

Mapeamento de risco de movimentos de massa em Mãe Luíza – setor Aparecida, Natal/RN

Risk mapping of mass movements in Mãe Luíza – Aparecida sector, Natal/RN

Mapeo de riesgos de los movimientos masivos en Mãe Luíza - sector Aparecida, Natal/RN

Recebido: 07/12/2022 | Revisado: 23/12/2022 | Aceitado: 24/02/2023 | Publicado: 01/03/2023

Aline Ribeiro da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7408-3265>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: aline-ribeiro@hotmail.com

Olavo Francisco dos Santos Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7552-6646>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: olavo@ct.ufrn.br

Leonardo Flamarion Marques Chaves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4524-9988>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: flamarionmchaves@gmail.com

Rosa Maria Pinheiro de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1913-2460>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: rmpoliveira2@gmail.com

Resumo

A ocupação de encostas é recorrente em diversas regiões brasileiras. Em sua maioria, essa ocupação se dá de forma irregular, sem o adequado planejamento. Desta forma, as características naturais da área, conjuntamente às ações antrópicas inadequadas ao uso e ocupação do solo, acabam por acarretar movimentos de massa, que podem afetar gravemente a comunidade local. Em Natal no Rio Grande do Norte, essa realidade também se verifica, como é o caso do bairro de Mãe Luíza. Frente a este cenário, o objetivo do presente trabalho foi realizar um mapeamento de risco de movimentos de massa em área pertencente ao bairro de Mãe Luíza, compreendida entre as Ruas Camaragibe e Atalaia. O mapeamento de risco da área em estudo foi realizado tomando por base a metodologia proposta por Brasil (2007). Foram definidas quatro classes de risco, sendo estas, risco baixo, médio, alto e muito alto. Foram analisadas três áreas críticas, com trinta e quatro imóveis envolvidos. Dentre esses, apenas seis foram classificados como de risco de movimento de massa médio, vinte e quatro imóveis foram classificados como submetido a risco alto e quatro imóveis classificados como de risco muito alto. O alto grau de risco atribuído à maioria dos imóveis se dá principalmente pela precariedade das estruturas de contenção existentes na área em estudo, associada às construções irregulares, dentre outros fatores. Assim fica evidente a necessidade de medidas corretivas das situações encontradas para garantir a habitabilidade dos imóveis vistoriados, além de políticas públicas de controle de ocupação de áreas de risco.

Palavras-chave: Análise de risco; Movimento de massa; Duna; Contenção.

Abstract

The occupation of slopes is quite recurrent in several Brazilian regions. For the most part, this occupation takes place irregularly, without adequate planning. In this way, the natural characteristics of the area, together with anthropic actions inappropriate to the use and occupation of the land, end up causing mass movements, which can seriously affect the local community. In Natal, Rio Grande do Norte, this reality is also verified, as is the case in the Mãe Luíza neighborhood. Faced with this scenario, the objective of this study was to carry out a risk mapping of mass movements in an area belonging to the Mãe Luíza neighborhood, between Rua Camaragibe and Rua Atalaia. The risk mapping of the area under study was carried out based on the methodology proposed by Brasil (2007). Four risk classes were defined, these being low, medium, high and very high risk. Three critical areas were analyzed, with thirty-four properties involved. Among these, only six were classified as having medium mass movement risk, twenty-four properties were classified as high risk and four properties classified as very high risk. The high degree of risk attributed to most properties is mainly due to the precariousness of the existing containment structures in the area under study, associated with irregular constructions, among other factors. Thus, it is evident the need for corrective measures of the situations found to guarantee the habitability of the inspected properties, in addition to public policies to control the occupation of risk areas.

Keywords: Risk analysis; Mass movement; Dune; Containment structure.

Resumen

La ocupación de pendiente es recurrente en varias regiones brasileñas. En su mayor parte, esta ocupación se desarrolla de forma irregular, sin una planificación adecuada. De esta forma, las características naturales de la zona, junto con acciones antrópicas inapropiadas para el uso y ocupación de la tierra, terminan provocando movimientos de masas, que pueden afectar seriamente a la comunidad local. En Natal, Rio Grande do Norte, esta realidad también se verifica, como es el caso del barrio de Mãe Luíza. Ante este escenario, el objetivo de este estudio fue realizar un mapeo de riesgos de movimientos de masas en una zona perteneciente al barrio Mãe Luíza, entre Rua Camaragibe y Rua Atalaia. El mapeo de riesgos del área en estudio se realizó con base en la metodología propuesta por Brasil (2007). Se definieron cuatro clases de riesgo, siendo de riesgo bajo, medio, alto y muy alto. Se analizaron tres áreas críticas, con treinta y cuatro propiedades involucradas. Entre estos, solo seis se clasificaron como de riesgo medio de movimiento de masas, veinticuatro propiedades se clasificaron como de alto riesgo y cuatro propiedades se clasificaron como de muy alto riesgo. El alto grado de riesgo atribuido a la mayoría de las propiedades se debe principalmente a la precariedad de las estructuras de contención existentes en el área de estudio, asociadas a construcciones irregulares, entre otros factores. Así, se evidencia la necesidad de medidas correctivas de las situaciones encontradas para garantizar la habitabilidad de las propiedades inspeccionadas, además de políticas públicas para controlar la ocupación de las áreas de riesgo.

Palabras clave: Análisis de riesgos; Movimiento masivo; Duna; Contención.

1. Introdução

Os desastres naturais, sejam eles relacionados às chuvas intensas, às secas, ou a outro agente causador, trazem consigo uma série de prejuízos à sociedade, prejuízos esses de cunho ambiental, econômico e social. O acontecimento de um desastre natural pode acarretar na interrupção de serviços básicos, tais como abastecimento de água, fornecimento de energia elétrica, coleta de resíduos, oferta de transporte público, além de interferir diretamente na economia local. Os desastres naturais podem acarretar, em sua versão mais grave, perda de vidas humanas, o que é de fato a principal preocupação para aqueles que vivenciam esses eventos. Assim, a ocorrência de um desastre natural e/ou a sua possibilidade de ocorrência geram uma sensação de total insegurança para os habitantes de uma determinada região vulnerável ao seu acontecimento.

De acordo com a United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) (2009), um desastre pode ser definido como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade, envolvendo perdas humanas, econômicas ou ambientais, que excedem a capacidade da comunidade afetada para lidar usando seus próprios recursos.

A ocorrência de desastres naturais vem se tornando cada vez mais frequente no cotidiano de pequenas e grandes cidades, seja em decorrência das mudanças climáticas a nível global ou ainda das ações antrópicas locais. De acordo com Tominaga et. al, (2009), dentre os principais fenômenos relacionados a desastres naturais no Brasil estão os movimentos de massa, inundações e tempestades, todos relacionados à dinâmica externa da Terra. Quanto aos movimentos de massa, estes atingem principalmente zonas de fragilidade ambiental, tais como encostas íngremes, ocupadas, em sua maioria, de forma irregular. A geomorfologia, os solos e as condições pluviométricas de determinados ambientes, conjuntamente com a ocupação inadequada dos mesmos e a má destinação de resíduos, acarretam vários tipos de movimentos de massas que causam grandes transtornos à sociedade.

