



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANÁLISE DE OCORRÊNCIAS DE DESLIZAMENTOS EM ENCOSTAS NA
CIDADE DE BETIM-MG**

Patrícia Costa e Silva

**Belo Horizonte
2023**

Patrícia Costa e Silva

**ANÁLISE DE OCORRÊNCIAS DE DESLIZAMENTOS EM ENCOSTAS NA
CIDADE DE BETIM-MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Dr. Evandro Carrusca de Oliveira

Coorientador: Dr. Ricardo José Gontijo Azevedo

Belo Horizonte

2023

PATRÍCIA COSTA E SILVA

**ANÁLISE DE OCORRÊNCIAS DE DESLIZAMENTOS EM ENCOSTAS NA
CIDADE DE BETIM-MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Data de Aprovação: 07 / 12 / 2023

Banca Examinadora:

Evandro Carrusca de Oliveira – Orientador e Presidente da Banca Examinadora
Prof. Dr. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Ricardo Jose Gontijo Azevedo - Coorientador
Prof. Dr. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Matusalém de Brito Duarte
Prof. Dr. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Gilberto Cifuentes Dias Araújo
Prof. MSc. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG



Emitido em 07/12/2023

CÓPIA DO TRABALHO Nº 219/2023 - DGEO (11.55.13)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 08/12/2023 14:16)

EVANDRO CARRUSCA DE OLIVEIRA

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DCTA (11.55.03)

Matrícula: ###504#0

(Assinado digitalmente em 07/12/2023 20:49)

GILBERTO CIFUENTES DIAS ARAUJO

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DEPT (11.50)

Matrícula: ###863#8

(Assinado digitalmente em 07/12/2023 19:47)

MATUSALEM DE BRITO DUARTE

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DGEO (11.55.13)

Matrícula: ###047#2

(Assinado digitalmente em 07/12/2023 18:03)

RICARDO JOSE GONTIJO AZEVEDO

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DGEO (11.55.13)

Matrícula: ###444#9

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/documentos/> informando seu número: **219**, ano: **2023**, tipo: **CÓPIA DO TRABALHO**, data de emissão: **07/12/2023** e o código de verificação: **709edbbc84**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me permitido chegar até aqui. Agradeço aos meus pais, Maria dos Anjos e Adir, por tudo que fazem por mim, porém sei que nem todo agradecimento do mundo seria suficiente! Eu amo muito vocês!

Agradeço de coração aos meus orientadores no trabalho de conclusão de curso, os professores Evandro Carrusca, Ricardo Azevedo e Daniel Brianezi. Obrigada por toda paciência, apoio e direcionamento que me deram. Sem vocês teria sido impossível! Gratidão!

Agradeço as minhas amigas-irmãs Vívian, Franciele, Ana Luiza, Danieli e Danielle, por todo apoio nessa caminhada e por deixarem minha vida mais leve! Também agradeço aos meus grandes amigos de caminhada no Cefet, Nathália, Matheus, Jennifer, Gustavo, Rodrigo, Taynara e a todos os colegas com que tive a oportunidade de conviver.

Muito obrigada a todos os professores que tive no Cefet e em toda a minha vida até aqui, são tantos que seria impossível citar todos. Mas devo muito do que sou como pessoa e profissional a todos vocês!

Agradeço também a todas as empresas que me abriram as portas, me permitindo adquirir conhecimento prático e contribuindo para que eu pudesse me manter estudando, Fundação Christiano Ottoni, Santa Casa de Misericórdia, Brembo do Brasil, Horizonte, LR Consultoria e MDGEO. Agradeço também a todos os colegas de trabalho que fiz, pelo compartilhamento de aprendizados e bons momentos que passamos juntos.

Por fim, agradeço por ter tido o grande privilégio de ter acesso a um ensino gratuito e de qualidade, o que infelizmente ainda é uma realidade distante para muitos brasileiros, e realizado meu sonho de criança de ser uma aluna do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais!

RESUMO

SILVA, Patrícia Costa e. Análise de Ocorrências de Deslizamentos em Encostas na Cidade de Betim-MG. 2023. 51 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

Os eventos extremos geo-hidrológicos têm acontecido com frequências cada vez maiores, especialmente em função das mudanças climáticas que estão acontecendo no planeta. Nesse sentido, a cidade de Betim-MG, começou a ser mapeada em 2012 pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), tendo 35 áreas de risco identificadas. Contudo, mesmo após o início do monitoramento, o município sofreu com episódios de deslizamentos em encostas, que infelizmente deixaram vítimas fatais. Sendo assim, o presente trabalho objetivou identificar as áreas atingidas pelos deslizamentos que tiveram maior gravidade, apresentar as medidas tomadas pelo poder público para evitar novas ocorrências, avaliar a percepção dos moradores sobre as ações executadas pelo Estado, verificar se os episódios ocorreram nas áreas de risco que haviam sido previamente mapeadas e se houve aumento populacional aparente nesses locais. Dessa forma, foram realizados levantamentos em jornais e noticiários sobre os locais onde ocorreram os desastres, visitas a campo, registros fotográficos, aplicação de entrevistas semiestruturadas com os moradores dessas áreas e comparação dessas regiões, através imagens de satélite, entre o período de 2012 e 2023. Concluiu-se que a prefeitura do município tem atuado no sentido de mitigar os riscos a que estão sujeitas as populações nas áreas de risco, seja por meio da construção de intervenções estruturais, remoção da população dos locais afetados ou apoio dos agentes da Defesa Civil. Contudo, ainda há muito a ser feito, pois conforme observado nem todos os locais receberam melhorias em sua infraestrutura e parte da população que deveria ter sido removida permanece morando nas áreas de risco. Por isso, se faz necessário que o poder público forneça contrapartidas que possibilitem a todos os moradores sair desses locais para viver em habitações seguras, além de monitorar constantemente essas áreas, para impedir a instalação de outras famílias que ficariam expostas a possíveis novos episódios de deslizamentos.

Palavras-chave: Deslizamentos em encostas; eventos geo-hidrológicos, áreas de risco geológico.

ABSTRACT

SILVA, Patrícia Costa e. Analysis of Landslide Occurrences on Slopes in the City of Betim-MG. 2023. 51 p. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

Extreme geohydrological events have been occurring with increasing frequency, especially due to the climate changes that are occurring on the planet. In this sense, the city of Betim-MG began to be mapped in 2012 by the National Center for Natural Disaster Monitoring and Alerts (Cemaden), with 35 risk areas identified. However, even after monitoring began, the municipality suffered from episodes of landslides on slopes, which unfortunately left fatal victims. Therefore, the present work aimed to identify the areas affected by the most serious landslides, present the measures taken by the public authorities to prevent new occurrences, evaluate the residents' perception of the actions carried out by the State and verify whether the episodes occurred in the areas of risk that had been previously mapped. In this way, surveys were carried out in newspapers and news reports about the places where the disasters occurred, field visits, photographic records and semi-structured interviews were carried out with the residents of these areas. It was concluded that the municipal government has acted to mitigate the risks to which populations in risk areas are subject, whether through the construction of structural interventions, removal of the population from affected locations or support from Civil Defense agents. However, there is still much to be done, as, as noted, not all locations have received improvements in their infrastructure and part of the population that should have been removed remains living in risk areas. Therefore, it is necessary for the public authorities to provide compensation that allows all residents to leave these places to live in safe housing, in addition to constantly monitoring these areas, to prevent the installation of other families who would be exposed to possible new episodes of landslides.

Key words: Slides on slopes; geohydrological events; geological risk areas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 Eventos Geo-Hidrológicos	13
<i>3.1.1 Deslizamentos</i>	<i>13</i>
<i>3.1.2 Fluxos de detritos</i>	<i>14</i>
<i>3.1.3 Queda e rolamento de blocos</i>	<i>15</i>
<i>3.1.4 Inundações</i>	<i>16</i>
<i>3.1.5 Enchentes</i>	<i>17</i>
<i>3.1.6 Alagamentos</i>	<i>18</i>
<i>3.1.7 Enxurradas</i>	<i>18</i>
3.2 Mudanças Climáticas	19
3.3 Eventos Extremos no Brasil	20
3.4 Vulnerabilidade socioeconômica	21
3.5 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	21
3.6 Caracterização da Área de Estudo	21
3.7 Sistemas de Monitoramento e Alerta	22
3.8 Cemaden	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Resultados da pesquisa por deslizamentos	32
5.2 Visitas às áreas de risco e entrevista com os moradores	32

5.2.1 Visita 1	33
5.2.1.1 Análise da evolução da Área 1 por satélite	34
5.2.2 Visita 2	38
5.2.2.1 Análise da evolução da Área 2 por satélite	41
5.2.3 Visita 3	43
5.2.3.1 Análise da evolução da Área 3 por satélite	45
6. CONCLUSÃO	47
7 BIBLIOGRAFIA	49
ANEXOS	53

1 INTRODUÇÃO

Os eventos extremos geo-hidrológicos têm ocorrido com frequência e intensidade cada vez maiores em função das mudanças climáticas que vêm ocorrendo no planeta. Diversos estados brasileiros têm sido afetados nos últimos anos por esses fenômenos, que vêm ocasionando consequências catastróficas, com grande número de perdas de vidas humanas e prejuízos econômicos. Um grande exemplo dessas ocorrências no Brasil foi a catástrofe ocorrida em 2008, em Santa Catarina, na qual o estado sofreu com várias enchentes que afetaram cerca de 1,5 milhão de pessoas e deixaram mais de uma centena de mortes, sendo o evento mais intenso desse gênero já ocorrido no estado (ROGÉRIO; AUMOND, 2008).

Têm-se constatado, a partir da década de 1970, um aumento relevante no número de desastres naturais. Os países mais atingidos por esses eventos, segundo dados de 2023 do EM-DAT, Base Internacional de Desastres Nacionais, desde a primeira década do século XX, são Estados Unidos, China, Índia, Filipinas, Indonésia, Japão, Bangladesh, México, Brasil e Irã. Sendo que, considerando-se apenas esses 10 países líderes do ranking, nos últimos cinquenta anos foram registradas mais de 5 mil ocorrências.

As populações que habitam as áreas de risco têm apresentado a nível mundial um aumento anual na casa dos 70 a 80 milhões de pessoas, sendo que 90% dessas pessoas se encontram em países em desenvolvimento, com menor acesso a recursos econômicos e maior carga de exposição aos desastres naturais. Teoricamente, os eventos naturais podem atingir qualquer estrato populacional de forma semelhante, mas na prática, em níveis proporcionais, atingem muito mais pessoas que se encontram em estado de vulnerabilidade socioeconômica, devido ao fato de que há um número muito maior de pessoas de baixa renda vivendo em moradias mais frágeis, em locais super habitados e mais expostos aos riscos. Dessa forma, na busca pela redução dos danos que vêm sendo enfrentados, deve-se objetivar sempre o desenvolvimento socioeconômico aliado às práticas de gerenciamento ambiental (ALCANTAR-AYALA, 2002).

