0,624</b>
Urbanização de vias públicas [2010]	<b>43,8</b> %	Total de receitas realizadas [2008]	<b>8.355</b> R\$ (×1000)
		Total das despesas realizadas [2008]	<b>8.474</b> R\$ (×1000)

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010-2016)

Tabela 2 – Frota Barra Longa/MG

	2005	2006	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Automóvel</b>	411	451	458	502	527	543	594	655	711	721	771
<b>Caminhão</b>	45	40	44	41	42	40	44	46	45	44	44
<b>Caminhão trator</b>	1	1	4	4	3	3	3	3	3	3	3
<b>Caminhonete</b>	31	38	50	67	69	82	94	125	141	141	146
<b>Camioneta</b>					13	14	19	19	19	21	25
<b>Micro-ônibus</b>	2	3	5	7	7	7	7	8	6	6	5
<b>Motocicleta</b>	286	316	381	501	570	627	688	764	790	807	816
<b>Motoneta</b>	3	2	2	3	4	5	4	4	6	5	6
<b>Ônibus</b>	4	5	5	8	8	9	9	12	12	11	11
<b>Trator de rodas</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Utilitário</b>					1	1	1	2	1	1	1
<b>Outros</b>					4	6	6	10	12	13	17

Fonte: Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN – 2016

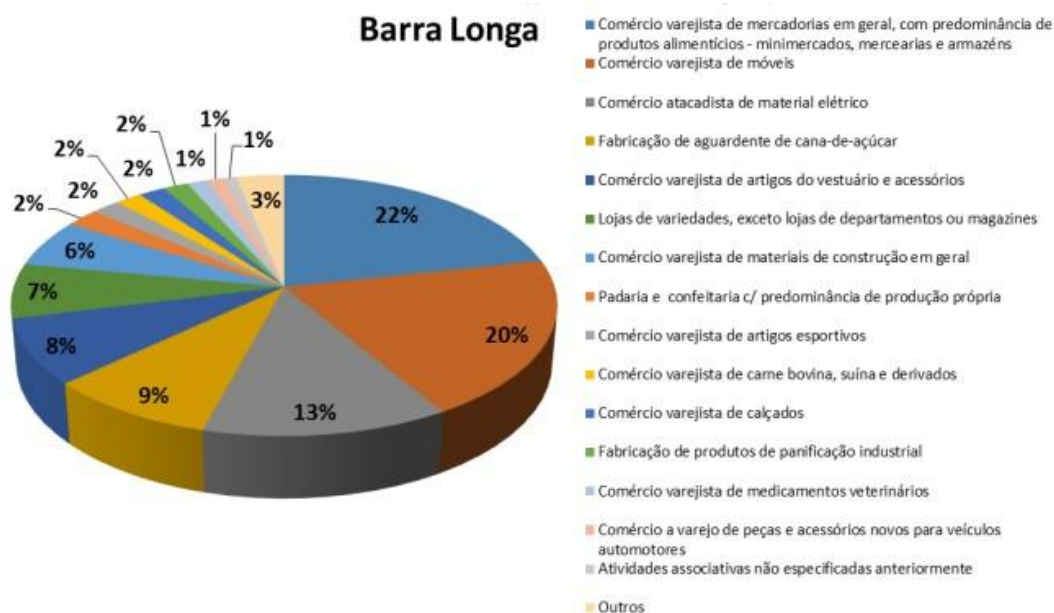


Figura 10 - Peso da atividade econômica (pela arrecadação) em Barra Longa/MG Período de arrecadação de janeiro de 2013 a novembro de 2015.

Fonte: Secretaria de Estado de Fazenda de Minas Gerais, 2015 (via SEDRU-2015).

## O COTIDIANO DE BARRA LONGA E O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

O município de Barra Longa é limítrofe e está localizado à leste do município de Mariana onde se localiza a Barragem de Fundão, de modo que - além do local de origem - foi o primeiro a ser impactado pela Barragem de Fundão. O distrito sede barralonguense, os demais distritos de Gesteira e Barreto e outras tantas áreas rurais foram extremamente

impactados com graves transtornos das mais diversas áreas de análise: das ciências ambientais, das engenharias, sociais, humanas, políticas e de saúde.

Neste presente relatório, será abordado o impacto no cotidiano de Barra Longa no aspecto arquitetônico e de engenharia dos imóveis atingidos.

Serão tratados impactos do cotidiano de Barra Longa em dois segmentos:

- I. Impacto causado pela Lama de Rejeito;
- II. Impacto causado pelo Tráfego de Caminhões e Maquinários Pesados presentes na cidade na tentativa de limpeza e reparação dos danos.
- III. Impacto causado pela Tráfego de Caminhões para a construção da Escola Municipal Gustavo Capanema em Gesteira.

Os moradores locais contam que foi dada a notícia do rompimento da barragem de Fundão, ao entardecer/anoitecer daquele dia 05/11/2015, e que a enxurrada de lama, naturalmente, estava chegando a Barra Longa pelo leito do Rio. Entretanto, este aviso informava que a lama de rejeito não ultrapassaria a calha do rio. De toda maneira, a ansiedade dos barralonguenses durou até a madrugada do dia 06/11/2015, quando, por volta das 2:00h, observaram uma primeira onda (ainda de água limpa do próprio rio) e, posteriormente, o enorme volume da grossa lama de rejeito, trazendo consigo veículos, partes de edificações, telhados, geladeiras, bambuzais, dentre outros.

Deste modo, a notícia inicial não foi acertada e a enxurrada de lama transbordou o leito do Rio atingindo inúmeras casas, praças, vias públicas, quintais, etc. E, o que se ouve no município, a partir do relato dos moradores é a palavra “susto”, pois não imaginavam a magnitude da tragédia. O espanto foi sentido, sobretudo, pelos moradores que têm seus imóveis localizados nas proximidades e à margem do leito do rio.

Relatam que, no ano de 1979, houve uma grande enchente decorrente de alto índice de chuvas, quando o leito do rio transbordou a calha do rio e que passaram por muitos transtornos. Porém, desta vez, em se tratando de lama – não de águas - foi distinto o suficiente e além das expectativas negativas que poderiam imaginar. O peso da lama de rejeito, juntamente com os objetos trazidos por ela, destruiu casas, muros, portões, jardins, além de bens móveis que não puderam ser deslocados para preservação.

Deste modo, o distrito sede de Barra Longa foi impactado por uma sequência de danos nos imóveis, inicialmente devido à invasão da lama de rejeito sobre os imóveis; posteriormente pelo aumento do tráfego de caminhões e maquinários pesados; em seguida pelas reformas no calçamento e pavimentação com maquinários de compactação de solo; por fim pelo ressecamento da lama e dispersão de poeira que fez com que os imóveis estivessem frequentemente fechados e com solo constantemente umidificado.

A seguir, será apresentada a sequência dos fatos, para melhor entendimento do atual processo de análise dos parecer que inclui as seguintes etapas:

1. A lama de rejeito sobre os imóveis e espaços livres;
2. O processo de limpeza da lama de rejeito;
3. O tráfego de veículos pesados, a poeira e as obras de pavimentação das vias públicas;
4. O tráfego de veículos para a construção da escola de Gesteira e sua construção.

## SEQUÊNCIA DE DANOS EM IMÓVEIS DE BARRA LONGA/MG APÓS ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

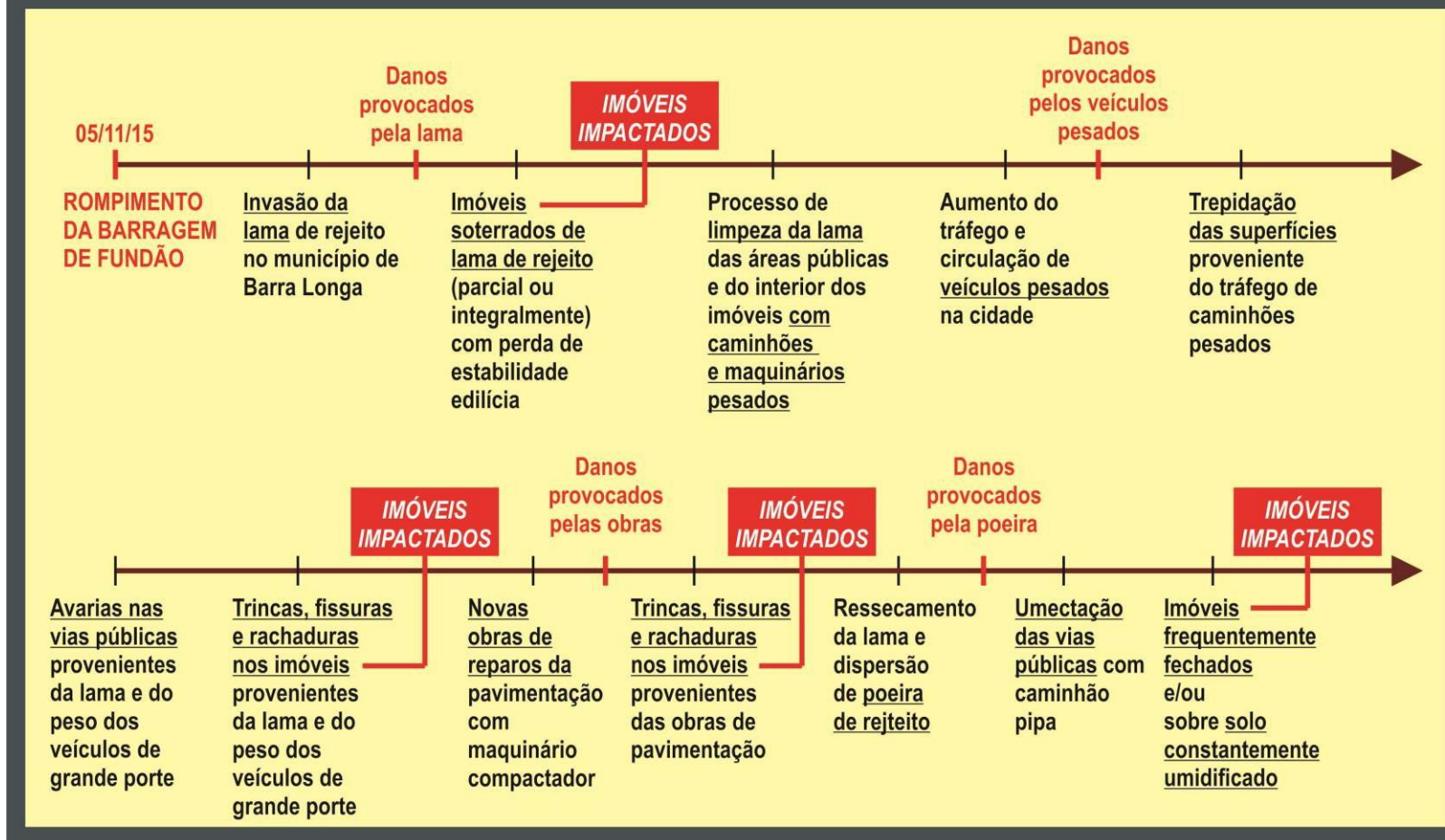


Figura 11 - Sequência de Danos em Imóveis de Barra Longa/MG, após o rompimento da Barragem de Fundão.  
Elaboração: Fabiana Correia Dias, 2018.

## A LAMA DE REJEITO SOBRE OS IMÓVEIS E ESPAÇOS LIVRES

A seguir, são apresentadas fotografias do município de Barra Longa, após o desastre do rompimento da Barragem de Fundão, em que podem ser observados imóveis integral e parcialmente submersos pela lama de rejeitos, a entrada da lama no interior dos imóveis, a densidade da mesma capaz de sustentar/escorar objetos, o impacto causado nas bases de diversos imóveis e áreas públicas.



Foto 1 - Lama de Rejeito em Gesteira, localidade de Barra Longa/MG

Foto: Cai Santo/Flickr-CC

Fonte: <http://wricidades.org>



Foto 2 - Lama de Rejeito sobre imóvel rural localidade de Barreto, Barra Longa/MG  
Fonte: GLOBO MINAS (G1)  
Disponível em: <http://.globo.com/minas-gerais>



Foto 3 - Lama de Rejeito sobre campo de Futebol em Barra Longa/MG  
Foto: Antônio Cruz/ Agência Brasil  
Fonte: <https://fotospublicas.com>



Foto 4 - Lama de Rejeito sobre praça e marco da cidade de Barra Longa/MG  
Fonte: <http://www.prminas.org.br>



Foto 5 - Lama de Rejeito sobre praça municipal de Barra Longa/MG (treze dias depois)  
Fonte: <http://www.cidademineira.com.br>



Foto 6 - Lama de Rejeito sobre a via pública de Barra Longa/MG  
Foto: Antônio Cruz/Agência Brasil  
Fonte: <https://fotospublicas.com>



Foto 7 - Lama de Rejeito no interior de um imóvel em Barra Longa/MG  
Foto: Antônio Cruz/ Agência Brasil  
Fonte: <https://fotospublicas.com>



Foto 8 - Lama em um imóvel de Barra Longa/MG  
Foto: Antônio Cruz/ Agência Brasil  
Fonte: <https://fotospublicas.com>



Foto 9 - Lama de Rejeito no interior de um imóvel de Barra Longa/MG  
Foto: Antônio Cruz/ Agência Brasil  
Fonte: <https://fotospublicas.com>



Foto 10 - Lama de Rejeito em um quintal de Barra Longa/MG  
Fonte: <http://www.prminas.org.br>



Foto 11 - Lama de Rejeito em um imóvel de Barra Longa/MG  
Fonte: <http://www.otempo.com.br/cidades>



Foto 12 - Via pública coberta de Lama de Rejeito de Barra Longa/MG  
Fonte: <http://www.otempo.com.br>

## O PROCESSO DE LIMPEZA DA LAMA DE REJEITO

Observa-se, a partir das imagens acima, que a passagem da lama pela cidade e área rural, deixou um passivo de sedimento/depósito que deveriam ser removidos e limpos, de modo a restaurar todos os imóveis e áreas públicas na condição preexistente.

O trabalho de limpeza e recomposição dos edifícios e dos espaços livres – por parte da responsável pela barragem, Samarco S/A - estaria por começar e seria um novo advento de caos – da ordem do tráfego de veículos pesados e maquinários – impactando a cotidiano de modo até controverso, uma vez que traz consigo intenção adequada, porém, dada circunstância, tornou-se também prejudicial.

A seguir, são apresentadas fotografias do município de Barra Longa com o trabalho de limpeza e recomposição da paisagem, tanto por parte dos próprios moradores na tentativa de recompor seus prejuízos, quanto por parte da mineradora responsável, este último com os grandes equipamentos que causaram o novo e dual impacto.



Foto 13 - Limpeza manual da Lama de Rejeito realizada por moradores na fachada frontal do Hotel Xavier – imóvel patrimônio tombado  
Fonte: <http://www1.folha.uol.com.br>



Foto 14 - Limpeza manual da Lama de Rejeito realizada por moradores no interior de um imóvel em Barra Longa/MG  
Fonte: <http://agenciabrasil.ebc.com.br>



Foto 15 - Limpeza manual da Lama de Rejeito realizada por morador em um imóvel em Barra Longa/MG

Fonte: <http://agenciabrasil.ebc.com.br>



Foto 16 - Limpeza da Lama de Rejeito pela responsável pelo rompimento (com maquinário) na praça pública em Barra Longa/MG

Fonte: <http://www.otempo.com.br>



Foto 17 - Limpeza da Lama de Rejeito realizada por moradores (com ferramenta manual) e pela responsável pelo rompimento (com maquinário) na via pública em Barra Longa/MG  
Fonte: <http://agenciabrasil.ebc.com.br>



Foto 18 - Limpeza da Lama de Rejeito realizada por moradores (com ferramenta manual) e pela responsável pelo rompimento (com maquinário) na via pública em Barra Longa/MG  
Fonte: <http://agenciabrasil.ebc.com.br>



Foto 19 - Limpeza manual da Lama de Rejeito realizada por trabalhadores contratados pela Samarco na via pública em Barra Longa/MG  
Fonte: <http://ansabrasil.com.br>



Foto 20 - Limpeza da Lama de Rejeito realizada pela responsável pelo rompimento (com maquinário) nas proximidades do Rio do Carmo em Barra Longa/MG  
<http://www.otempo.com.br>



Foto 21 - Limpeza da Lama de Rejeito realizada por moradores na via pública em Barra Longa/MG  
Fonte: <http://engeas.com.br>



Foto 22 - Limpeza da Lama de Rejeito pela responsável pelo rompimento (com maquinário) no interior de um imóvel em Barra Longa/MG  
<http://www.otempo.com.br>

## CONSTRUÇÃO DA ESCOLA DE GESTEIRA

O povoado de Gesteira localiza-se na zona rural do município de Barra Longa-MG. Em 1979, uma enchente de grandes proporções atingiu o distrito, cortado pelo rio Gualaxo do Norte. A água invadiu grande parte das casas, que se concentravam às margens do rio. Foi então que se construiu uma série de moradias para os então desabrigados em um terreno mais alto, cedido por um fazendeiro da região. A construção das casas em sistema de mobilização coletiva, tornou a região conhecida popularmente como Mutirão.