A ocorrência de movimentos de massa em áreas urbanizadas tem se tornado um problema recorrente em muitas partes do mundo e acarretado em grandes perdas econômicas, ambientais e humanas. Assim como os prejuízos relacionados a um movimento de massa, suas causas também podem ser diversas. Movimentos de massa provocados por terremotos são relatados e analisados por vários autores em diversas partes do mundo, como por Wang (2018) na China, Xu (2018) e Yamagishi (2018) no Japão e Martha (2017) no Nepal. Ainda com maior frequência se identificam estudos envolvendo movimentos de massa causados pela ação de chuvas intensas, como os de autoria de Xu (2010), Zhang (2018), Zhu (2019) na China, Cogan (2018) na Austrália, Dang (2019) no Sri Lanka e Cañón (2016) na Colômbia.

O estado do Rio Grande do Norte também sofre com a incidência de movimentos de massa, sobretudo no que se refere à zona urbana da cidade de Natal-RN, ao longo de sua costa. A alta valorização dos imóveis nesta região induz ao

crescente adensamento populacional da mesma. A população de baixo poder aquisitivo, muitas vezes sem opção, acaba por ocupar zonas suscetíveis a movimentos de massa, por meio de construções irregulares, em encostas instáveis, sem as devidas obras de engenharia e sem um planejamento por parte do poder público, gerando áreas de risco. Dentre estas regiões está o bairro de Mãe Luíza, localizado em uma faixa de dunas na cidade de Natal, em uma área adjacente ao Parque Estadual das Dunas do Natal, uma área de conservação ambiental. (Natal, 2017).

Desta forma, frente ao cenário atual quanto aos desastres naturais, surge a preocupação com o bem-estar e segurança das pessoas que habitam áreas sujeitas a risco de movimentos de massa, sobretudo aquelas em estado de maior vulnerabilidade social. A prevenção de desastres requer o conhecimento das situações de risco previamente ao acontecimento dos eventos, para tomada de decisões por parte do poder público. Portanto, verifica-se a necessidade da realização de um mapeamento de risco de movimentos de massa em tais áreas, dentre elas, o bairro de Mãe Luíza.

O bairro de Mãe Luíza em Natal, é apontado em estudos anteriores, (Santos Junior, et al., 1998), (Natal, 2008) e Macedo (2015) como área de alto risco a movimentos de massa, em decorrência de condicionantes presentes no bairro. No entanto, o trabalho de análise e mapeamento de risco de movimentos de massa, deve ser um trabalho com constante atualização, pois as condições de risco podem ser alteradas com o tempo, em função das ações antrópicas ou mesmo da modificação de condicionantes naturais. Além disso, a realização de estudos em maiores escalas, a fim de se analisar mais detalhadamente uma determinada área de risco, é de suma importância para a tomada de decisões de medidas mitigadoras do risco. Portanto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar um mapa de risco para setores críticos da comunidade de Aparecida em Mãe Luíza, Natal-RN, tendo como produto final um cadastramento de risco nesses setores, servindo de base para ações corretivas.

2. Metodologia

A metodologia utilizada para o mapeamento de risco no presente trabalho foi adaptada da metodologia proposta por Brasil (2007). A metodologia possui caráter qualitativo, baseando-se em aspectos observados em campo.

2.1 Reconhecimento da Área de Estudo

Inicialmente foram realizadas visitas de campo com vistas a se averiguar as condições críticas da área, com base no julgamento da equipe técnica, composta por quatro pesquisadores. As visitas de campo foram realizadas entre os meses de novembro e dezembro de 2019. Após essa fase de reconhecimento da área de estudo, foram definidas três conjuntos de edificações, localizadas na encosta da Rua Guanabara, entre as ruas Atalaia e Camaragibe, como alvos do cadastramento de risco. Essas áreas foram definidas, em função da criticidade de estruturas de contenção localizadas em seus entornos e por essas serem edificações interditadas pela Defesa Civil de Natal. Tais áreas foram denominadas no decorrer deste trabalho como áreas 1, 2 e 3. Em cada uma das áreas, 1, 2 e 3, os imóveis foram numerados em ordem crescente de acordo com a sequência das visitas realizadas.

2.2 Cadastramento de Risco

Nesta fase, foram vistoriadas um total de trinta e quatro edificações, estando oito na área 1, dezessete na área 2 e nove na área 3. Para tal análise, algumas informações básicas sobre a edificação precisaram ser levantadas, tanto como subsídio para a fase de análise de risco, quanto para a localização exata da residência, possibilitando o retorno ao local em trabalhos posteriores e a atualização dos dados, já que a análise e gerenciamento de risco deve ser um trabalho contínuo com constatare verificação das condições atuais.

Dentre as informações gerais sobre as edificações, coletadas em campo, foram: o nome do proprietário; o endereço completo e as coordenadas do ponto médio da fachada; a tipologia do uso; a tipologia quanto ao número de pavimentos; o tipo de materiais empregados, se madeira, alvenaria de tijolos etc.; a posição do imóvel com relação à encosta, se acima ou abaixo e a proximidade da edificação com a encosta.

A verificação da presença de feições de instabilidade é de extrema importância para a classificação de risco. Nesta etapa foram analisadas a existência de avarias como trincas e rachaduras em estruturas de contenção, correlacionando-as com suas possíveis causas; a inclinação de postes e árvores; o abatimento de vias; o desaprumo de estruturas de contenção; sinais de movimentações anteriormente ocorridos, dentre outros fatores.

2.3 Análise e classificação de risco

Após as vistorias em campo, a equipe analisou caso a caso com o intuito de chegar a uma classificação de risco para cada imóvel. A classificação de risco proposta para este trabalho é apresentada a seguir.

- Risco muito alto: situações em que se estima que a probabilidade de ocorrência da ruptura é alta e iminente, não sendo necessária a ocorrência de eventos extremos, ou outros processos destrutivos, e as consequências seriam graves, pois a ruptura da contenção atingiria a edificação.
 - a) Quando a estrutura de contenção apresenta sinais de instabilidade graves (rachaduras, trincas, desalinhamento longitudinal, desaprumo vertical), indícios claros de adiantado estágio evolutivo, com possibilidade de destruição imediata de moradias, e o imóvel está a uma distância da contenção inferior à altura da mesma; esse conceito foi usado tanto para imóveis situados na porção inferior da encosta como para aqueles situados na porção superior;
 - b) Quando a estrutura de contenção presente nas proximidades do imóvel era construída de forma precária, utilizando materiais inadequados para tais fins; esse era o caso de estruturas de contenção em alvenaria de tijolos cerâmicos, tablados, dentre outros, com indícios de ruptura iminente verificados tanto na contenção quanto na própria edificação, e o imóvel está a uma distância da contenção inferior à altura da mesma; esse conceito foi usado tanto para imóveis situados na porção inferior da encosta como para aqueles situados na porção superior;

- Risco alto: situações em que se estima que a probabilidade de ocorrência da ruptura é alta e as consequências graves, pois a ruptura da contenção atingiria a edificação.
 - a) Quando a estrutura de contenção apresenta sinais de instabilidade graves (rachaduras, trincas, desalinhamento longitudinal, desaprumo vertical) e a edificação está a uma distância da contenção inferior à altura da mesma; esse conceito foi usado tanto para imóveis situados na porção inferior da encosta como para aqueles situados na porção superior;
 - b) Quando a estrutura de contenção presente nas proximidades do imóvel era construída de forma precária, utilizando materiais inadequados para tais fins; esse era o caso de estruturas de contenção em alvenaria de tijolos cerâmicos, tablados, dentre outros, e a edificação está a uma distância da contenção inferior à altura da mesma; esse conceito foi usado tanto para imóveis situados na porção inferior da encosta como para aqueles situados na porção superior;

Vale ressaltar que para os casos em que as contenções eram construídas em alvenaria de tijolos cerâmicos ou em tábuas, considerou-se como alta a probabilidade de ruptura, tendo em vista a fragilidade dessas estruturas para conter o volume de solo e a ausência de outros dispositivos que possam promover a estabilidade da encosta. O fato dessas contenções

permanecerem até o momento do estudo estáveis, pode estar associado à coesão aparente existente nas areias para a condição não saturada. No entanto, caso o maciço contido pelas referidas estruturas venha a ficar saturado, tem-se o desaparecimento da coesão aparente, e conseqüentemente a redução das tensões efetivas e a desestabilização da encosta.