No Brasil, os principais desastres naturais, que são o resultado de eventos adversos que causam grandes impactos na sociedade, estão associados com a dinâmica externa da Terra, tais como, inundações, enchentes e escorregamentos de solos e rochas. Sua ocorrência está quase sempre ligada aos eventos pluviométricos alongados e intensos, nos períodos

chuvosos que ocorrem no verão nas regiões sul e sudeste e no inverno na região nordeste. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

Segundo dados do IBGE (2018), cerca de 8,2 milhões de brasileiros moram em áreas de risco. Minas Gerais figura como um dos estados mais atingidos, devido às ocupações desordenadas que ocorrem em locais mais suscetíveis, em topografias muito inclinadas ou as margens de cursos d'água. Contudo, a distribuição espacial desses eventos no estado ocorre de forma heterogênea, sendo as inundações os fenômenos mais comuns nas regiões central, leste e sul do estado. A Região Metropolitana de Belo Horizonte representou sozinha entre os anos de 1991 a 2012, 27% dos eventos ocorridos em todo o estado (PINTO; MATTOS; SOUZA, 2020). Dentro deste cenário, a cidade de Betim-MG é afetada regularmente durante os períodos chuvosos. Para minimizar os prejuízos causados, é necessário que sejam tomadas medidas de prevenção de danos e, nesse sentido, no ano de 2012 Betim começou a ser monitorada pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (Cemaden), que realizou o mapeamento das áreas mais expostas a esses riscos e apontou variadas medidas preventivas que deveriam ser aplicadas nesses locais.

Nesse sentido, o presente trabalho procura avaliar a situação dessas áreas, pouco mais de uma década após o início do monitoramento, com o objetivo de verificar se houve alterações no cenário inicial, como intervenções estruturais, crescimento populacional ou demolição de residências nas áreas de risco, apresentar os eventos de maior gravidade ocorridos no município de Betim desde o ano de 2012, avaliar a percepção dos moradores locais sobre a atuação do poder público nessas regiões e, por fim, verificar se houve correlação entre o acontecimento desses desastres ambientais locais e as regiões mapeadas pela prefeitura como áreas de risco.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar áreas atingidas por deslizamentos em encostas de Betim e as medidas tomadas pelo poder público nessas áreas de risco geológico.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar a ocorrência de deslizamentos de maior gravidade no município;
- Verificar as medidas implementadas pelo poder público para a mitigação de riscos geológicos nas áreas de estudo;
- Apresentar a percepção dos moradores locais acerca das ações realizadas pelo poder público nas áreas de risco analisadas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Eventos Geo-Hidrológicos

Os eventos geo-hidrológicos caracterizam-se por ter origem geodinâmica ou hidrológica. Os eventos de origem geodinâmica são os movimentos de massa, como deslizamentos, fluxos de detrito, queda e rolamento de blocos. Enquanto os eventos de origem hidrológica são as inundações, enxurradas, alagamentos e secas. Sendo que esta última não será fonte de estudo no presente trabalho (CEMADEN, 2022).

3.1.1. Deslizamentos

Deslizamentos são movimentos gravitacionais, comumente intensificados devido a ação da água e declividade dos terrenos, demonstrados pela Figura 3.1. Quando as forças de resistência e atrito são superadas pelas forças de tração provocadas pela gravidade sobre a declividade do terreno, os deslizamentos acontecem. Os movimentos de massa são causados primordialmente pela força de tração de cisalhamento (MONTGOMERY, 1992). Acontecem comumente em locais onde foram retiradas as coberturas vegetais naturais. São caracterizados pela presença de uma área de ruptura onde atuam forças de cisalhamento na resistência máxima ou residual da rocha ou solo componentes do local e caracterizados com propriedades de materiais porosos. (ALVARADO, 2006). Para Highland e Bobrowsky (2008), deslizamento é um termo genérico, que pode ser usado para a descrição do movimento de descida do solo, materiais orgânicos e rochas sob o efeito da ação da gravidade, e também a formação geológica que resulta desse movimento. As classificações dos diferentes tipos de deslizamentos existentes estão ligadas a mecanismos específicos de falhas em taludes e às propriedades específicas desses gêneros de falhas geológicas.

Figura 3.1 Deslizamento em encosta.

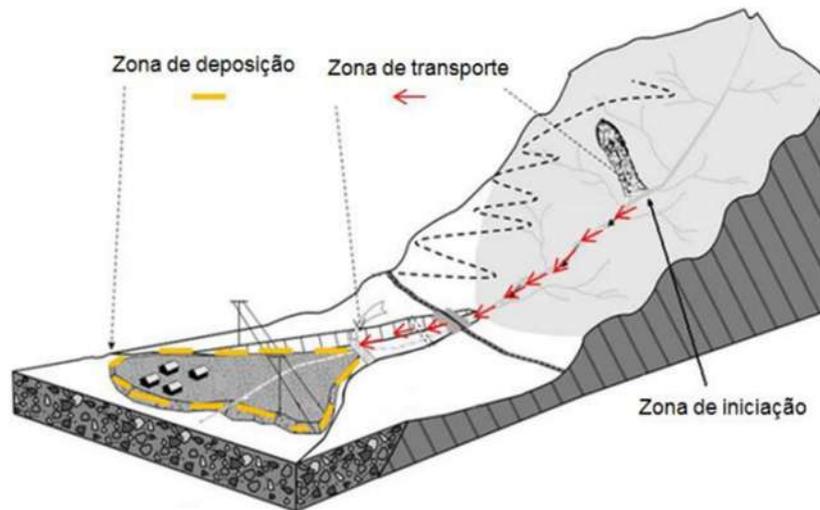


Fonte: Freepik (2023).

3.1.2 Fluxos de detritos

Vários autores apresentam descrições diferentes para o fenômeno do fluxo de detritos. Ballantyne (2004) o considera como um rápido e descendente fluxo, onde há uma mistura de água e detritos. Segundo Guidicini e Nieble (1984), os fluxos de detrito são fenômenos cujos materiais envolvidos conduzem-se como fluidos de alta viscosidade e apresentam-se como processos fundamentalmente hidrológicos e altamente velozes. O Cemaden (2022), acrescenta que o fluxo é proveniente da ocorrência de chuvas fortes, que liquefazem o material superficial, fazendo com que eles escoem gravitacionalmente, em forma de um material viscoso, composto por lama e detritos rochosos. De acordo com Highland e Bobrowsky (2008), esses fluxos são uma forma veloz de movimento de massa, na qual solo solto, rochas e esporadicamente matérias orgânicas se misturam à água, transformando-se em lama que escoam talude abaixo. A figura 3.2 apresenta o esquema de ocorrência dos fluxos de detritos.

Figura 3.2: Fluxo de detritos.



Fonte: Nunes e Saião (2014).

3.1.3 Queda e rolamento de blocos

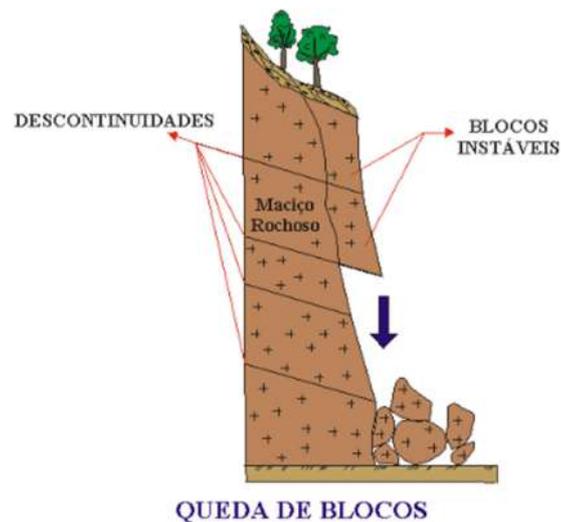
As quedas e rolamentos de blocos caracterizam-se por deslocamentos, por meio da força da gravidade, de blocos de rochas. De acordo com a Oliveira e Brito (1998), eles são subdivididos em quatro tipos básicos, sendo eles:

- Queda de blocos: na qual blocos de rochas se soltam dos maciços e deslocam-se em queda livre encosta abaixo. Podem ocorrer em volumes e litologias diversas;
- Tombamento de blocos: que ocorrem por meio do movimento de rotação de blocos rochosos, sendo eles condicionados por estruturas geológicas no maciço rochoso sub-verticais;
- Rolamento de blocos: geralmente ocorrem devido ao descalçamento dos blocos rochosos, que acabam se movimentando ao longo das encostas;
- Desplacamentos: ocorrem devido ao movimento em queda livre ou deslizamento dos blocos rochosos, que deslocam-se ao longo de superfícies estruturais. São ocasionados por variações térmicas ou alívio de pressão.

As quedas e rolamento de blocos são também descritos como movimentos repentinos para baixo, de rocha ou terra, ou ainda ambas, que se despreendem de penhascos ou taludes íngremes, como demonstra a Figura 3.3. O material que desce, normalmente se choca às

paredes inferiores dos taludes num ângulo inferior ao ângulo de queda, provocando saltos. A massa em queda pode quebrar-se com a força do impacto, ou começar um rolamento em taludes mais íngremes e ou pode ainda continuar até a cota mais baixa do terreno. Ocorrem em todo o mundo, em taludes íngremes ou verticais, em áreas litorâneas ou não, e ao longo de taludes rochosos de rios e ribeirões. O volume de material transportado pode ter grandes variações, de rochas individuais a torrões de solo a gigantes blocos maciços com milhares de metros cúbicos de volume (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Figura 3.3: Esquema para ocorrência de queda de blocos.