O processo de construção de Gesteira Nova, como também ficou conhecido o local, se deu logo após de enchente de 1979, por iniciativa do poder público, seguido um projeto padrão de alvenaria estrutural de blocos de concreto, de maneira que aqueles que participassem do processo construtivo, ganhariam uma moradia ao final dos trabalhos, segundo relatos dos moradores do local.

Com o rompimento da Barragem de Fundão, a parte mais antiga de Gesteira foi novamente destruída. Além das famílias que perderam suas casas, também foram completamente destruídos o grupo escolar e a quadra de futebol da localidade. Do pouco que restou do local, ainda se observa em meio aos escombros e rejeitos, a igreja, embora bastante danificada. Cabe salientar que, devido à sua localização mais próxima à Barragem de Fundão, o distrito de Gesteira esteve exposto a um maior poder de destruição da lama, quando comparado à sede de Barra Longa, devido a uma velocidade superior e um maior volume de material.



Foto 23 - Vila e igreja em Gesteira, ficaram sob a lama após o estouro da barragem  
Foto: Fábio Tito/G1

Parte de Gesteira Nova, também foi atingida pela lama do rejeito de minério e os destroços trazidos consigo. Além disso, os moradores chegaram a ficar com as estradas de acesso bloqueadas, sem energia elétrica e com o abastecimento de água comprometido.

Com isso, em meados de ano de 2016, a empresa responsável pelo desastre realizou obras para a construção de um novo grupo escolar, que foi implantada sobre um espaço anteriormente destinado ao uso público, a Praça Manoel Benedito Gomes. A nova Escola Municipal Gustavo Capanema foi construída em estrutura de concreto e vedação em PVC. Os materiais utilizados precisaram ser transportados por caminhões até o local, gerando fluxo incomum de movimentação de veículos pesados. Considerando que as residências foram construídas sem a previsão desses fatores, além do fato de que este trecho do distrito não é uma via de acesso a outras localidades, entende-se que o processo pode ter gerado impactos acima da expectativa, abrindo precedente para possíveis danos, inclusive quanto à patologias nos imóveis.



Foto 24 – Construção da escola no distrito de Gesteira pertencente ao município de Barra Longa/MG.

Fonte: [https://i.ytimg.com/vi/B64qohYb\\_MM/maxresdefault.jpg](https://i.ytimg.com/vi/B64qohYb_MM/maxresdefault.jpg)



Foto 25 – Escola Municipal Gustavo Capanema em Gesteira - Barra Longa/MG.  
Foto: LLC, 2018.



Foto 26 – Escola Municipal Gustavo Capanema em Gesteira - Barra Longa/MG.  
Foto: LLC, 2018.



Foto 27 – Escola Municipal Gustavo Capanema em Gesteira - Barra Longa/MG.  
Foto: LLC, 2018.

## O TRÁFEGO DE VEÍCULOS PESADOS, A POEIRA E AS OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO DAS VIAS PÚBLICAS

Com o início da realização das obras de limpeza da lama de rejeito, iniciaram-se outros problemas na cidade. Restou a poeira da polpa ressecada e as vias públicas passaram a se deteriorar também pelo intenso tráfego de caminhões. Assim, foram realizadas novas obras na cidade, nesta ocasião, por parte da reconstituição da pavimentação pública; tentativas de diminuição da poeira com caminhões pipa umectando as ruas, calçadas e até mesmo parte das fachadas dos imóveis implantados na testada da via; além da continuação de tráfego intenso de caminhões e maquinário pesado, bem como o início do fluxo de caminhonetes de médio porte das firmas contratadas pela Samarco para as atividades correlacionadas.

À medida que a lama foi secando e o tráfego de veículos se intensificando, a poeira tomou conta da cidade, o que ocasionou diversos problemas de saúde, em especial os problemas respiratórios, alérgicos e de caráter psicológico. A cidade transformou-se em um canteiro de obras, não apenas comprometendo a saúde população e a estrutura das edificações, mas também o uso dos espaços públicos e as relações sociais.

Além disso, as edificações foram expostas a grande impacto tanto pelo trânsito dos veículos pesados, como pela vibração causada pelos equipamentos de compactação do solo, utilizados nos reparos da pavimentação das vias. Cabe ressaltar que os próprios reparos nas vias foram necessários à medida que a pavimentação das vias apresentou danos em diversos pontos devido à própria movimentação de veículos pesados.

A seguir, são apresentadas fotografias do município de Barra Longa com o novo panorama da cidade.



Foto 28 - Tráfego intenso de caminhões pesados e maquinário na cidade de Barra Longa/MG, para limpeza e recomposição urbana  
Fonte: Folha de Ponte Nova



Foto 29 - Movimentação de caminhões e maquinário pesado em Barra Longa/MG  
Fonte: Desconhecida



Foto 30 - Caminhão pipa umectando poeira em via pública em Barra Longa/MG  
Fonte: Desconhecida



Foto 31 - Caminhão pipa para limpeza e redução da poeira em Barra Longa/MG  
Fonte: Projeto Manoelzão / UFMG



Foto 32 - Pavimento via pública em Barra Longa/MG  
Fonte: <http://www.proximaparada.blog.br>



Foto 33 - Maquinário pesado na via pública de Barra Longa/MG

Fonte: Estado de Minas

Disponível: <https://www.em.com.br>



Foto 34 - Maquinário de obras na cidade de Barra Longa/MG

Fonte: Estado de Minas. <https://www.em.com.br>



Foto 35 - Maquinário e caminhonetes de firmas contratadas para reparação da cidade de Barra Longa/MG

Fonte: <http://especiais.g1.globo.com>

## **RELAÇÃO DO TRAÇADO VIÁRIO, IMPLANTAÇÃO DOS IMÓVEIS E AUMENTO TRÁFEGO DE CAMINHÕES E MAQUINÁRIOS PESADOS**

A implantação da sede urbana de Barra Longa, dada na margem direita do Rio do Carmo, segue a curva de nível em uma implantação alongada, desenvolvendo-se em um traçado orgânico (não retilíneo) adaptado ao ambiente natural. Observa-se que, na maioria

dos casos, os imóveis acompanham este traçado viário, compondo-se em fachadas frontais na testada das vias. Com esta tipologia o casario emoldura a via pública em forma de “U”.

E, esta tipologia, se relacionada com o aumento do tráfego de caminhões e maquinário pesado, implica no impacto ainda maior de trepidação das superfícies adjacentes.

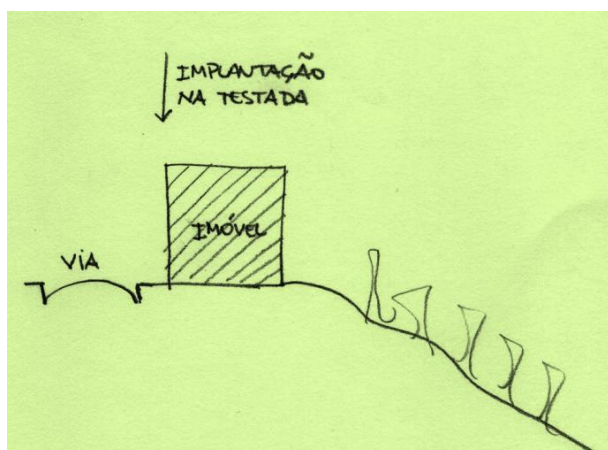


Figura 12 - Tipologia comum de implantação dos imóveis na testada da via  
Elaboração: Fabiana Correia Dias, 2018.

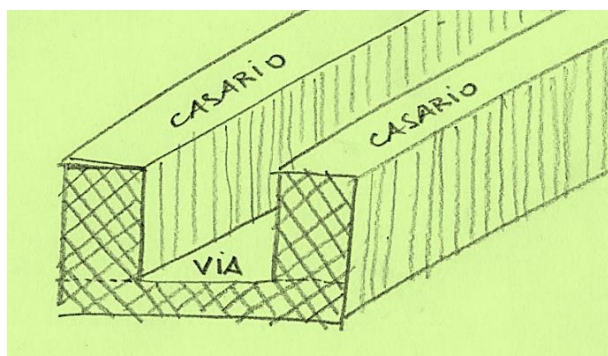


Figura 13 - Combinação de casario e via pública em “U”  
Elaboração: Fabiana Correia Dias, 2018.

Pode-se observar no mapa a seguir o traçado urbano da região central de Barra Longa ao longo do Rio do Carmo, o traçado das vias e o principal eixo de tráfego de veículos de Barra Longa, o mesmo onde aumentou bruscamente o trânsito de caminhões e maquinários pesados.



Figura 14 - Traçado urbano do distrito sede de Barra Longa e indicação da principal via de tráfego de veículos  
 Elaboração: Fabiana Correia Dias e Arthur Etrusco, 2018.

## MOVIMENTAÇÃO E TRANSPORTE DE CARGA PESADA

A análise da proposição da vibração ambiental terá como base os estudos de Brito (Eng. Civil), Kamimura (Economista) e Santos (Arquiteto) que em 2015 publicaram na Revista PARC da Universidade de Campinas *a Influência da Vibração Gerada pelo Tráfego Ferroviário no Meio Urbano* e também nos estudos de Hunaidi (2000), pesquisador sênior do Programa de Reabilitação de Infraestrutura Urbana do Instituto do Conselho Nacional de Pesquisa para Pesquisa em Construção do Canadá.

Segundo Brito *et all* (2015), a transmissão das ondas vibratórias pelo solo depende de sua composição e estratificação e do tipo de fonte geradora. A ausência ou pequena frequência de fenômenos naturais de grande intensidade no Brasil, capazes de excitar uma estrutura com modos vibratórios, *como terremotos e furacões*, nos dá a sensação que a energia vibratória é inofensiva para os usuários das edificações em geral.

Hunaidi (2000), por outro lado, afirma que o tráfego de veículos pode ser uma fonte de vibração que induz cargas dinâmicas e ondas que chegam nas fundações das edificações adjacentes. Essa dinâmica se intensifica quando o contato dos veículos sobre vias é dado com superfícies irregulares, tais como buracos, poços, ou mesmo o desnivelamento de cobertura ou pavimentação das vias. Desta maneira, a vibração emitida pelo tráfego de veículos é transmitida pelo solo até chegar às edificações e superfícies adjacentes.

Automóveis de passageiros e caminhões leves raramente induzem vibrações que são perceptíveis nos edifícios, sendo, portanto, as vibrações impactantes, causadas principalmente por veículos como ônibus e caminhões.

HUNAIDI (2000) - Tradução de Fabiana Correia Dias.

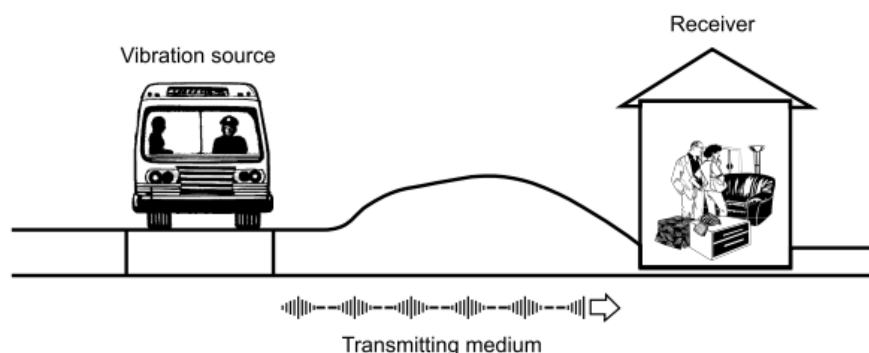


Figura 15 - Trânsito como Fonte de Vibração às adjacências  
Fonte: HUNAIDI (2000)

Da mesma forma, em outras palavras, BRITO (2015) afirma que o tráfego rodoviário é uma importante fonte de vibração no meio urbano; apontando que existe uma tendência de utilização de parte das faixas de domínio de rodovias para construção de novas edificações além da redução dos recuos obrigatórios nos códigos de obras municipais.

Entretanto, como se pode observar em centros urbanos, em especial no caso de Barra Longa/MG e seu distrito de Gesteira, e outras tantas cidades formadas em passado secular, as edificações eram construídas na testada da via pública, uma vez que não era previsto – naturalmente – o tráfego de veículos motorizados, tampouco os de grande porte.

O nível de vibração gerada pelo tráfego rodoviário depende das condições da via, do peso do veículo, da sua velocidade e do o tipo do solo. No caso do tráfego rodoviário os pavimentos irregulares, como os prismáticos (paralelepípedos) a base de rochas ígneas (granitos), são os que geram mais energia vibratória, sendo que a pavimentação asfáltica de boa qualidade é uma medida mitigadora eficiente. (BRITO, 2015)

Outras vibrações são comumente previstas, tais como nos prédios industriais, pontes, ginásios, estádios, salões de festas e outros locais onde os esforços oriundos dos carregamentos dinâmicos são significativos em relação aos esforços provenientes dos carregamentos estáticos. Nestes casos, o dimensionamento estrutural deverá, a priori, atender a critérios de amortecimento para evitar danos estruturais devidamente calculados.

Entretanto, nos edifícios residenciais ou comerciais de pequeno porte, esta questão não é necessariamente considerada e prevista considerando a condição local de tranquilidade em cidades de pequeno porte, como o caso de Barra Longa/MG.

Considerando o contexto do município de Barra Longa, trata-se de um arraial originário do período colonial brasileiro, numa época em que os transportes eram realizados sob tração animal, por exemplo, e hoje é uma cidade que não se expandiu como um centro urbano consolidado, mantendo-se com edificações despreparadas para grandes impactos de tráfego de veículos pesados.

As edificações que possuem estrutura formal em aço ou concreto armado tendem a receber melhor os efeitos da vibração, desde que projetadas para tal. Em contrapartida, as construções antigas e patrimônios históricos, edificados com materiais menos resistentes, como a alvenaria de tijolos de barro, queimados em fornos ou não, e em algumas situações mal conservadas, taipa ou madeira, podem

sofrer desde rachaduras menores até danos estruturais irreversíveis quando expostas a elevados níveis de vibração. (BRITO, 2011)

Existe, portanto, uma relação entre os efeitos das vibrações e suas estruturas, cargas e deformações, quanto mais cargas existem sobre as fundações, menores as deformações devido à vibração induzida nas paredes.

No caso de estrutura rígida, apoiada sobre um solo de baixo amortecimento, o deslocamento nas paredes da edificação é praticamente nulo. No caso de estruturas flexíveis apoiadas em solos rígidos, os deslocamentos nas fundações são desprezíveis, mas as paredes deformam, acompanhando a movimentação da estrutura, o que resulta em trincas.

Caso a frequência de ressonância da estrutura da edificação seja similar a frequência de propagação da onda vibratória, haverá amplificação do deslocamento de solo/fundação ocasionando um impacto indesejado.

