

## ACÇÕES DE DEFESA CIVIL EM MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO NORTE COM AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS

Melquisedec Medeiros Moreira <sup>1</sup>, Newton Moreira de Souza <sup>2</sup>, Kátia Alves Arraes <sup>3</sup>, Juliana Cavalcante Monteiro<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador do INPE/ Coordenação Espacial do Nordeste, melquisedec.moreira@inpe.br; <sup>2</sup>Professor Associado 3, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília – UnB, nmsouza@unb.br; <sup>3</sup>Tecnologista do INPE/ Coordenação Espacial do Nordeste, katia.arraes@inpe.br; <sup>4</sup>Bolsista CNPq/ Mestranda no Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica - UFRN, juliana.monteiro.017@ufrn.edu.br

### RESUMO

Vários Municípios do Rio Grande do Norte estão sujeitos à ocorrência de eventos que podem representar perigo às populações. Movimentos de massa (em encostas e falésias), riscos de inundações e alagamentos em áreas urbanas e rurais, sismicidade e processos erosivos nas áreas costeiras são alguns dos fatores geoambientais que podem impor situações de risco às comunidades instaladas nessas localidades mais suscetíveis a esses eventos. A chuva crítica pode gerar inundações, alagamentos e escorregamentos de terra. Assim temos, em um mesmo evento, várias possibilidades de acidentes, onde cada acidente tem uma probabilidade de ocorrência e possui consequências tangíveis e intangíveis. Este trabalho teve como referência metodológica os procedimentos e premissas do Manual para o Zoneamento de Susceptibilidade de Perigo e Risco do Comitê Técnico Internacional para Deslizamentos (JTC-1) inseridos no programa “Construindo Nosso Mapa Municipal Visto do Espaço” do MCTI/INPE/COENE.

**Palavras-chave** — Cartografia Geotécnica, Cidades Sustentáveis, Geotecnologias.

### ABSTRACT

*Several municipalities in Rio Grande do Norte are subject to the occurrence of events that may pose a danger to populations. Mass movements (on slopes and cliffs), risks of inundations and floods in urban and rural areas, seismicity and erosion processes in coastal areas are some of the geoenvironmental factors that can impose risk situations on communities located in these locations that are more susceptible to these events. Critical rain can generate floods, inundations and landslides. So we have, in the same event, several accident possibilities, where each accident has a probability of occurrence and has tangible and intangible consequences. This work had as methodological reference the procedures and premises of the Manual for the Zoning of Susceptibility to Hazard and Risk of the International Technical Committee for Landslides (JTC-1)*

*included in the program "Building Our Municipal Map Seen from Space" by MCTI/INPE/COENE.*

**Key words** — *Engineering Geological Mapping, Sustainable Cities, Geotechnologies.*

### 1. INTRODUÇÃO

Natal é uma cidade de clima tropical chuvoso, construída entre rios (Potengi e Pitumbu), e sobreposta a tabuleiros costeiros, campos de dunas e lagoas interdunares. Sua pluviometria média anual associada a fatores de caráter geológico-geomorfológico condicionam a concentração de escoamento de água em superfície e subsuperfície.

Estas características geoambientais podem ser classificadas como predisponentes a movimentos de massa e alagamentos, desencadeados pelas alterações do meio físico e da paisagem provocados pela presença humana.

Dentre todos os processos de movimento de massa, os mais comuns no Brasil são os deslizamentos, quedas de barreira ou desbarrancamentos, movimentos de blocos rochosos ou quedas, rastejos e as corridas.

Movimentos de massa podem ser definidos como movimentos de descida de material de composição diversa (solo, rocha e/ou vegetação) pelas encostas devido à ação da gravidade. Esses processos naturais podem ocorrer em qualquer área que apresente declividade causada pela atuação do intemperismo e da erosão, tendo como um dos principais agentes deflagradores a água da chuva.

A partir desses eventos, o Governo Federal apresentou a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei Federal 12.608/2012 [2] contemplando entre seus princípios fundamentais, as ações de mapeamento e prevenção, bem como sua integração às demais políticas setoriais, como as de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano e meio ambiente, entre outras, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável no País [1].

### 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

Foi atribuída à atividade em questão uma visita de campo a Comunidade São José do Jacó, a fim de promover uma análise geotécnica do setor, das condições de

vulnerabilidade que se encontra e as formas de enfrentamento das problemáticas identificadas, o que por sua vez influenciou na escolha da área de estudo (Figura 1).



Figura 1. Mapa de localização da Comunidade São José do Jacó, em Natal (RN) entre os bairros da Praia do Meio e Rocas.

