



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPES – LATINDEX
Nº. 16 – Ano VIII – 10/2019
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA RUA DO RIACHO NO MUNICÍPIO DE NANUQUE – MG

Hiram Correia Bragança
Mestre em Tecnologia, Ambiente e Sociedade pela UFVJM
Docente do Centro Universitário de Caratinga – UNEC Campus Nanuque/MG - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3188694984980120>
E-mail: hiram.correia@gmail.com

Prof. Dr. Antônio Jorge de Lima Gomes
Instituto de Ciência Engenharia e Tecnologia – ICET
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
<http://lattes.cnpq.br/9689665046386798>
E-mail: antonio.gomes@ufvjm.edu.br

Resumo: O presente trabalho permitiu o mapeamento de locais caracterizados pela presença de risco de movimento de massa em solos e rochas da Bacia Hidrográfica da Rua do Riacho em Nanuque-MG. Os resultados obtidos são apresentados em peças gráficas do tipo carta na escala 1:250.000. As análises utilizaram metodologia qualitativa e quantitativa. O método qualitativo compreendeu a escolha dos pontos frágeis do relevo e o método quantitativo considerou as diretrizes do Ministério das Cidades para o cálculo do fator de risco, classificados em R1, R2, R3 e R4. Utilizou-se o software Q-GIS e o recorte geográfico compreendeu 140 hectares. O modelo digital de elevação permitiu a elaboração do mapa hipsométrico e localização das áreas de maiores declividades. No bairro Nak Nuk mapeamos áreas de risco R3 e R4. Alziro Zarur risco R3 com solos e rochas fraturadas. No bairro Getúlio Vargas em direção ao Centro da cidade risco R2 com áreas de instabilização geológica.

Palavras-chave: Áreas de Risco, Mapeamento, Risco Geológico, Planejamento Urbano, Nanuque/MG.

1 - Introdução

O desenvolvimento da urbanização da cidade de Nanuque ocorreu de maneira intensa e não acompanhou os processos mais adequados ao planejamento urbano. A falta de normas e legislação adequadas à realidade urbana, principalmente no parcelamento das glebas, acabou facilitando a ocupação humana em áreas de péssimas condições do relevo, geologia e hidrografia.

De acordo com Ramos e Gomes (2016) um levantamento de cunho técnico-científico das principais áreas de risco, presentes nas cidades, vão promover uma maior integração da prevenção de riscos ambientais e geológicos, bem como na proteção do meio ambiente.

Temos em Nanuque vários locais com ocupações urbanas irregulares que resultaram em alterações diretas sobre a natureza, com a implantação de edificações em áreas inclinadas, locais instáveis geologicamente, sobre córregos e regiões com risco de inundações.

As declividades do relevo são características superficiais que mostram a partir de medições topográficas a inclinação dos terrenos. Atualmente, diversas leis, inclusive federais, definem critérios relacionados ao parcelamento das áreas urbanas em função do percentual de declividade dos lotes.

Encontram-se habitações em Nanuque em locais muito íngremes e definidos como áreas de preservação permanente onde a ocupação deveria ser vetada.

O mapeamento do relevo é importante ferramenta que permite encontrar as melhores áreas para serem ocupadas pelo parcelamento do solo das cidades. A partir desse serviço podem ser coletadas informações relevantes para o planejamento do crescimento dos bairros, sendo definidos os pontos mais adequados e os locais impróprios para as implantações da infraestrutura urbana.

Um criterioso mapeamento superficial permite aos planejadores urbanos uma melhor visão global da região e assim maior chance de sucesso para definição dos traçados de ruas, lotes e redes de utilidades como água, esgoto e drenagem.

Zuquette (2004) explica que os termos mapa e carta referem-se a documentos cartográficos utilizados para as mais diversas finalidades (obras civis, planejamento urbano, territorial e ambiental, desenvolvimento, conservação e gestão do ambiente, avaliação de eventos perigosos e riscos associados) e que

reúnem informações pertinentes a um ou mais aspectos do meio (físico, biótico e antrópico).

A ocupação antrópica do solo está diretamente relacionada com as condições de estabilidade das áreas urbanas, pois dependendo do local ocupado podem surgir novos riscos onde anteriormente não existiam. Neste sentido, o mapeamento de áreas de risco geológico é resultante de um conjunto de ações que visam identificar regiões críticas com possível risco de movimentação de solos e rochas associadas à geologia local.

De acordo com Rodrigues e Silva (2013), o planejamento ambiental é o ponto de partida para tomada de decisões relativas à forma e intensidade em que se deve usar um território e cada uma de suas partes, incluindo os assentamentos humanos e as organizações sociais e produtivas.

Segundo Cunha (2009), a intervenção humana sobre o relevo terrestre resulta na ocupação e transformação da superfície do terreno, quer seja em áreas urbanas ou rurais. Os aspectos econômicos e sociais estão ligados com a ocupação das áreas de risco geológico. Dependendo do tamanho dessa intervenção, das práticas conservacionistas utilizadas e dos riscos geomorfológicos envolvidos, os impactos ambientais associados poderão causar grandes prejuízos ao meio físico e aos próprios seres humanos.

Cassetti (2005) explica que a constituição atual do relevo em determinadas regiões está totalmente ligada com as condições de drenagem. A partir da malha hidrográfica é possível entender como foi formado o relevo regional, pois a ação hídrica atua como modeladora da superfície e onde ocorrem as drenagens das vertentes usualmente surgem processos erosivos severos capazes de desencadear movimentos de sólidos devidos à ação das águas de drenagem.

A relevância do presente trabalho de pesquisa é, sobretudo, oferecer um diagnóstico técnico de Engenharia através de um produto com os polígonos indicando onde se localizam as áreas de risco. Este documento vai oferecer à municipalidade informações em relação às condições de estabilidade geológica dos terrenos da área de estudos, e assim contribuir para a definição de critérios de ocupação e parcelamento do solo, evitando ocupações em áreas geologicamente instáveis. A presença humana modifica a paisagem e o relevo, alterando conseqüentemente a drenagem natural e a inclinação de encostas. Por esse motivo

é muito importante levantar a evolução temporal do uso e ocupação do solo por meio dos dados obtidos através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

A distribuição hidrográfica da área de estudo mostra uma quantidade significativa de trechos que foram ocupados no passado e que atualmente seriam configurados como áreas de preservação permanente (APP's).

O objetivo principal do trabalho é identificar as áreas que oferecem riscos geológicos de movimentação de solos e rochas da Bacia Hidrográfica da Rua do Riacho no espaço urbano da cidade de Nanuque.

Os objetivos específicos deste trabalho são apresentados a seguir:

- Avaliar as declividades do relevo;
- Mapear as tendências das vertentes de águas de escoamento superficial.
- Classificar os graus de riscos e suscetibilidades de eventos de movimentos de massa.