Outro efeito importante gerado pela vibração é o adensamento do solo, principalmente os arenosos, que podem gerar recalques diferenciais, podendo haver o rompimento da estrutura.

## VIBRAÇÃO

Segundo Miranda (2017), do ponto de vista mecânico, uma vibração representa um movimento oscilatório de uma partícula em torno de um ponto fixo, motivado por um estímulo. Existem três tipos de onda que propagam vibrações: ondas de compressão ( $P$ ), ondas de cisalhamento ( $S$ ) e ondas de superfície ( $R$ ).

- Ondas  $P$ : A onda de compressão  $P$  é conhecida por ser a primeira onda a ser detectada nos materiais através de uma medição de vibração, essa percepção se dá pela sua rapidez de propagação em qualquer material sólido, líquido ou gasoso. As ondas  $P$  tendem a produzir no solo uma deformação longitudinal, ou seja, paralela à direção de propagação, e apresenta pequena amplitude e alta frequência. (TOMAR, 2006/2007)

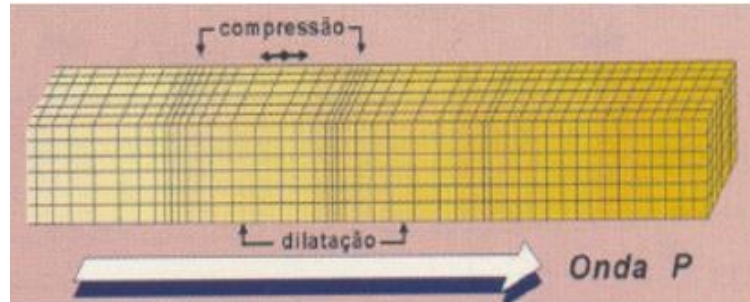


Figura 16 - Onda P (GANDOLFO, 2013)

- Ondas (S): As ondas de cisalhamento S são denominadas por alguns autores como ondas secundárias, pelo fato de serem percebidas posteriormente das ondas P. Trata-se de uma propagação mais lenta, comparada com o valor de propagação das ondas P, essas ondas se propagam na porção sólida dos solos, por deformação transversal, ou seja, perpendicular à direção de propagação.

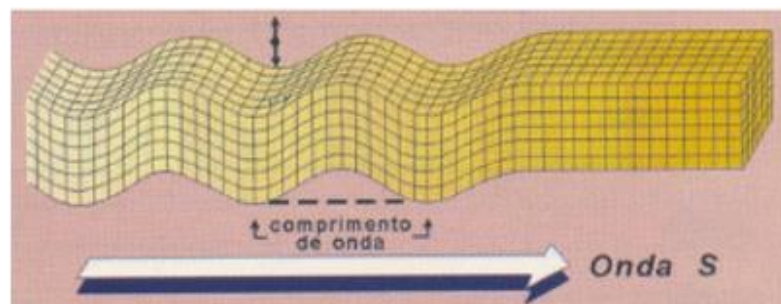


Figura 17 - Onda S (GANDOLFO, 2013)

- Ondas (R): As ondas de superfície R se propagam nas superfícies de contato do solo. Essas ondas superficiais são formadas através da transformação das ondas internas quando estão em contato com alguma interface. Como apresentam uma grande amplitude e baixa frequência, elas possuem um caráter mais destrutivo (GOMES, 2016).

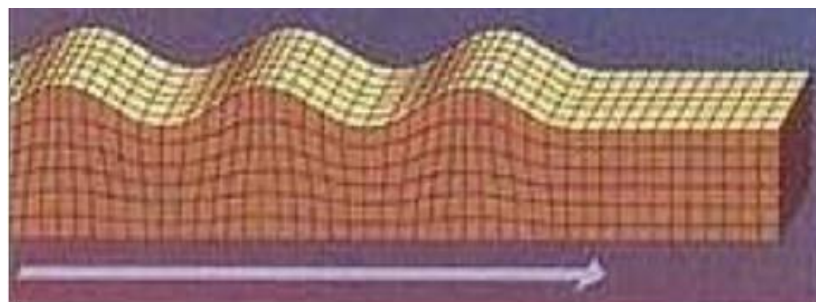


Figura 18 - Onda Superfície (GANDOLFO, 2013)

O *Transportation and Construction - Induced Vibration* realizado pelo *California Department of Transportation* (2013), destaca que as vibrações causadas pelos equipamentos de construção ou manutenção influenciam diretamente nos solos e, conseqüentemente, nas residências apoiadas sobre ele. Isso se dá através da velocidade de partícula característica de cada equipamento (PPV), a distância entre a fonte vibratória e a residência, o tipo do solo e a natureza da fonte de vibração, que pode ser contínua ou transitória.

A duração e a amplitude das vibrações geradas pelos equipamentos de construção e/ou manutenção variam amplamente, dependendo do tipo de equipamento e do propósito para o qual está sendo usado. Por exemplo, a vibração proveniente de explosivos tem grande amplitude e curta duração, enquanto a vibração gerada pelos equipamentos de terraplenagem tem menor amplitude e maior duração. Esses equipamentos normalmente são escolhidos levando em conta as especificidades de cada serviço, seguindo duas categorias principais:

1. Equipamentos de vibração contínua:

- Equipamentos de escavação;
- Equipamentos de compactação estática ou móvel;
- Tráfego de caminhões;
- Equipamentos de compactação vibratória, entre outros;

2. Equipamentos de vibração de impacto repetido, único (transiente) ou de baixa velocidade:

- Bate-estacas;
- Explosivos;
- Bola de demolição (rompedora);
- Compactadores de percussão tipo sapo, placas reversíveis, entre outros;

O PPV (Velocidade de Pico de Partícula) pode ser compreendido como a velocidade máxima com que as partículas se deslocam ou atravessam um determinado local. É importante mencionar que o PPV se refere ao movimento dentro do solo (de partículas moleculares) e não ao movimento da superfície. (MIRANDA, 2017)

O cálculo da velocidade de partícula do equipamento é realizado da seguinte forma:

$$PPV_{\text{Equipamento}} = PPV_{\text{Referência}} \times \left(\frac{25}{D}\right)^n \text{ (pés/segundos)}$$

Onde:

PPVReferência = Velocidade de partícula do equipamento a 25 pés.

D = distância do equipamento para o receptor em pés.

n = valor relacionado à taxa de atenuação através do solo.

O estudo que elaborou a fórmula matemática, se baseou numa distância de 25 pés ou seja 7,62 metros entre a fonte geradora de vibração e a receptora.

Para identificar os valores de "n" é necessário conhecer a fundo o solo envolvido, extraíndo informações detalhadas das suas características físicas através de estudos e ensaios de laboratório, para assim conhecer sua classe e então, com base na Tabela 3 traduzida do *Transportation and Construction - Induced Vibration*, fazer a escolha adequada.

Tabela 3 - Valores "n" medidos e sugeridos com base na classe de solo

Classe de solo	Descrição do material do solo	Valor de "n" medido por Woods e Jedele	Valor sugerido de "n"
I	Solos fracos ou suaves: solos soltos, turfa seca ou parcialmente saturada e areia, lama, areia de praia solta e areia de dunas, recentemente terreno arado, floresta esponjosa macia ou piso da selva, solos orgânicos, solo superior. (a pá penetra facilmente)	Dados não disponíveis	1,4
II	Solos competentes: a maioria das areias, argilas arenosas, argilas limpas, cascalho, lodo, rocha resistida. (pode cavar com pá)	1,5	1,3
III	Solos difíceis: areia compacta densa, argila seca e consolidada, glacial consolidado, algumas rochas expostas. (não pode cavar com pá, precisa escolher para terminar)	1,1	1,1
IV	Rocha dura e competente: pedra rochosa, pedra dura recém-exposta. (difícil de romper com martelo)	Dados não disponíveis	1,0

Já para o conhecimento das velocidades de pico de partículas (PPV) de cada equipamento à 25 pés (7,62 metros), é usado a seguinte tabela:

Tabela 4 - Amplitudes da Fonte de Vibração para o Equipamento de Construção

Referência de equipamento	PPV a 25 pés (pés/segundos)
Rolo vibratório	0,210
Trator de esteira grande	0,089
Perfuração de caixotes	0,089
Caminhões carregados	0,076
Britadeira (martetele ou rompedor)	0,035
Trator de esteira pequeno	0,003
Operações de quebra e assento	2,4

Fontes: *Federal Transit Administration* 1995 (exceto HANSON, 2001 para rolos vibratórios) e CALTRANS (2000) para operações de quebra e assento.

As tabelas junto ao conhecimento da distância da fonte vibratória até a receptora, dão o suporte para o cálculo da velocidade de pico de partícula (PPV) que os equipamentos produzem nas edificações.

A Tabela 5 mostra o limite Velocidade de Pico de Partícula em (pés/segundos) de acordo com 6 diferentes tipos de construção e para fontes transitórias e contínuas:

Tabela 5 - Critérios de limite de potencial de dano de vibração de orientação

Estrutura e condição	PPV máximo (pés/segundos)	
	Fontes transitórias	Fontes contínuas/transitórias contínuas
Edifícios históricos extremamente frágeis, ruínas, monumentos antigos	0,12	0,08
Edifícios frágeis	0,2	0,1
Histórico e alguns edifícios antigos	0,5	0,25
Estruturas residenciais mais antigas	0,5	0,3
Novas estruturas residenciais	1,0	0,5
Edifícios industriais / comerciais modernos	2,0	0,5

A seguir são mostradas três modelagens de cálculo seguindo diferentes tipos de solo compostos na Tabela 3, utilizando os índices dos equipamentos mais prováveis de terem sido usados nas obras e limpeza da lama e construção do novo grupo escolar de Gesteira. Considerando as informações da Tabela 4, simulou-se a vibração nas residências próximas a esses equipamentos para conhecimento da grandeza máxima numérica do PPV e classificação do potencial de danos pelas vibrações geradas nos imóveis.

Para fins de cálculos será utilizada a unidade de distância em pés, não em metros como normalmente utilizamos em cálculos matemáticos no Brasil, pelo fato dos estudos do Departamento de Transporte de Califórnia (2013), ter realizado seus ensaios para chegar até os valores de base das tabelas.

### 1 – MODELO

Solo ( $n$ ): Solo tipo III (1,1)

Equipamento (*PPV Referência*): Rolo Vibratório = 0,210 (pés/s)

Distancia de contato ( $D$ ): 8,20 pés (2,5 metros)

Cálculo:

$$PPV_{Equipamento} = PPV_{Referência} \times \left(\frac{25}{D}\right)^n$$

$$PPV_{Equipamento} = 0,210 \times \left(\frac{25}{8,20}\right)^{1,1}$$

$$PPV_{Equipamento} = 0,71 \text{ (pés/s)}$$

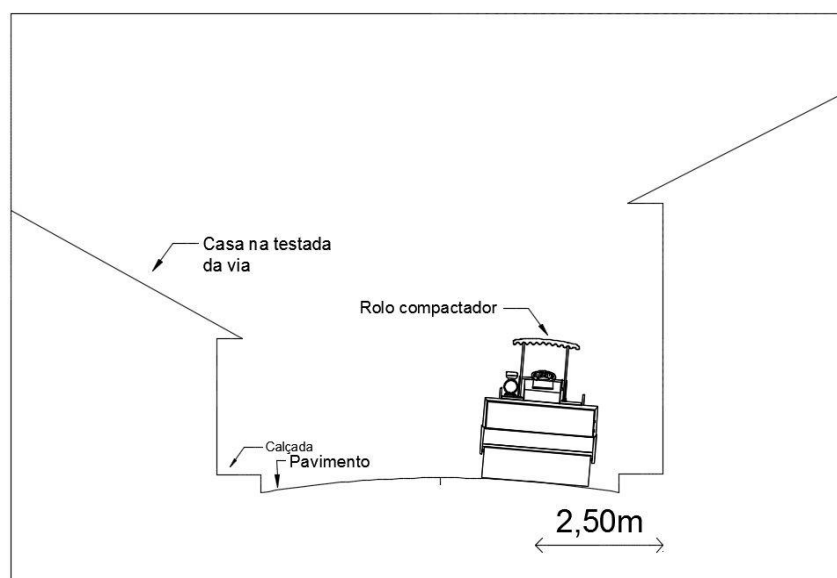


Figura 19 - Perfil da via pública com trânsito do rolo vibrador.  
Elaboração: Laura Lanna, 2018.



Foto 36 - Maquinário rolo vibrador

Classificação: A Tabela 5 sugere que um limite de potencial de danos adequado para estruturas residenciais antigas seja de 0,3 pés/s quando a fonte é contínua. A amplitude de vibração identificada no resultado de cálculo foi de 0,71 pés/s, ou seja, excedendo o valor da sua previsão, indicando alto potencial de danos estruturais ao edifício, sem contar os edifícios históricos extremamente frágeis, que possuem um limite máximo de 0,08 pés/s.

## 2 – MODELO

Solo ( $n$ ): Solo tipo II (1,3)

Equipamento ( $PPV$  Referência): Rolo Vibratório = 0,210 (pés/s)

Distancia de contato ( $D$ ): 8,20 pés (2,5 metros)

Calculo:

$$PPV_{Equipamento} = PPV_{Referência} \times \left(\frac{25}{D}\right)^n$$

$$PPV_{Equipamento} = 0,210 \times \left(\frac{25}{8,20}\right)^{1,3}$$

$$PPV_{Equipamento} = 0,89 \text{ (pés/s)}$$

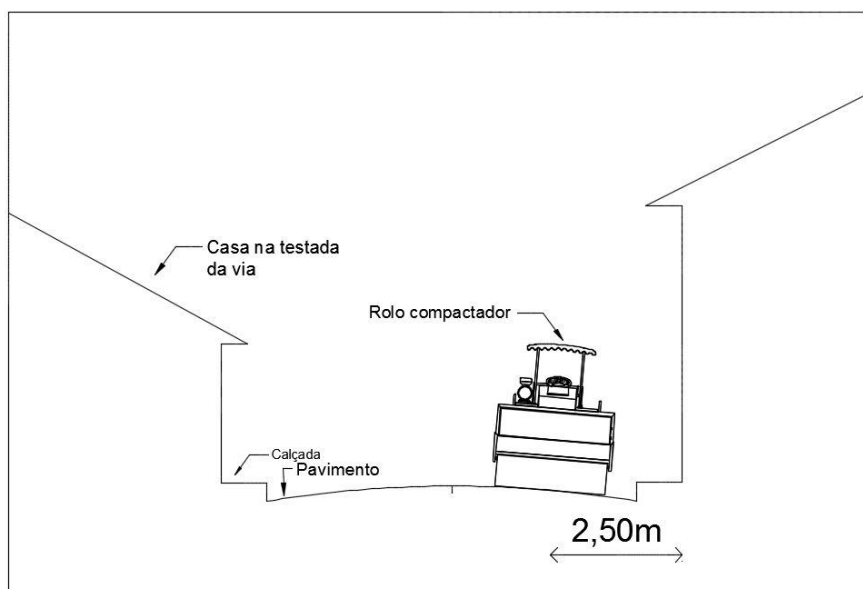


Figura 20 - Perfil da via pública com trânsito do rolo vibrador.  
Elaboração: Laura Lanna, 2018.



Foto 37 - Maquinário rolo vibrador

Classificação: A Tabela 5 sugere que um limite de potencial de danos adequado para estruturas residenciais antigas seja de 0,3 pés/s quando a fonte é contínua. A amplitude de vibração identificada no resultado de cálculo foi de 0,89 pés/s, ou seja, excedendo o valor da sua previsão, indicando alto potencial de danos estruturais ao edifício, sem falar no caso nos edifícios históricos extremamente frágeis, que prevê um critério máximo de 0,08 pés/s.

