

## MAPEAMENTO DO RISCO GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CARATINGA – MG, NA ESCALA ADEQUADA À GESTÃO DO RISCO

Leonardo Andrade de Souza<sup>1</sup>

**Resumo** - O mapeamento do risco geológico de Caratinga - MG é parte integrante de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) firmado entre a Prefeitura municipal e o Ministério Público Estadual de Minas Gerais, a partir do cenário de risco estabelecido pela setorização emergencial de risco executada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) no ano de 2012. O trabalho é um extrato de um estudo mais amplo, que se refere ao Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) que teve como objetivos principais a ampliação do conhecimento sobre os processos geodinâmicos ocorrentes, riscos e ações de gerenciamento efetivas para enfrentamento dos eventos adversos. Os dados apresentados referem-se, especificamente, ao mapeamento do risco geológico (movimentos gravitacionais de massa). Além dos resultados da etapa de mapeamento do risco geológico, tem-se uma análise comparativa entre os cenários de risco gerados pelo mapeamento emergencial de 2012 e o mapeamento executado no PMRR, ano de 2019. O município tem sua sede a 311.0 quilômetros da capital do estado, possuindo uma população de aproximadamente 90 mil habitantes. O PMRR tornou-se uma importante ferramenta para orientar a implementação de uma política pública de gestão para a redução de riscos e desastres em Caratinga, principalmente por considerar a escala de cadastro como a adequada para a efetiva gestão do risco.

**Palavras-chave:** Redução de Risco, Política Pública, Cartografia Geotécnica.

**Abstract** - The mapping of the geological risk of Caratinga - MG is an integral part of a Term of Conduct Adjustment (TAC) signed between the City Hall and the State Public Ministry of Minas Gerais, based on the risk scenario established by the emergency risk segmentation carried out by the Geological Survey of Brazil (CPRM) in 2012. The work is part of a broader study, which refers to the Municipal Risk Reduction Plan (PMRR), which had as main objectives the expansion of knowledge about current geodynamic processes, risks and effective management actions to face adverse events. Data presented refer specifically to the mapping of the geological risk (gravitational mass movements). In addition to results of the geological risk mapping stage, there is a comparative analysis between risk scenarios generated by the 2012 emergency mapping and the mapping carried out by PMRR, in 2019. The city is located 311.0 km from the state capital, with population of approximately 90 thousand inhabitants. PMRR has become an important tool to guide the implementation of public management policies for the reduction of risks and disasters in Caratinga, mainly because it considers the registration scale as suitable for effective risk management.

**Keywords:** Risk Reduction, Public Policy, Geotechnical Cartography.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Geólogo – Zemlya Consultoria e Serviços LTDA – leonardo@zemlya.com.br

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O processo de aceleração do crescimento econômico e social que marcou o Brasil desde a década de 80, somado à desaceleração da economia e o aumento do déficit habitacional na última década, vem demandando já há muitos anos a inclusão da temática risco geológico e hidrológico na pauta da gestão pública. A cada ocorrência de desastre no Brasil torna-se mais evidente a importância da criação e articulação de ações, programas e políticas voltados à identificação e redução de ameaças, vulnerabilidades e riscos naturais e sócio naturais, em todos os níveis e setores de governo, no sentido de alcançar a qualificação do sistema, a sinergia entre os órgãos e instituições envolvidos e um planejamento integrado, reduzindo perdas e danos às populações, à infraestrutura e à economia.

Este trabalho detalha parte das atividades desenvolvidas no município de Caratinga – MG, no âmbito da elaboração do seu Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR), especificamente em relação ao mapeamento do risco geológico, mas em uma escala que permita o seu efetivo gerenciamento e gestão. Assim, o PMRR é mais uma ferramenta que agora o município dispõe para orientar a implementação de uma política pública para a redução de riscos e desastres, como pautado pela Lei 12.608/2012, de forma a apontar os caminhos para o desenvolvimento de uma cultura de redução dos riscos no município e a construção de uma sociedade mais resiliente, em convivência mais harmoniosa com o ambiente.