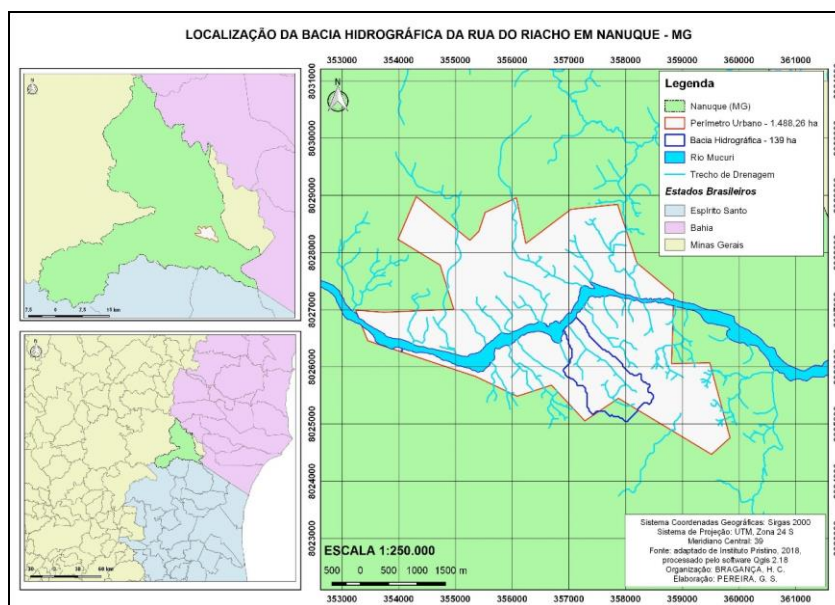
Os resultados do trabalho constituem importantes documentos técnicos, que poderão ser utilizados para integração das políticas de ordenamento territorial e parcelamento do solo, em conjunto com a gestão de recursos hídricos, geologia e infraestrutura urbana.

2 - Área de Estudo

O município de Nanuque está localizado na região nordeste do Estado de Minas Gerais na região de encontro com os estados da Bahia e Espírito Santo. O recorte geográfico com o contorno da bacia hidrográfica da Rua do Riacho, objeto do estudo, é apresentado na Figura 1.

A CPRM (2000) mostra através dos resultados do Projeto Leste que a cidade de Nanuque fica localizada em uma região de transição geológica onde termina o embasamento cristalino de rochas magmáticas e metamórficas e se inicia a leste a formação sedimentar barreiras. A presença do embasamento cristalino em parte do município de Nanuque levou à formação de solos residuais originados a partir de granitos e gnaisses através da ação do intemperismo.

Figura 1. Localização da área de estudo.



Fonte: os autores

A alteração das rochas levou a uma pedologia com características relacionadas a regolitos apresentando saprólitos com granulação heterogênea. Houve formação de solos granulares na cidade em conjunto com solos argilosos e siltosos finos lateríticos de coloração amarelada e avermelhada no relevo regional de acordo com a CPRM (2000). O relevo formado em Nanuque apresenta várias rochas aflorantes na área urbana. O leito do Rio Mucuri marca forte presença na região e possui embasamento granítico. Nas proximidades das margens do Rio encontram-se solos aluvionares depositados através dos processos relacionados com a ação hídrica fluvial.

A área superficial objeto da pesquisa possui formação geológica bastante heterogênea e podemos destacar que nas regiões mais altas ocorre uma superfície plana com forte presença de solo sedimentar característico de formação barreiras em parte do bairro Nak Nuk próximo ao cemitério municipal. Nas áreas mais inclinadas ocorrem trechos de formação rochosa granítica aflorante mostrando origem cristalina da geologia local. Nas proximidades do Rio Mucuri encontramos trechos de solos aluvionares depositados na planície de inundação do leito fluvial.

Em função do perfil do relevo regional marcado pela ausência de relevantes obstáculos físicos presentes, as correntes úmidas de nuvens advindas do oceano podem se movimentar livremente até a cidade de Nanuque. De acordo com o mapa

do clima do Brasil elaborado pelo IBGE (2018) o clima de Nanuque pode ser classificado como tropical úmido com três meses secos e temperaturas médias superiores a 18°. O clima regional possui grande influência do litoral atlântico devido à proximidade com o oceano pois a distância retilínea é próxima a 100 km.

A drenagem predominante na região de estudo pode ser definida como de padrão dendrítico mostrando forte ação erosiva pluvial no passado, sendo característica marcante desse tipo de formação hidrográfica.

A bacia hidrográfica pesquisada possui algumas de suas nascentes fora do perímetro urbano, sendo que os córregos e vertentes são lançados em áreas antropizadas e urbanizadas. Trata-se de uma bacia com diferentes usos da superfície, destacando-se na parte rural o plantio de eucalipto, pecuária e na parte urbana remanescentes florestais e ocupação de glebas com ruas e edificações.

3 – Referencial Teórico

A principal classificação de áreas de risco é utilizada pelo Ministério das Cidades (2007) que define níveis classificados em risco baixo, médio, alto e muito alto, estes distribuídos respectivamente em R1, R2, R3 e R4.

Segundo Batista (2015), a partir da Lei nº 12.608/2012, que instituiu a Política, o Sistema e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil, é função da União Federal a competência de apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento de áreas de risco. Compete ao Ministério das Cidades apoiar a elaboração de cartas geotécnicas de aptidão urbana frente aos desastres.

De acordo com Tominaga (2009), os desastres naturais podem ser provocados por diversos fenômenos, tais como, inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem, entre outros. Além da intensidade dos fenômenos naturais, o acelerado processo de urbanização verificado nas últimas décadas, levou ao crescimento das cidades, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, aumentando as situações de perigo e de risco a desastres naturais.

De acordo com Marcelino *et al.* (2006), os desastres naturais são desencadeados por processos que envolvem grande número de variáveis

geofísicas (relevo, vegetação, rios, precipitação entre outras) e humanas (população, ocupação do solo, pobreza, atividades econômicas, educação, etc.).

Bertoni e Neto (2008) definem erosão como o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas de solo causado pela água e pelo vento. No caso da erosão hídrica devido a chuvas, a água exerce sua ação erosiva sobre o solo mediante o impacto das gotas na superfície.

As áreas de risco geológico consistem em polígonos mostrando regiões mais vulneráveis ao movimento de massas de solos e rochas. Também constituem áreas de risco geológico os terrenos com forte exposição a problemas de focos erosivos, solos frágeis, saturados com água e colapsíveis.

Christofoletti (1974) define bacia hidrográfica como sendo um sistema geomorfológico aberto, que sofre constante troca de energia entre o clima dominante e o meio em que se dá o escoamento, havendo, portanto, um equilíbrio dinâmico e interdependente entre os diversos fatores componentes, que determinará seu balanço hídrico.

Tucci (1993) conceitua que a bacia hidrográfica é a área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água de modo que toda a vazão efluente seja descarregada através de saída simples.

Conforme UN-ISDR (2018) os desastres naturais geralmente são vinculados aos eventos da natureza em que não há interferência humana no processo dinâmico desencadeado. Quando ocorre ação direta humana, os desastres podem ser denominados antropogênicos, pois nesse caso a alteração ambiental realizada pela ação antrópica levou à ocorrência do desastre.

4 - Materiais e Métodos

A metodologia utilizada no presente estudo foi composta por três atividades distintas, compreendendo pesquisa bibliográfica, visitas técnicas em campo e análises qualitativas e quantitativas.

Na Lei municipal nº 1770/2008 que define o Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento Sustentável (PREFEITURA MUNICIPAL DE NANUQUE, 2008),

consta no artigo 27, inciso IV, parágrafo 6º, que: “todo uso e ocupação do solo urbano deverá atender às limitações geológico-geotécnicas”.