- Risco Médio – situações em que se estima que a probabilidade de ocorrência da ruptura é alta, porém as conseqüências seriam leves, pois a ruptura da contenção não atingiria a edificação e situações em que a probabilidade de ocorrência da ruptura é média a baixa, porém as conseqüências seriam graves, pois a ruptura da contenção atingiria a edificação.
 - a) Quando a estrutura de contenção apresenta sinais de instabilidade graves (rachaduras, trincas, desalinhamento longitudinal, desaprumo vertical), porém a edificação está a uma distância da contenção superior à sua altura, devendo ser superior a 4m independentemente da altura da contenção esse conceito foi usado tanto para imóveis situados na porção inferior da encosta como para aqueles situados na porção superior;
 - b) Quando a estrutura de contenção apresenta sinais de instabilidade leves (pequenas fissuras) e a edificação está a uma distância da contenção inferior à sua altura; esse conceito foi usado tanto para imóveis situados encosta como para os situados na porção superior;
- Risco baixo ou inexistente – situações em que se estima que a probabilidade de ocorrência da ruptura é baixa e as conseqüências seriam leves ou inexistentes.
 - a) Quando a estrutura de contenção apresenta sinais de instabilidade leves (pequenas fissuras) ou não apresenta sinais de instabilidade e a edificação está a uma distância da contenção superior à altura da mesma, devendo ser superior a 4m independentemente da altura da contenção; esse conceito foi usado tanto para imóveis situados na porção inferior da encosta como para aqueles situados na porção superior;

2.4 Produção do mapa de risco

Nesta fase da pesquisa buscou-se representar espacialmente a classificação de risco obtida nos itens anteriores. Tal representação foi realizada através da produção de mapa utilizando-se do programa ArcMap versão 10.3. A identificação das classes de risco foi possível mediante a criação de shapes sobre imagens obtidas a partir de satélites.

3. Resultados e Discussão

A seguir, serão apresentados os resultados referentes a cada uma das fases da pesquisa explicitadas no item anterior, os aspectos gerais das moradias analisadas nas áreas de estudo, os indícios de instabilidade verificados e a classificação de risco obtida.

3.1 Caracterização da Área de Estudo

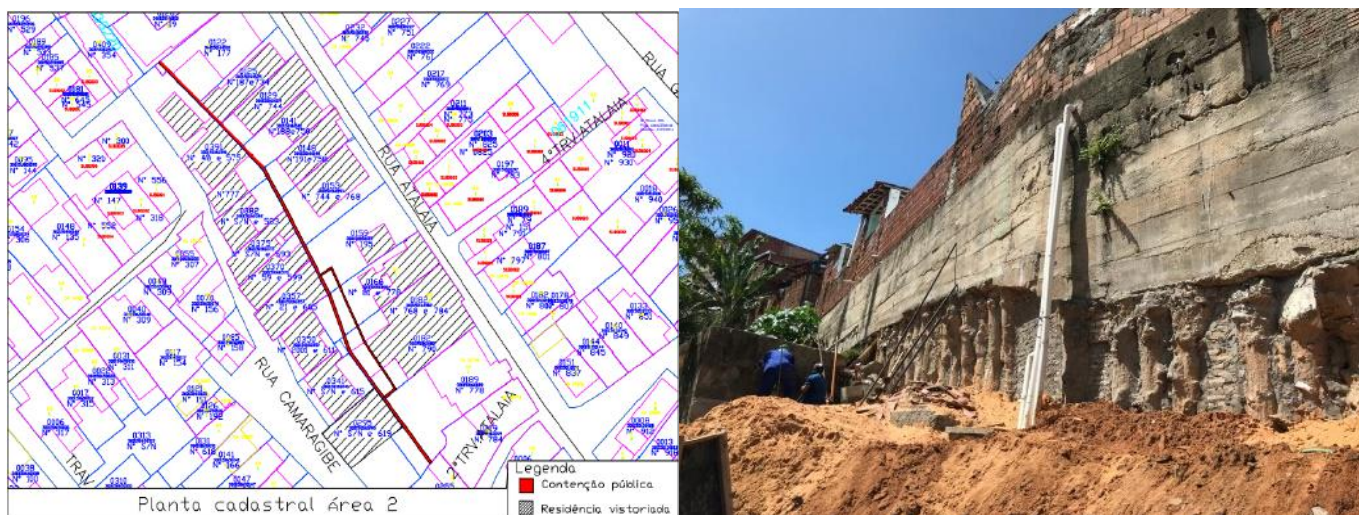
A região em estudo é composta por taludes que sofreram intervenções antrópicas, sendo realizados cortes e/ou aterros e a instalação de estruturas de contenção. Parte das estruturas de contenção existentes na região foram construídas pelo poder público, e parte pelos próprios moradores. A seguir, serão apresentadas imagens que ilustram as principais estruturas de contenções existentes em cada uma das três áreas, Área 1, 2 e 3 (Figuras 1 a 3).

Figura 1 - Estruturas de contenção Área 1



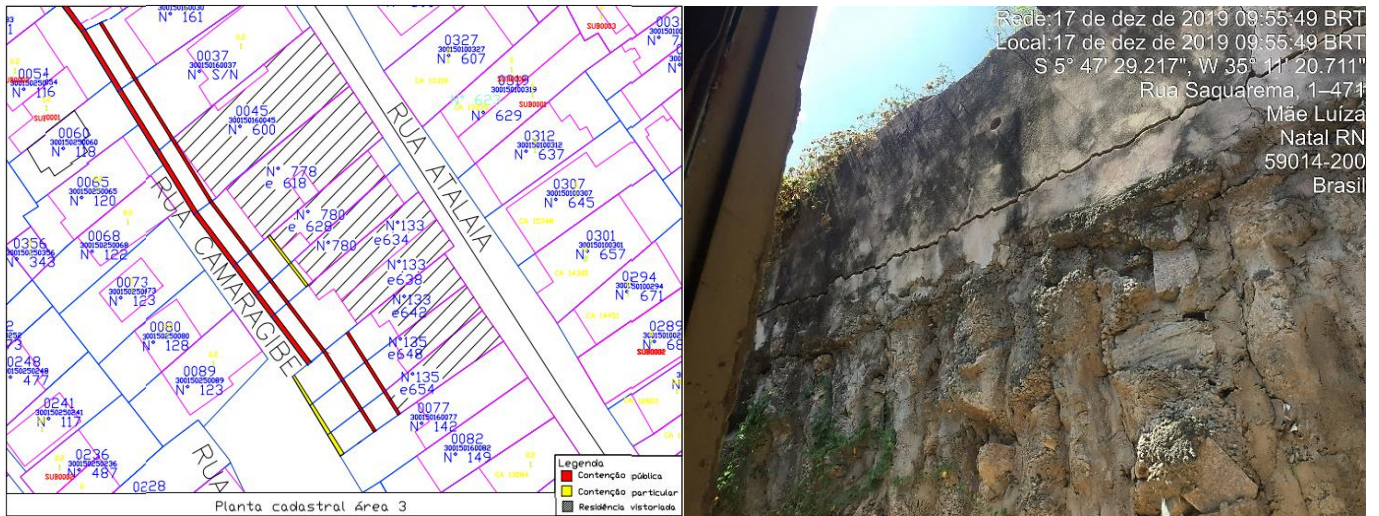
Fonte: Autores (2020).