Não obstante, os setores de risco refletem não apenas problemas de ordem geológico-geotécnica e/ou a forma de ocupação dos terrenos, mas, também, inúmeras questões relacionadas à infraestrutura urbana, a vulnerabilidade física das edificações e, não menos importante, a vulnerabilidade social. Ao interferir diretamente na vida das pessoas, das comunidades e da sociedade de maneira geral, a cartografia geotécnica de risco deve partir do pressuposto da necessidade de se alcançar a escala de maior detalhe possível (cadastrado). O tratamento dessas questões no âmbito das políticas públicas deve sempre se dar de forma integrada e, preferencialmente, a partir da coordenação do órgão responsável pelo planejamento urbano e política habitacional municipal, pois embora esse tipo de problema, em geral, se concentre territorialmente nos assentamentos de interesse social, o avanço do processo de ocupação de forma desordenada tem corroborado para a inserção da intitulada “cidade formal” no mesmo contexto.

## 2. LOCALIZAÇÃO

O município de Caratinga está localizado na porção leste do Estado de Minas Gerais, entre os meridianos 19°37'30" latitude Sul e 42°09'00" longitude Oeste (Figura 1). A sede do município dista, por rodovia, 311 Km da capital Belo Horizonte.

O município possui altitude média de 578,0 m, e está inserido na bacia do Rio Doce, especificamente na sub-bacia do Rio Caratinga. As principais rodovias de acesso ao município são: BR- 116 (Rodovia Rio-Bahia), BR- 458 que liga às cidades metropolitanas do Vale do Aço, e a MG- 329 (Caratinga-Bom Jesus do Galho-Ponte Nova).