De acordo com a Lei Municipal nº 1984/2011 que dispõe sobre o parcelamento de solo para fins urbanos no município de Nanuque em seu artigo 7º nos apresenta que não será permitido parcelamento do solo urbano “em terrenos que possuam declividade igual ou superior a 30% e em terrenos cujas condições geológicas não aconselhem a edificação, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes”.

As informações cartográficas primárias utilizadas na pesquisa foram:

- (i) Carta Geológica elaborada pela CPRM em 2000 (folha SE-24-V-D-IV Nanuque – escala 1:100.000);
- (ii) Ortofotomosaico da área urbana do ano 2013 com resolução espacial de 20 cm disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Nanuque – MG;
- (iii) Modelos Digitais de Elevação (MDE's) disponíveis no sítio Topodata (2018) referentes às folhas 17S405 e 18S405 na escala 1:250.000 em formato TIF.
- (iv) Base de dados gratuita de 2017 *shapefile* do Brasil com os trechos de drenagem e hidrografia de Nanuque em escala 1:250.000.

O software livre Q-GIS foi a ferramenta usada para o tratamento das informações geográficas obtidas junto ao site TOPODATA do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

Todos os dados primários foram reprojatados para o sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000, UTM 24S (EPSG: 31984). Através do software Q-GIS versão 2.18 foram trabalhados os dados primários e obtidos os mapas resultados da pesquisa. A partir do ortofotomosaico de 2013 foram obtidos os detalhes referentes ao cadastro das quadras urbanas da cidade.

O mapa da bacia hidrográfica em estudo foi elaborado a partir dos dados do relevo disponíveis no modelo digital de elevação disponibilizados pelo sítio Topodata nas folhas 17S405 e 18S405 na escala 1:250.000 em formato TIF. Os

dados foram reprojetados para o sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000/UMT24S (EPSG: 31984). Na sequência foram criadas camadas raster por meio do comando *Grass GIS7 r.watershed* e *r.wateroutlet* para delimitação automática das bacias.

Após a delimitação das bacias foi realizada a conversão da camada raster para a camada vetorial por meio do comando *Grass GIS7 r.tovect*. Posteriormente à delimitação das 21 microbacias, essas foram salvas em arquivo vetorial no formato *shapefile* com o SRC SIRGAS 2000/UMT24S (EPSG: 31984). Após a delimitação foram realizadas as conferências do relevo de acordo com as isolinhas de curvas de nível de 5,0m obtidas através do MDE. A escala do mapa é 1:250.000.

A delimitação dos córregos da área objeto da pesquisa foi realizada através da composição do ortofotomosaico da cidade em conjunto com os arquivos shape baixados dos trechos de drenagem disponíveis no site *forest gis* base de dados do Brasil através do software Q-GIS 2.18 com escala de 1:250.000.

O mapa hipsométrico foi realizado após a reprojeção do MDE descrito no parágrafo anterior, sendo feita a renderização aplicando falsa cor carregando-se os valores para mínimo e máximo com precisão real e classificando a hipsometria em intervalos iguais de 5,0m. Para facilitar a interpretação do mapa hipsométrico foram incluídas as curvas de nível equidistantes de 5,0m e a rotulação das cotas altimétricas. A escala do mapa é 1:250.000.

O mapa de declividades foi feito após a reprojeção do MDE, onde foi gerada uma camada matricial raster da declividade da área de estudo por meio do comando *GDAL/ORG "GDAL (analises)"*. A camada criada foi reclassificada para criação do mapa de declividade por meio do comando *GRASS GIS7 r.reclass* e a definição das classes de declividade considerando os valores apresentados no mapa. A escala do mapa é 1:250.000.

O mapa de uso da terra considerou as condições apresentadas na ortofotomosaico de 2013 disponibilizada pela Prefeitura de Nanuque, onde constam as condições de ocupação da superfície da área urbana. A escala 1:250.000.

O mapa de risco geológico foi elaborado após as vistorias realizadas e análises das declividades do relevo na escala 1:250.000. Para calcular o grau de risco geológico da área foi realizada a avaliação a partir de fichas propostas pelo Ministério das Cidades apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1. Classificação e descrição dos graus de risco

Grau de Probabilidade	Descrição
R1 Baixo ou sem risco	<ol style="list-style-type: none"> 1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa ou nenhuma potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos ou solapamentos. 2. não se observa(m) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagem. 3. mantidas as condições existentes não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
R2 Médio	<ol style="list-style-type: none"> 1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento dos processos de deslizamentos e solapamentos. 2. observa-se a presença de algum(s) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Processo de instabilização em estágio inicial de desenvolvimento. 3. mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R3 Alto	<ol style="list-style-type: none"> 1. os condicionantes geológico-geotécnico(s) predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de significativo(s) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. 3. Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R4 Muito Alto	<ol style="list-style-type: none"> 1. os condicionantes geológico-geotécnico(s) predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia à margem de córregos, etc.). Processo de instabilização em avançado estágio de desenvolvimento. É a condição mais crítica sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.

Fonte: BRASIL, 2007.

5 - Resultados e Discussão

Através do ortofotomosaico disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Nanuque foi possível delimitar as áreas já urbanizadas e fazer a análise das condições de ocupação do solo urbano. A avaliação dos dados topográficos e do Modelo Digital de Elevação mostraram as condições da hipsometria da área e as curvas de nível.

Foram definidos os cursos d'água da área através de ferramenta específica do Q-GIS. Após o traçado dos córregos, fizemos a vistoria na área de estudo para validar as informações. Identificamos que em muitos casos a ocupação urbana aconteceu justamente sobre a drenagem natural, levando à necessidade da canalização e lançamento de galerias fechadas sobre os córregos.

Em alguns pontos encontramos casas construídas justamente sobre as galerias de concreto armado.

Um resultado importante da pesquisa mostrou que os remanescentes florestais da área ficam localizados sobre as regiões mais íngremes, com declividades acima de 30%. Nesses locais ficou praticamente impossível implantar o parcelamento urbano pois os terrenos são muito inclinados.

Depois da realização do levantamento de dados, visitas técnicas à área de estudo e interpretação de imagens digitais obtidas junto ao sítio Topodata (2014), foi realizado o mapeamento das áreas mais íngremes da microbacia de estudo, com foco em localizar regiões com topografia caracterizada por declividade superior a 30% de inclinação.

A descrição do relevo é parte estratégica dos resultados da pesquisa, pois a partir da caracterização minuciosa da topografia de solos e rochas na superfície da área de estudo foi possível encontrar a hipsometria e as vertentes de água da região.