### 3 – MODELO

Solo ( $n$ ): Solo tipo II (1,3)

Equipamento ( $PPV_{Referência}$ ): Caminhões carregados = 0,076 (pés/sec)

Distancia de contato ( $D$ ): 9,84 pés (3 metros)

Calculo:

$$PPV_{Equipamento} = PPV_{Referência} \times \left(\frac{25}{D}\right)^n$$

$$PPV_{Equipamento} = 0,076 \times \left(\frac{25}{9,84}\right)^{1,3}$$

$$PPV_{Equipamento} = 0,25 \text{ (pés/sec)}$$

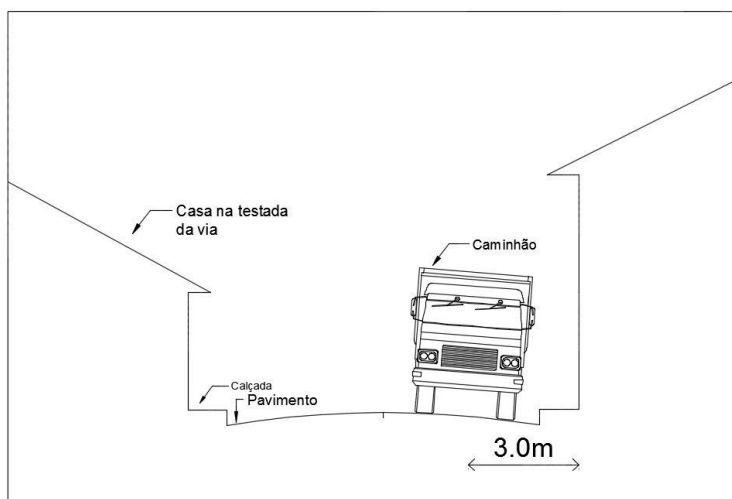


Figura 21 - Perfil da via pública com transito de caminhão.  
Elaboração: Laura Lanna, 2018.



Foto 38 – Tipo de caminhão basculante utilizados em obras de terraplenagem

Classificação: A Tabela 5 sugere que um limite de potencial de danos adequado para estruturas residenciais antigas seja de 0,3 pés/s quando a fonte é contínua. A amplitude de vibração identificada no resultado de cálculo foi de 0,25 pés/s, ou seja, não excedendo o seu valor indicado, portanto, indicando baixo potencial de danos estruturais ao edifício, mas ultrapassando o valor de 0,08 pés/s previsto para edifícios históricos extremamente frágeis, indicando alto potencial de danos.

É válido ressaltar que todas as tabelas e fórmulas matemáticas foram extraídas e traduzidas fielmente do Manual de Vibração Induzida por Transporte e Construção (*Transportation and Construction - Induced Vibration*) realizado pelo Departamento Americano de Transportes da Califórnia (*California Department of Transportation - 2013*)

Apesar deste manual não considerar a qualidade da pavimentação das vias públicas como uma variável para o cálculo da velocidade de pico de partícula (PPV) que os equipamentos produzem, ele considera o tipo de solo, mas há outros estudos já citados neste trabalho que afirmam que essa variável influencia no desencadeamento de patologias causadas por vibração em residências.

Portanto, mesmo não considerando o tipo de pavimento nos cálculos apresentados, os mesmos apresentaram valores que são indícios de danos decorrentes por vibração.

## **COMPRESSIBILIDADE E ADENSAMENTO DOS SOLOS**

Compressibilidade é a propriedade que expressa a redução do volume do solo quando submetido a uma compressão que reduz seus vazios pela expulsão de água. Já o adensamento é o processo de transferência gradativa de pressões hidrostáticas para tensões efetivas, envolvendo um fluxo de água ao longo do tempo e uma redução do volume do solo.

Nos solos saturados ( $S \sim 100\%$ ) há variação do índice de vazios mediante expulsão de água. Essa expulsão de água (variação de vazios) se dá muito lentamente para solos argilosos e produz o que se denomina de recalques por adensamento;

A compressibilidade é um processo que pode ocorrer em quase todos os materiais envolvidos na construção civil quando sujeitos a uma ação de carregamento (peso), pois eles se deformam variando seu volume. Essas características da correlação entre as cargas e as

respectivas deformações, são parâmetros utilizados nos projetos para alcançar os melhores desempenhos.

Todos os materiais sofrem deformações quando estão sujeitos a esforços. A deformação na maioria dos solos, mesmo sob pequenas cargas, é bem maior que a dos materiais estruturais (aço, concreto e madeira).

A diferença do solo para outros materiais, se dá pela sua composição natural, com uma estrutura interna única, que pode ser alterado pelos carregamentos envolvidos, descolamento e ruptura das partículas. Esta análise é ainda mais complexa pelo fato da deformidade do solo não ser verificada instantaneamente com a aplicação da carga, mas sim em função do tempo.

O solo é constituído por estrutura (multifásica), composto de fases sólida (grãos), fluída (água) e gasosa (ar), assim dando um comportamento próprio. Por sua vez, as composições desses espaços vazios (ar) podem ser preenchidas parcialmente ou totalmente com água. A diminuição do seu volume e suas deformações, ocorrem devido três principais causas:

- Compressão das partículas sólidas;
- Compressão dos espaços vazios do solo, com a decorrente expulsão da água (no caso de solo saturado);
- Compressão da água existente nos vazios do solo.

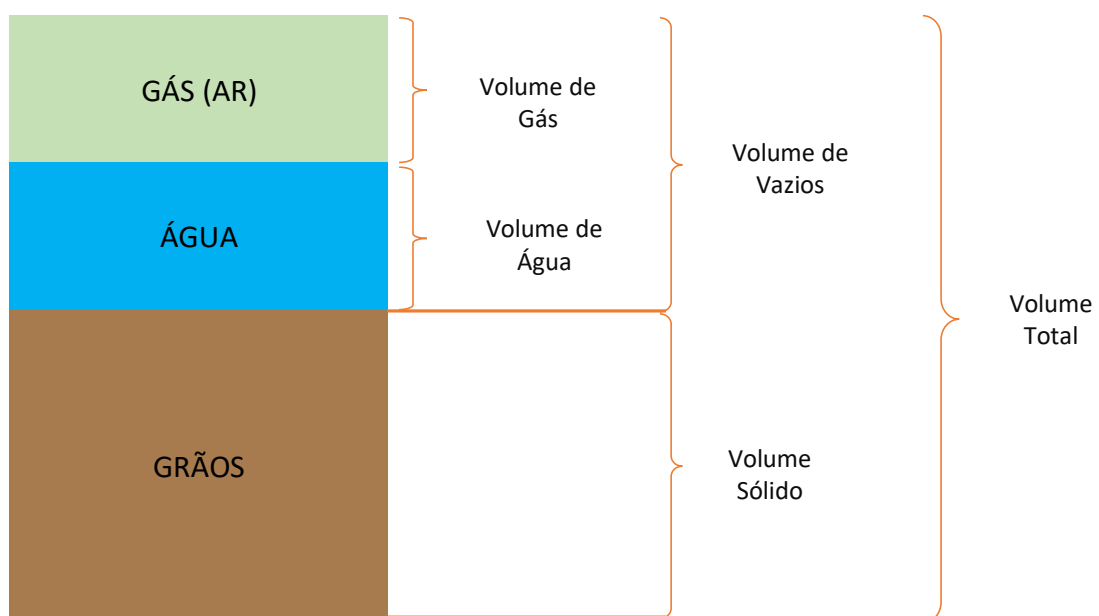


Figura 22 - Formação do Solo.

A compressibilidade do solo sempre dependerá do seu tipo. Em solos não-coesivos (areia) localizados em regiões onde as cotas planimétricas são mais elevadas, de composição não sedimentar e com nível de água do subsolo (NA) baixo, devido seu grande poder de permeabilidade, a compressibilidade ocorre rapidamente, pois a água é drenada facilmente.

Já nos solos coesivos (argila) com elevado índice de vazios, saturados, formados em regiões com a topografia plana onde o nível de água do subsolo (NA) é mais elevado, essa drenagem ocorre lentamente devido à baixa permeabilidade, logo, as variações volumétricas (deformações/recalques) dependem do tempo, até que se conduza o solo a um novo estado de equilíbrio, sob as cargas aplicadas.

Essas variações volumétricas que ocorrem em solos finos saturados ao longo do tempo constituem o processo de adensamento, as mesmas levarão tanto o maciço de solo quanto as estruturas que nele se apoiam aos chamados recalques.

Uma definição bastante utilizada nos meios da engenharia, afirma que o recalque é o deslocamento vertical descendente da base de uma fundação em relação a um referencial fixo (indeslocável), pode ser também compreendido como o resultado da diminuição do volume e/ou a mudança na forma do elemento geotécnico (maciço de solo) que está preso entre a base da fundação e o indeslocável (maciço rochoso). Os recalques diferenciais, que são os mais danosos às estruturas, podem causar trincas, desabamentos, entre outras patologias capazes de levar a estrutura a estados limite indesejáveis à sua utilização.

Para estimar a ordem de grandeza dos recalques por adensamento, deve se:

- Realizar o reconhecimento do subsolo (espessura, posição e natureza das camadas, localização dos níveis d'água);
- Conhecer a distribuição de tensões produzidas;
- Determinar propriedades e características de adensamento dos tipos de solos existentes no local;

Seguindo o grau de tensão/cargas usualmente aplicada na engenharia, as deformações que ocorrem na fase sólida e fase fluída são ignorados pelo grande poder de incompressibilidade. Portanto, pode-se dizer que o volume do solo varia à partir do seu índice de vazios.

Segundo Campanha (2011), o rejeito de minério pode chegar a ter um peso específico de  $31,76 \text{ kN/m}^3$ , ou seja  $3,176 \text{ t/m}^3$ . Essa característica do rejeito de minério difere bastante de outros materiais, sobretudo se comparado com o da água que tem peso específico de  $10 \text{ kN/m}^3$ , ou seja  $1,00 \text{ t/m}^3$ . É importante salientar que no caso de uma inundação provocada por rejeito de minério, a magnitude das cargas é no mínimo três vezes mais elevada do que a de uma inundação decorrente de períodos chuvosos por exemplo.

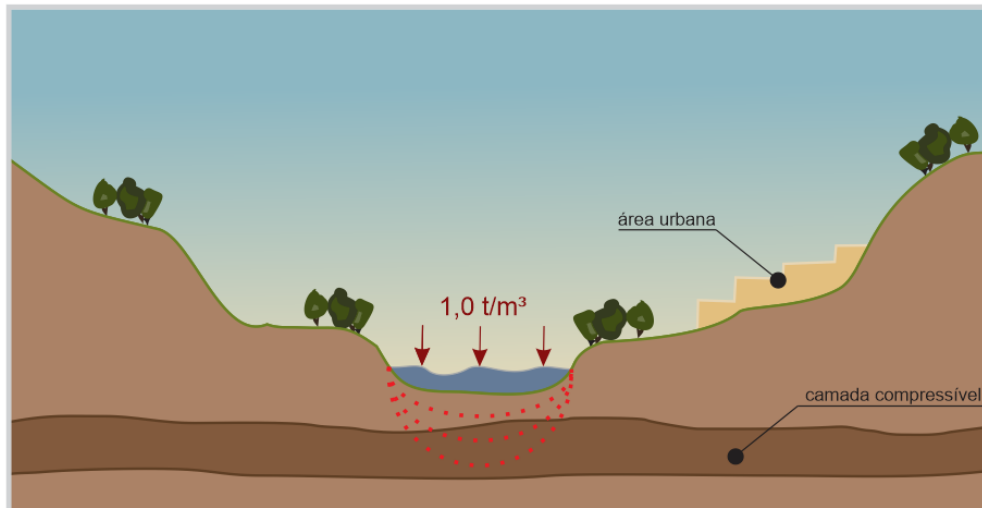


Figura 23 - Camada Compressível natural.

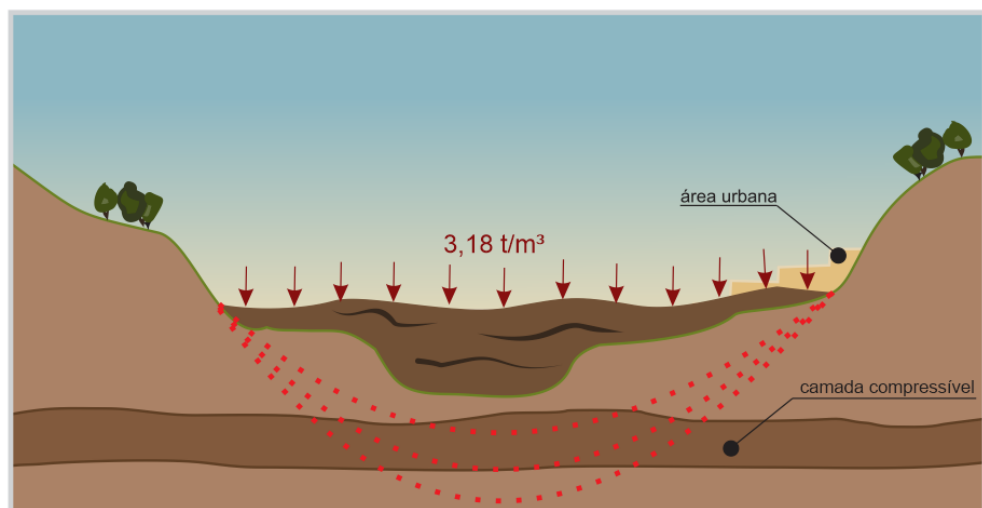


Figura 24 - Camada Compressível alterada.

O mecanismo do processo de adensamento se dá pela compressão de um determinado solo submetido a pressões hidrostáticas, ou seja, excesso de pressão neutra gerada pelo carregamento em uma camada do subsolo, variando assim seu volume ao longo do tempo. Este estudo foi inicialmente realizado por Terzaghi, para o caso de compressão unidirecional, e constitui a base pioneira, para afirmação da mecânica dos solos como ciência.

A partir dos princípios da hidráulica, Terzaghi criou a sua teoria, tendo, contudo, que fazer algumas simplificações. As hipóteses básicas de Terzaghi são:

- O solo é totalmente saturado ( $S_r \sim 100\%$ );
- A compressão é unidimensional;
- O fluxo de água é unidimensional e governado pela Lei de Darcy;
- O solo é homogêneo;
- As partículas sólidas e a água são praticamente incompressíveis perante a incompressibilidade do solo;
- O solo pode ser estudado como elementos infinitesimais;
- As propriedades do solo não variam no processo de adensamento e não há diferença de comportamento entre massas de solos de pequenas e grandes dimensões;
- O índice de vazios varia linearmente com o aumento da tensão efetiva durante o processo de adensamento.

Uma das formas de conhecer o processo de adensamento do solo é através do conhecimento da pressão ( $P_o$ ) transmitida pelas cargas a determinado ponto do subsolo ( $M$ ), parte dessa pressão ( $u$ ) será referente à água que enche os vazios do solo, e a outra parte ( $p$ ), são as partes sólidas.

A Figura 25 demonstra um exemplo claro de carga aplicada a um solo composto de camadas de areia, argila saturada e rocha.

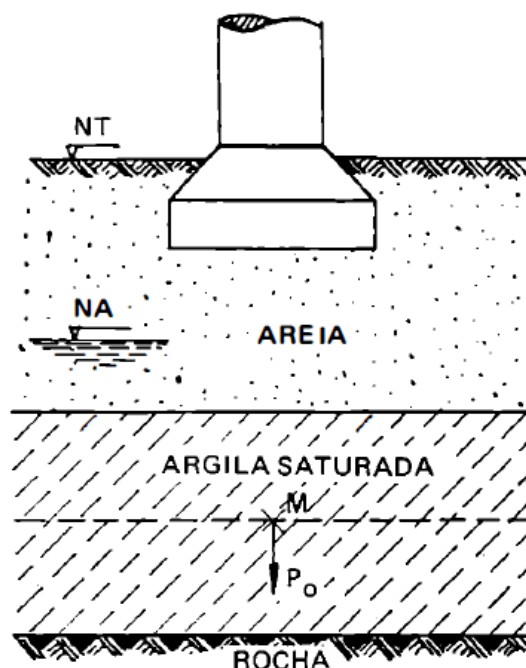


Figura 25 - Exemplo de Camada Compressível.  
Fonte: CAPUTO, 1996.