Fonte: (Adaptada de Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998; organizada por Fábio Reis)

3.1.4 Inundações

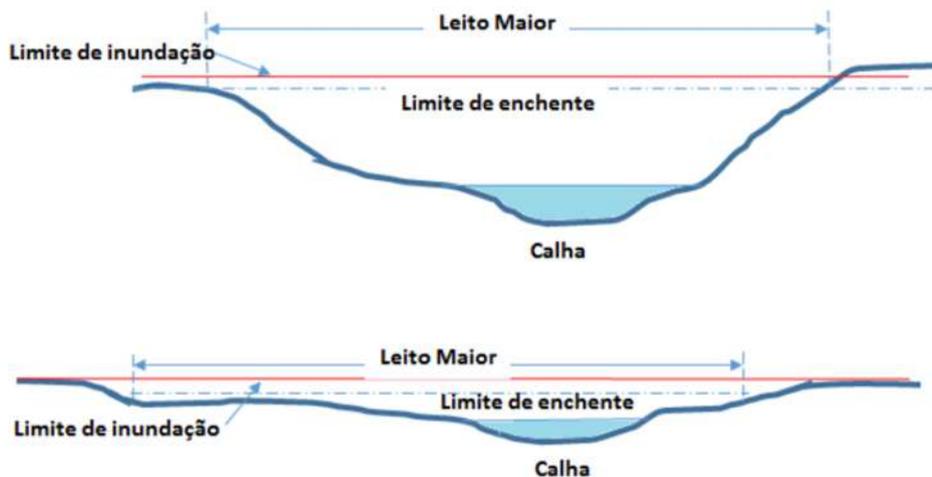
As inundações consistem no extravasamento das águas de um curso d'água para as áreas marginais, quando a vazão de escoamento é maior que a capacidade da calha (OLIVEIRA; BRITO, 1998). As inundações ocorrem nas bacias hidrográficas devido ao excesso de águas pluviais que não conseguem ser drenadas, ocasionando a inundação das várzeas, de acordo com a topografia nas proximidades dos corpos hídricos. Estes eventos ocorrem aleatoriamente, devido aos processos climáticos. Contudo, à medida em que a população impermeabiliza os solos, acelera-se o escoamento das águas por meio das canalizações, o volume de água que chega no sistema de drenagem aumenta, e conseqüentemente a frequência das enchentes acaba por aumentar também. Segundo a UN-ISDR (2002), as

inundações são problemas geoambientais provenientes de fenômenos ou riscos naturais, com natureza hidrometeorológica ou hidrológica. A magnitude e frequência com que ocorrem as inundações, são variáveis de acordo com a intensidade e concentração dos índices de precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, grau de saturação do solo e das características morfológicas e morfológicas da bacia de drenagem.

3.1.5 Enchentes

As enchentes em áreas urbanas são acarretadas por dois processos diferentes, que podem estar interligados, ou ocorrer de maneira isolada. Sendo elas as enchentes em áreas ribeirinhas, que são naturais e decorrem do processo de ocupação do leito maior do rio e atingem a população que nele habita, pela falta de planejamento do uso e ocupação do solo e as enchentes de urbanização, que são provocadas primariamente pela impermeabilização do solo e aumento do escoamento superficial nos perímetros urbanos (TUCCI, 2007). A Figura 3.4 ilustra a ocorrência dos eventos hidrológicos que vêm se intensificando nas áreas urbanas com o aumento da impermeabilização do solo.

Figura 3.4: Perfis de terrenos abrigo cursos d'água



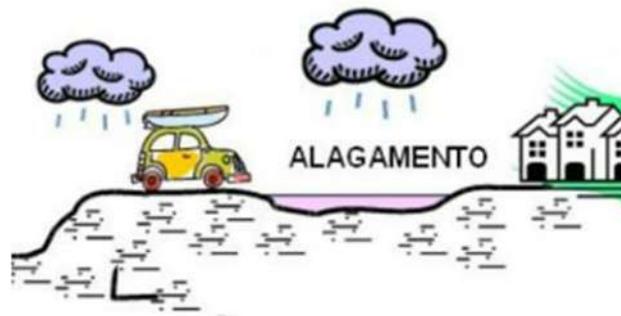
Fonte: Adaptado de Valente (2009)

Fonte: Licco e Mac Dowell (2015).

3.1.6 Alagamentos

Os alagamentos consistem em um acúmulo momentâneo de água em certos locais, devido a deficiências no sistema de drenagem, às enxurradas e ao escoamento superficial em grandes concentrações e com alta energia de transporte, possivelmente associado às áreas de domínio dos processos fluviais (DOWELL, 2015). Segundo o Cemaden (2022), os alagamentos são a superação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana, que conseqüentemente implicam no acúmulo de água nas vias, calçadas e outros componentes da infraestrutura urbana, em consequência a grandes volumes pluviométricos. O risco de ocorrência de alagamentos se relaciona com a qualidade sanitária do ambiente, isto é, quanto mais precária é a área maior é a tendência do risco.

Figura 3.5: Ilustração de alagamento.



Fonte: Prefeitura de São Bernardo do Campo

Prefeitura de São Bernardo do Campo

3.1.7 Enxurradas

A enxurrada pode ser definida como um escoamento superficial concentrado e com grande energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio de processos fluviais. É comum que elas ocorram em locais que foram transformados em vias, sobre antigos cursos d'água com alto gradiente hidráulico e em terrenos muito declinados (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015). De acordo com Valente (2009), as enxurradas são escoamentos superficiais causados por chuvas de grande intensidade, em áreas totalmente impermeabilizadas ou com altos índices de impermeabilização. Para

(CIDRAL et al, 2021), enxurradas são inundações que ocorrem de forma brusca e são caracterizadas por seu alto poder destrutivo e pela elevação repentina de sua vazão.

3.2 Mudanças Climáticas

Evidências científicas sobre mudanças climáticas a nível mundial têm despertado o interesse crescente da comunidade científica e das populações desde a década de 1980. O Intergovernamental Panel on Climate Change [Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas] (IPCC), foi criado em 1988, e desde então vem produzindo relatórios acerca do tema. O quarto relatório científico produzido por eles, em 2007, evidencia que as alterações no clima podem afetar significativamente a vida no planeta, especialmente tratando-se de extremos climáticos, que atingem com maior rigor os países tropicais em desenvolvimento (MARENGO, 2008).

Segundo o Dossiê do Clima da USP (2014), os efeitos das atividades antropogênicas são diversos nos ecossistemas terrestres, como o aumento do nível do mar, a diminuição de volume causada pelo derretimento das geleiras, alterações nos regimes biológicos migratórios de várias espécies, acidificação dos oceanos, entre outros. Embora não seja possível atribuir a causa de eventos isolados às mudanças climáticas, como uma chuva forte ou uma seca intensa, cada vez fica mais claro estatisticamente que o número de eventos extremos em todo o planeta tem aumentado. De acordo com dados do IPCC, o número de eventos extremos ocorridos no começo do século XXI é oito vezes maior, em comparação com a década de 1950, o que gera grandes impactos econômicos.

Segundo Costa e Foley (2000), as interferências do homem nos ecossistemas naturais, podem provocar mudanças climáticas de grandes proporções. Esses efeitos já estão sendo percebidos, especialmente no regime pluviométrico, fluxo das águas ciclo de carbono e outros nutrientes e na composição atmosférica. O continente americano apresentou, já nos primeiros anos do século XXI, diversos eventos extremos em sequência, tais como chuvas torrenciais na Venezuela, inundações nos pampas argentinos, secas na Amazônia e uma temporada recorde de furacões na região do Caribe (IPCC, 2007).

3.3 Eventos Extremos no Brasil

O Brasil é considerado um país muito susceptível a ocorrência de eventos geo-hidrológicos devido às suas condições climáticas, apresentando em grande parte do seu território chuvas intensas no período do verão, e a sua formação de relevo com grandes maciços montanhosos em certas regiões. Esta susceptibilidade é agravada com o aumento da densidade populacional nos centros urbanos, pela impermeabilização dos solos e pelas interferências humanas promovendo cortes em taludes, aterros, deposição de resíduos em locais inapropriados, alterações na drenagem natural, ocupações irregulares e construções em terrenos íngremes. Infelizmente é comum que parte da população em situação de vulnerabilidade socioeconômica ocupe esses locais, por serem áreas pouco atrativas e com valor imobiliário reduzido (SILVA, 2021).

No Brasil, os desastres naturais, como as secas e excesso de chuvas têm causado muitos danos socioeconômicos (CARVALHO, 2018). Segundo dados do IBGE (2014), entre os anos de 2008 e 2012, esses eventos afetaram cerca de 40,9% dos municípios brasileiros, cerca de 1.406.713 pessoas foram desalojadas ou desabrigadas ao redor do país. O que fez com que diversos municípios a decretassem estado de emergência. A tabela 3.1 apresenta o registro de desastres naturais no Brasil entre 1986-2016 e seus danos humanos. Ela demonstra que nesse período houve 82.374.298 afetados por eventos hidrológicos, climatológicos, meteorológicos e geológicos/geofísicos somados, além de 99.923 óbitos e 918.325 casos de morbidade, que são doenças adquiridas em decorrência desses desastres.

Tabela 3.1: Registro de Desastres Naturais no Brasil e Danos Humanos, 1986-2016.

Tipos de Desastres	Total Eventos	Afetados	Mortalidade	Morbidade	Diretamente expostos	Outros Afetados
Hidrológicos	17.888	16.846.192	74.381	417.150	5.698.294	10.656.367
Climatológico	31.696	69.084.843	15.905	485.685	405.054	68.178.199
Meteorológico	3.064	1.550.394	1.673	6.617	332.912	1.209.192
Geológ./Geofís.	2.070	2.530.413	7.964	8.873	183.036	2.330.540
Total	54.718	90.011.842	99.923	918.325	6.619.296	82.374.298

Fonte: Carvalho (2018), adaptado de Banco de Dados -S2Id.

Em reportagem publicada pela Agência Brasil (2023), a mesa-redonda "Crise climática e desastres como consequência do El Niño 2023-2024: impactos observados e esperados no Brasil", promovida pela Academia Brasileira de Ciências, o Brasil está entre os 10 países mais atingidos por deslizamentos de terra. Nos últimos 20 anos, o país registrou 5 mil ocorrências que afetaram a vida de mais de 300 mil pessoas. Dos 5.570 municípios brasileiros, mais de 4 mil não possuem sistema de alerta de desastres.

3.4 Vulnerabilidade socioeconômica

A riqueza da população é um fator de grande importância para analisar a vulnerabilidade aos desastres naturais, já que as pessoas que vivem em situação de insuficiência econômica são menos capazes de pagar por moradias e infraestruturas que consigam suportar os eventos extremos e residir em áreas com menores probabilidades de serem atingidas. Após serem afetados pelos desastres, têm baixas condições de tomar ações de remediação e raramente estão protegidos por apólices de seguro, além de também terem menor propensão de adquirirem a assistência médica necessária (LICCO, 2013).