Figura 2 - Estruturas de contenção Área 2.



Fonte: Autores (2020).

Figura 3 - Estruturas de contenção Área 3.

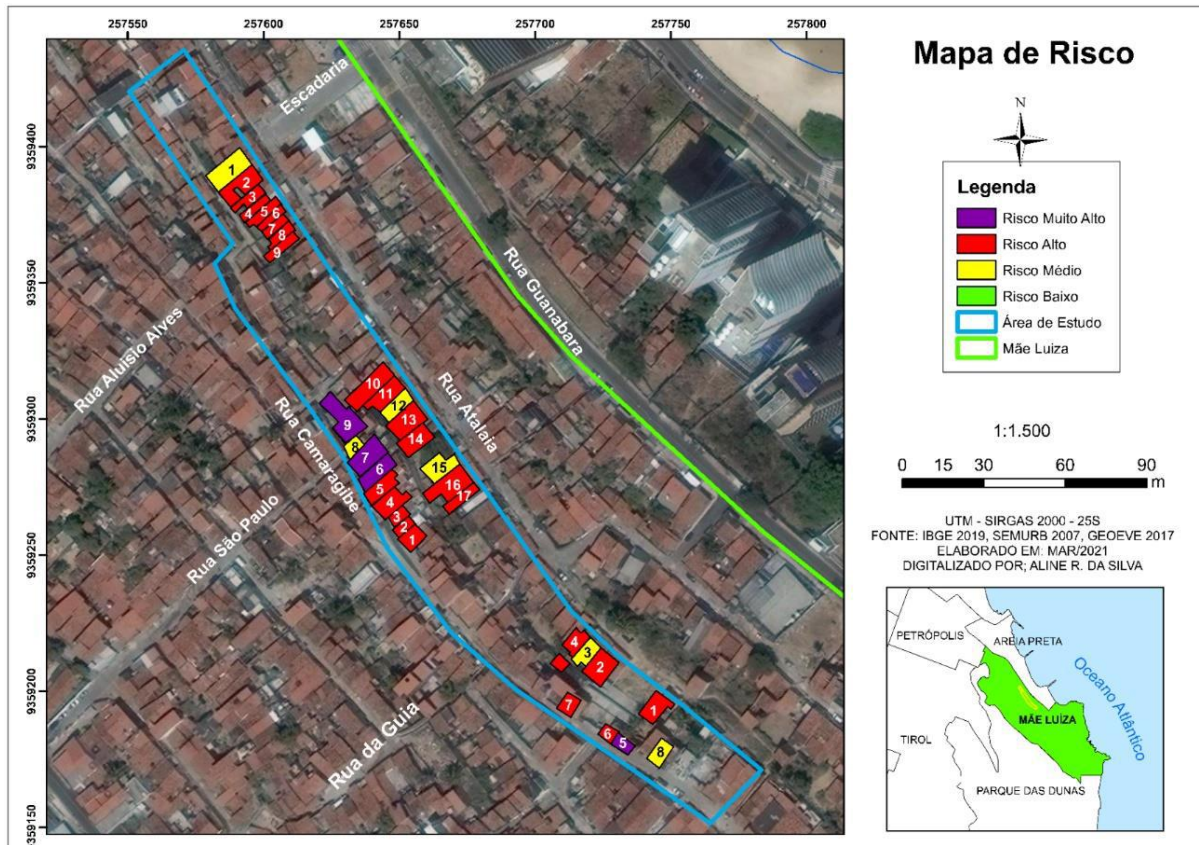


Fonte: Autores (2020).

3.2 Cadastramento e classificação de risco

A seguir, será apresentada a classificação final de risco obtida para cada uma das edificações mediante os parâmetros anteriormente discutidos. A Figura 4 apresenta mapa contendo a classificação final de risco para cada um dos trinta e quatro imóveis vistoriados.

Figura 4 - Mapa de Risco Áreas 1, 2 e 3.



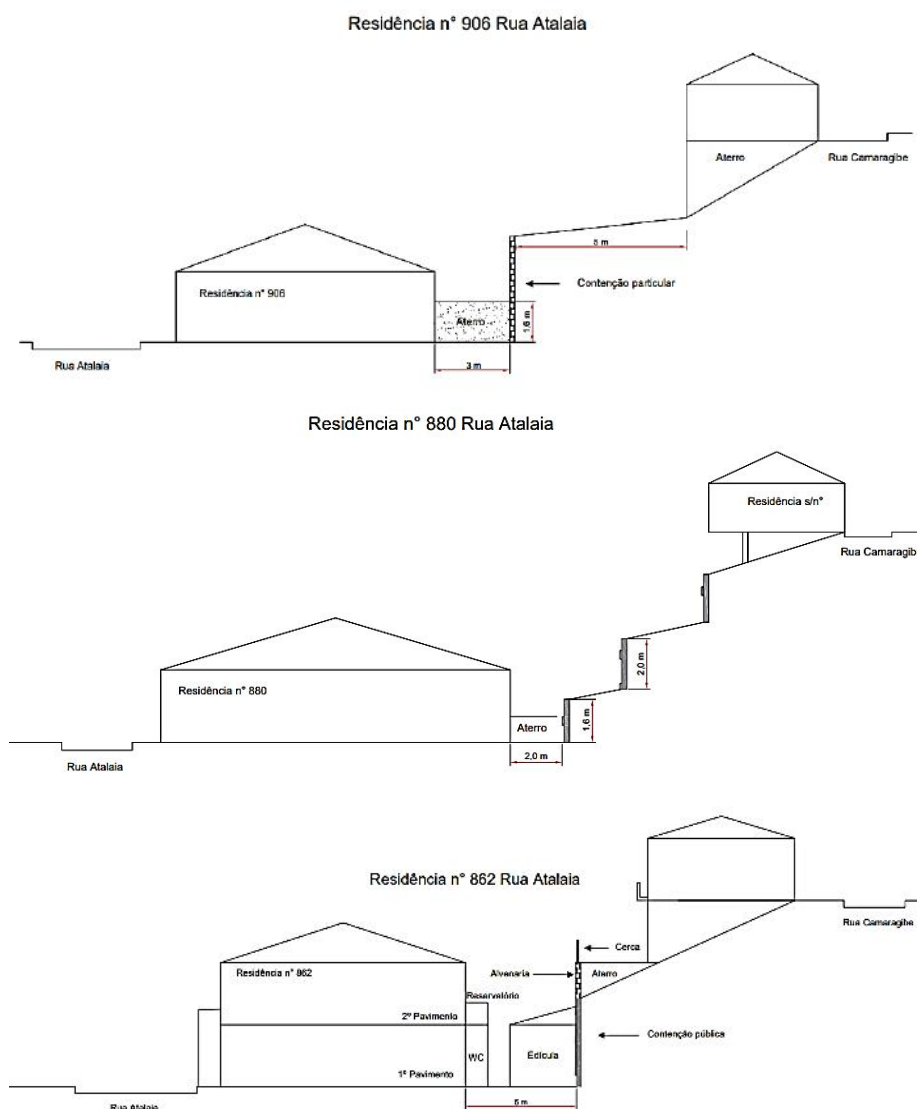
Fonte: Autores (2020).