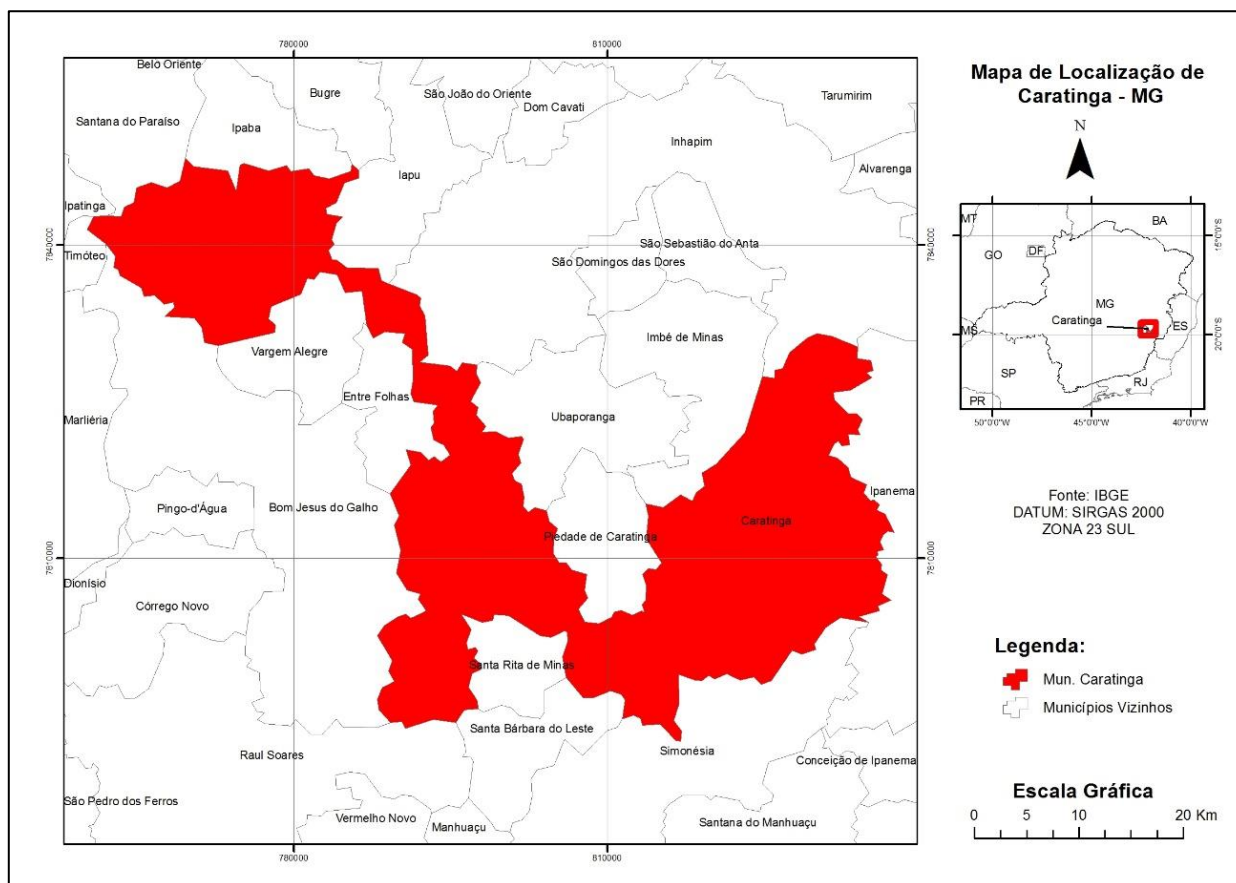


Figura 1 – Localização do município de Caratinga no contexto de Minas Gerais.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CARATINGA

De acordo com a folha Caratinga, SE. 23-Z-D-VI, escala 1: 100.000, integrante do Projeto Leste-MG executado pelo Serviço Geológico do Brasil- CPRM (2000), o município situa-se integralmente na Província (Geotectônica/Estrutural) Mantiqueira, em domínio do Cinturão Araçuai. Segundo os critérios litológicos, estratigráficos, estruturais e petrológicos, a folha foi dividida informalmente em dois domínios, Complexo Mantiqueira e Complexo Juiz de Fora.

O substrato geológico no município de Caratinga pode ser enquadrado no complexo Juiz de Fora, com rochas ortoderivadas paleoproterozóicas metamorizadas - fácies anfibolito ou granulito (CPRM, 2012) (Figura 2). Esta formação é característica por apresentar rochas ortognáissicas, com associações de materiais primários, envolvendo plagioclásio, ou outros minerais como anfibolitos, micas, carbonatos e serpentinas, o que confirma a ocorrência de eventos metamórficos secundários promovendo, conseqüentemente, o reequilíbrio destas rochas sob condições de fácies anfibolito ou xisto verde (FUNEC, 2015).

Os gnaisses encontrados na região se caracterizam por apresentarem elevadas composições de quartzo, com foliações, às vezes penetráveis, bem definidas pelas palhetas de biotita. Os diques básicos auxiliam no controle da drenagem com a formação de amplos vales suspensos, advindos do entulhamento de sedimentos resultantes de processos erosivos a montante, que compõe a paisagem local. Também são encontradas na área depósitos aluvionares inconsolidados, compostos por areias, silte e argila, distribuídos ao longo dos cursos d'água (FUNEC, 2015).

Os levantamentos realizados pela CPRM (2012), indicaram a existência de solos espessos, com predomínio de textura argilosa e argilo-arenosa, porosos. A saturação de solos espessos contribui para o aumento da instabilidade natural dos terrenos, principalmente em áreas com declives acentuados, o que pode culminar na deflagração de movimentos gravitacionais de massa, com predominância do tipo circular.