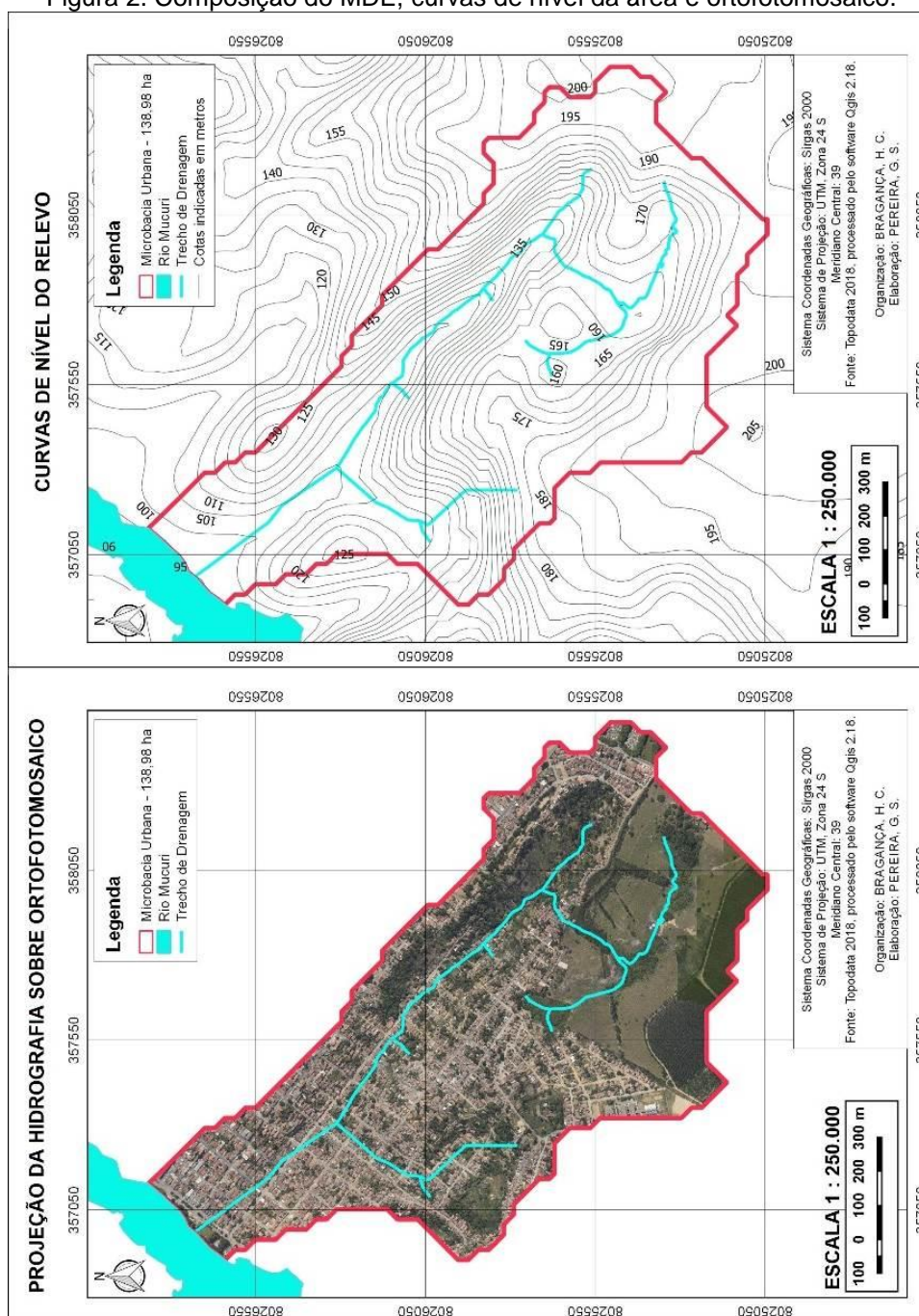
Após a delimitação da bacia hidrográfica foi encontrado o traçado do córrego do riacho, locais das respectivas nascentes e os fundos de vales e talwegues.

A partir destes dados analisados e do cruzamento das informações obtidas foram delimitados os polígonos indicando as áreas de maior risco geológico. Assim, a presente pesquisa gerou informações relacionadas às condições de segurança ambiental e risco geológico de movimentações de massas de solos e rochas.

Após o estudo das imagens e do relevo, apresentamos na Figura 2 uma composição mostrando a bacia hidrográfica de estudo, os córregos definidos sobre a ortofotomosaico da área.

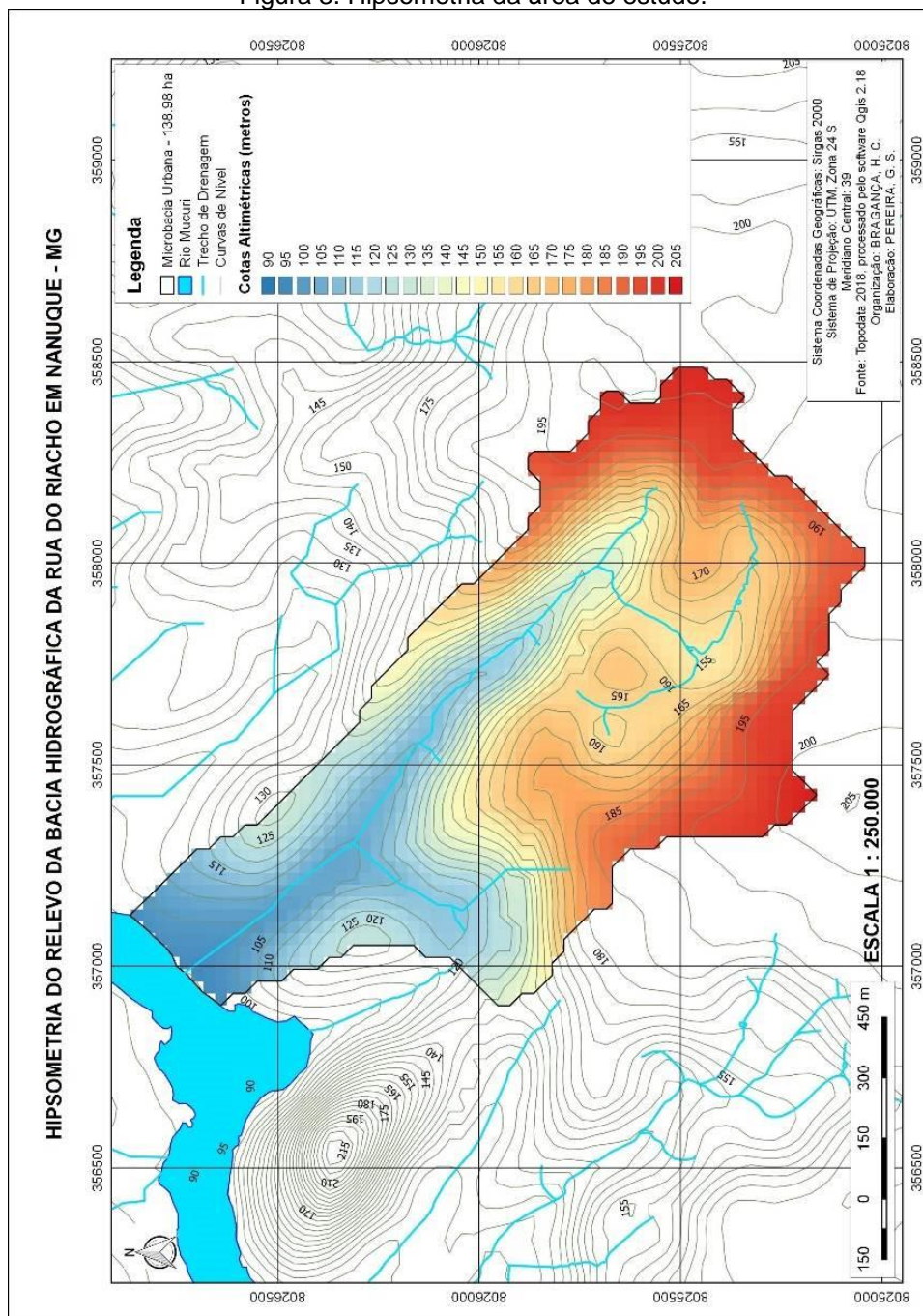
Para melhor apresentar as condições do relevo, está apresentada também a planta com as curvas de nível da área obtida a partir do Modelo Digital de Elevação no uso do software Q-GIS.