A geologia de Natal é representada por coberturas sedimentares cenozoicas que foram relacionadas às seguintes unidades: Grupo Barreiras, Depósitos Aluvionares Antigos, Depósitos Marinho e Continentais, Depósitos Arenosos e Areno-argilosos, Depósitos Flúvio-Marinhos, Depósitos Aluvionares de Canal, Depósitos Eólicos Litorâneos Vegetados, Depósitos Eólicos Litorâneos Não Vegetados, Depósitos Litorâneos Praiais e Recifes Arenosos [5] (Figura 2). No entanto, optou-se por descrever apenas os litotipos relativos à Comunidade São José do Jacó que por sua vez engloba o Grupo Barreiras.

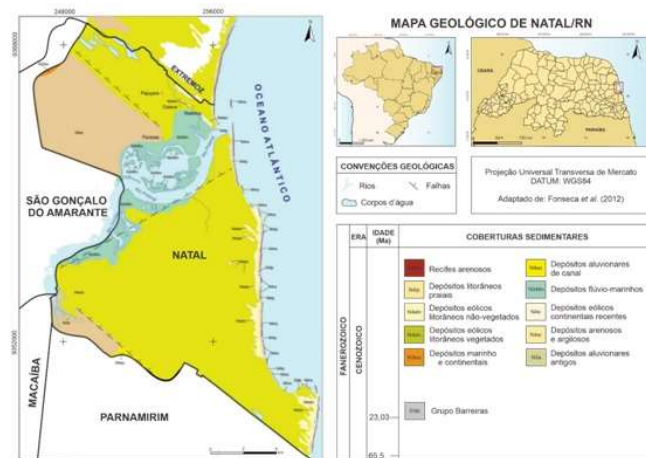


Figura 2. Mapa geológico da capital potiguar, Adaptado de [5].

O Grupo Barreiras foi formalizado inicialmente como formação, sendo descrito como depósitos de arenitos médios a grossos, de coloração avermelhada, argilosos, com intercalações de níveis conglomeráticos, argilitos e mais raramente folhelhos, por vezes caulinizados e/ou lateritizados, de fraca diagênese. Eventualmente se encontra sotoposto a fácies arenítica de coloração avermelhada e granulometria mal selecionada da Formação Potengi [8]. Sua redefinição como grupo foi feita por [6].

A análise integrada entre os processos do meio físico e os aspectos relativos a uso e ocupação do solo permite a identificação qualitativa dos graus de susceptibilidade a movimentos de massa e alagamentos. Sendo assim, tomando Natal como cidade piloto para presente pesquisa, verifica-se que as áreas que apresentaram maior propensão aos processos geodinâmicos de movimento de massa e alagamentos, são aquelas que reúnem as seguintes características: material inconsolidado, substrato geológico residuais ou dunas (descaracterizadas ou móveis), características geomorfológicas, profundidade do nível d'água dos aquíferos Dunas-Potengi e Barreiras (quanto mais próxima da superfície do terreno está à superfície freática, tanto maior é o Risco Potencial a alagamentos), habitações precárias, declividade, o sistema de drenagem falho e a vegetação original pouco preservada [10].

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O Programa de Redução de Riscos [3], propõe uma metodologia para mapeamento de áreas de risco de inundações elaborado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT - que segue os seguintes passos: a) identificação e delimitação preliminar de área de risco em fotos aéreas de levantamentos aerofotogramétricos, imagens de satélite, mapas, guias de ruas, ou outro material disponível compatível com a escala de trabalho; b) identificação de área de risco e de setores de risco (setorização preliminar) em fotos aéreas de baixa altitude (quando existir); c) levantamentos de campo para setorização (ou confirmação, quando existir a pré-setorização), preenchimento da ficha de cadastro e uso de fotos de campo.

Há vários enfoques para se chegar a um mapeamento de riscos de escorregamentos. Cada país, e, dentro de cada país, cada grupo, adota metodologias semelhantes, mas com detalhes que as diferenciam, dando produtos às vezes bastante distintos. Foi com o intuito de padronizar uma metodologia que pudesse ser adotada universalmente que o Comitê Técnico Unificado de Escorregamentos de Terra e Taludes de Engenharia (JTC1 – “Joint Technical Committee 1 – Landslides and Engineered Slopes”, da ISSMGE, IAEG e ISRM) decidiu firmar um documento, com o consenso de especialistas das três entidades internacionais – de Mecânica dos Solos, de Geologia de Engenharia e de Mecânica das Rochas -, que definiu os passos a serem tomados em um

Mapeamento de Risco. Desta forma, elaborou-se um “Manual para o zoneamento de susceptibilidade de perigo e risco de deslizamento para o planejamento de uso do solo”, [4], que foi publicado em um número especial da revista Engineering Geology juntamente com vários outros artigos nesta mesma temática. Esse texto foi traduzido e publicado no Brasil pela CPRM/ABGE/ABMS, [7].