3.5 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

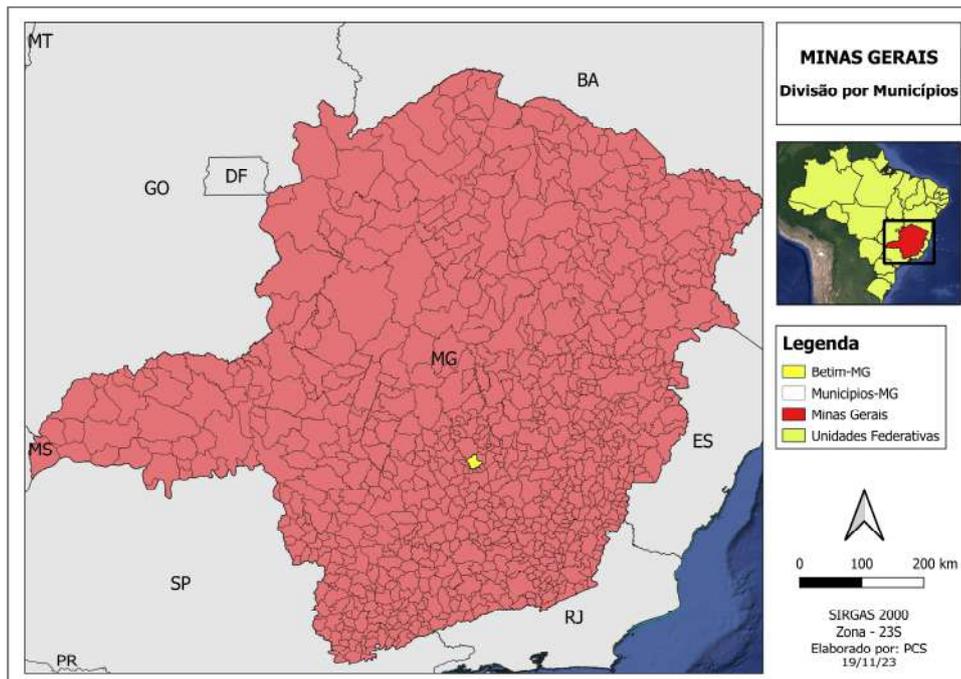
Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são dezessete metas globais que buscam ações para acabar com a pobreza, a proteção ao meio ambiente e o clima, além de garantir que todos os seres humanos, em todas as partes do planeta possam usufruir de paz e prosperidade. Estes são os objetivos para os quais as Nações Unidas estão contribuindo a fim de que possamos atingir a Agenda 2030 no Brasil. A meta nº 11, Cidades e Comunidades Sustentáveis, busca garantir o acesso a todos, até o ano de 2030 o acesso de todos aos serviços básicos, a habitação segura, adequada e à preço acessível e urbanizar as favelas, de acordo com o Instituto de Pesquisa e Economia Aplicada (2023). Infelizmente, essa ainda é uma realidade que está muito longe de ser alcançada, restando poucos anos para se atingir o prazo estabelecido.

3.6 Caracterização da Área de Estudo

O município de Betim localiza-se no estado de Minas Gerais, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, distando 26 km da capital, Figura 3.2. Segundo o último censo do IBGE, realizado em 2022, o município possui uma população de 411.859 habitantes e densidade

demográfica de 1.197,05 habitantes por quilômetro quadrado. Apresenta clima tropical, uma área de 345,8 km², situa-se numa altitude média de 817 m acima do nível do mar com topografia 60% plana, 35% ondulada e 5% montanhosa (SOARES, 2003). Betim situa-se na bacia hidrográfica do rio Paraopeba, localizada a sudoeste do estado, abrangendo uma área de 13.643 km². O rio Betim, que atravessa a cidade é um dos maiores afluentes dessa bacia.

Figura 3.6: Mapa de Minas Gerais – Divisão por municípios.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

3.7 Sistemas de Monitoramento e Alerta

Com o objetivo de evitar ou ao menos diminuir os riscos e perdas aos quais os habitantes da cidade de Betim ficam sujeitos nos períodos chuvosos, a Defesa Civil do município desenvolveu um Plano de Contingência, com procedimentos técnicos de atendimento a serem realizados em situações emergenciais. Historicamente, a cidade apresenta na estação chuvosa muitas ocorrências de deslizamentos, enxurradas, alagamentos e inundações com proporções variadas, o que por consequência acarreta em grandes prejuízos (Defesa Civil, 2023).

As ações são planejadas levando em consideração à topografia local, as regiões de declives acentuados, as áreas de várzea sujeitas a inundações, os diferentes portes dos cursos d'água que atravessam o município e as ocupações populacionais, especialmente as que ocorreram de forma desordenada. A divisão das atividades é feita de acordo com o período, considerando a estação seca e a estação chuvosa.

Durante a estação seca, que ocorre no período de abril a setembro, caracterizada pelo baixo volume pluviométrico e umidade do ar, são desenvolvidos os trabalhos preventivos, em preparação para o período das chuvas. De acordo com o Plano de Contingência municipal, essas ações envolvem o mapeamento das áreas de risco, coleta de dados, trabalho de prevenção e repressão de ocupações irregulares, especialmente em locais inseguros, realização de palestras em órgãos públicos, escolas, universidades e também a distribuição de cartilhas e panfletos, com o objetivo de orientar a população sobre como agir nas situações de risco. Além disso, são realizadas campanhas de arrecadação de roupas e agasalhos, para serem fornecidos aos cidadãos que porventura sejam atingidos pelos desastres naturais.

O órgão municipal criou o Núcleo de Proteção e Defesa Civil (NUPDEC), com a finalidade de desenvolver trabalhos permanentes de orientação às populações mais vulneráveis, que estão situadas em áreas de risco e integrá-los com instituições de segurança pública, empresas e instituições de ensino, visando uma ação conjunta de toda a sociedade para promover a segurança social. Os núcleos da NUPDEC estão distribuídos por todas as regionais da cidade, sendo elas:

- Alterosas;
- Teresópolis;
- Imbiruçu;
- Citrolândia;
- Centro;
- Vianópolis;
- Icaivera;

- Norte;
- Petrovale;
- PTB;

A estação chuvosa abrange os meses de outubro a março e é caracterizada por grandes volumes pluviométricos e alta umidade do ar. Ele é ainda subdividido em duas situações:

- Período chuvoso com normalidade;
- Período chuvoso com anormalidade;

O período chuvoso é considerado normal se as ocorrências de desastres naturais não acarretarem riscos às pessoas e ao seu patrimônio. Nessa situação são tomadas medidas como vistorias em locais de risco que foram previamente mapeados, verificação da eficácia das medidas adotadas, apontamento de correções, alertas para a desobstrução de passagem para o escoamento de águas pluviais, acompanhamento de boletins meteorológicos, implementação de escalas de sobreaviso de trabalhos técnicos operacionais para o atendimento de emergências e comunicação com a população sobre medidas preventivas para evitar acidentes (Defesa Civil, 2022).

O período chuvoso é caracterizado como anormal quando após altos volumes de precipitações se seguem eventos catastróficos. Nessa situação é acionado o comitê gestor de crise, que contará com um representante de cada secretaria municipal. Enquanto perduram as chuvas, são desencadeadas duas fases, a primeira é a de prontidão e a segunda a de socorro e prestação de assistência. Durante e após as emergências, são conduzidas ações na seguinte ordem: 1º salvar vidas, 2º assistir os sobreviventes, 3º proteger bens, 4º reparar os serviços públicos essenciais e 5º avaliar os danos. A Tabela 3.2 apresenta o plano de prevenção municipal.

Quadro 3.1: Plano de prevenção municipal.

NÍVEL	CRITÉRIO DE ENTRADA	PROCEDIMENTOS BÁSICOS
Observação	Início da operação do plano	Conscientização da população das áreas de risco, monitoramento pluviométrico e acompanhamento da previsão meteorológica
Atenção	Acumulado > 30 mm no período de 72 horas e previsão de continuidade das chuvas na região	Realizar vistorias de campo, advertir as secretarias municipais e demais integrantes do sistema municipal de proteção e defesa civil
Alerta	Acumulado > 100 mm no período de 72 horas ou previsão de chuvas que ultrapasse este valor	Remoções dos munícipes em situações em que é possível prever acidente observado pelas vistorias de campo (áreas de risco alto e muito alto), acionamento do alerta comunitário, monitoramento pluviométrico, acompanhamento da previsão meteorológica
Alerta Máximo	Previsão > 150 mm no período de 84 horas ou previsão de chuvas que ultrapasse este valor ou constatação da necessidade de apoio de instituições estaduais e/ou federais	Avaliar a necessidade da retirada da população das áreas de risco em todos os setores de risco identificados no plano, monitoramento pluviométrico, acompanhamento da previsão meteorológica

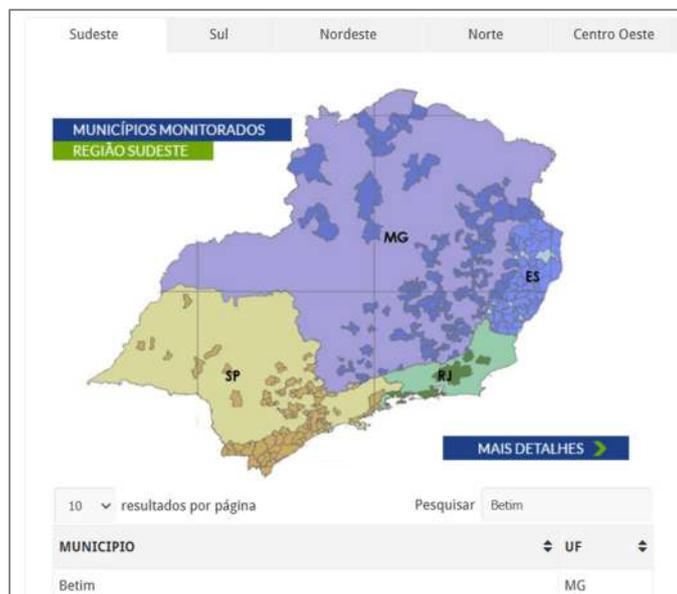
Fonte: Adaptado do Plano de Contingência da Defesa Civil de Betim (2022).

3.8 Cemaden

O Cemaden (Centro Nacional de Monitoramento e Prevenção de Desastres Naturais) é um núcleo vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, fundado em 2011, com o objetivo de gerenciar as ações governamentais na prevenção e monitoramento de desastres naturais em território brasileiro, atuando em parceria com órgãos federais, estados, municípios, Defesas Civis e a sociedade civil como um todo.