Vale ressaltar que todas as residências vistoriadas estavam interditadas pela defesa civil de Natal. No entanto, algumas delas voltaram a ser ocupadas pelos moradores sem que houvesse a desinterdição. O fato de algumas residências estarem desocupadas não foi levado em consideração no momento da classificação de risco, tendo em vista que tais residências estavam desocupadas no momento da vistoria, porém, posteriormente poderiam voltar a serem ocupadas, e, portanto, atenuar o risco em virtude da desocupação do imóvel poderia provocar uma interpretação errônea. A seguir, serão apresentadas e discutidas as classificações de risco apresentadas na Figura 4.

3.2.1 Imóveis da Área 1

Conforme apresentado na Figura 4, apenas dois dos oito imóveis vistoriados na Área 1 foram classificados como submetidos a risco médio, cinco foram classificados como de risco alto e um está submetido a risco muito alto. A Figura 5 apresenta esquemas verticais de alguns dos imóveis da Área 1 a fim de elucidar as condições topográficas locais.

Figura 5 - Esquemas verticais imóveis 1, 2 e 4 Área 1.



Fonte: Autores (2020).

Para o imóvel 1, situado na Rua Atalaia, a classificação de risco alto foi atribuída devido a contenção presente aos

fundos do referido imóvel ser construída em alvenaria de tijolos, tipologia inadequada para tal finalidade. Além disso, a referida contenção apresenta sinais de instabilidade. A residência está distante da contenção aproximadamente 3 m, podendo, portanto, ser atingida em uma possível ruptura da contenção.

O imóvel 2, situado na Rua Atalaia, está submetido a risco alto devido a sua proximidade com a estrutura de contenção pública existente aos fundos da residência, aproximadamente 1,8 m, a qual apresenta indícios graves de instabilidade, como rachaduras.

O imóvel 3, situado na Rua Atalaia, teve a classificação de risco atenuada para risco médio devido o afastamento existente entre a contenção pública e a edificação, de aproximadamente 5,0 m, distância esta superior à altura da contenção situada aos fundos do imóvel. Vale ressaltar que a referida contenção apresenta imperfeições construtivas que merecem atenção e reparo.

O imóvel 4, situado na Rua Atalaia, trata-se de uma residência multifamiliar, com parte da edificação encostada na contenção pública existente aos fundos do imóvel. A contenção apresenta graves avarias, como rachaduras. Portanto, o imóvel está submetido a risco alto, devido aos indícios de instabilidade existentes na contenção e a proximidade desta com a residência.

O imóvel 5, localizado na Rua Camaragibe é assente sobre aterro contido por alvenaria de tijolos, estando, portanto, a 0,0 m da referida contenção. Além desta contenção, outra também composta de alvenaria de tijolos está situada aos fundos do imóvel, a aproximadamente 5,0 m de distância. A edificação apresenta solapamento das fundações, forte indício de instabilidade das contenções em seu entorno, conforme apresentado na Figura 6. Por apresentar indícios de ruptura iminente, sem a necessidade de outro evento destrutivo, o imóvel está submetido a risco muito alto, conforme classificação anteriormente definida.

Figura 6 - Vista interna imóvel 5 da Área 1.



Fonte: Autores (2020).

O imóvel 6, localizado na Rua Camaragibe, também se encontra assente sobre contenção executada pelos próprios

moradores em alvenaria de tijolos, tipologia inadequada para tal função. A edificação apresenta cicatrizes de rachaduras nas paredes laterais, as quais haviam sido recentemente reparadas pelo proprietário. Tal avaria dá indícios de movimentação do solo de fundação, ou seja, de movimentação da estrutura de contenção. Portanto, a gradação de risco atribuída ao imóvel foi risco alto, devido as condições insatisfatórias da estrutura de contenção e a proximidade da edificação com a mesma.

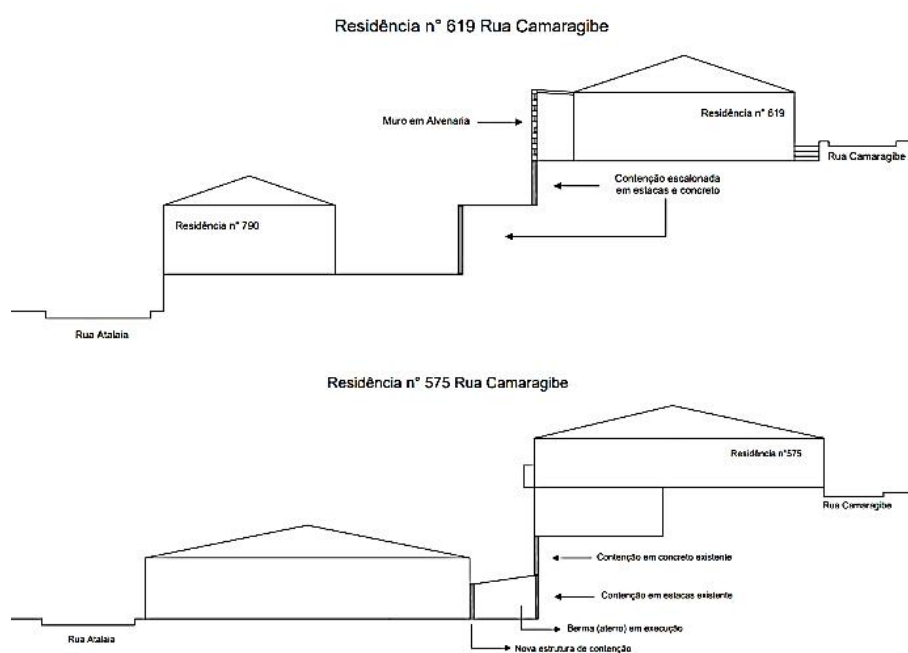
O imóvel 7, também localizado na Rua Camaragibe, possui parte da edificação sobre a estrutura de contenção pública presente na Área 1, mais precisamente sobre o trecho escalonado, ao qual apresenta indícios de instabilidade. Além disso, cabe ressaltar a fragilidade estrutural da própria edificação. Por esses motivos, a classificação de risco para este imóvel foi risco alto.

O imóvel 8, situado na Rua Camaragibe, trata-se de uma residência multifamiliar com dois pavimentos. Aos fundos da residência, a aproximadamente 6,5 m da mesma, está localizada uma estrutura de contenção construída pelos próprios moradores em alvenaria de tijolos deitados, com aproximadamente 2 m de altura. Apesar da tipologia inadequada da contenção existente aos fundos do imóvel, a gradação de risco atribuída para este imóvel foi média, devido à distância existente entre a edificação e a referida contenção.