A presente pesquisa será desenvolvida a partir dos procedimentos e premissas deste Manual para o Zoneamento de Susceptibilidade de Perigo e Risco do Comitê Técnico Internacional para Deslizamentos (JTC-1) inseridos no programa “Construindo Nosso Mapa Municipal Visto do Espaço”, realizado pelo grupo de Geoprocessamento do MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações) / INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) / COENE (Coordenação Espacial do Nordeste), podendo ser consultado no link: <http://geopro.cnr.inpe.br/resumo3.htm> (Projeto Mapas Municipais Geoambientais). Nesta linha de trabalho, procura-se integrar estudos relacionados às alterações geomorfológicas, provocadas pelas diferentes formas de ocupação do relevo, configurando-se na formação de depósitos tecnogênicos.

#### 4. DISCUSSÃO

O mapeamento geológico-geotécnico analisa de forma conjunta o comportamento e as propriedades das rochas e dos solos (características geotécnicas) e sua gênese (características geológicas), isto é, reúne um determinado número de informações e análises extensivas para toda a área estudada e orientadas pela base geológica [9].

Desse modo para a confecção do Mapa de Susceptibilidade e Risco Potencial (Figura 4), onde neste último se caracteriza a susceptibilidade juntamente com a vulnerabilidade pela presença do elemento em risco seja em termos de vidas humanas e infraestruturas. Note-se que para a elaboração de carta de risco é necessária a análise integrada dos processos do meio físico com aspectos de uso e ocupação do solo. E o risco só existe onde há ocupação do solo, o termo potencial foi associado ao termo risco pelo fato da avaliação de risco ter sido qualitativa e não quantitativa como estabelecido pelo JTC-1. Desta forma avaliaram-se: tipo de material inconsolidado, características do substrato geológico, características geomorfológicas, profundidade do nível d’água do aquífero Dunas-Potengi e Barreiras, existência de habitações precárias, presença de esgotos domésticos, estrutura de drenagem de águas pluviais e Carta de Declividade, onde se constata que boa parte da área de Natal apresenta Risco Potencial a Alagamentos médio e alto.

Como capital do Estado, e conseqüentemente a cidade mais populosa, Natal apresenta diversos problemas geológicos-geotécnicos envolvendo a urbanização desorganizada. Desse modo, a cidade de Natal parte como sendo um estudo piloto do presente artigo, onde foi

realizado visitas técnicas em alguns pontos críticos de áreas de risco.

Destacam-se com menor Risco Potencial a Movimentos de Massa o setor leste (depósitos de dunas fixas – “Baixo Risco Potencial”) (Figura 3), correspondendo aos depósitos de dunas fixas que se encontram recobertos naturalmente por vegetação, chegando a atingirem cerca de 120m de altitude.

Sendo o processo de instabilização das encostas o fenômeno mais frequente associado às áreas urbanas populacionalmente densas e de baixa infraestrutura, a análise de risco referente à Comunidade São José do Jacó dará uma maior ênfase a esse tipo de processo, buscando apontar a vulnerabilidade do setor, todos os fatores responsáveis para evolução da problemática e as evidências observadas em campo.

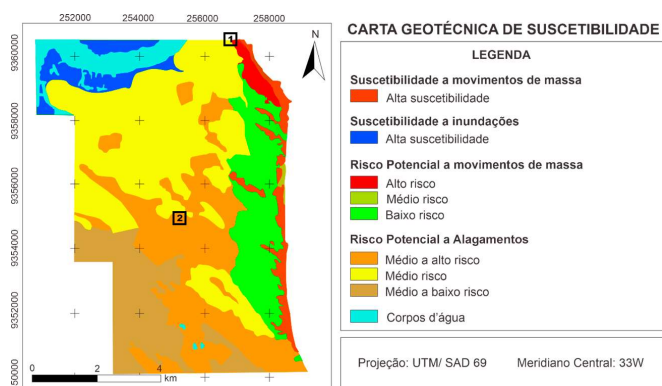


Figura 3. Carta Geotécnica de Suscetibilidade e Risco Potencial a Deslizamentos, Inundações e Alagamentos. Notar Área 1, que corresponde à localização das Figuras 4 e 5.