A pressão “ $p$ ” tem o nome de pressão efetiva ou pressão grão a grão, e ao acréscimo de pressão neutra, “ $u$ ”, chama-se sobrepressão hidrostática. A água (incompressível), que neste exemplo está presa nos vazios do solo, submetida a sobrepressão, começa a se escoar na direção vertical, no sentido da camada drenante de areia. No caso da argila, como a sua permeabilidade é muito baixa, o escoamento se faz muito lentamente. Dessa forma, a pressão “ $u$ ” vai diminuindo até anular-se, e “ $p$ ” vai aumentando, uma vez que “ $P_0$ ” é constante. Assim, no momento de aplicação da carga: “ $u=P_0$ ” e “ $p=0$ ” e, no final, quando cessa a transferência de pressões de  $u$  para  $p$ , praticamente “ $u=0$ ” e “ $p=P_0$ ”. Em uma fase intermediária qualquer, teremos:

$$P_0 = p(t) + u(t)$$

Uma vez que, como ficou explicado, “ $p$ ” e “ $u$ ” são funções do tempo.

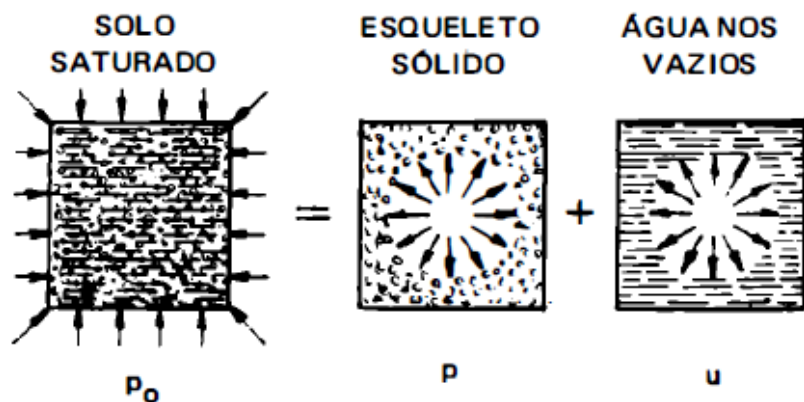


Figura 26 - Visualiza os Significados de “ $p$ ” e “ $u$ ”.  
Fonte: CAPUTO, 1996.

A Figura 26 representa a lei fundamental que rege o fenômeno do adensamento das camadas de solo. Pode-se dizer que se trata de uma das equações mais importantes da mecânica dos solos.

A analogia mecânica de Terzaghi esclarece que o adensamento é o processo progressivo dependente do tempo de variação de volume do solo devido à drenagem da água dos poros. Segundo Caputo (1996), o recalque por compressibilidade se dá pela redução do seu volume, devido ao ar contido em seus vazios, relacionado independente do tempo entre variação de volume (deformação) e tensão efetiva. Ou seja, a diminuição dos vazios devido a expulsão da água e do ar neles contido aumenta a tensão efetiva que nada mais é do que o contato grão a grão das partículas sólidas do solo. Esse fenômeno é muito comum quando ocorre um acréscimo de carga na superfície do solo, sobretudo quando se trata de solos de

baixa consistência (argilas e siltes) ou compactidade fofa (areias), isso reforça a necessidade de investigações geotécnicas nas áreas atingidas, para a confirmação ou não das hipóteses levantadas.

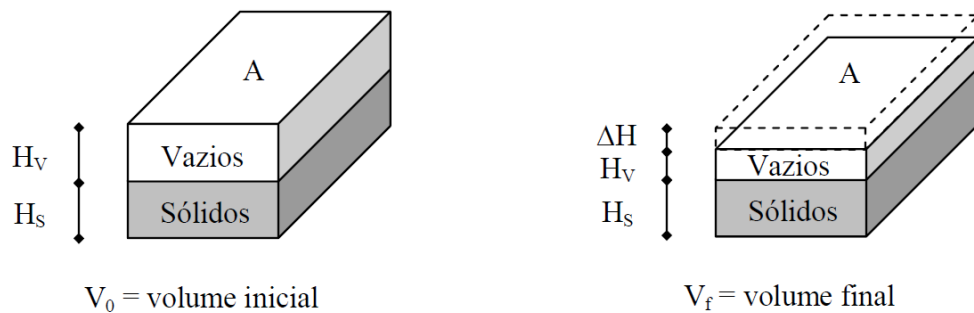


Figura 27- Exemplo de Deformação por Compressibilidade.  
Fonte: desconhecido

Caputo (1996), formula ainda que as deformações normalmente não uniformes podem não ser prejudiciais ao solo, mas comprometem as estruturas que existem sobre ele, formando os recalques diferenciais, pelo fato de provocarem esforços adicionais na sua estrutura, desestabilizando e comprometendo sua segurança.

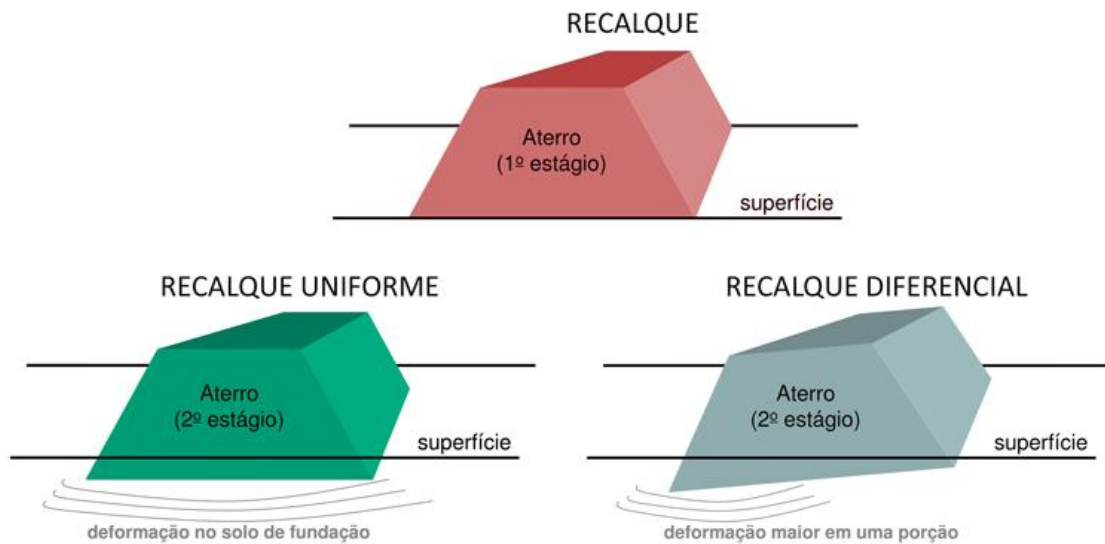


Figura 28 - Tipos de Recalque.  
Fonte: desconhecido

## LISTA DE IMÓVEIS VISTORIADOS

Nº	DATA DE VISTORIA	RUA/AVENIDADE	Nº	LOCALIDADE	CIDADE
001.2018	20/12/2017	RAIMUNDO ALVES XAVIER	143	MORRO VERMELHO	BARRA LONGA
002.2018	20/12/2017	RAIMUNDO ALVES XAVIER	146	MORRO VERMELHO	BARRA LONGA
003.2018	20/12/2017	PRIMEIRO DE JANEIRO	487	CENTRO	BARRA LONGA
004.2018	20/12/2017	PRIMEIRO DE JANEIRO	680.A	CENTRO	BARRA LONGA
005.2018	20/12/2017	PRIMEIRO DE JANEIRO	680.B	CENTRO	BARRA LONGA
006.2018	20/12/2017	PRIMEIRO DE JANEIRO	647	CENTRO	BARRA LONGA
007.2018	20/12/2017	PRIMEIRO DE JANEIRO	320	CENTRO	BARRA LONGA
008.2018	20/12/2017	PRIMEIRO DE JANEIRO	589	CENTRO	BARRA LONGA
009.2018	20/12/2017	PRIMEIRO DE JANEIRO	641	CENTRO	BARRA LONGA
010.2018	20/12/2017	PRIMEIRO DE JANEIRO	631	CENTRO	BARRA LONGA
011.2018	20/12/2017	PRIMEIRO DE JANEIRO	621	CENTRO	BARRA LONGA
012.2018	20/12/2017	PRIMEIRO DE JANEIRO	720	CENTRO	BARRA LONGA
013.2018	20/12/2017	PRIMEIRO DE JANEIRO	700	CENTRO	BARRA LONGA
014.2018	20/12/2017	MATIAS BARBOSA	271	CENTRO	BARRA LONGA
015.2018	08/01/2018	MATIAS BARBOSA	23 A	CENTRO	BARRA LONGA
016.2018	08/01/2018	MATIAS BARBOSA	23 B	CENTRO	BARRA LONGA
017.2018	08/01/2018	MATIAS BARBOSA	23	CENTRO	BARRA LONGA
018.2018	08/01/2018	AV. CAPITÃO MANUEL CARNEIRO	154	CENTRO	BARRA LONGA
019.2018	09/01/2018	PRIMEIRO DE JANEIRO	151	CENTRO	BARRA LONGA
020.2018	09/01/2018	PRIMEIRO DE JANEIRO	157	CENTRO	BARRA LONGA
021.2018	09/01/2018	PRIMEIRO DE JANEIRO	206	CENTRO	BARRA LONGA
022.2018	09/01/2018	PRIMEIRO DE JANEIRO	177	CENTRO	BARRA LONGA
023.2018	09/01/2018	PRIMEIRO DE JANEIRO	189	CENTRO	BARRA LONGA
024.2018	09/01/2018	PRIMEIRO DE JANEIRO	189.A	CENTRO	BARRA LONGA

025.2018	09/01/2018	SANTA TERESINHA	42	CENTRO	BARRA LONGA
026.2018	10/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	292	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
027.2018	10/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	160	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
028.2018	10/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	158	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
029.2018	10/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	361	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
030.2018	10/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	620	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
031.2018	10/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	58	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
032.2018	10/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	320	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
033.2018	10/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	68	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
034.2018	10/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	20	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
035.2018	16/01/2018	SINVAL CAETANEO	29	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
036.2018	16/01/2018	SINVAL CAETANEO	44	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
037.2018	16/01/2018	SINVAL CAETANEO	56	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
038.2018	16/01/2018	SINVAL CAETANEO	106	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
039.2018	16/01/2018	SINVAL CAETANEO	208	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
040.2018	16/01/2018	SINVAL CAETANEO	205	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
041.2018	16/01/2018	SINVAL CAETANEO	XX	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
042.2018	16/01/2018	SINVAL CAETANEO	77	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
043.2018	17/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	S/N	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
044.2018	17/01/2018	SINVAL CAETANEO	20	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
045.2018	17/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	351	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
046.2018	17/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	207	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
047.2018	17/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	135	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
048.2018	17/01/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	207	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
049.2018	17/01/2018	AV. CAPITÃO MANUEL CARNEIRO	176	CENTRO	BARRA LONGA
050.2018	17/01/2018	AV. CAPITÃO MANUEL CARNEIRO	166	CENTRO	BARRA LONGA
051.2018	17/01/2018	SINVAL CAETANEO	24	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA

052.2018	19/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	860	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
053.2018	17/01/2018	1º DE JANEIRO	463	CENTRO	BARRA LONGA
054.2018	18/01/2018	RAIMUNDO ALVES XAVIER	59	MORRO VERMELHO	BARRA LONGA
055.2018	18/01/2018	RAIMUNDO ALVES XAVIER	527.A	MORRO VERMELHO	BARRA LONGA
056.2018	18/01/2018	RAIMUNDO ALVES XAVIER	527.B	MORRO VERMELHO	BARRA LONGA
057.2018	18/01/2018	RAIMUNDO ALVES XAVIER	387.A	MORRO VERMELHO	BARRA LONGA
058.2018	18/01/2018	MATIAS BARBOSA	316	CENTRO	BARRA LONGA
059.2018	18/01/2018	RAIMUNDO ALVES XAVIER	787	MORRO VERMELHO	BARRA LONGA
060.2018	18/01/2018	CHACARA JURUMIRIM	S/N	AREA RURAL	BARRA LONGA
061.2018	18/01/2018	MATIAS BARBOSA	221	CENTRO	BARRA LONGA
062.2018	18/01/2018	MATIAS BARBOSA	195	CENTRO	BARRA LONGA
063.2018	18/01/2018	RAIMUNDO ALVES XAVIER	475	MORRO VERMELHO	BARRA LONGA
064.2018	22/01/2018	MATIAS BARBOSA	121	CENTRO	BARRA LONGA
065.2018	16/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	260.A	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
066.2018	16/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	220	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
067.2018	16/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	322	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
068.2018	16/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	356	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
069.2018	16/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	165.A	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
070.2018	17/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	138	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
071.2018	17/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	56	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
072.2018	17/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	182	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
073.2018	17/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	168	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
074.2018	17/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	165	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
075.2018	18/04/2018	FLORIANO PEIXOTO	206	CENTRO	BARRA LONGA
076.2018	18/04/2018	FLORIANO PEIXOTO	167	CENTRO	BARRA LONGA
077.2018	18/04/2018	1º DE JANEIRO	610	CENTRO	BARRA LONGA
078.2018	18/04/2018	1º DE JANEIRO	618	CENTRO	BARRA LONGA

079.2018	18/04/2018	1º DE JANEIRO	462	CENTRO	BARRA LONGA
080.2018	19/04/2018	1º DE JANEIRO	465	CENTRO	BARRA LONGA
081.2018	19/04/2018	PRAÇA LINO MOL	45	CENTRO	BARRA LONGA
082.2018	19/04/2018	CHACARA JURUMIRIM	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
083.2018	19/04/2018	CHACARA JURUMIRIM	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
084.2018	19/04/2018	CHACARA JURUMIRIM	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
085.2018	19/04/2018	CHACARA JURUMIRIM	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
086.2018	20/04/2018	CÓRREGO BARRETOS	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
087.2018	20/04/2018	CÓRREGO BARRETOS	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
088.2018	20/04/2018	SÍTIO CAMPINAS BARRETOS	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
088.2018	20/04/2018	CÓRREGO BARRETOS	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
090.2018	20/04/2018	CÓRREGO BARRETOS	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
091.2018	20/04/2018	CÓRREGO BARRETOS	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
092.2018	20/04/2018	BARRETO GUERRA	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
093.2018	20/04/2018	BARRETO GUERRA	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
094.2018	24/04/2018	SÍTIO CAFURNA	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
095.2018	24/04/2018	SÍTIO CAFURNA	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA
096.2018	24/04/2018	FAZENDA OCIDENTE	S/N	GESTEIRA	BARRA LONGA
097.2018	24/04/2018	MONSENHOR GESTEIRA HORTA	30	GESTEIRA	BARRA LONGA
098.2018	24/04/2018	SÍTIO POUSO ALTO	S/N	CURVINAS	BARRA LONGA
099.2018	25/04/2018	CÓRREGO BARRETOS	S/N	BARRETOS	BARRA LONGA
100.2018	25/04/2018	CÓRREGO BARRETOS	S/N	BARRETOS	BARRA LONGA
101.2018	25/04/2018	CÓRREGO BARRETOS	S/N	BARRETOS	BARRA LONGA
102.2018	25/04/2018	CÓRREGO BARRETOS	S/N	BARRETOS	BARRA LONGA
103.2018	26/04/2018	SÍTIO SÃO GONÇALO	S/N	SÃO GONÇALO	BARRA LONGA
104.2018	26/04/2018	SÍTIO SÃO GONÇALO	S/N	SÃO GONÇALO	BARRA LONGA
105.2018	26/04/2018	SÍTIO SÃO GONÇALO	S/N	SÃO GONÇALO	BARRA LONGA