Figura 2. Composição do MDE, curvas de nível da área e ortofotomosaico.



A hipsometria da área de estudo consta na Figura 3, onde estão apresentadas as diferentes cotas altimétricas distribuídas a cada 5,0 metros de altura distribuídas desde o leito do Rio Mucuri na cota 100 metros até a maior cota da área de estudo na cota 200 metros.

Figura 3. Hipsometria da área de estudo.

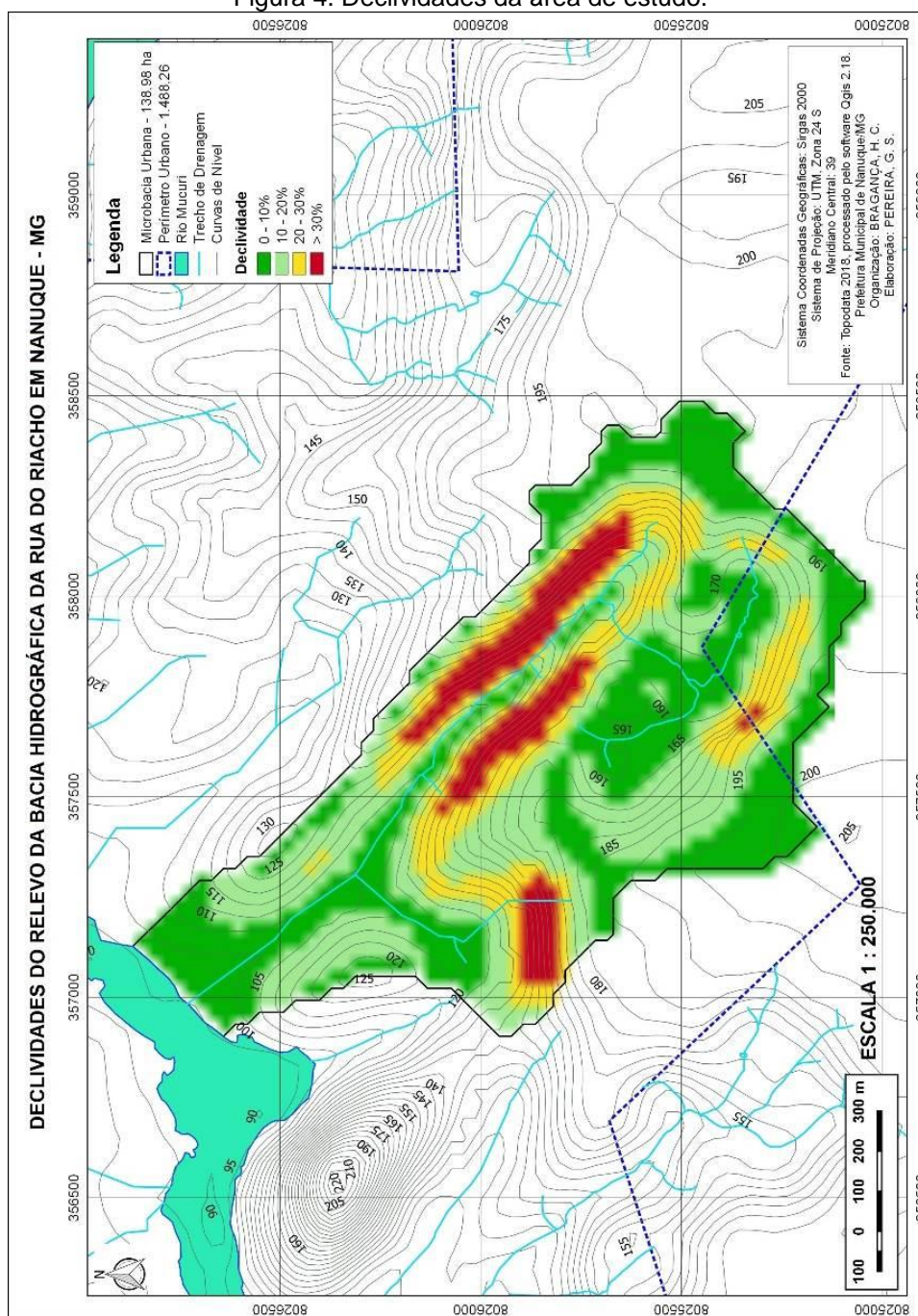


Destacamos a situação entre as cotas 135m até 180m mostrando a proximidade das curvas de nível deixando evidente a alta declividade nessa região da bacia hidrográfica.

Estão apresentadas na Figura 4 as declividades da área de estudo obtidas pela pesquisa. Destacamos as condições referentes às áreas com valores de inclinação superiores a 30%.

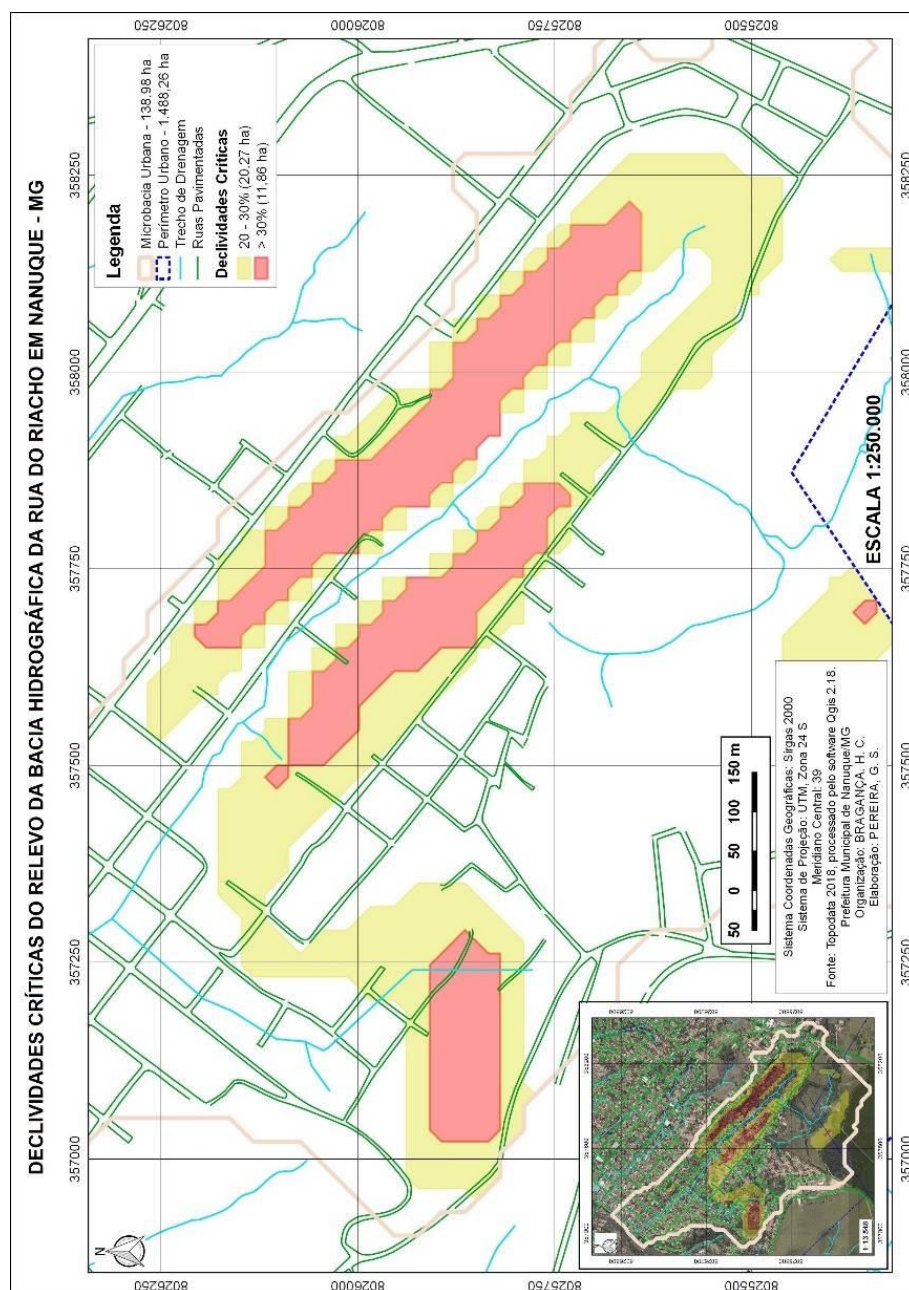
É possível observar as regiões mais íngremes conforme a distribuição dos valores de declividades distribuídos a cada 10% a partir de zero até os valores maiores que 30%.