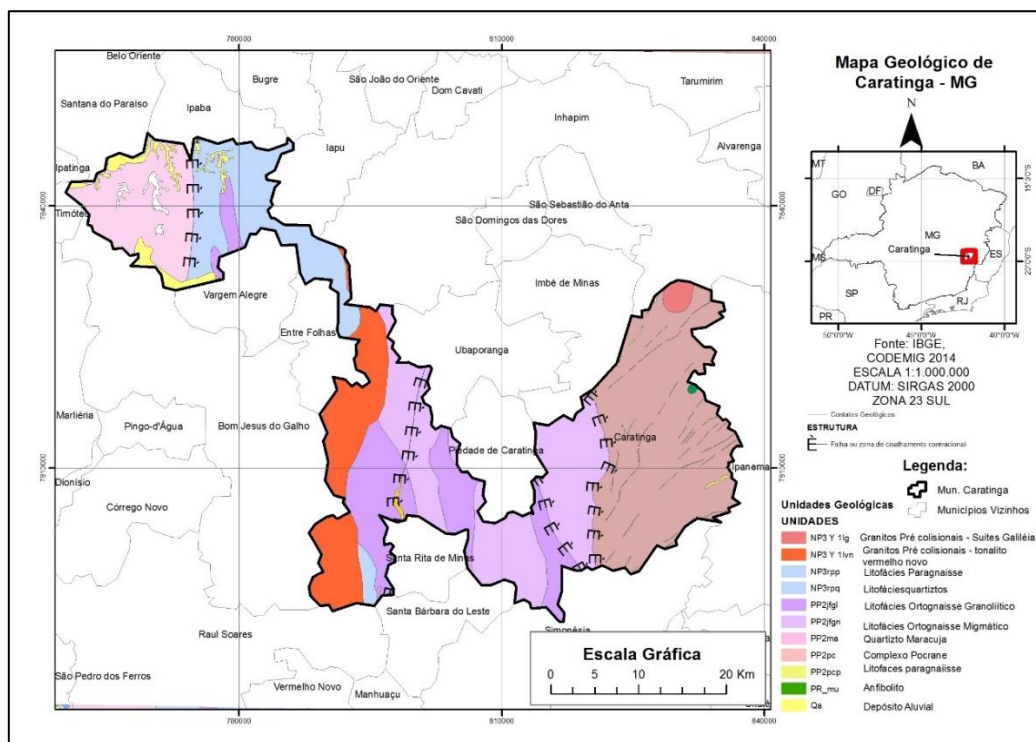


Figura 2 - Geologia do município de Caratinga. Fonte: CODEMIG, 2014.

O município é caracterizado por apresentar ondulações topográficas com feições amorreadas (mar de morros), montanhosas (vertentes ravinadas), e algumas regiões apresentam escarpas e pontões esparsos moldados em afloramentos de rochas granito-gnáissicas. A drenagem é controlada pelas estruturas geológicas locais, que ocorrem em diques, com relativa frequência, formando corredeiras e cachoeiras (FUNEC, 2015).

O município é cortado pelos rios Caratinga e Ribeirão da Laje (São João), cujas margens e planícies aluvionares foram ocupadas em alguns trechos ao longo da área urbana. Nos períodos de precipitação pluviométrica elevada o volume das águas muitas vezes supera a capacidade de escoamento pelas calhas fluviais, resultando em inundações, das quais se destaca a ocorrência no ano de 2003.

Segundo a Defesa Civil de Caratinga, no evento de 2003 foram registrados em 24 horas um acumulado de chuva de 200 mm. Neste evento foram contabilizados 646 ocorrências, 4 vítimas fatais, 6.800 pessoas desalojadas, 433 desabrigadas, 80 imóveis destruídos, 86 em situação de risco, 120 deslizamentos de terra, 23 vias públicas interditadas, 38 vias parcialmente destruídas, 446 estabelecimentos comerciais atingidos, tendo sido estimado como prejuízo para o setor comercial aproximadamente R\$ 52.000.000,00.

Já no ano de 2004, segundo a COMPDEC, novo evento pluviométrico intenso atingiu o município, com 3.200 desalojados, 2 vítimas fatais, 16 pessoas feridas, 77 registros de danos materiais, 24 moradias com perdas totais, 245 km de estradas danificadas, 2 km de estradas totalmente destruídas, 800 estabelecimentos comerciais destruídos e 18 indústrias atingidas.