No escopo do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres, o Cemaden monitora, até o presente momento, 959 municípios distribuídos em todas as regiões brasileiras, sendo a sudeste a que possui o maior número de municípios monitorados, como visto na figura 3.3. Os municípios monitorados pelo Cemaden têm histórico de registros de desastres naturais decorrentes de movimentos de massa (deslizamentos de encosta, corridas de massa, solapamentos de margens e terras caídas, queda e rolamento de blocos rochosos e processos erosivos) e/ou decorrentes de processos hidrológicos (inundações, enxurradas, grandes alagamentos). Em complemento, os municípios monitorados passam a ter as áreas de riscos para processos hidrológicos e geológicos identificados, mapeados e devidamente georreferenciados.

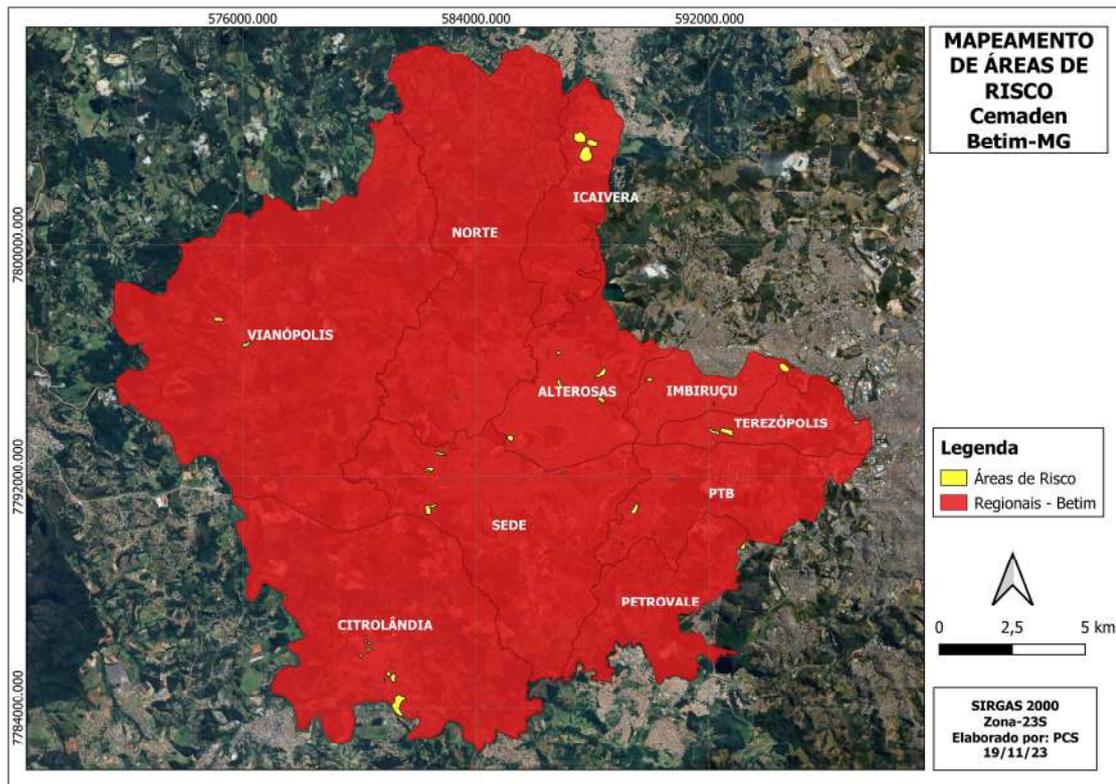
Figura 3.6: Municípios monitorados pelo Cemaden no sudeste brasileiro.



Fonte: Cemaden (2023).

No ano de 2012, o município de Betim-MG passou a ser monitorado pelo Cemaden, que se utilizou do corpo técnico da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), para a execução dos trabalhos de campo e análises de dados. Foram identificadas 35 áreas classificadas como de risco alto a muito alto para movimentos de massa e inundação, distribuídas por todas as regionais, de acordo com o corpo técnico da Defesa Civil Municipal de Betim, com base no número de ocorrências registradas até então, conforme a figura 3.4. Foi observado um perfil de ocupação desordenado e irregular, nas regiões de cabeceira de drenagem e talvegues distribuídos pela cidade. As moradias, em geral, apresentavam padrão construtivo de médio a baixo, o que aumenta a susceptibilidade a ocorrência de eventos geo-hidrológicos. O número de habitantes da cidade, segundo o censo do IBGE de 2010, era de cerca de 378.089, sendo que aproximadamente 2394 famílias estavam residindo nas áreas de risco mapeadas. Observou-se, contudo, que havia uma grande falta de percepção de risco por parte dos moradores, que além de conviverem com os perigos de catástrofes ainda os potencializavam, fazendo cortes verticais nas bases das encostas com o objetivo de aplainar os terrenos, retirando sua cobertura vegetal, despejando de forma direta nas encostas as águas servidas e de fossas, resíduos sólidos domésticos e entulhos (Cemadem, 2012).

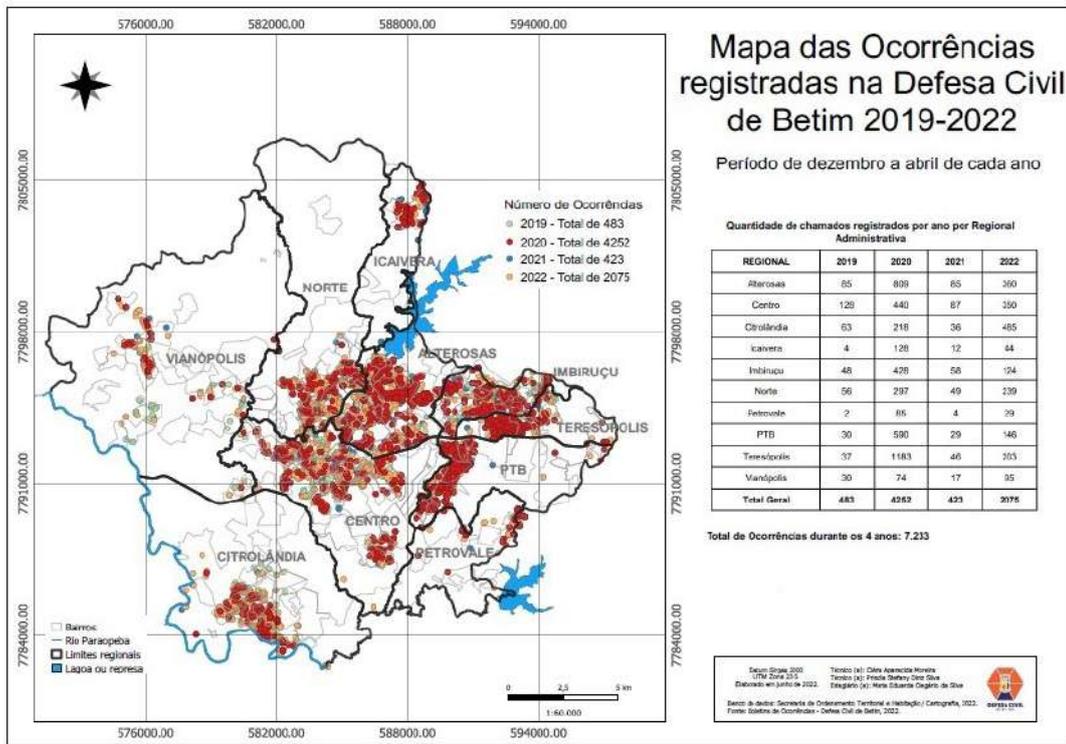
Figura 3.7: Áreas de risco mapeadas pelo Cemaden



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

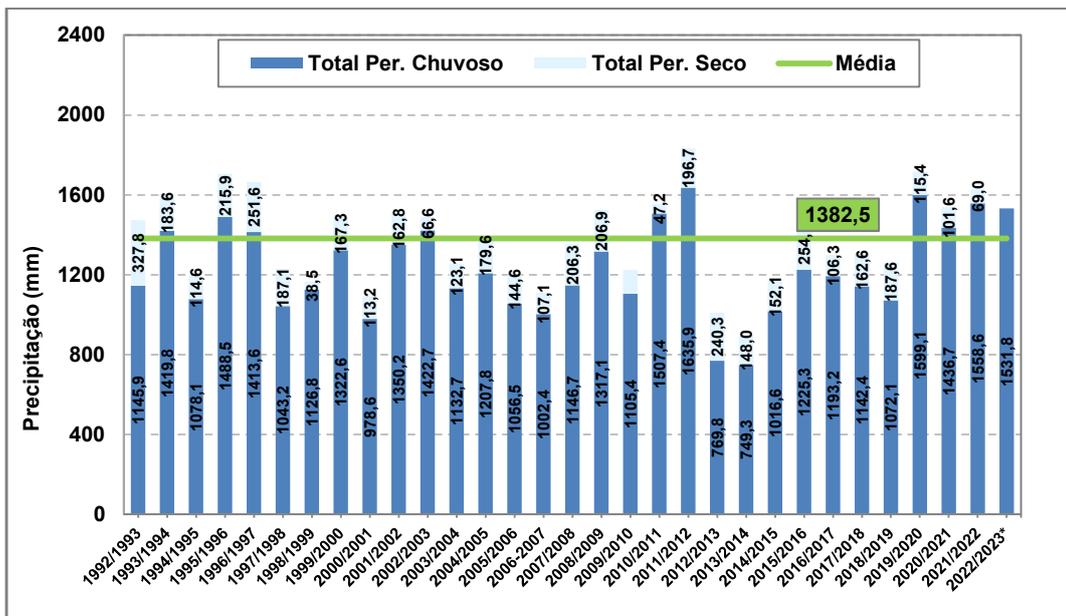
Nos últimos quatro anos há registros de ocorrências de risco geo-hidrológicos pela Defesa Civil em todas as regionais do município de Betim, conforme a Figura 3.5, contudo as regionais que apresentaram números mais significativos foram as regionais Teresópolis, Alterosas e Centro, com 1469, 1339 e 1002 incidências, respectivamente. Ao todo, foram registradas 7233 ocorrências no período. É possível observar também que o maior volume de ocorrências se deu no ano hidrológico, que leva em consideração as estações seca e chuvosa, de 2019/2020. Esse período ficou caracterizado por apresentar um dos maiores índices de precipitação dos últimos trinta anos, de acordo com o banco de dados da Agência Nacional das Águas (2023), para a estação de monitoramento 01944004, localizada no centro de Betim, com 1714,15 mm, como demonstra a Figura 3.6.

Figura 3.8: Mapa de ocorrências de risco de eventos geo-hidrológicos em Betim-MG.



Fonte: Defesa Civil de Betim, (2022).