Figura 4. Declividades da área de estudo.



A composição do cadastro urbano das quadras parceladas e as declividades mais altas está apresentada na Figura 5. Mostramos através da peça gráfica que nas áreas mais inclinadas do relevo não existem ruas em função das altas taxas de declividade. Porém através das vistorias de campo e também pela análise da ortofotomosaico podemos evidenciar que existem casas e demais construções nessas áreas. Nesse caso, por causa da falta de ruas, os acessos aos locais ocupados ocorrem exclusivamente através de escadarias.

Figura 5. Composição do cadastro urbano e declividades críticas.

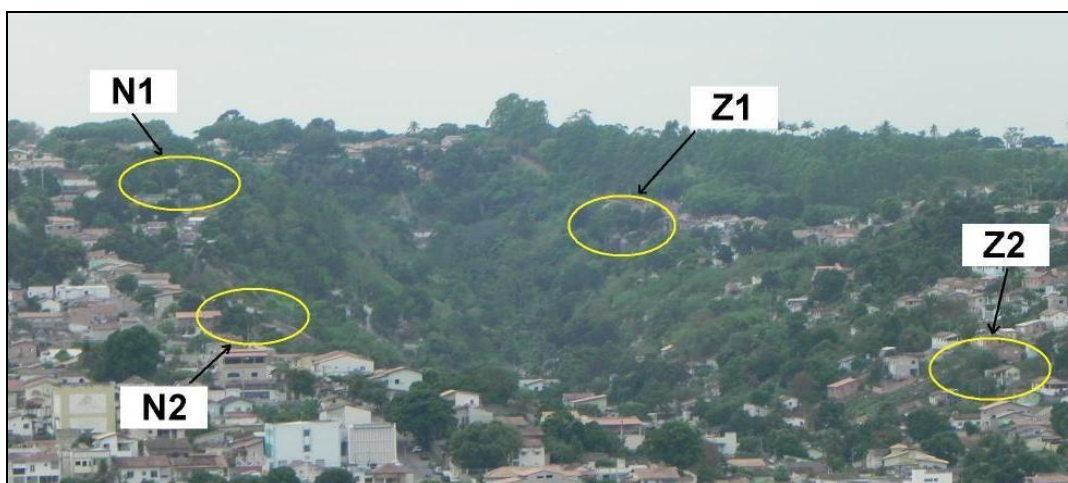


O Rio Mucuri ao cortar a cidade de Nanuque em seu curso d'água possui em seu vale a presença de considerável declividade de relevo. Sendo assim, a malha urbana da cidade está construída em área de superfície com presença de encostas inclinadas em diversos bairros e na região do Córrego do Riacho.

A área urbana fica posicionada justamente em região de formação cristalina caracterizada pela presença de granitos e argissolos amarelos no encontro do início da Formação Barreiras referente à planície costeira limitada com o Oceano Atlântico. Existe considerável heterogeneidade geológica regional visto que a região é encontro de diferentes feições geomorfológicas, estando a área localizada na linha que divide relevo de formação magmática e sedimentar.

Na Figura 6 está apresentada a área de estudo, a partir de fotografia da região, onde destacamos regiões críticas do relevo. Denominamos N1 e N2 as regiões do Bairro Nak Nuk, e também de Z1 e Z2 às regiões de risco do Bairro Alziro Zarur.

Figura 6. Encostas íngremes e destaque para as regiões de risco N1, N2, Z1 e Z2.



Constatamos que a Região N1, N2, Z1 e Z2 apresentam predominantemente riscos R3 e R4 de acordo com a metodologia utilizada. Tem-se a presença de blocos métricos do tipo matacão em risco de rolamento e pontos de erosão nas encostas. O acesso até algumas casas ocorre através de escadarias e também existem vários focos erosivos nas construções destes acessos. A presença de vegetação reduz a ação erosiva das chuvas, porém, onde foram construídas casas as áreas ficam vulneráveis devido à concentração da drenagem dos telhados.

Na Figura 7, coordenadas UTM (E 358018; S 8025823) constatou-se que na área ocorrem vários problemas relacionados ao risco geológico. Destaca-se o caso de antiga estrutura de contenção do tipo muro de concreto armado, executado para estabilizar a região, porém devido à ação hídrica da drenagem o foco erosivo avançou inclusive deixando exposta a infraestrutura de fundação do muro. Já ocorreram demolições de edificações no local.

Figura 7. Encosta íngreme no bairro Nak Nuk com destaque para foco erosivo grave.

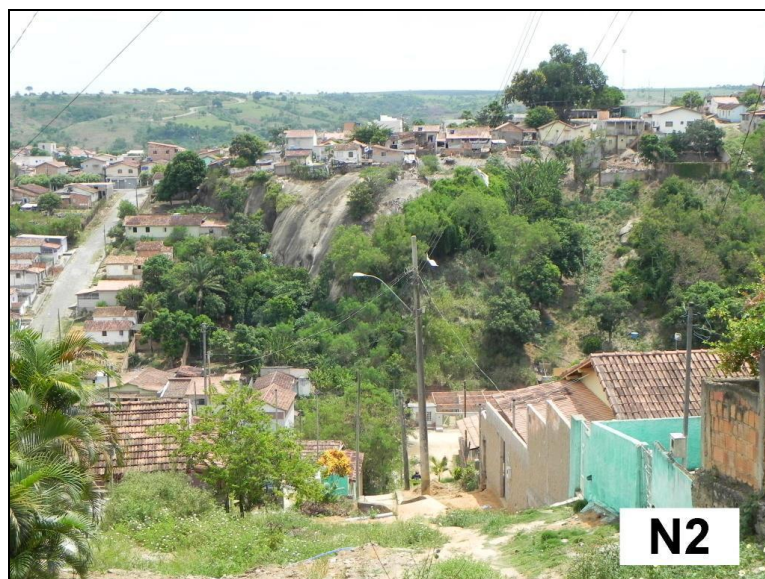


A classificação de risco neste ponto é R4, devido à possibilidade iminente de ruptura, no caso de chuva intensa de alta duração. Este ponto corresponde à região N1 também indicada na Figura 6. A altura da erosão existente chega a 12 metros e existem várias árvores com raízes expostas levando a possibilidade de movimento de solo.