3.2.2 Imóveis da Área 2

Conforme apresentado na Figura 4, dos dezessete imóveis vistoriados na Área 2, três imóveis estão submetidos a risco médio, onze imóveis estão submetidos a risco alto e três imóveis a risco muito alto. A classificação de risco para os imóveis situados nessa área se dá principalmente pelas condições insatisfatórias de segurança e estabilidade das estruturas de contenção existentes nas proximidades das edificações. A Figura 7 apresenta esquemas verticais de alguns dos imóveis da Área 2 a fim de elucidar as condições topográficas locais. A Figura 8 apresenta mosaico com imagens dos principais indícios de instabilidade encontrados.

Figura 7 - Esquemas verticais imóveis 1 e 9 Área 2.



Fonte: Autores (2020).

Figura 8 - Avarias em contenção e residência Área 2.



Fonte: Autores (2020).

O imóvel 1 da Área 2, localizado na Rua Camaragibe, trata-se de uma residência unifamiliar que se encontrava ocupada no momento da vistoria. A residência se encontra a 0,0 m da estrutura de contenção pública escalonada da Área 2. Tal contenção apresenta graves avarias, como rachaduras. Em especial no trecho do referido imóvel, a contenção apresenta exposição das estacas em concreto, possibilitando a fuga de solo nos espaços entre as estacas. Em trecho da mesma contenção, adjacente ao imóvel em análise há rachaduras, caracterizando também forte indício de instabilidade. Por tais motivos o risco atribuído ao imóvel, foi risco alto.

O imóvel 2 da Área 2, também localizado na Rua Camaragibe, encontra-se a 1,0 m da estrutura de contenção pública escalonada existente. No trecho correspondente ao imóvel, a contenção apresenta trincas e rachaduras. Portanto, devido aos indícios de instabilidade existentes na contenção e a proximidade desta com a edificação, o risco atribuído à mesma foi risco alto.

O imóvel 3 da Área 2, situado na Rua Camaragibe, possui corpo principal da edificação com afastamento de 3,0 m da contenção pública escalonada, e possui ainda edícula encostada na referida contenção. No trecho da contenção onde se localiza o imóvel, a mesma apresenta rachaduras. Portanto, devido aos indícios de instabilidade existentes na contenção e a proximidade desta com a edificação, o risco atribuído à mesma foi risco alto.

O imóvel 4 da Área 2, localizado na Rua Camaragibe, possui corpo principal da edificação com afastamento de 1,5 m da contenção pública escalonada, e possui ainda edícula encostada na referida contenção. No trecho da contenção onde se localiza o imóvel, a mesma apresenta rachaduras, fuga de material entre as estacas e afundamento do solo da bermá existente entre as faces da contenção escalonada. Portanto, devido os indícios de instabilidade existentes na contenção e a proximidade desta com a edificação, o risco atribuído à mesma foi risco alto.

O imóvel 5 da Área 2, localizado também na Rua Camaragibe, possui afastamento entre a edificação e a contenção de 1,7 m. A partir deste imóvel, a contenção deixa de ser escalonada, tendo apenas uma face com parte inferior em estacas de concreto espaçadas e parte superior em muro de concreto. A parte superior da contenção apresenta rachaduras, forte indício de movimentação. Vale ressaltar que no momento da vistoria, estava em execução a obra de uma estrutura de contenção em nível mais baixo, com face em concreto e bermá entre as duas contenções. No entanto, a referida obra não contemplava a recuperação da contenção situada acima. Por estes motivos, o imóvel está submetido também a risco alto.

O imóvel 6 da Área 2, localizado na Rua Camaragibe, possui parte da edificação sobre a contenção. No momento da vistoria foram identificadas avarias graves, tanto na estrutura de contenção pública existente no trecho do referido imóvel, quanto na própria edificação, que denotam a instabilidade da contenção. As avarias presentes na edificação indicam o

solapamento das fundações, em estágio bastante avançado. Portanto, o imóvel encontra-se submetido a risco muito alto, devido a criticidade das situações encontradas.

O imóvel 7 da Área 2, localizado na Rua Camaragibe, possui uso residencial multifamiliar, com uma edificação de dois pavimentos, a qual ocupa a maior parte do terreno, e outra edificação menor aos fundos do imóvel, estando apoiada sobre a contenção pública. Tanto a contenção no trecho referente ao imóvel como a própria edificação apresentam avarias que denotam a movimentação da estrutura de contenção em estágio bastante avançado, que caracterizam a ruptura iminente de trecho da contenção. Assim, o imóvel encontra-se submetido a risco muito alto.

O imóvel 8 da Área 2, localizado Rua Camaragibe, encontra-se afastado da estrutura de contenção pública em aproximadamente 4,5 m, o que atenuou o grau de risco para esta situação, portanto, o referido imóvel está submetido a risco médio.

O imóvel 9 da Área 2, localizado na Rua Camaragibe, contém edificação com dois pavimentos destinada a uso residencial. A edificação possui parte apoiada sobre a estrutura de contenção pública. Tanto a contenção quanto a própria residência possuem avarias que denotam a movimentação da contenção e conseqüentemente do solo de fundação da edificação em estágio bastante avançado. Tendo em vista a proximidade da residência com a estrutura de contenção com indícios de instabilidade, a ruptura da mesma causaria conseqüências graves, portanto, o risco a movimento de massa para essa situação foi considerado muito alto.

O imóvel 10 da Área 2, localizado na Rua Atalaia, porção inferior da encosta, possui residência afastada da estrutura de contenção pública em 3,0 m. Vale ressaltar que durante a visita, outra estrutura de contenção estava em execução em nível mais baixo, estando esta a 1,0 m da residência. Devido à proximidade da residência com a estrutura de contenção e os indícios de instabilidade existentes na mesma, o imóvel foi classificado como de alto risco.

O imóvel 11 da Área 2, localizado também na Rua Atalaia possui residência afastada da estrutura de contenção pública em aproximadamente 3,0 m da estrutura de contenção existente. Vale ressaltar que durante a visita, outra estrutura de contenção estava em execução em nível mais baixo, estando a 1,0 m da residência. Devido à proximidade da residência com a estrutura de contenção e os indícios de instabilidade existentes na mesma, o imóvel foi classificado como de alto risco.

O imóvel 12 da Área 2, situado na Rua Atalaia, encontra-se afastado da estrutura de contenção pública superior aproximadamente 8,0 m e da estrutura inferior em fase de execução, aproximadamente 4,0m. Apesar da estrutura de contenção superior apresentar avarias, a distância existente entre a referida contenção e a edificação atenuou a condição de risco, por isso, o imóvel foi classificado como submetido a risco médio.

O imóvel 13 da Área, localizado na Rua Atalaia, possui afastamento entre a residência e a estrutura de contenções a qual apresenta avarias de aproximadamente 3,0 m. No entanto, a segunda estrutura de contenção, em execução no momento da vistoria, se limita com a parede dos fundos da residência. Desta forma, o imóvel analisado está submetido a risco alto, pelos indícios de instabilidade existentes na estrutura de contenção pública existente e a proximidade da residência com essa.