#### 4. MAPEAMENTO DE RISCO REALIZADO NO MUNICÍPIO NO ANO DE 2012

No ano de 2012 foi realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) uma setorização emergencial das áreas de risco do município de Caratinga – MG que resultou na delimitação de 14 setores de risco relacionados a movimentos gravitacionais de massa (CPRM, 2012). Segundo o relatório técnico do estudo realizado as áreas de risco a movimentos gravitacionais de massa foram classificadas como de alto a muito alto risco, sendo que os 14 setores englobaram,

aproximadamente, 6785 edificações e 27.140 pessoas o que correspondia, na época do mapeamento, a aproximadamente 41% da população da sede do município (Figura 3).



Figura 3 - Setores de risco alto e muito alto a movimentos gravitacionais de massa delimitados no município de Caratinga - MG. Fonte: (CPRM, 2012)

Complementa a setorização de risco no município a delimitação de um setor de risco muito alto de inundação abrangendo aproximadamente 800 edificações e 5000 moradores.

## **5. METODOLOGIA E ETAPAS DO MAPEAMENTO DE RISCO GEOLÓGICO DO PMRR**

Diante dos números obtidos no mapeamento do risco realizado pela CPRM em 2012 o município de Caratinga foi notificado pelo Ministério público de Minas Gerais, o que culminou na assinatura de um termo de ajustamento de conduta (TAC) considerando a necessidade de implementação de uma política municipal preventiva de gestão de riscos, mediante o mapeamento das áreas para diagnóstico da realidade, definição das prioridades e execução de intervenções estruturais e não estruturais.

Para cumprimento do TAC O município licitou a elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco, sendo que neste trabalho apresenta-se os resultados obtidos, especificamente, com o mapeamento do risco geológico. A metodologia empregada para o diagnóstico do risco geológico na escala de detalhe, no município de Caratinga, bem como as etapas de trabalho que foram desenvolvidas encontram-se descritos a seguir:

### **Etapa 1: Elaboração da Metodologia e Planejamento do Trabalho**

- a.** Reunião com as equipes técnicas das Secretarias de Meio Ambiente e Serviços Urbanos; Obras Públicas, Transporte e Logística; Desenvolvimento Social; e Defesa Civil para a delimitação das áreas de mapeamento no município de Caratinga (MG), que correspondem a todo o conjunto de bairros existentes no interior do perímetro urbano.
- b.** Identificação e descrição dos principais processos geodinâmicos (deslizamentos, inundações e correlatos), a partir da análise de todos os boletins de vistoria disponibilizados pela Defesa Civil municipal.
- c.** Descrição da metodologia e atividades propostas para a elaboração do PMRR e desenvolvimento da proposta de trabalho para a elaboração de todas as etapas do PMRR de Caratinga (MG), principalmente em relação à participação dos técnicos municipais e da sociedade em cada uma das atividades.
- d.** Sistematização dos dados secundários e primários levantados, com descrição das atividades realizadas, reuniões técnicas com a prefeitura, referências consultadas e adotadas para o desenvolvimento do projeto, incluindo legislação, cartas e mapas (geológico, geomorfológico, uso e ocupação do solo, pontos de ocorrência de processos de deslizamentos e inundações), com respectivas escalas dos produtos, fontes dos dados e área de abrangência.
- e.** Carta Imagem com a delimitação da área de trabalho, georreferenciada e articulada no Formato A1, bem como o conjunto das cartas que formam a articulação no Formato A3 constando o polígono que define o perímetro urbano total e a área urbana consolidada, os limites dos bairros e a rede de drenagem.
- f.** Apresentação da Proposta de Trabalho detalhada para elaboração do PMRR e suas etapas, com apresentação da metodologia, para a equipe técnica da prefeitura, Ministério Público e sociedade.