Figura 3.9: Precipitação acumulada por ano hidrológico - ANA (2023)



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi realizada pesquisa bibliográfica acerca dos temas de desenvolvimento do trabalho, utilizando-se como base artigos científicos, teses, dissertações, livros e manuais disponíveis nas plataformas de consulta Google Acadêmico e Scielo e em sites oficiais do Governo e da Prefeitura Municipal de Betim.

Em seguida, foram avaliadas as áreas de risco existentes na cidade de Betim, por meio de download dos arquivos disponibilizados no portal do CPRM, como os mapas situacionais desses locais relativos ao ano de início do monitoramento, os relatórios das áreas de risco com as tratativas sugeridas pelo órgão e os arquivos com as áreas de risco circunscritas em formato KML.

Foi realizada consulta à defesa Civil Municipal, com o objetivo de obter informações oficiais acerca do mapeamento municipal das áreas de risco, o detalhamento do número de chamados registrados e medidas tomadas para a redução de risco nas áreas críticas, porém, não se obteve sucesso à tempo hábil, para a realização do trabalho. Dessa forma, para se obter informações documentadas sobre as ocorrências de maior gravidade foram realizadas buscas em noticiários disponíveis na internet, por meio da ferramenta de pesquisa do Google, utilizando as palavras-chave: deslizamentos, eventos geo-hidrológicos, desastres naturais, catástrofes ambientais, buscando por episódios de deslizamentos com vítimas fatais ocorridos na cidade de Betim à partir de 2012.

Em seguida, foi realizada visita a essas áreas atingidas pelos deslizamentos, com o objetivo de se obter um panorama atual das condições da população. Assim sendo, foram feitos registros fotográficos dos pontos de interesse e aplicadas entrevistas semiestruturadas aos moradores locais, questionando o que foi feito desde então pelo poder público para a prevenção de novas ocorrências. As perguntas elaboradas foram:

- I) Após a ocorrência do deslizamento, foram realizadas obras estruturais para a prevenção de novos desastres ambientais?
- II) Houve remoção de moradores da área de risco?
- III) O poder público ofereceu alguma contrapartida para abrigar os moradores que perderam suas casas ou que tiveram que ser removidos?

IV) Você considera que a defesa civil municipal se faz presente na região?

Por fim, foi realizado um comparativo da evolução das áreas afetadas entre os anos de 2012 e 2023, com a finalidade de confrontar a situação atual dos locais com a que se apresentava antes dos eventos catastróficos e observar se houve aumento populacional aparente nas áreas de risco, utilizando para isso imagens de satélite disponíveis no software Google Earth.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados da pesquisa por deslizamentos

Através da ferramenta de busca do Google, foram identificadas nos jornais locais três ocorrências de deslizamentos de encostas no município de Betim a partir do ano de 2012. Todos esses episódios infelizmente deixaram vítimas fatais, conforme apresentado na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Deslizamentos de maior gravidade ocorridos em Betim.

Ocorrência	Regional	Fonte	Data
Deslizamento – 4 óbitos	Alterosas	Jornal - O Tempo Jornal - Estado de Minas	24/01/2020
Deslizamento – 2 óbitos	Teresópolis	Jornal - O Tempo G1 - Globo	24/01/2020
Deslizamento – 1 óbito	Citrolândia	Agenda Betim G1 - Globo	08/01/2022

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Destaca-se que duas ocorrências com mortes ocorreram no mês de janeiro de 2020, período em que o município de Betim e toda a Região Metropolitana de Belo Horizonte passaram por intensas chuvas com volumes pluviométricos muito elevados.

5.2 Visitas às áreas de risco e entrevista com os moradores

No dia 15/11/23 foi realizada visita às áreas de risco selecionadas, produzido registro fotográfico para se obter um panorama da situação atual dos locais, relacionados na tabela 5.2, aferir se houve atuação do poder público na construção de estruturas para diminuição do risco de novas ocorrências, remoção de famílias das áreas em questão e também ter uma visão geral do padrão construtivo das residências. Além disso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os moradores locais, para entender a percepção destes sobre a atuação do Estado nos locais após as ocorrências. É importante ressaltar que não se pode

afirmar que a opinião dos entrevistados reflete a verdade absoluta, mas é significativa no sentido de demonstrar como eles enxergam a atuação pública na região em que vivem.

Tabela 5.2: Endereços visitados

Visita	Local	Regional	Data
1	Rua de Londres, Duque de Caxias	Alterosas	15/11/2023
2	Rua São Miguel , Chácaras Santo Antônio II	Teresópolis	15/11/2023
3	Rua Nestor Palhares, Citrolândia	Citrolândia	15/11/2023

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

5.2.1 Visita 1

A primeira visita ocorreu na Rua Londres, bairro Duque de Caxias. Acidente ocorrido em janeiro de 2020, durante a estação chuvosa. Um deslizamento somado a um rolamento de blocos em uma encosta provocou a destruição de três residências, deixando quatro vítimas, sendo três delas da mesma família. Em visita ao local, observou-se que as casas na área de ocorrência do deslizamento apresentavam padrão construtivo de baixo para médio. Foi realizada entrevista semiestruturada com dois moradores que estavam juntos no momento da visita. Eles informaram que não foi realizada nenhuma obra estrutural de contenção na encosta até então, mas que todas as famílias que estavam mais próximas ao local onde ocorreu o deslizamento tinham sido removidas e estariam recebendo aluguel social. Segundo eles, a Defesa Civil e vários profissionais de engenharia estiveram no local após a ocorrência do desastre, mas atualmente a região não estaria mais recebendo visitas do órgão municipal. Eles relataram ainda, que as casas afetadas foram construídas obstruindo o escoamento das águas de enxurrada, que anteriormente tinham passagem livre sobre a encosta, o que pode ter contribuído para o acontecimento do deslizamento. Segundo um dos moradores, que mora logo em frente de uma das casas atingidas, um dos cômodos teria se soltado da fundação e foi deslocado ainda inteiro para dentro do terreno dele, devido à grande força do deslizamento.

As figuras 5.1 e 5.2, demonstram como estão as casas diretamente atingidas pelo deslizamento atualmente. Nota-se que as marcas da tragédia ainda permanecem, é visível uma grande quantidade de terra remanescente em um dos cômodos, as paredes destruídas

juntamente com os restos de entulhos gerados e a marca do local onde a terra se despreendeu da encosta.

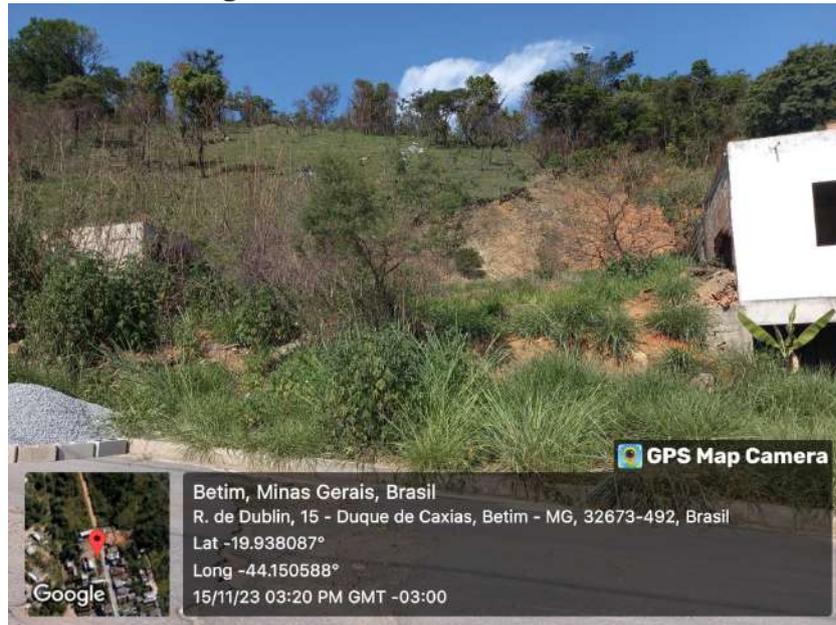
Figura 5.1: Área de deslizamento 1. **Figura 5.2:** Área de deslizamento 1.



Fonte: autora (2023).

A figura 5.3 apresenta o local em que a terra se despreendeu da encosta, ocasionado o deslizamento.

Figura 5.3: Área de deslizamento 3.



Fonte: autora (2023).

As figuras 5.4 e 5.5 mostram como umas das casas atingidas ficou internamente, ainda permanecem no local alguns dos móveis da família e os resíduos de terra do deslizamento.

Figura 5.4: Área de deslizamento 1. **Figura 5.5:** Área de deslizamento 1.



Fonte: autora (2023).

A figura 5.6 apresenta as casas vizinhas ao local do deslizamento. Desde janeiro de 2020 os ex-moradores destes locais foram removidos e estariam recebendo o aluguel social da prefeitura, com o valor atual de R\$ 600,00.

Figura 5.6: Área de deslizamento 3.



Fonte: autora (2023)

5.2.1.1 Análise da evolução da Área 1 por satélite

A escolha das imagens de satélite, disponíveis no programa Google Earth Pro, levou em consideração quatro momentos diferentes, para fins de comparação. O primeiro foi o ano de 2012, escolhido por ser o período em que houve o mapeamento das áreas de risco pelo Cemaden. Contudo, é válido frisar que os locais 1 e 3 não tinham sido considerados como áreas de risco pelo órgão e não estavam incluídos no monitoramento, mas para uniformizar a análise, optou-se por partir do mesmo ano inicial. O segundo ano escolhido foi o ano anterior à ocorrência de deslizamento, para possibilitar a observação das condições locais o mais próximo possível de quando os desastres ocorreram. Em seguida, foram escolhidas as imagens pós-deslizamento, com o objetivo de demonstrar os estragos ocasionados e, por fim, imagens atuais, referentes ao ano de 2023. Por meio das imagens obtidas pelos

satélites é possível observar se houve crescimento populacional nas áreas afetadas, o que por um lado seria desaconselhável e arriscado, devido à probabilidade de ocorrência de novos desastres naturais, mas por outro lado seria possível, devido ao déficit habitacional e dificuldade da população em custear uma moradia em local seguro. Na figura 5.7, referente ao ano de 2012, observa-se que ainda não haviam construções na área atingida, enquanto a figura 5.8 já demonstra que houve crescimento da região, referente ao ano de 2019. Em 2020, ano em que ocorreu a catástrofe, como demonstra a figura 5.9, o deslizamento atingiu diretamente três residências vizinhas. Pode-se observar que após o acontecimento não foram construídas novas casas no local, conforme mostra a figura 5.10.