O imóvel 14 da Área 2, localizado na Rua Atalaia possui afastamento entre a residência e a estrutura de contenções a qual apresenta avarias de aproximadamente 3,0 m. No entanto, a segunda estrutura de contenção, em execução no momento da vistoria, se limita com a parede dos fundos da residência. Na porção superior da contenção, a estrutura apresenta imperfeições construtivas e rachaduras em vários pontos e suporta cargas decorrentes de edificações que se apoiam em seu topo. Até o momento da vistoria, a parte superior da contenção não havia sofrido intervenções por parte da obra em execução. Portanto, o risco atribuído para esta situação foi risco alto.

O imóvel 15 da Área 2, localizado na Rua Atalaia, possui uso residencial unifamiliar. A contenção pública existente aos fundos do imóvel corresponde ao trecho escalonado. Apesar da existência de avarias na contenção, o imóvel está afastado da contenção a 4,2 m, o que atenuou a gradação de risco para este imóvel. Logo, o imóvel encontra-se submetido a risco

médio, pois há a possibilidade de ruptura da contenção, no entanto as consequências seriam leves, devido à distância existente entre contenção e residência.

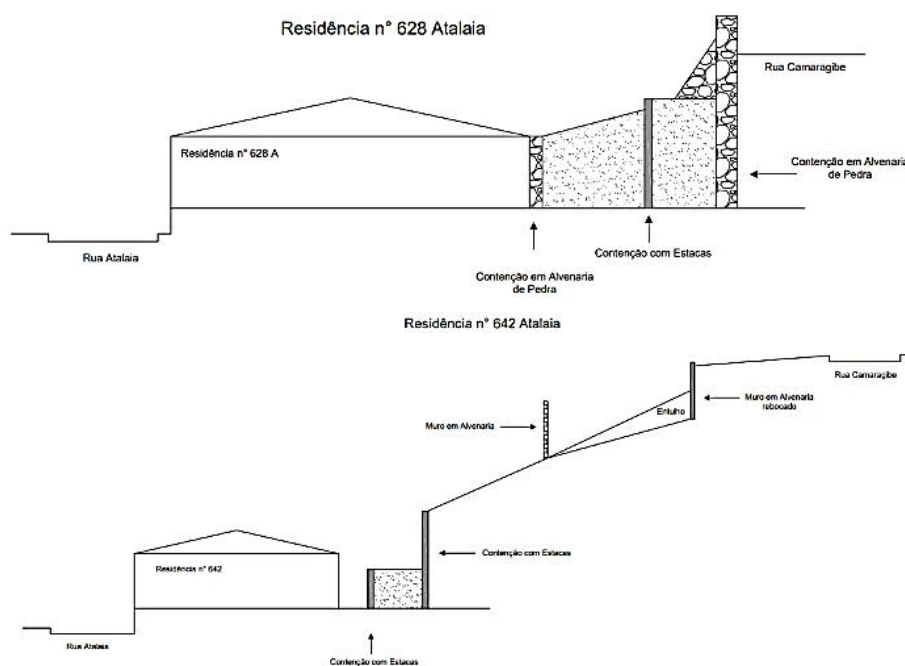
O imóvel 16 da Área 2, localizado na Rua Atalaia, possui uso residencial multifamiliar e encontra-se a 0,0 m da estrutura de contenção pública escalonada. Tal contenção apresenta indícios de instabilidade, como rachaduras. Por tais motivos, o imóvel está submetido a risco alto.

O imóvel 17 da Área 2, localizado na Rua Atalaia, apresenta um alto risco devido às condições de instabilidade da parte superior da estrutura de contenção existente aos fundos do imóvel e a proximidade desta com a residência (3,0 m). Além desse aspecto, estruturas localizadas em trechos situados aos fundos da residência estão apoiadas diretamente sobre a contenção pública provocando uma sobrecarga na mesma.

3.2.3 Imóveis da Área 3

Conforme apresentado na Figura 4, dos nove imóveis vistoriados na Área 2, oito imóveis foram classificados como de alto risco e um como de risco médio. A Figura 9 apresenta esquemas verticais de alguns dos imóveis da Área 3 a fim de elucidar as condições topográficas locais. A Figura 10 apresenta mosaico com imagens dos principais indícios de instabilidade encontrados.

Figura 9 - Esquemas verticais imóveis 3 e 7 Área 3.



Fonte: Autores (2020).

Figura 10 - Avarias em contenções Área 3.



Fonte: Autores (2020).

O imóvel 1 da Área 3, localizado na Rua Atalaia, possui uso residencial unifamiliar. A contenção situada aos fundos desse imóvel, trata-se de contenção pública escalonada, sendo a parte superior composta em alvenaria de pedras e a parte inferior composta de estacas de concreto espaçadas. A parede dos fundos da lavanderia do imóvel se limita com a contenção inferior. A parte superior da contenção pública apresenta condições insatisfatórias de estabilidade, identificadas através de avarias. No entanto, no trecho específico do imóvel observou-se um reforço na parte inferior da contenção que sugere uma condição de estabilidade da contenção. Por este motivo, o risco atribuído para este imóvel, foi risco médio.

O imóvel 2 da Área 3, localizado na Rua Atalaia, possui em seu terreno duas edificações, uma frontal, de uso misto e uma outra situada aos fundos, de uso residencial. A parte inferior da estrutura de contenção pública está afastada da residência situada aos fundos do imóvel aproximadamente 1,0 m. Esta contenção apresenta indícios de instabilidade, como rachaduras. Além disso, a via situada acima da contenção, apresenta afundamento. Assim, devido à alta probabilidade de ocorrência de movimento de massa e a proximidade entre contenção e residência, o grau de risco atribuído para o imóvel foi alto.

O imóvel 3 da Área 3, também localizado na Rua Atalaia, possui aos fundos estrutura de contenção escalonada em três níveis. No alinhamento da via (rua Camaragibe) a contenção foi construída em alvenaria de pedra, seguida por berma contida por cortina de estacas escavadas de concreto e na parte inferior, um muro em alvenaria de pedra. Ambas as partes da contenção escalonada apresentam avarias, como trincas e rachaduras que sugerem a movimentação da estrutura. Além disso, observou-se o desalinhamento da contenção superior e o afundamento do pavimento da via adjacente (Rua Camaragibe). Não há afastamento entre a estrutura de contenção e a residência. Assim, devido à alta probabilidade de ocorrência de movimento de massa, atestada pelas avarias encontradas e a proximidade entre contenção e residência, o que acarretaria consequências graves, o grau de risco atribuído para o imóvel foi alto.

O imóvel 4 da Área 3, localizado na Rua Atalaia, divide o terreno com o imóvel 3, e por isso, as contenções com as quais se limita possuem as mesmas características das anteriores. A edificação de uso residencial também se apresenta sem afastamento com a estrutura de contenção. Desta maneira, o imóvel está submetido a risco alto, devido as condições das contenções e a proximidade desta com a edificação.

O imóvel 5 da Área 3, situado na Rua Camaragibe está submetido a risco alto, devido à alta probabilidade de ocorrência de movimento de massa, verificada pelos indícios de instabilidade presentes na estrutura de contenção escalonada em dois níveis que se situa aos fundos do imóvel, sem afastamento entre essa e a edificação residencial.

O imóvel 6, também de uso residencial, está afastado da estrutura de contenção pública escalonada em 3,5 m. No trecho do referido imóvel, a contenção também apresenta avarias que denotam indícios de instabilidade. Portanto, de acordo com a metodologia utilizada neste trabalho, o imóvel encontra-se submetido a risco alto.