Os critérios adotados para o mapeamento do risco geológico estão em consonância com a publicação “mapeamento de riscos em encostas e margens de rios” (BRASIL, 2007). Os objetivos específicos perseguidos na identificação e análise do risco geológico foram: (1) identificar evidências de instabilidade, (2) analisar os condicionantes geológico-geotécnicos e ocupacionais que as determinam e (3) avaliar a probabilidade de ocorrência de processos associados a deslizamentos de encostas e solapamentos de margens de córregos que poderiam afetar a segurança de moradias em toda área urbana municipal, (4) delimitar os setores da encosta que pudessem ser afetados por cada um dos processos destrutivos potenciais identificados na base

cartográfica, (5) estimar o número de edificações/moradias de cada setor de risco. Nesta fase também foram mapeados os setores com risco de inundação, informações estas não inseridas neste trabalho.

Os trabalhos de campo constituíram-se basicamente em investigações geológico-geotécnicas de superfície buscando identificar condicionantes dos processos de instabilização, existência de agentes potencializadores e evidências de instabilidade ou indícios do desenvolvimento de processos destrutivos.

## **Etapas 2: Mapeamento dos Setores de Risco de Ocorrência de Movimentos Gravitacionais de Massa.**

**a.** Reconhecimento preliminar do meio físico das áreas urbanas, por meio de vistorias em alguns pontos previamente escolhidos em uma malha regular, compatível com a escala do trabalho, para verificação das tipologias de processos geodinâmicos e abrangência destes, e obtenção de fotos oblíquas de chão durante as atividades de campo, e vistoria conjunta com a Defesa Civil e técnicos do município de Caratinga, para o reconhecimento dos principais pontos/setores de risco geológico sob a ótica da equipe municipal.

**b.** Análise da vulnerabilidade preliminar dos assentamentos urbanos precários e demais áreas alvo do mapeamento.

**c.** Identificação e delimitação do risco: trabalhos de campo na escala de detalhe em toda a área urbana com o cadastro dos setores de risco, incluindo a caracterização e delimitação dos setores, a avaliação da probabilidade de ocorrência de movimentos de massa, contendo a avaliação das consequências potenciais (expressas em termos do número de edificações passíveis de serem afetadas). Elaboração dos mapas de risco finais com as informações descritivas e cartográficas digitais, extraídas a partir de bases cartográficas, e sintetizadas numa tabela resumo mostrando, para cada setor, o número total de edificações, estimativa de famílias e o número de domicílios em risco muito alto (R4), alto (R3) e médio (R2).

**d.** Reunião com as Secretarias de Meio Ambiente e Serviços Urbanos; Obras Públicas, Transporte e Logística; Desenvolvimento Social; Defesa Civil e Ministério Público para apresentação dos resultados da Etapa de mapeamento dos setores de risco geológico.

## **6. RESULTADOS DO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO**

O diagnóstico do risco geológico do município de Caratinga foi realizado na sede e nos distritos, em áreas correspondentes a assentamentos precários, loteamentos e bairros regulares, onde julgou-se haver situações de risco geológico. Foram delimitados e caracterizados 127 setores de risco sendo 4 setores classificados como de risco geológico muito alto, 97 setores de risco alto e 26 setores de risco médio, distribuídos ao longo das áreas mapeadas. A Tabela 1 sintetiza os resultados da setorização do risco geológico e as Figuras 4 e 5 retratam, respectivamente, os setores de risco delimitados ao longo da área urbana do município, e uma das pranchas no Formato A3 que compõe o caderno de mapas.

Tabela 1 – Síntese da classificação dos setores de risco delimitados.

<b>Grau de Risco</b>	<b>Nº de Setores</b>	<b>Nº de Domicílios</b>	<b>Nº Estimado de Moradores</b>	<b>Custo das Intervenções Estruturais (R\$)</b>	<b>Número de Remoções Indicadas</b>
R4 (Muito Alto)	4	27	86	2.223.901,62	98
R3 (Alto)	97	773	2450	82.446.991,83	100
R2 (Médio)	26	179	567	3.547.002,40	0



Figura 4 – Resultado da setorização do risco geológico na sede do município de Caratinga – MG, no âmbito do Plano Municipal de Redução de Risco.