106.2018	26/04/2018	SÍTIO SÃO GONÇALO	S/N	SÃO GONÇALO	BARRA LONGA
107.2018	26/04/2018	SÍTIO SÃO GONÇALO	S/N	SÃO GONÇALO	BARRA LONGA
108.2018	26/04/2018	SÍTIO CAPELA-SÃO GONÇALO	S/N	SÃO GONÇALO	BARRA LONGA
109.2018	26/04/2018	FAZENDA VOLTA GRANDE	S/N	SÃO GONÇALO	BARRA LONGA
110.2018	26/04/2018	SÍTIO SÃO GONÇALO	S/N	SÃO GONÇALO	BARRA LONGA
111.2018	26/04/2018	SÍTIO CAPELA-SÃO GONÇALO	S/N	SÃO GONÇALO	BARRA LONGA
112.2018	27/04/2018	SINVAL CAETANEO	53	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
113.2018	27/04/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	37	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
114.2018	27/04/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	190	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
115.2018	27/04/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	130	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
116.2018	27/04/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	100	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
117.2018	27/04/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	42	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
118.2018	30/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	120	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
119.2018	30/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	500	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
120.2018	30/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	550	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
121.2018	30/04/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	128	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
122.2018	02/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	2537	GESTEIRA	BARRA LONGA
123.2018	02/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	2500	GESTEIRA	BARRA LONGA
124.2018	02/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	2535	GESTEIRA	BARRA LONGA
125.2018	02/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	2560	GESTEIRA	BARRA LONGA
126.2018	02/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	2721	GESTEIRA	BARRA LONGA
127.2018	02/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	55	GESTEIRA	BARRA LONGA
128.2018	02/05/2018	VILA GESTEIRA	2260	GESTEIRA	BARRA LONGA
129.2018	02/05/2018	JOSÉ SOUZA MAGALHÃES	2050	GESTEIRA	BARRA LONGA
130.2018	02/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	2620	GESTEIRA	BARRA LONGA
131.2018	02/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	29	GESTEIRA	BARRA LONGA
132.2018	03/05/2018	MONSENHOR GESTEIRA HORTA	1920	GESTEIRA	BARRA LONGA
133.2018	03/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	2781	GESTEIRA	BARRA LONGA

134.2018	03/05/2018	GESTEIRA NOVO	1925	GESTEIRA	BARRA LONGA
135.2018	03/05/2018	GESTEIRA NOVO	S/N	GESTEIRA	BARRA LONGA
136.2018	03/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	2751A	GESTEIRA	BARRA LONGA
137.2018	03/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	2751	GESTEIRA	BARRA LONGA
138.2018	03/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	51	GESTEIRA	BARRA LONGA
139.2018	03/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	25	GESTEIRA	BARRA LONGA
140.2018	04/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	2320	GESTEIRA	BARRA LONGA
141.2018	04/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	2350	GESTEIRA	BARRA LONGA
142.2018	04/05/2018	MONSENHOR GESTEIRA HORTA	4	GESTEIRA	BARRA LONGA
143.2018	04/05/2018	MONSENHOR GESTEIRA HORTA	2110	GESTEIRA	BARRA LONGA
144.2018	04/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	S/N	GESTEIRA	BARRA LONGA
145.2018	08/05/2018	PROFESSOR ANTÔNIO GONÇALVES LANA	115	SÃO JOSÉ OPERÁRIO	BARRA LONGA
146.2018	08/05/2018	PROFESSOR ANTÔNIO GONÇALVES LANA	11	SÃO JOSÉ OPERÁRIO	BARRA LONGA
147.2018	08/05/2018	JOSÉ BREYNER	26	SÃO JOSÉ OPERÁRIO	BARRA LONGA
148.2018	08/05/2018	DO CRUZEIRO	115	SÃO JOSÉ OPERÁRIO	BARRA LONGA
149.2018	08/05/2018	DO CRUZEIRO	118	SÃO JOSÉ OPERÁRIO	BARRA LONGA
150.2018	09/05/2018	CRUZEIRO NOVO	72	ROSÁRIO	BARRA LONGA
151.2018	09/05/2018	CRUZEIRO NOVO	24	ROSÁRIO	BARRA LONGA
152.2018	09/05/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	420	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
153.2018	09/05/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	425	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
154.2018	09/05/2018	EDMUNDO MARIANO DA COSTA LANNA	440	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
155.2018	09/05/2018	RAIMUNDO ALVES XAVIER	493	MORRO VERMELHO	BARRA LONGA
156.2018	09/05/2018	JOSÉ ALVES XAVIER	380	ROSÁRIO	BARRA LONGA
157.2018	09/05/2018	PRIMEIRO DE JANEIRO	647	CENTRO	BARRA LONGA
158.2018	09/05/2018	CRUZEIRO NOVO	42	ROSÁRIO	BARRA LONGA
159.2018	09/05/2018	JOSÉ ALVES XAVIER	208	ROSÁRIO	BARRA LONGA
160.2018	09/05/2018	JOSÉ ALVES XAVIER	220	ROSÁRIO	BARRA LONGA
161.2018	09/05/2018	EZAU ROMERO	50	SÃO JOSÉ OPERÁRIO	BARRA LONGA
162.2018	10/05/2018	CAPITÃO MANOEL CARNEIRO	329	CENTRO	BARRA LONGA
163.2018	14/05/2018	MATIAS BARBOSA	441	CENTRO	BARRA LONGA
164.2018	14/05/2018	FAZENDA SÃO LUIZ	S/N	SÃO GONÇALO	BARRA LONGA
165.2018	14/05/2018	JOSÉ BREYNER	38	SÃO JOSÉ OPERÁRIO	BARRA LONGA

166.2018	14/05/2018	SANTA RITA DE CÁSSIA	147	ROSÁRIO	BARRA LONGA
167.2018	14/05/2018	CRUZEIRO NOVO	150	ROSÁRIO	BARRA LONGA
168.2018	15/05/2018	PRIMEIRO DE JANEIRO	290	CENTRO	BARRA LONGA
169.2018	15/05/2018	PRIMEIRO DE JANEIRO	280	CENTRO	BARRA LONGA
170.2018	15/05/2018	PRIMEIRO DE JANEIRO	21	CENTRO	BARRA LONGA
171.2018	15/05/2018	PRIMEIRO DE JANEIRO	486	CENTRO	BARRA LONGA
172.2018	15/05/2018	RAIMUNDO ALVES XAVIER	545	MORRO VERMELHO	BARRA LONGA
173.2018	16/05/2018	CÓRREGO BARRETOS	S/N	BARRETOS	BARRA LONGA
174.2018	16/05/2018	GESTEIRA	S/N	GESTEIRA	BARRA LONGA
175.2018	16/05/2018	MONSENHOR GESTEIRA HORTA	1860	GESTEIRA	BARRA LONGA
176.2018	16/05/2018	PRAÇA MANOEL BENEDITO GOMES	S/N	GESTEIRA	BARRA LONGA
177.2018	16/05/2018	JOSÉ BREYNER	05-CASA1	SÃO JOSÉ OPERÁRIO	BARRA LONGA
178.2018	16/05/2018	JOSÉ BREYNER	5	SÃO JOSÉ OPERÁRIO	BARRA LONGA
179.2018	17/05/2018	SITIO MANDIOCA	S/N	GESTEIRA	BARRA LONGA
180.2018	17/05/2018	SITIO MANDIOCA	S/N	GESTEIRA	BARRA LONGA
181.2018	17/05/2018	RAIMUNDO FERREIRA TRINDADE	50	VOLTA DA CAPELA	BARRA LONGA
182.2018	17/05/2018	SANTA RITA DE CÁSSIA	402	ROSÁRIO	BARRA LONGA
183.2018	17/05/2018	FLORESTA	S/N	ZONA RURAL	BARRA LONGA

### CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE RISCO (IBAPE/2011)

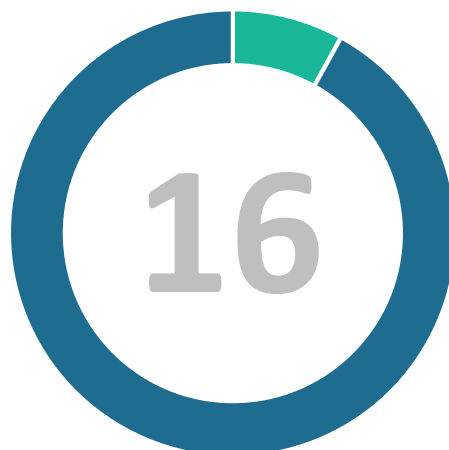
A determinação do grau de risco dos imóveis vistoriados seguindo a Norma de Inspeção Predial do IBAPE – 2011, foram classificados mediante os indícios identificado em uma investigação pericial de análise visual, e os problemas relatados pelo responsável pelo imóvel, onde foram observadas o comportamento de todos os materiais de construção utilizados, bem como as características arquitetônicas e sua implantação.

As anomalias ou falha encontradas nas vistorias foram fundamentadas e apresentadas seguindo o potencial de riscos oferecido aos moradores, ao meio ambiente e ao patrimônio, dentro das três classificações que determinam a condição e a funcionalidade de cada imóvel inspecionado. As classificações são as seguintes:

**Crítico:** relativo ao risco que pode provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e/ou meio ambiente, perda excessiva de desempenho causando possíveis paralisações, aumento de custo, comprometimento sensível de vida útil e desvalorização acentuada, recomendando intervenção imediata. Dentro dessas primícias, identificamos

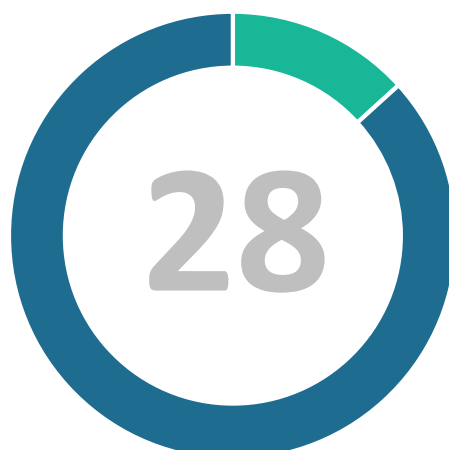
cerca de 16 dos 183 imóveis vistoriados implantando nessa classe, como segue no gráfico abaixo:

GRAU CRÍTICO



**Regular:** relativo ao risco que pode provocar a perda de funcionalidade sem prejuízo à operação direta de sistemas, perda pontual de desempenho (possibilidade de recuperação), deterioração precoce e pequena desvalorização, recomendando programação e intervenção a curto prazo. Já neste caso, identificamos cerca de 28 dos 183 imóveis vistoriados implantando nessa classe, como segue no gráfico abaixo:

GRAU REGULAR



**Mínimo:** relativo a pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário; recomendando

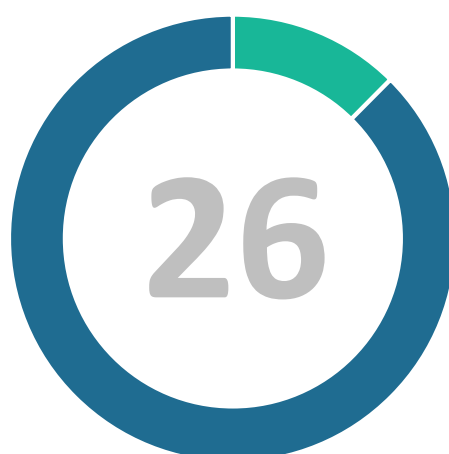
programação e intervenção a médio prazo. Também identificamos cerca de 113 dos 183 imóveis vistoriados implantando nessa classe, como segue no gráfico abaixo:

GRAU MÍNIMO



Dos 183 imóveis vistoriados, cerca de 26, não pode observar patologias edilícias referentes aos aspectos estruturais e complementares de arquitetura e engenharia, como segue no gráfico abaixo:

NÃO HÁ PATOLOGIAS



**CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS PELOS FATORES DE ORIGEM (IBAPE/2011)**

Um dos caminhos para facilitar a apuração da responsabilidade pelas falhas, isto é, a aplicação da lei às situações existentes, passa por uma das classificações feitas pela Engenharia Civil, qual seja, a das anomalias pelos seus fatores de origem. Segundo essa

classificação, os fatores de origem ou anomalias podem ser: endógenos, exógenos, naturais e funcionais. Sintetizando, temos:

**Fatores Endógenos**, ou internos, são aqueles relacionados à própria construção. As classificações das patologias estão fundamentadas na Norma de Inspeção Predial do IBAPE – 2011, base para realização deste trabalho, e em muitos casos nem se aplica, pela sua limitação de conhecer cada variável dos assuntos aqui tratados. Importante salientar que o município de Barra Longa tem sua formação datada pelo período colonial brasileiro do Séc. XVIII, com uso de técnicas construtivas tradicionais como, terra, pedra, madeira, taipa de mão (pau-a-pique), adobe, tijolo maciço entre outras. A autoconstrução como técnica passada de geração em geração é ainda muito utilizada nos dias atuais. Este modo de construir com as próprias mãos é caracterizado desde os primórdios das habitações até a contemporaneidade, surgido como uma maneira superar as demandas por moradia diante das circunstâncias econômicas, sociais e políticas enfrentadas pela população.

No entanto, cabe ressaltar que a classificação dos fatores de origem nem sempre é capaz de definir seus danos. Essa classificação em endógena é relativa à natureza do dano, mas por si só, não é capaz de explicar o fenômeno. Entende-se que a ocorrência desses problemas pode sofrer a influência de múltiplos fatores. Em se tratando de imóveis que seguem os parâmetros da autoconstrução, como é o caso da maioria das edificações de Barra Longa, isto se torna ainda mais evidente.

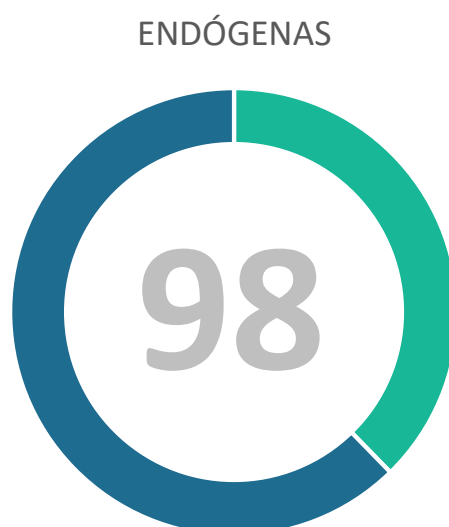
Dentro dos parâmetros locais de construção e de expectativa de influências externas, a vibração causada pelo tráfego de caminhões pesados, por exemplo, extrapola os padrões esperados de impactos aos quais a edificação seria submetida e, dessa forma, atuam como fatores decisivos para o agravamento de patologias.

Mesmo os problemas de natureza endógena, atribuída à própria construção, podem se originar ou se agravar à partir da ação de fatores externos acima da expectativa. Estes fatores podem por exemplo, encurtar a vida útil do imóvel, à medida que antecipam ou agravam condições já predispostas. O que, no caso de Barra Longa, é evidenciado à partir do relato dos moradores que, em sua maioria, indicam um agravamento de danos em seus imóveis após o rompimento. Entende-se que, apenas em uma situação na qual se pudesse excluir os fatores ligados ao rompimento, a classificação em endógena poderia ser decisiva

quanto à origem dos danos presentes nos imóveis de Barra Longa, pois isso aproximaria as edificações às condições para as quais estas foram concebidas.

Além disso, vale salientar que os danos aos imóveis vão além das patologias, como é o caso dos deslocamentos de telhas, problemas relacionados à poeira e até mesmo falhas arquitetônicas ou construtivas nas reformas conduzidas pelos responsáveis pelo desastre. Todas estas, questões amplamente relatadas pelos moradores do município.