Figura 5.7: Área de deslizamento 3 (2012). **Figura 5.8:** Área de deslizamento 3 (2019)



Fonte: autora (2023).

Figura 5.9: Área de deslizamento 2 (2020). **Figura 5.10:** Área de deslizamento 2 (2023).



Fonte: autora (2023).

5.2.2 *Visita 2*

Beco do Fagundes - Teresópolis. O desastre ambiental ocorrido em janeiro de 2020, durante a estação chuvosa, deixou duas vítimas fatais, após deslizamento de terra, que provocou o desabamento de algumas residências no local. Este ponto estava incluído no mapeamento de áreas de risco realizado pelo Cemaden, no ano de 2012, que apontou aproximadamente 120 moradias sujeitas a deslizamentos. Após a ocorrência da catástrofe, o Ministério Público determinou a saída dos moradores da área, 27 famílias teriam deixado do local, no entanto sete famílias se recusaram a deixar suas casas, mesmo com a oferta de aluguel social, ou a possibilidade de serem realocados para moradias populares na região do Citrolândia, segundo apurado pela reportagem do jornal O Tempo, de janeiro de 2022. Durante a visita ao local, observou-se que as residências apresentam baixo padrão construtivo. Na região, é perceptível que boa parte das casas foram abandonadas pelos moradores, em algumas já haviam sido retiradas até mesmo as portas e janelas, mas outras delas ainda permanecem habitadas. Na entrevista semiestruturada realizada com um morador local, este informou que não foram realizadas obras para redução do risco de deslizamentos, pois conforme informado aos habitantes locais pela Prefeitura de Betim, a área não possuiria estrutura adequada para suportar a construção de um muro de contenção. Segundo ele, as famílias removidas estariam recebendo o aluguel social, além disso, ele relatou que a Defesa Civil se faz presente no local sempre que é chamada pela população.

As figuras 5.11, 5.12 e 5.13 mostram os destroços das casas que foram atingidas pelo deslizamento e vista parcial de outras residências presentes na área de risco.

Figura 5.11: Área de deslizamento 2 – Beco Fagundes.



Fonte: autora (2023).

Figura 5.12: Área de deslizamento 2. **Figura 5.13:** Área de deslizamento 2.



Fonte: autora (2023).

A figura 5.14 apresenta as casas construídas na base da encosta onde ocorreu o deslizamento. percebe-se que os moradores já deixaram o local e as casas encontram-se vazias.

Figura 5.14: Área de deslizamento 2 – Residências da base da encosta.



Fonte: autora (2023).

No levantamento realizado pelo CPRM em 2012, foram disponibilizados registros fotográficos da área de risco atingida, que mostravam o quanto as habitações e condições de saneamento no local estavam precarizadas, conforme as figuras

A Figura 5.15 mostra uma encosta com esgoto corrente a céu aberto, bem próxima as residências, enquanto a Figura 5.16 apresenta outra encosta, na qual ocorria descarte inadequado de resíduos. Ambas as situações potencializam os riscos de deslizamento.

Figura 5.15: Área de risco Teresópolis**Figura 5.16:** Área de risco Teresópolis

Fonte: Cemaden (2012)

A Figura 5.17 também apresenta um local com descarte irregular de resíduos sólidos e despejo de esgoto diretamente em via pública e a Figura 5.18 retrata algumas das construções feitas no local.

Figura 5.17: Área de risco Teresópolis**Figura 5.18:** Área de risco Teresópolis

Fonte: Cemaden (2012)

5.2.2.1 Análise da evolução da Área 2 por satélite

Conforme a figura 5.19, de 2012, nota-se que uma grande área foi considerada como de risco alto a muito alto pelo Cemaden. Segundo o órgão, nessa região grande parte das moradias foram construídas em declividades relativamente altas. Na época, observou-se grande quantidade de lixo no local, águas servidas e encanadas brotando do chão. Essa situação apresentava um alto risco, pois a grande quantidade de água provoca erosão subsuperficial, carreando sedimentos e provocando pequenos vãos sob as residências,

criando trincas e provocando pequenos desmoronamentos. Era possível observar pequenos deslizamentos de terra dentro dos becos ao longo de toda a encosta. Foi recomendado na época a construção de obras de contenção, drenagens superficiais, a implementação de saneamento básico no local, a limpeza da área e até mesmo a remoção dos moradores de dentro da área do polígono amarelo. Na época, estimou-se que cerca de 600 famílias moravam no local, o que daria aproximadamente 2400 pessoas. Na Figura 5.20, de 2019, alguns meses antes do desastre ocorrer, não é possível observar se houve aumento significativo no número de residências dentro da área de risco. Porém, na área do deslizamento, em vermelho, nota-se algumas possíveis marcas de erosão no talude. Na Figura 5.21, referente ao ano de 2020, é possível notar as marcas do deslizamento do talude e que parte das residências ao lado esquerdo do polígono foram atingidas. Neste desastre infelizmente duas pessoas vieram a óbito, e várias outras ficaram soterradas sob os escombros e precisaram ser socorridas por outros moradores. Na Figura 5.22, cerca de três anos após o ocorrido, é visível que algumas casas contidas dentro da área atingida foram demolidas e não foram construídas novas residências no local.

Figura 5.19: Área de deslizamento 2 (2012). **Figura 5.20:** Área de deslizamento 2 (2019)



Fonte: autora (2023).

Figura 5.17: Área de deslizamento 2 (2020). **Figura 5.18:** Área de deslizamento 2 (2023)



Fonte: autora (2023).

5.2.3 Visita 3

Área de ocorrência de deslizamento no bairro Citrolândia, rua Nestor Palhares, paralela ao córrego Goiabinhas. Em janeiro de 2022, durante a estação chuvosa, houve deslizamento de terra, provocando a destruição de uma casa e a morte de um morador, que morava sozinho no local. Este endereço não estava incluído no mapeamento de áreas de risco realizado pelo Cemadem, em 2012. Na visita realizada, foi possível observar que foi construído muro de arrimo na área, pelo poder público, para a prevenção de novos acidentes, conforme as Figuras 5.19 e 5.20.

Figura 5.19: Área de deslizamento 1- Rua Nestor Palhares.



Fonte: Autora (2023)

Figura 5.20: Área de deslizamento 1.



Fonte: Autora (2023)

As residências próximas à região do deslizamento apresentam padrão construtivo de médio a baixo. Foi realizada entrevista semiestruturada uma moradora residente a aproximadamente 5m de distância do local do acidente. Conforme pode-se observar no local, ela confirmou que a Prefeitura de Betim construiu um muro de arrimo no terreno afetado pelo deslizamento. Segundo ela, não foram removidos moradores do entorno, dessa forma não houve necessidade de oferecimento de contrapartidas pelo poder público. Ela informou ainda que a Defesa Civil Municipal faz visitas periódicas ao local. Conforme relatado por ela, que se mudou para esse endereço há aproximadamente um ano, em uma das vistorias realizadas pela Defesa Civil, eles detectaram a presença de algumas rachaduras na parede do imóvel em que ela mora com sua família e orientaram a moradora a fazer reparos no local. Enquanto os reparos não foram realizados, eles continuaram a fazer visitas periódicas à sua residência.

5.2.3.1 Análise da evolução da Área 3 por satélite

Conforme é possível observar, na Figura 5.21, em 2012 a área de declive onde houve o deslizamento, em frente ao córrego Goiabinhas, ainda não era habitada e no local haviam muitas árvores. O número de moradias como um todo, na região era visivelmente menor. Em 2021, alguns meses antes do deslizamento ocorrer, conforme a Figura 5.22, a área já havia sido quase totalmente desmatada e havia sido construído um barracão na parte superior do terreno, abaixo de um talude.

Na Figura 5.23, de 2022, pode-se observar as marcas do deslizamento no terreno, que partiu do talude construído acima do barracão, percorrendo toda a área marcada. Por fim, a Figura 5.24, de 2023, mostra o terreno sem o barracão, que foi destruído pelo deslizamento. Nota-se que a vegetação voltou a crescer e que no local não há sinais de novas construções. Aparentemente as construções vizinhas não foram atingidas pelo desastre, ao menos de forma grave.

Figura 5.21: Área de deslizamento 1 (2012). **Figura 5.22:** Área de deslizamento 1 (2021).



Fonte: autora (2023)

Figura 5.23: Área de deslizamento 1 (2022). **Figura 5.24:** Área de deslizamento 1 (2023)



Fonte: autora (2023)

6. CONCLUSÃO

A cidade de Betim possui diversas áreas de risco geológico, nas quais os habitantes estão expostos aos deslizamentos, seja morando sobre encostas, ou em locais diretamente afetados por elas. Conforme se pôde aferir, grande parte da população, devido às carências socioeconômicas, acaba construindo moradias de baixo padrão, que são ainda mais suscetíveis a esses desastres ambientais.

Percebe-se também a necessidade reforçar o mapeamento das áreas de risco, já que dois terços dos eventos que resultaram em óbitos recentemente, se deram em locais que não estavam incluídos no monitoramento realizado pelo Cemaden. Segundo notícia disponibilizada pela Prefeitura de Betim e confirmada em uma das visitas à Defesa Civil Municipal, eles já estariam trabalhando nesse sentido e o número de pontos monitorados teria subido de 35 para 78. Porém, como não foi disponibilizado o acesso a esses dados em tempo hábil para o desenvolvimento do trabalho, não foi possível verificar se as demais áreas atingidas pelos deslizamentos foram incluídas no monitoramento do órgão. Essa foi uma deficiência percebida e um possível ponto de melhoria, já que devido a esses dados serem de interesse público, eles deveriam estar disponíveis a toda população no portal oficial da prefeitura, ou ao menos ser fornecidos com facilidade quando solicitados pelos cidadãos.

Conforme se pôde perceber, a prefeitura do município tem atuado no sentido de mitigar os riscos a que estão sujeitas as populações nas áreas de risco, seja por meio da construção de intervenções estruturais, remoção da população dos locais afetados ou visitação dos agentes da Defesa Civil. Mas ainda há muito a ser feito, pois conforme observado nem todos os locais receberam melhorias em sua estrutura e parte da população que deveria ter sido removida permanece morando nas áreas de risco. É importante que o poder público atue efetivamente também no sentido de evitar que a população se instale nesses pontos, monitorando-os constantemente. Além disso, se faz necessário fornecer contrapartidas que possibilitem que todos os moradores saiam desses locais e possam viver em segurança, já que o direito à moradia é uma prerrogativa constitucional, ligado ao princípio da dignidade humana. Portanto, quando a população não tem condições de prover habitação em condições dignas para si própria, passaria a ser um dever do Estado o seu fornecimento.