Na Figura 8 sobre coordenadas UTM (E 357.903; S 8025900) está indicada a área N2 que foi classificada como nível de risco R3, devido a área muito íngreme ocupada com edificações, também indicada na Figura 6. Pode-se observar nesta região, que existem várias casas construídas sobre o maciço de afloramento rochoso nas proximidades de topo de encosta extremamente inclinada.

No bairro Alziro Zarur existem locais bastante críticos onde as edificações construídas estão apoiadas sobre talude rochoso fraturado. Por causa da declividade natural do relevo, as construções foram edificadas no estilo corte e aterro, ou através de pilotis, conforme constatou-se no local e se apresenta na Figura 9.

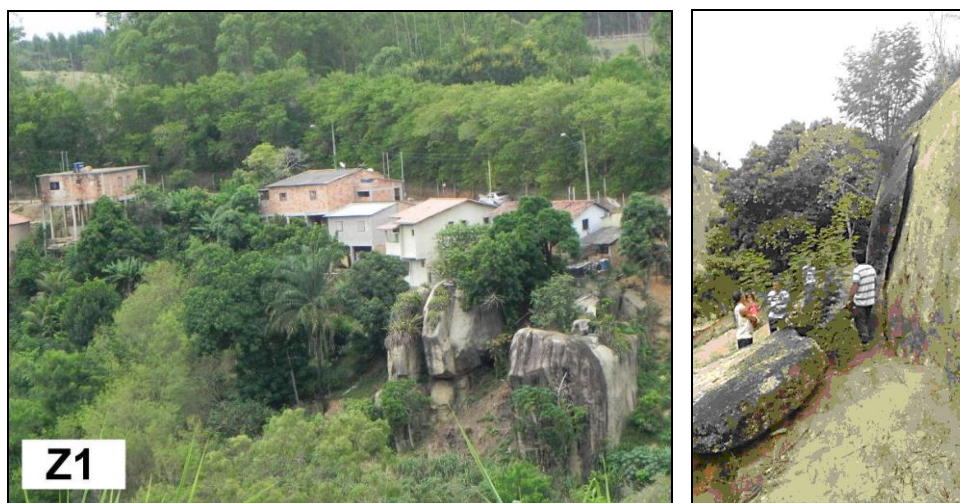
Figura 8. Ocupação em áreas de topo de talude rochoso íngreme do bairro Nak Nuk.



Verifica-se a presença de uma placa de granito em processo de descolamento do maciço rochoso granitoide, aqui representada como região Z1, a qual também consta da Figura 9 (coordenadas E 357852; S 8025811).

O local sofre processo ativo de intemperismo, inclusive com presença de vegetação nas fendas do maciço rochoso.

Figura 9. Blocos instáveis e placas em processo de descolamento no Bairro Alziro Zarur.



A classificação de risco neste local é R3, pois há possibilidade de giro da placa de granito em processo de descolamento do maciço.

O processo de afastamento aumenta ao longo do tempo e a presença de raízes de árvores piora a situação, pois eleva as pressões no local, acelera a degradação da rocha e permite o acúmulo de águas no local, aumentando a possibilidade de movimento de massa.

Outra área de risco do bairro Alziro Zarur é apresentada na Figura 10 sob coordenadas UTM (E 35769; S 8025972). A ocupação ocorreu nas encostas da área, que possuem trechos em rocha aflorada e áreas com solo residual natural. Por causa da declividade natural em boa parte da região é impossível a execução de arruamentos.

Figura 10. Encosta do bairro Alziro Zarur com escadarias apoiadas em solo com focos erosivos.

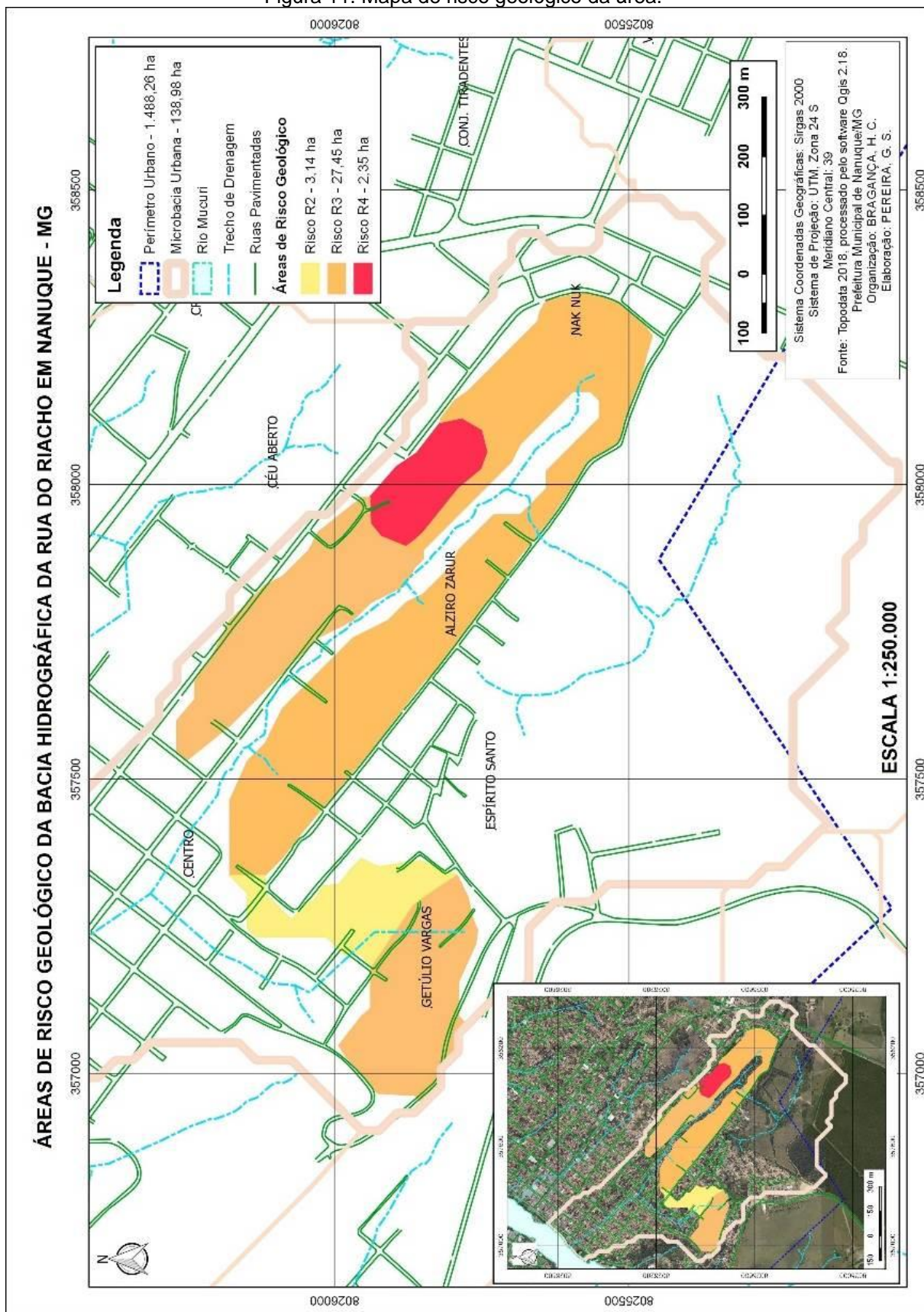


Neste local a classificação de risco é R3. A presença de escadarias é a única forma das pessoas conseguirem chegar nas várias casas localizadas nas encostas vistoriadas. Condições adversas de chuvas intensas e falta de drenagem em conjunto com a textura do solo podem levar ao surgimento de focos erosivos na região.