A Comunidade do Jacó situa-se na região que compreende os materiais inconsolidados residuais das formações Barreiras e Potengi que por sua vez são relacionados a setores naturalmente suscetíveis a movimentos de massa (Figura 4). Por se tratar de uma localidade de densa ocupação, a comunidade apresenta habitações ao longo de toda a encosta, de maneira a promover possíveis quedas e atingimentos após a concretização de um fenômeno. Esse crescimento populacional sem o acompanhamento dos poderes públicos colaborou para o desenvolvimento de alguns aspectos comprometedores da estabilidade do talude, são eles um sistema de drenagem por vezes falho (elaborado pela própria população), caracterizada por lançamentos indiscriminados de águas servidas seja por vazamentos ou por direcionamento para a encosta que culminam no aumento de sobrecarga do setor e reduzem a resistência ao cisalhamento do substrato, ou ainda a baixa a média taxa de cobertura vegetal original em junção com o cultivo de árvores de grande porte (bananeiras e coqueiros, Figura 5) que proporcionam sobrepeso no substrato, maiores índices de



infiltração e resistência ao vento. Outro elemento comum na região é o descarte de resíduos sobre o talude, cuja heterogeneidade do material e comportamento geotécnico instável ajuda a deflagrar a ocorrência dos deslizamentos (Figura 5).



**Figura 4. Fotografia expondo os materiais inconsolidados residuais das formações Barreiras em (1) e Potengi em (2), justamente no setor da comunidade em que houve um corte de talude realizado de maneira errônea que favoreceu o tombamento de um muro de arrimo.**



**Figura 5. Fatores antrópicos que facilitam a desestabilização dos taludes. Em (A) concentração habitacional ao longo da encosta, (B) encanamentos e fossa séptica indevidamente instalados, indicados pelas setas amarelas, (C) árvores de grande porte cultivadas no substrato inclinado, com destaque a coqueiro e bananeira, evidenciados por setas amarelas e em (D) encosta com descarte de resíduos sólidos. Todas essas situações comprometem a coesão do solo e assim favorecem a deflagração de movimentos de massa.**

## 5. CONCLUSÕES

A Comunidade São José do Jacó pode ser caracterizada como uma área densamente habitada, de crescimento mal planejado, que se dispõe em uma região de altos e baixos que naturalmente acumula água em topografias incipientes, podendo ser também associada à desestabilização de encostas em períodos oportunos. A ocorrência desses processos é agilizada por fatores antrópicos que compreendem redes de drenagens falhas, comprometimento da encosta por cobertura vegetal inapropriada, cortes de

talude mal realizados, resíduos sólidos descartados de maneira errônea e edificações de pouca infraestrutura.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] Bitar, O. Y. (Coord.). Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000 (livro eletrônico): nota técnica explicativa /coordenação Omar Yazbek Bitar. -- São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM –, Serviço Geológico do Brasil, 2014. – (Publicação IPT; 3016) 5 Mb ; PDF.
- [2] BRASIL. Lei 12.608, de 10 de ABRIL de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1o de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Ofic, Brasília, 11 abr. 2012.
- [3] Carvalho C.S., Macedo E.S., Ogura A.T. *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Relatório técnico, Brasília, Convênio Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas- IPT, 176p, 2007.
- [4] Fell, R. *et al*. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. *Engineering Geology*, v.102, p. 83-111, 2008.
- [5] Fonseca V.P., Sousa M.O.L., Silva F.O., Bezerra F.H.R., Amaral R.F., Souza, Z.S.; Ferreira A.C., Dutra R.R. *Carta Geológica – Folha Natal (SB-25-V-C-V), escala 1:100.00*. Natal, Serviço Geológico do Brasil- CPRM, 2012.
- [6] Mabesoone J.M., Silva A.C., Beurlen K. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geociências*, 2:173-188, 1972.
- [7] Macedo E. S., Bressani L. A. *Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo*. Relatório Técnico, São Paulo, ABGE, 88 p, 2013.
- [8] Moreira M.M. Mapeamento Geotécnico do Município de Natal-RN e Áreas Adjacentes. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-028A/96, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 148p, 1996.
- [9] Moreira M.M., Souza N.M., Cuellar M. D. Z., Arraes K.A. 2016. Carta Geotécnica de Suscetibilidade a Processos Geológicos e Risco Potencial a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações na Área Urbana de Natal-RN. In: XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica - COBRAMSEG 2016. Minas Gerais.
- [10] MOREIRA M.M., SOUZA N.M., ARRAES K.A. 2019. Caracterização geotécnica dos materiais inconsolidados do município de Natal- RN: suscetibilidade e risco potencial de deslizamentos e inundações. In: Barbosa F. C. (Org.) Engenharia e geotecnia: princípios fundamentais. 1ª edição, Piracanjuba, Conhecimento Livre, p. 224-232.