É importante reforçar que este trabalho não teve a pretensão de demonstrar por completo a situação das áreas de risco do município, porque para isso, seria necessário visitar preferencialmente todas as áreas mapeadas, verificando a atuação do poder público caso-a-caso, considerando também as ocorrências de menor gravidade e todos os chamados feitos pela população nos últimos anos, o que infelizmente não foi possível devido às limitações de tempo e recursos. Contudo, o presente estudo permitiu identificar as tratativas que vêm sendo realizadas nos locais que foram atingidos pelos desastres e as contrapartidas as quais a população diretamente afetada está tendo acesso.

Dessa forma, recomenda-se que em um futuro breve seja realizado um trabalho mais robusto, para que os munícipes de Betim e todos os interessados nessa temática tenham acesso livre e facilitado a essas informações.

7 BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA BRASIL. **Brasil Está Entre os Países Mais Atingidos Por Deslizamentos**. 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2023-11/brasil-esta-entre-os-paises-com-maior-area-atingida-por-deslizamentos#:~:text=Publicado%20em%2016%2F11%2F2023,mais%20de%20300%20mil%20pessoas>. Acesso em 02 de novembro de 2023.

ALCANTARA-AYALA, I. *Geomorphology, Natural Hazards, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in Developing Countries*. **DCEE-MIT**, Massachusetts, Abril. 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X02000831?via%3Dihub>. Acesso em: 10 setembro 2023.

ALVARADO, L. A. **Simulação Bidimensional de Corridas de Detritos Usando o Método de Elementos Discretos**. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Hidroweb. Séries Históricas**. Brasília, 2023.

Disponível em: < <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em 1 de agosto de 2023.

AUMOND, J. J.; ROGÉRIO, P. **O Manual de Deslizamento - Um Guia Para a Compreensão de Deslizamentos**. Virginia: United States Geological Survey, 2008. Disponível em: https://engenhariacompartilhada.com.br/noticia/exibir/7039102_manual-de-deslizamento--guia-para-compreensao-de-deslizamentos. Acesso em: 12 de outubro de 2023.

BALLANTYNE, C. **Geomorphological Changes and Trends in Scotland: Debris-Flows**. Edinburgh: Scottish Natural Heritage Commissioned Report. 2004.

CARVALHO, I. C. *Análise de Recorrências de Eventos de Desastres Naturais com Base no Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres (s2id) e Séries Históricas de Precipitação no Brasil: Uma Contribuição Metodológica*. **Tese de Doutorado**, Brasília, 2018. Acesso em: 7 setembro 2023.

CEMADEN. **Aspectos Técnicos dos Extremos Geo-Hidrológicos no País e as Diferenças Regionais**, São José dos Campos, 2022. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/7682>. Acesso em: 1 setembro 2023.

CIDRAL, W. R.; ANDRADE FILHO, P. M.; DUQUÊCH, J.; SILVA, F. A. R.; MONTEIRO, L. R.; OLIVEIRA, U. C. *Aplicação do Índice de Potencial de Enxurradas em Joinville - SC*. **XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Joinville, 2021. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cct/id_cpmenu/7927/2021___Cidral_1639769550739_7927.pdf. Acesso em: 7 setembro 2023.

COSTA, M. H.; FOLEY, J. *Combined Effects of Deforestation and Doubled Atmospheric CO₂ Concentrations on the Climate of Amazonia*. **Journal of Climate**, Madison, 2000. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/13/1/1520-0442_2000_013_0018_ceodad_2.0.co_2.xml. Acesso em: 7 setembro 2023.

DEFESA CIVIL BETIM-MG. **Plano de Contingência Período de Chuva 2022-2023**, Betim, 2022. Disponível em: <https://www.betim.mg.gov.br/portal/secretarias/30/superintendencia-de-defesa-civil/>. Acesso em: 10 setembro 2023.

FREEPIK. **Deslizamento de terra**. Disponível em: < https://br.freepik.com/vetores-premium/desastre-natural-de-fluxo-de-lama-dos-desenhos-animados-fluxo-de-lama-de-deslizamento-de-terra-com-pedras-lavadas-casas-fluxos-de-lama-cataclismo-extremo-ilustracao-vetorial-plana-em-fundo-branco_35703236.htm>. Acesso em 17 de dezembro de 2023.

G1. **Homem Morre Soterrado Dentro de Casa Após Chuva em Betim**. Disponível em:< <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2022/01/08/homem-morre-soterrado-dentro-de-casa-apos-chuva-em-betim.ghtml>>. Acesso em: 20 de novembro de 2023.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: Edgard Blucher. 1984, p. 216.

HIGHLAND, L.; BOBROWSKY, P. **The Landslide Handbook - A Guide to Understanding Landslides**. Reston: United States Geological Survey. 2008.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/6d4743b1a7387a2f8e699273970d77.pdf. Acesso em: 7 setembro 2023.

INFANTI JUNIOR, N. & FORNASARI FILHO, N. **Processos de Dinâmica Superficial**. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 9, p.131-152. Disponível em: < <https://www.abge.org.br/downloads/revistas/volume22017041921310480345.pdf>>. Acesso em 17 de dezembro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais Perfil dos Municípios Brasileiros 2013**, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2013/munic2013.pdf. Acesso em: 10 setembro 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Impacts Adptation and Vulnerability**, Cambridge, 2007. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf. Acesso em: 10 setembro 2023.

JORNAL O TEMPO. **Autoridades de Betim Confirmam Seis Mortes Por Causa das Chuvas**. Betim, 2020. Disponível em: < <https://www.otempo.com.br/cidades/autoridades-de-betim-confirmam-seis-mortes-por-causa-das-chuvas-1.2289014>>. Acesso em: 15 de novembro de 2023.

LICCO, E. A. VULNERABILIDADE SOCIAL E DESASTRES NATURAIS: UMA ANÁLISE PRELIMINAR SOBRE PETRÓPOLIS, RIO DE JANEIRO. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. ISSN 1980-0894, Dossiê, Vol. 8, n. 1. São Paulo,

2013. Disponível em: < https://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/2_DOSSIE_vol-8n1.pdf>. Acesso em: 17 de dezembro de 2023.

LICCO, E. A.; MAC DOWELL, S. F. Alagamentos, Enchentes Enxurradas e Inundações: Digressões. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, São Paulo, 2015. Disponível em: http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2015/12/110_IC_artigo-.pdf. Acesso em: 7 setembro 2023.

MARENCO, J. A. Água e Mudanças Climáticas. **Instituto Nacional de Mudanças Espaciais - INPE**, São José dos Campos, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/fXZzdm68cnz6Khr8zYx3L/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 7 setembro 2023.

MONTGOMERY, C. **Environmental Geology**. 3º. ed. Ann Arbor: Wm. C. Brown, 1992.

OLIVEIRA, A. M. D. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. 1º. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABES, 1998.

PINTO, T. A.; MATTOS, E. V.; SOUZA, D. O. Desastres Naturais em Minas Gerais (2016-2020). **X Simpósio da Pós- Graduação em Ciência do Sistema Terrestre**, Itajubá, 2021., p. 6 Disponível em: http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m16c/2021/12.08.16.21/doc/Pinto_desastre.pdf. Acesso em: 7 setembro 2023.

Prefeitura de São Bernardo do Campo. **Alagamentos**. Disponível em: < https://www.facebook.com/prefsbc/photos/a.744421252275421/887113018006243/?type=3&locale=pt_BR>. Acesso em: 17 de dezembro de 2023.

SILVA, A. **Programa Computacional Alerta de Deslizamentos, João Pessoa, 2021**. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/26272/1/Programa%20computacional%20alerta%20de%20deslizamentos%20Jo%20c3%a3o%20PessoaPB.pdf>. Acesso em: 7 setembro 2023.

SOARES, C. A. **Análise do Parcelamento do Solo no Município de Betim-MG**, Belo Horizonte, 2003. Disponível em: <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/carlosafonso2003.pdf>. Acesso em: 10 setembro 2023.

The Internacional Disaster Database, 2023. Disponível em: <https://www.emdat.be/>. Acesso em: 10 setembro 2023.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. D. **Desastres Naturais: Conhecer Para Prevenir**. 3º. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2017/05/Conhecer_para_Prevenir_3ed_2016.pdf. Acesso em: 10 setembro 2023.

TUCCI, C. E. **Inundações Urbanas**. 1º. ed. Porto Alegre: ABRH, 2007.

UN-ISDR, U. N. I. S. F. D. R. **Living with Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives.**, 2002. Disponível em: http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm. Acesso em: 7 setembro 2023.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Dossiê do Clima. **Revista USP**, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/99191/97658/172672>. Acesso em: 7 setembro 2023.

VALENTE, O. F. **Reflexões Hidrológicas Sobre Inundações e Alagamentos Urbanos**, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/minhacidade/10.109/1839>. Acesso em: 1 setembro 2023.

ANEXOS



Homem morre soterrado dentro de casa após chuva em Betim

Esta foi a primeira morte do período chuvoso deste ano no município, e aconteceu no bairro Citrolândia.

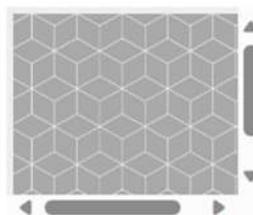
Por Cíntia Neves, TV Globo — Belo Horizonte
08/01/2022 19h35 - Atualizado há um ano



Córrego Bandeirinhas transbordou em Betim, na Grande BH. — Foto: Prefeitura de Betim/Divulgação

A chuva provocou a morte de um homem em **Betim**, na Grande BH. Ele tinha 38 anos e foi soterrado em casa, na região do bairro Citrolândia, neste sábado (8).

- **Chuva em Minas Gerais: veja a situação de cidades atingidas nas últimas 24 horas**





BALANÇO OFICIAL

Autoridades de Betim confirmam seis mortes por causa das chuvas

Quatro vítimas morreram no bairro Duque de Caxias, e outras duas no bairro Jardim Teresópolis

Por Da Redação Publicado em 25 de janeiro de 2020 | 09h25 - Atualizado em 25 de janeiro de 2020 | 09h49



Bombeiros trabalham para resgatar corpo — Foto: Ronaldo Silveira

Seis pessoas morreram vítimas da chuva em Betim, na região metropolitana. A informação foi passada pela prefeitura. Todas foram vítimas de deslizamentos de encostas que atingiram residências na noite de sexta (24).

Quatro das vítimas foram no bairro Duque de Caxias, e outras duas pessoas morreram no beco Fagundes, no bairro Jardim Teresópolis.