Figura 5 – Carta formato A3 do resultado da setorização do risco geológico na sede do município de Caratinga – MG, no âmbito do Plano Municipal de Redução de Risco.

## 7. CONCLUSÕES

O mapeamento dos setores de risco geológico, no âmbito do Plano Municipal de Redução de Risco de Caratinga foi realizado na escala de detalhe e possibilitou a atualização e qualificação do conhecimento sobre os riscos associados a movimentos gravitacionais de massa. O trabalho abrangeu não só as áreas de assentamento precário do município, mas, também, a cidade formal, por meio de setorização, estimativa de edificações afetadas e estabelecimento de graus e tipologias de risco;

Apesar da relação direta com os condicionantes físicos (relevo e geologia), como na maioria dos municípios brasileiros, a ocorrência ou possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa possuem uma relação estreita com a forma de ocupação dos terrenos. Entretanto, cabe destacar que no caso específico do município de Caratinga, os setores de risco não estão restritos e/ou concentrados aos assentamentos precários, como pode ser observado nas Figuras 4 e 5, o que reforça a afirmação de que o poder público tem permitido a expansão urbana e o adensamento da ocupação sem considerar à necessidade de se avaliar à aptidão geotécnica dos terrenos e as intervenções necessárias para a não geração de novas áreas de risco geológico.

No que tange aos setores de risco identificados neste trabalho, o Plano de Intervenções Estruturais para o Município de Caratinga, que corresponde a uma das etapas do Plano Municipal de Redução de Risco - PMRR, demonstrou a viabilidade de melhoria das condições de convivência com o risco na cidade a curto e médio prazo, além de apontar a necessidade de que se execute intervenções imediatas para eliminação de parte das situações classificadas como de risco alto e muito alto a ocorrência de movimentos de massa.

Por fim, embora seja uma discussão complexa, a comparação entre os resultados obtidos para o mapeamento das áreas de risco geológico da ação emergencial executada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2012), e os resultados obtidos com o mapeamento do risco geológico na elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR, 2019), traz, no mínimo, à necessidade de intensificação da ampliação das discussões técnicas, por parte da comunidade científica, no que tange à aplicabilidade dos instrumentos existentes. Não podemos perder de vista que o resultado dos trabalhos de mapeamento de risco que realizamos interferem diretamente na vida das pessoas, das comunidades e das cidades de maneira geral, bem como, que algumas instituições, principalmente quando não são instadas a entender e participar da construção desses instrumentos, podem interpretar os resultados de forma equivocada, o que pode desencadear um sem número de problemas e desviar o foco do que é realmente importante, que é a construção de programas municipais de gestão de risco envolvendo o poder público e a sociedade.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 2007.. Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios / Celso Santos Carvalho. Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, Organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 176 P.

BRASIL. Lei no 12.608 de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC.

CERRI, L. E. S. & AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. *In: ABGE. Geologia de Engenharia*. São Paulo: Oficina de Textos, 1998. p 301-310.

CODEMIG. 2014. Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Setorização de Riscos Geológicos - Caratinga – Minas Gerais. Brasil, 2012. Disponível em < <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19004/>> Acesso 05 jan. 2021.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Projeto Leste: Folha de Caratinga – SE. 23-Z-D-VI, escala 1:100.000. Nicola Signorelli – Belo Horizonte: SME/COMIG/CPRM, 2000.

FUNEC. Fundação Educacional de Caratinga. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Caratinga – MG. Caratinga: FUNEC, 2015.

NOGUEIRA, F. R. Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal. 2002. 266 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCO DE CARATINGA - PMRR, 2019. Prefeitura Municipal de Caratinga – MG.