Quanto ao imóvel 7 da Área 3, foi constatado que as estruturas destinadas à estabilização da encosta no trecho correspondente ao imóvel são formadas por três contenções em níveis diferentes. A inferior é formada provavelmente, em estacas de concreto justapostas, revestidas por concreto. Em nível mais acima à uma distância aproximada de 2,0 m da estrutura anterior, existe uma outra contenção formada também por estacas de concreto justapostas, revestidas por concreto, sendo esta a continuidade da estrutura existente aos fundos dos demais imóveis da Área 3. A terceira e última estrutura de contenção, situada à aproximadamente 5,0 m da contenção anterior é composta de alvenaria de tijolos, rebocada e com pilares espaçados. Entre a segunda e a terceira estrutura de contenção foi construído um muro em alvenaria de tijolos deitados com pilares espaçados. Foi observado durante a visita que estava sendo executado um aterro utilizando resíduo de construção e demolição, entre o referido muro e a terceira contenção, de forma que o mesmo passaria a funcionar como mais uma estrutura de contenção.

A residência encontra-se afastada da contenção inferior a 1,5 m. Foram identificadas rachaduras nas duas contenções inferiores e a inclinação de coqueiro (cocos nucifera) sobre a berma existente entre as duas contenções inferiores. A tipologia construtiva utilizada para a terceira contenção (alvenaria de tijolos não estruturais) não é adequada para tal finalidade. Portanto, devido às condições insatisfatórias das contenções e a proximidade dessas com a residência, a mesma está submetida a risco alto de movimento de massa.

O imóvel 8 da Área 3, divide o quintal com o imóvel 7, e está afastado da contenção inferior em 3,5 m. Devido aos indícios de instabilidade existentes nas contenções descritos para o imóvel 7, e a proximidade da residência com as contenções, o imóvel 8 está submetido a risco alto de movimento de massa.

O imóvel 9 da Área 3, também localizado na Rua Atalaia, possui edificação adjacente a encosta, não havendo afastamento entre a residência e a primeira estrutura de contenção. Tais estruturas, são as mesmas descritas para os imóveis 7 e 8 desta Área. A fragilidade estrutural do conjunto de contenções localizadas aos fundos do imóvel, associado ao fato da encosta superior apresentar desnível muito elevado, denotam as condições insatisfatórias de estabilidade da encosta, que tende a se agravar, podendo desabar sobre os imóveis com os quais se limita. A continuidade do aterro que está sendo executado aos fundos do imóvel vizinho, viria a agravar a situação existente. Portanto, o imóvel em análise está submetido a risco alto.

4. Conclusão

O mapeamento de risco a movimentos de massa realizado em áreas pertencentes à comunidade da Aparecida, em Mãe Luíza, Natal-RN, objetivou a identificação das classes de risco para os setores analisados. A metodologia de classificação de risco utilizada neste trabalho foi adaptada de Brasil (2007), possuindo quatro classes de risco, baixo, médio, alto e muito alto.

O presente trabalho resultou em um cadastramento de risco em nível de detalhes, onde trinta e quatro imóveis da área de estudo foram analisados e classificados quanto ao risco. Destes imóveis, apenas seis foram classificados como de risco médio de movimento de massa, vinte e quatro imóveis analisados foram classificados como de risco alto e quatro imóveis foram classificados como de risco muito alto.

Em todos os casos analisados, a condição de risco está diretamente relacionada à precariedade de estruturas de contenções presentes em seus entornos. Logo, para que a habitabilidade dos imóveis seja garantida, considera-se imprescindível a recuperação da estabilidade das contenções, associada a medidas voltadas à adequação da drenagem local. Além disso, devem ser adotadas ações complementares para formulação e operacionalização de um sistema de controle,

envolvendo o estabelecimento de gabaritos cadastrais que delimitem os alinhamentos das ocupações passíveis de incidência em cada imóvel, fiscalização e monitoramento que conte com o apoio de programa educativo, pautado no diálogo com os proprietários dos imóveis, além da prestação sistemática de assistência técnica que oriente a efetuação de reformas e melhorias nas edificações, evitando intervenções indevidas que possam comprometer as estruturas de contenção instaladas na área.

Sugere-se como trabalhos futuros a apresentação detalhada de medidas corretivas e/ou preventivas para as condições de risco apresentadas bem como a estimativa de custos para a execução de tais medidas.

Referências

- Brasil. (2007). *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios* / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT
- Cogan, J. et al. (2018). Rainfall-induced shallow landslides caused by ex-Tropical Cyclone Debbie, 31st March 2017. *Landslides*, 15(6), 1215-1221, 27 mar. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-018-0982-4>.
- DanG, K et al. (2018). Recent rainfall-induced rapid and long-traveling landslide on 17 May 2016 in Aranayaka, Kagelle District, Sri Lanka. *Landslides*, 16(1), 155-164. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-018-1089-7>.
- Fontoura, T. B. (2015). *Comportamento tensão-deformação e resistência ao cisalhamento de uma areia de duna cimentada artificialmente*. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- ISDR. (2009). *Terminology Disaster Risk Reduction*, 35 p. Genebra: Nações Unidas.
- Macedo, Y. M. (2015). *Vulnerabilidade Socioambiental no Bairro Mãe Luíza, Natal-RN/Brasil*. 175 f. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Martha, T. R. et al. (2016) Spatial characteristics of landslides triggered by the 2015 Mw 7.8 (Gorkha) and Mw 7.3 (Dolakha) earthquakes in Nepal. *Landslides*, 14(2), 697-704. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-016-0763-x>.
- NATAL. (2008). *plano municipal de redução de risco do município de Natal*. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo.
- NATAL. (2017). *Conheça melhor seu bairro: região administrativa leste*. Natal: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo.
- Santos O. F., Amaral R. F., Jesus A. P., & Macêdo C. M. H. (1998). Mapeamento de Áreas de Risco de Movimentos de Massas em Encostas Formadas por Dunas na Cidade de Natal. *ABMS, Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, 11, Brasília, Anais, 1: 521.
- Tominaga, L. K. et al. (2009) *Desastres Naturais: Conhecer para prevenir*. Instituto Geológico.
- Wang, Y. et al (2017). Mechanism of the catastrophic June 2017 landslide at Xinmo Village, Songping River, Sichuan Province, China. *Landslides*, 15(2), 333-345, 28. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-017-0927-3>.
- Xu, Q.; & Zhang, L. (2010) The mechanism of a railway landslide caused by rainfall. *Landslides*, 7(2), 149-156, 17. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-010-0195-y>.
- Xu, C. et al. (2017) Landslides triggered by the 2016 Mj 7.3 Kumamoto, Japan, earthquake. *Landslides*, 15(3), 551-564. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-017-0929-1>.
- Yamagishi, H.; & Yamazaki, F. (2018) Landslides by the 2018 Hokkaido Iburi-Tobu Earthquake on September 6. *Landslides*, 15(12), 2521-2524. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-018-1092-z>.
- Zhang, Y. et al. (2018) Wangjiawan landslide in Ningxiang County, China. *Landslides*, 15(8), 1657-1662. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-018-1025-x>
- Zhu, L. et al. (2019) Characteristics and failure mechanism of the 2018 Yanyuan landslide in Sichuan, China. *Landslides*, 16(12), 2433-2444, 24 ago. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-019-01262-z>.