Dentro dessas primícias, identificamos cerca de 98 dos 157 imóveis que foram classificados a quanto o grau de risco, mínimo, regular ou crítico seguindo a Norma de Inspeção Predial do IBAPE – 2011, são incluídos nessa classe, como segue no gráfico abaixo:



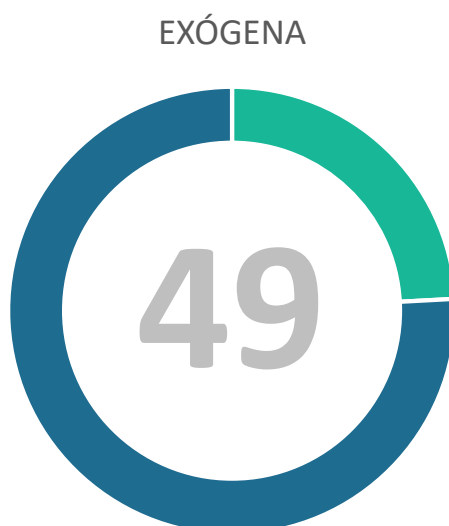
**Fatores exógenos**, que estão relacionados a fatos externos à própria edificação, sendo produzidos por terceiros, caracterizadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum, como a ação da chuva de intensidade superior ao normal, intervenção de terceiros na edificação, tais como os danos causados por obra vizinha, choques de veículos em partes da edificação, vandalismos ou até mesmo incêndio.

Os procedimentos inadequados durante a utilização podem ser divididos em dois grupos:

**Ações previsíveis**, podemos compreender o carregamento excessivo, devido à ausência de informações no projeto e/ou inexistência de manual de utilização.

**Ações imprevisíveis**, temos a alteração das condições de exposição da estrutura, incêndios, abalos provocados por obras vizinhas, como o fluxo da lama de rejeito de minério proveniente do rompimento da Barragem de Fundão, gerada por carga laterais e pontuais nas estruturas, bem como as vibrações em sua estrutura acima do limite de segurança, causando ou precipitando as patologias a danos decorrentes do tráfego em via pública pela obra de limpeza do rejeito acumulado pertencente a Barragem de Fundão.

Já neste caso, identificamos, cerca de 49 dos 157 imóveis que foram classificados a quanto o grau de risco, mínimo, regular ou crítico seguindo a Norma de Inspeção Predial do IBAPE – 2011, são incluídos nessa classe, como segue no gráfico abaixo:

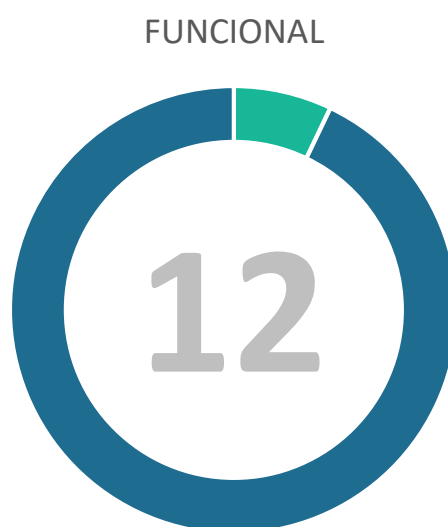


**Fatores funcionais**, que são aqueles decorrentes da falta ou inadequada, conservação e manutenção da construção, que ocorrem durante a vida útil dos materiais, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade ambiental pelos agentes externos (sol e chuva), ou decorrentes da ação humana, em função de manutenção inadequada ou realização de interferência incorreta.

Mesmo os problemas de natureza funcional, atribuída à própria construção, podem se originar ou se agravar à partir da ação de fatores externos acima da expectativa. Estes fatores podem por exemplo, encurtar a vida útil do imóvel, à medida que antecipam ou agravam condições já predispostas. O que, no caso de Barra Longa, é evidenciado à partir do relato dos moradores que, em sua maioria, indicam um agravamento de danos em seus imóveis após o rompimento. Entende-se que, apenas em uma situação na qual se pudesse

excluir os fatores ligados ao rompimento, a classificação em funcional poderia ser decisiva quanto à origem dos danos presentes nos imóveis de Barra Longa, pois isso aproximaria as edificações às condições para as quais estas foram concebidas.

Quanto a esse fator, identificamos, cerca de 10 dos 157 imóveis que foram classificados a quanto o grau de risco, mínimo, regular ou crítico seguindo a Norma de Inspeção Predial do IBAPE – 2011, são incluídos nessa classe, como segue no gráfico abaixo:

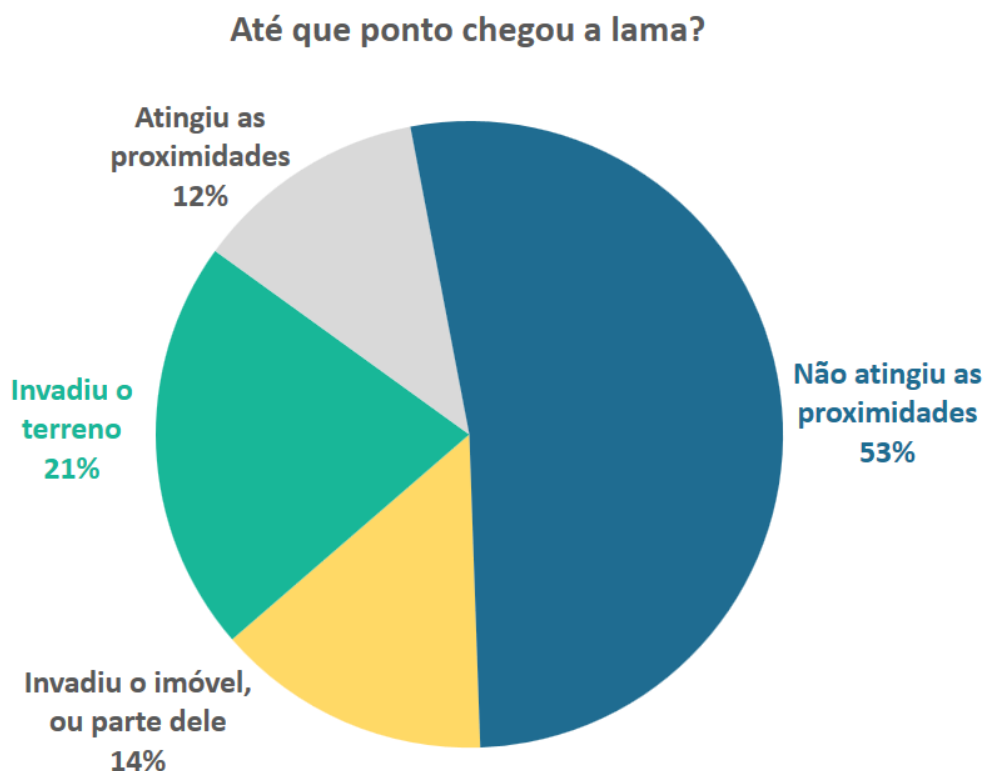


### CONSIDERAÇÕES ACERCA DO RELATO DO MORADORES DOS IMÓVEIS VISTORIADOS

Diante do trabalho desenvolvido, notou-se a importância de se considerar o depoimento dos próprios moradores como forma de compreender e mensurar os efeitos do rompimento no que diz respeito a danos aos imóveis do município de Barra Longa. Entende-se que o morador é o aquele que melhor conhece as condições do imóvel antes e depois do rompimento e, portanto, é capaz de perceber de forma empírica o surgimento ou evolução de danos ou patologias em sua propriedade ao longo do tempo. Dessa forma, coletou-se as informações relevantes, à partir das quais se pode observar um panorama geral do impactos nos imóveis.

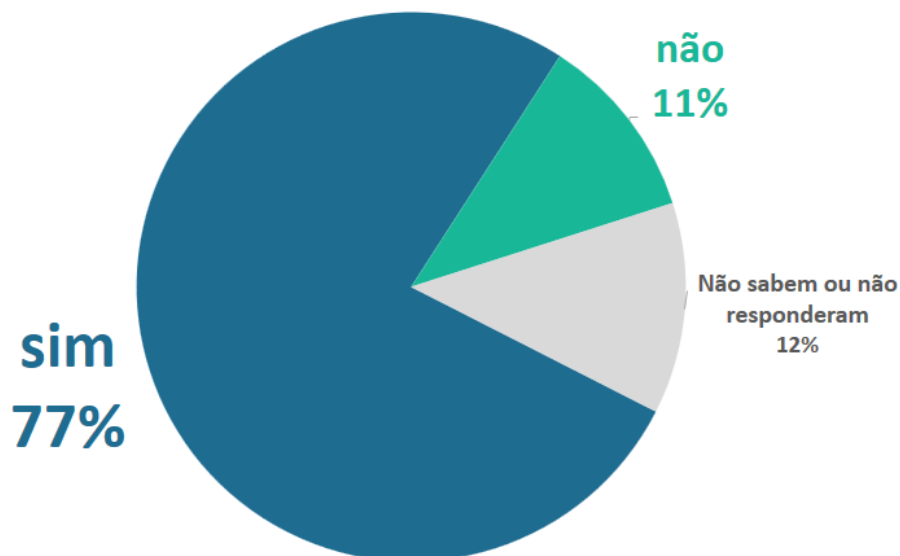
Primeiramente traçou-se o perfil dos imóveis quanto ao alcance da lama em relação aos mesmos segundo os relatos dos moradores. Sendo que 14% dos edifícios vistoriados tiveram seu interior coberto pela lama, seja em toda a sua extensão ou em parte. Em outros 21%, os rejeitos alcançaram o terreno em que se encontra a edificação, seguidos por 12% que

tiveram lama nas proximidades, como em outros pontos da via na qual se localizam, por exemplo. Finalmente, os 53% restantes se encontram distante do alcance dos rejeitos. É o que se observa na tabela a seguir:



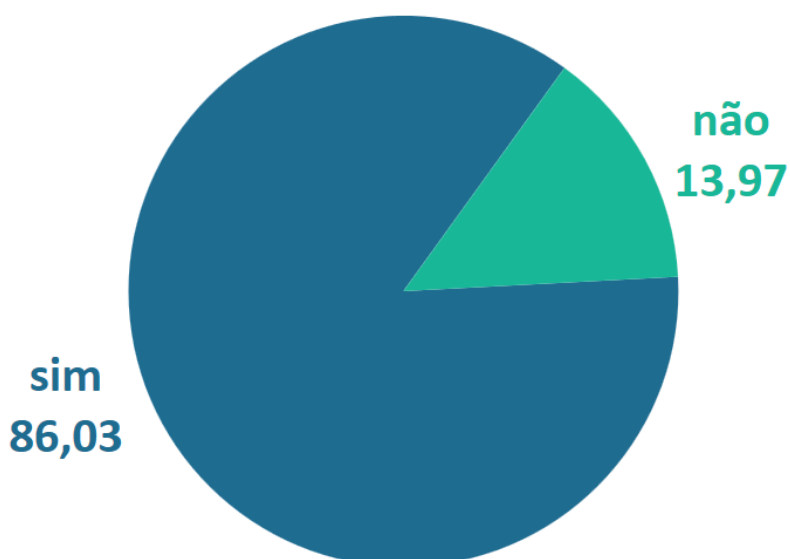
Diante da premissa de que grande parte dos imóveis do município sofreu influência da movimentação de maquinário ou veículos de grande porte, seja nas atividades de retirada da lama, reconstrução de imóveis, obras de calçamento, obras de deposição de rejeitos e contenção das margens do rio, entre outros, dividiu-se os imóveis em três grupos diferentes: aqueles em que os responsáveis afirmam ter havido os efeitos mencionados nas proximidades da edificação, aqueles em que se afirma o contrário e, por fim, aqueles em que não se mencionou a respeito ou o responsável não está certo de que as movimentações tenham ocorrido, como se observa na tabela seguinte:

### HOUVE MOVIMENTAÇÃO DE VEÍCULOS OU MÁQUINAS PESADAS NAS PROXIMIDADES?



Foi observado o número de imóveis em que se observou algum tipo de patologia no momento da vistoria, independentemente de seu grau ou natureza. Foi constatado que 86,03% dos 183 imóveis apresentaram algum tipo de anomalia, como se observa a seguir:

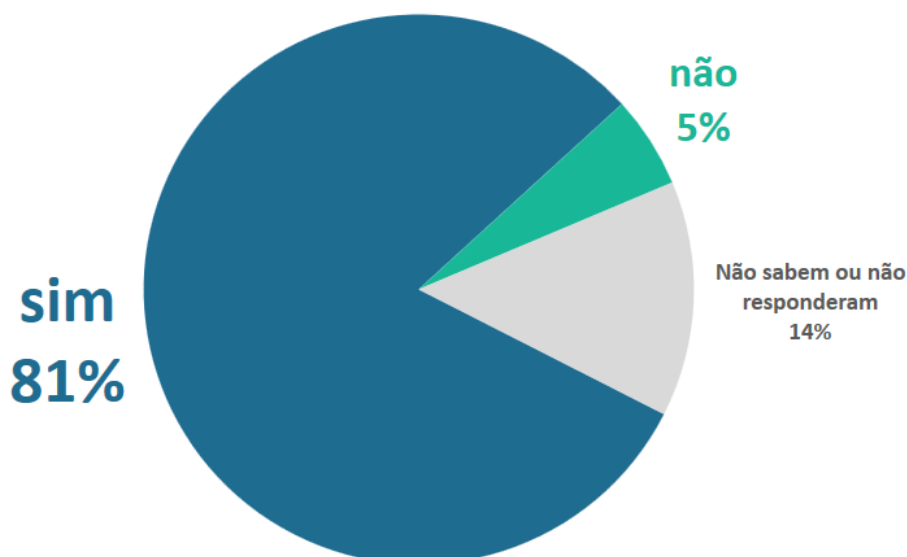
### OS IMÓVEIS APRESENTAM ALGUM DANO ATUALMENTE?



Dentre os 164 imóveis que apresentaram algum dano, independente de se tratarem de patologias ou não, 81% apresentaram o surgimento ou agravamento do dano após o

rompimento, segundo o responsável, independentemente de haver relação direta ou não com os possíveis efeitos do rompimento, como se observa na tabela seguinte:

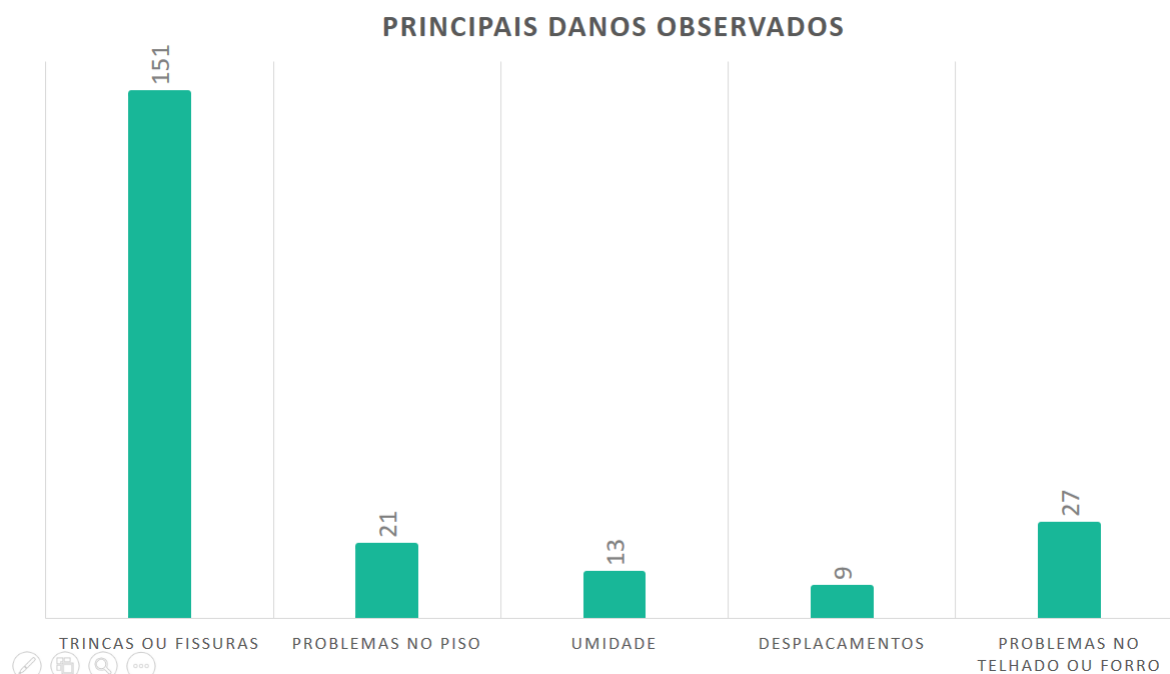
### O DANO SURTIU OU SE INTENSIFICOU APÓS O ROMPIMENTO?