Destacamos ainda na Figura 10 uma escadaria em talude de solo íngreme e a presença de vários focos erosivos devido à drenagem pluvial. Alguns trechos da escada já estão sem apoio, em balanço, e com risco iminente de colapso estrutural.

Na Figura 11 temos uma composição de imagens com os polígonos de risco geológico distribuídos em R2, R3 e R4 em conjunto com o cadastro do parcelamento urbano da área de estudo. As áreas não indicadas por cores são de Risco R1.

Figura 11. Mapa de risco geológico da área.



6 - Conclusões

Nas encostas do bairro Nak Nuk mapeamos áreas de risco do tipo R3 e R4. Destaca-se a situação em que se encontra a área do topo das encostas deste bairro, pois apresenta edificações vulneráveis a movimentos de massa de solos e rochas.

Nas regiões mais próximas ao Centro de Nanuque, classificadas como R3 encontramos ocupações em topo de encostas bastante íngremes e do mesmo modo para as áreas de risco R4. Os principais remanescentes florestais da área encontram-se sobre as regiões mais íngremes, com declividades acima de 30%.

Nas regiões mais altas identificamos grande erosão com risco iminente de colapso do solo, sendo este local bastante frágil geologicamente. Neste caso específico, devem ser realizadas ações emergenciais de isolamento da área e tratamento com obra de estabilização visando proteger os moradores das proximidades contra risco de desastres.

No bairro Alziro Zarur identificamos áreas de risco R3, onde existem encostas de solos e rochas fraturadas com alto risco para os moradores. Localizamos também diversas construções no topo das encostas e locais sem acesso por arruamentos. A situação torna-se mais perigosa devido a atual fragilidade estrutural de várias escadarias, onde constatamos vários focos erosivos severos, nos principais acessos às encostas do bairro Alziro Zarur.

No bairro Getúlio Vargas temos áreas de risco R3, onde encontram-se casas localizadas nas proximidades de encostas íngremes de solos e a presença de blocos rochosos com risco de movimentação gravitacional. O risco R2 também foi mapeado na região próxima ao bairro Getúlio Vargas em direção ao Centro da cidade, e nestas áreas foram encontrados pontos em processo inicial de instabilização geológica.

Constatou-se vários locais em que os córregos foram totalmente canalizados, cobertos e manilhados, amplificando a exploração imobiliária, para que edificações residenciais sejam construídas sobre os terrenos canalizados.

No caso da Bacia Hidrográfica do Córrego do Riacho, este trabalho poderá ser utilizado para direcionar o uso do solo no Código de Obras e Plano Diretor, pois com a delimitação das áreas de risco geológico ficam definidos os locais em que não devem ser autorizadas novas edificações. Regiões com alta declividade e com

indicativos de movimentos ativos de massa devem ser protegidas e livres de construções e ocupações antrópicas.

O poder público através da legislação referente ao uso e parcelamento do solo urbano poderá buscar ações eficazes que levem ao bloqueio da ocupação das áreas de risco mapeadas. A Lei municipal nº 1770/2008 obriga o município a levantar os problemas geológicos e geotécnicos. Fica sem sentido existir legislação sobre o assunto e não ocorrer a fiscalização eficaz.

As regiões críticas encontradas também são referentes às construções em terrenos íngremes das encostas, pois nesse caso a ação hídrica erosiva pode levar a colapsos dos maciços de solos.

Diante da coleta dos dados e composição do mapa de risco geológico da área de estudo, será necessário alertar a todos os envolvidos sobre riscos de uso e ocupação destas áreas, incluindo os riscos em relação a geologia do local, cabendo à Prefeitura de Nanuque as medidas inerentes e utilizar estes resultados, como referência, para melhorar a organização urbana do território do Córrego do Riacho.

Referências

- Batista. P. H. L. **Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização**. CBGE, 2015. Disponível em: <http://cbge2015.hospedagemdesites.ws/trabalhos/trabalhos/229.pdf> Acesso em: 20 nov. 2017.
- Bertoni, J.; Neto, F.J. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2008.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades – IPT, 2007.
- Casseti, V. **Geomorfologia**, 2005. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso em: 20 out. 2018.
- Christofolletti, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2.ed., 1974.
- CPRM. **Projeto Leste: Folha Nanuque – SE.24.V-D-I-V**. Belo Horizonte. SEME/COMIG/CPRM, 2000.
- Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T. (Org.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- IBGE. **Climatologia do Brasil**, 2018. Disponível em: < http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2002.pdf>. Acesso em 10 dez 2018.
- Marcelino, E. V.; Nunes, L. H.; Kobivama, M. **Mapeamento de risco de desastres naturais do Estado de Santa Catarina**. *Caminhos de Geografia*. Uberlândia, v. 8, n. 17, p. 72-84, 2006.
- PREFEITURA DE NANUQUE. **Cadastro do Parcelamento Urbano**. Disponibilizado através de CD-ROM pela Secretaria Municipal de Obras em 01 set. 2017.
- PREFEITURA DE NANUQUE. **Lei Municipal nº 1984-2011 – Parcelamento de solo para fins urbanos**, 2011.
- PREFEITURA DE NANUQUE. **Lei Municipal nº 1770/2008 - Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento Sustentável**, 2008.
- Ramos, J. O.; Gomes, A. J. L. **Estratégias para Prevenção de Riscos Ambientais e Geológicos nos Espaços Urbanos da Cidade de Teófilo Otoni**. *Voices dos Vales*, v. 09, p. 1-17, 2016.
- Rodrigues, J. M. M.; Silva, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental: Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.
- Tominaga, L. K.; Santoro, J.; Amaral, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Acesso em: 02 ago. 2018.
- TOPODATA. **Banco de dados geomorfométricos do Brasil**, 2018. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>. Acesso em: 05 set. 2018.

Tucci, C. E. M. (org). **Hidrologia, Ciência e Aplicação**. EDUSP/ABRH. São Paulo: 1993.

UN-ISDR - International Strategy for Disaster Reduction. 2009. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. Disponível em <http://www.unisdr.org>. Acesso em 10 nov. de 2018.

Zuquette, L.; Gandolfi, N. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - www.ufvjm.edu.br/vozes em: 10/2019

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

www.facebook.com/revistavozesdosvales

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424

Periódico Científico Eletrônico divulgado nos programas brasileiros *Stricto Sensu*

(Mestrados e Doutorados) e em universidades de 38 países,

em diversas áreas do conhecimento.