Quanto aos tipos de dano observados, segundo o relato, os mais comuns são: as rachaduras, trincas ou fissuras rachaduras, encontradas em 151 imóveis, seguidos por problemas no telhado ou forro da edificação, umidade e deslocamentos. No entanto, é importante notar que nem todos os danos presentes nos imóveis não se reduzem às patologias. Foi constatada uma grande variedade de problemas de outras naturezas nos imóveis, mas que possuem ainda alguma relação com os efeitos do rompimento. Dito isso, foram também relatados pelos moradores:

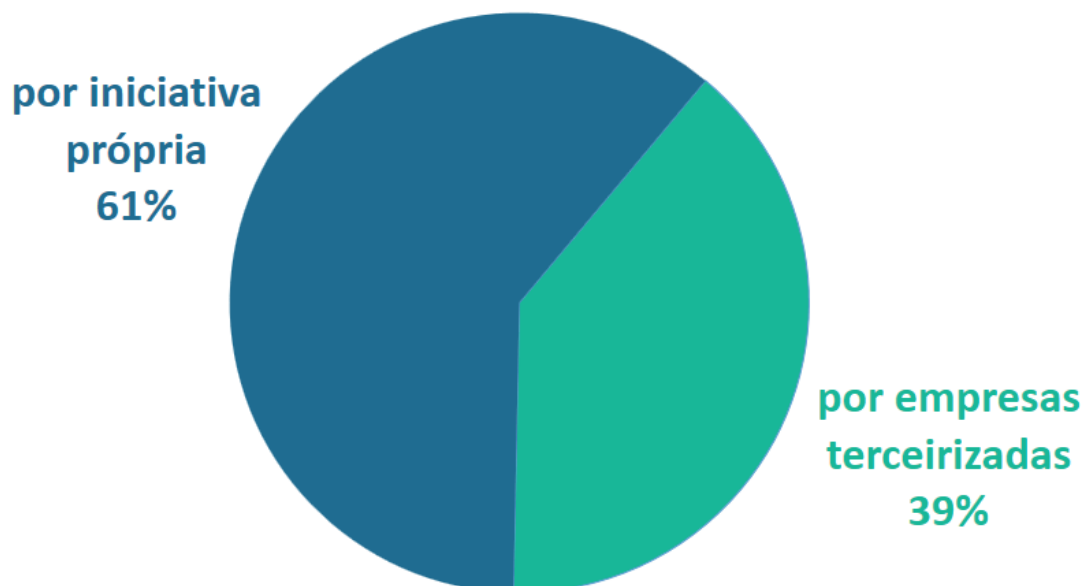
- Problemas na Rede hidráulica;
- Problemas na Rede de esgoto;
- Pintura danificada pela poeira;
- Piso danificado pela poeira;
- Obras de responsabilidade de empresas contratadas inacabadas e/ou mal executadas;
- Obras de responsabilidade de empresas contratadas com problemas arquitetônicos e/ou em desconformidade com a vontade do morador;
- Bens perdidos pela invasão da lama e não devidamente ressarcidos;
- Entre outros;

Quanto aos fatores aos quais os responsáveis atribuem como possível causa dos danos, a movimentação de veículos ou máquinas de grande porte foi citada em 132 imóveis vistoriados, seguidos pelas obras de calçamento e a influência direta da lama, citadas em 15 e 16 imóveis respectivamente, como se observa a seguir:



É sabido também que uma significativa parcela das edificações passou por reformas desde o rompimento. Dentre os imóveis vistoriados que passaram por algum tipo de reparo ou reconstrução, 39% que corresponde certa de 20 imóveis foram reformados por empresas contratadas pelos responsáveis pelo rompimento. Nos outros 61%, que corresponde certa de 31 imóveis houve reparos por iniciativa do próprio morador, utilizando-se de recursos próprios. Essas informações podem ser observadas no gráfico a seguir:

### IMÓVEIS QUE PASSARAM POR REPAROS OU RECONSTRUÇÃO:



É importante mencionar ainda que 18 edificações foram vistoriadas com o objetivo de permitir uma comparação com os demais. Foram selecionadas as localidades do Rosário e São José Operário, locais nos quais os relatos dos moradores confirmam que não houve o tráfego frequente de caminhões ou máquinas pesadas, permitindo, portanto, uma comparação acerca dos efeitos destes impactos em relação aos demais imóvel do município, onde houve essa circulação. As informações coletadas demonstram profundas diferenças quanto à extensão e grau dos danos presentes. Entre os 18 imóveis vistoriados, apenas 5 apresentaram alguma patologia, independente do grau. Destes 5 imóveis, apenas em 1, o morador afirma ter notado o surgimento ou agravamento recente do dano, sem atribuí-lo a quaisquer efeitos ligados ao rompimento. Observa-se, portanto, fortes indícios de que os efeitos ligados ao rompimento podem de fato ter contribuído para o surgimento ou agravamento de diversos problemas relativos aos imóveis do município.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, com base nos fundamentos literários, normativos, de fato e de direito supracitados, os quais julgamos suficientes para a decisão, opinamos que, **INCONTESTAVELMENTE**, grande parte dos imóveis de Barra Longa foram extremamente impactados com o Rompimento da Barragem de Fundão e com todas as sequências de danos trazidas consigo.

À partir do estudo desenvolvido, fica evidenciado que os danos aos imóveis não se limitam àqueles que foram invadidos pelos rejeitos. Dessa forma, torna-se claro que o alcance físico da lama por si só é incapaz de determinar aqueles que foram atingidos ou não no que diz respeito aos imóveis. Os múltiplos fatores ligados ao rompimento tiveram um grande efeito sobre boa parte dos imóveis do município, especialmente, nas regiões onde houve circulação de veículos de grande porte.

Ressalta-se a importância da autonomia dos moradores na tomada de decisões a respeito de seus imóveis no caso das obras de reparos ou reconstrução por parte dos responsáveis pelo rompimento. Entende-se ainda que, nestes casos, o proprietário deve ter autonomia quanto à contratação de profissionais de sua confiança, ainda que custeados pelas empresas responsáveis pelo desastre, como forma de garantir que os reparos sejam conduzidos de maneira adequada.

Destaca-se também a importância da organização territorial do município de Barra Longa. Sendo importante que se pense em um plano urbanístico que possa guiar o desenvolvimento do espaço construído no município, uma vez que toda a complexidade trazida à cidade após o rompimento, a coloca em caráter excepcional em relação a outros municípios de dimensões semelhantes.

Por fim, um dos instrumentos que permitem que o poder público exerça o controle e a fiscalização do espaço edificado e seu entorno, garantindo a segurança e a salubridade das edificações, é o Código de Obras Municipal. Através dele e pela sua importância, este instrumento tem o sentido de assegurar uma melhor qualidade de vida para seus habitantes. Em grande parte dos locais vistoriados, pela inexistência desses parâmetros, esse fator favorece ainda mais os conglomerados de danos relacionado as alterações ambientais

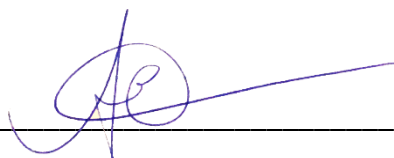
provocada pelo rompimento da Barragem de Fundão, por isso recomenda-se que o poder público intensifique seu ofício em zelar para o bem social dos seus habitantes.

Os 183 (cento e oitenta e três) pareceres seguem anexos a este Relatório, entregue em formato digital (PDF) via e-mail.

Os responsáveis técnicos pelo trabalho colocam-se ao inteiro dispor para os esclarecimentos necessários. Assinam o Arquiteto e Urbanista e o Engenheiro Civil que atêm suas considerações nas suas áreas de desempenho e atuação.

Este Relatório contém 85 (oitenta e cinco) folhas numeradas, incluindo referências, e seus anexos compostos com suas respectivas Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

Barra Longa, 10 de julho de 2018



---

ARTHUR ETRUSCO QUEIROZ CARNEIRO  
ARQUITETO E URBANISTA - CAU/BR 194247-6



---

LEANDRO LOPES CARDOSO  
ENGENHEIRO CIVIL - CREA/MG 207534/D

**REFERÊNCIAS**

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1996). NBR 13752 – **Perícias de engenharia na construção civil**. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1999). NBR 5674 – **Manutenção de edificações - Procedimento**. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013). NBR 15575 – **Edificações habitacionais — Desempenho**. Rio de Janeiro.
- BALTHAZAR, Renata D. S. **A permanência da autoconstrução: um estudo de sua prática no município de Vargem Grande Paulista**. Dissertação. FAUUSP. São Paulo, 2012.
- BARRA LONGA. **Plano Municipal de Educação**. Prefeitura Municipal de Barra Longa. Barra Longa: 2015.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001: regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, Estabelece Diretrizes Gerais da Política Urbana e dá outras providências.
- BRITO, Luiz Antônio Perrone Ferreira de; KAMIMURA, Quésia; SANTOS, Ademir Pereira dos. Influência da vibração gerada pelo tráfego ferroviário no meio urbano. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 31-39, jul./dez. 2015.
- BRITO, L. A. P. F. de. **Avaliação da Vibração Gerada pelo Tráfego Rodoviário e Ferroviário no Hospital Universitário de Taubaté**, In: ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 11., 2011, Búzios. Anais ... Búzios: UFRJ, 2011.
- California Department of Transportation, 2013. **Transportation and Construction Vibration Guidance manual**. Setembro 2013  
Ref. Apud: HANSOS, Carl. **Personal communication with David Buehler**.  
Outubro 2001.
- CAMPANHA, A. **Caracterização de minério de ferro para uso em pavimentação**. 2011. 104 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 6ª edição, 1996.
- GANDOLFO, O. C. B.; (2013). **Métodos sísmicos para a caracterização geotécnica dos maciços**. Apresentação na Faculdade de Engenharia de São Paulo. 218p.
- GOMES, J. P. (2016). **Metodologia para análise de vibrações provocadas por desmontes com recurso a explosivos**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- HUNAJDI, O.. **Traffic vibrations in buildings**. National Research Council of Canada, n.39, June 2000.
- Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo - IBAPE/SP. **Norma de inspeção predial**. São Paulo: 2011.

LEMOS, Alexandre. A GAZETA / CIDADES. **Iconográfico** [Genildo]. Colatina vai suspender o abastecimento de água. 2015.

MAGALHÃES, E. F. **Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no estado do Rio Grande do Sul**. 2004. 177 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) - Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia/UFRGS, Porto Alegre, 2006.

MARANGON, M. **Apostila de Mecânica dos Solos III da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009**. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/04-MS-Unidade-03-Compressibilidade-e-Adensamento-2013.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

MIRANDA, V. G., Leite, F. S., Jesus, C., & Sobral, R. (2017). **A New Blast Vibrations Analysis Methodology**. Colorado, USA: International Society of Explosives Engineers: ISEE.

NASCIMENTO, Denise Morado (Org.). **Saberes [auto]construídos**. Belo Horizonte, Associação Imagem Comunitária, 2016.

MONTE-MÓR, Roberto Luís de Melo. **A fisionomia das cidades mineradoras**. CEDEPLAR/FACE/ UFMG: Belo Horizonte, 2001. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/4805613\\_A\\_fisionomia\\_das\\_cidades\\_mineradoras](https://www.researchgate.net/publication/4805613_A_fisionomia_das_cidades_mineradoras)

POUSO E PROSA. **Sítio Eletrônico**. Iconográfico. Disponível em: <http://www.pousoeprosa.com.br/publico/cidade/visualiza/30>

RAFAEL, Herbert Miguel Angel Maturano. **Análise do Potencial de Liquefação de Uma Barragem de Rejeito**. Pontifícia Universidade Católica do Rio DE Janeiro - PUC-RIO. Dissertação de Mestrado. 2012. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/acessoConteudo.php?nrseqoco=70887>>.

SALVO, Maria Paola de. MENDES, Karla. **A Morte do Caboclo D'Água**. Em 5 ATOS. Brio Media – Imagine o Real: Jan 6, 2016. Disponível em <[www.brio.media](http://www.brio.media)>.

TOMAR, E. S. (2006/2007). **Capítulo 1 – Movimento Vibratório e Ondulatório**. INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR: Escola Superior de Tecnologia de Tomar.

VILLATA, Luiz Carlos. **O Cenário Urbano em Minas Gerais Setecentista: Outeiros do Sagrado e do Profano**. s/d. Disponível em: <<http://www.fafich.ufmg.br/pae/apoio/ocenariourbanoeminasgeraissetecentista.pdf>>.

Ref. Apud: Charles Boxer. **A igreja e a expansão ibérica**, Lisboa: Edições 70, 1989, p. 98-9; Idem, **O Império Colonial Português**, Lisboa: Edições 70, 1981, p. 224-5; Luiz Felipe Baêta Neves, **O Combate dos Soldados de Cristo na Terra dos Papagaios: colonialismo e repressão cultural**, Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1978, p. 28.

**REFERÊNCIAS DE ICONOGRAFIA:**

<http://wricidades.org/noticia/governan%C3%A7a-%C3%A9-ferramenta-importante-para-democracia-ambiental-no-brasil>

<http://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/fotos/2015/11/barra-longa-uma-das-cidades-mais-atingidas-pela-lama-fotos.html#F1852018>

<http://www.rainhamaria.com.br/Pagina/18804/Moradores-de-Barra-Longa-MG-vivem-a-desolacao-e-o-terror-por-cao-da-lama-que-tira-o-sono-de-boa-parte-dos-6-mil-habitantes-do-municipio>

<http://www.cidademineira.com.br/noticias/2015/11/minas-gerais/quase-duas-semanas-depois--moradores-de-barra-longa-ainda-sofrem-com-lama-da-samarco>

[http://www.prminas.org.br/pr-aguarda-providencias-para-a-cidade-de-barra-longa/img\\_2689-4/](http://www.prminas.org.br/pr-aguarda-providencias-para-a-cidade-de-barra-longa/img_2689-4/)

<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/11/1703900-bhp-billiton-revisa-meta-de-producao-de-minerio-apos-desastre-em-mariana.shtml>

<http://engeas.com.br/da-lama-ao-po-o-impacto-da-tragedia-rio-doce-para-saude/>

<http://www.manuelzao.ufmg.br/comunicacao/noticias/projeto-manuelz%C3%A3o-faz-expedi%C3%A7%C3%A3o-aos-locais-da-trag%C3%A9dia-em-mariana>

<http://www.proximaparada.blog.br/2015/11/16/tragedia-em-mariana-como-ajudar/>

[http://www.jornalfolhadepontenova.com.br/jr/pt/pg\\_materia/?m=11814/////](http://www.jornalfolhadepontenova.com.br/jr/pt/pg_materia/?m=11814/////)

<http://www.bwr.srv.br/fpn/imgfoto/4/I00009253.jpg>

<http://especiais.g1.globo.com/minas-gerais/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/2016/1-ano-apos-o-mar-de-lama--e-agora/>

[https://www.em.com.br/app/galeria-de-fotos/2015/11/06/interna\\_galeriafotos,5443/reporteres-do-em-mostram-estragos-em-barra-longa.shtml](https://www.em.com.br/app/galeria-de-fotos/2015/11/06/interna_galeriafotos,5443/reporteres-do-em-mostram-estragos-em-barra-longa.shtml)

<https://pt.linkedin.com/pulse/influ%C3%Aancia-de-vibra%C3%A7%C3%B5es-na-resist%C3%Aancia-do-concreto-durante-guebara>

**ANEXO**

**ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART - CREA/MG  
E REGISTRO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – RRT – CAU/BR**