



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**CARTA GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DE NATAL-RN E SUA
REGIÃO METROPOLITANA: GEOTECNOLOGIAS,
ESPACIALIZAÇÃO E SIG APLICADO AO GERENCIAMENTO DE
DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES.**

Ana Caroline de Almeida Chaves

Relatório Final de Iniciação Científica do
programa PIBIC/CNPq/INPE do período
2020-2021, orientada pelo Dr. Melquisedec
Medeiros Moreira.

INPE
Natal/RN

2021



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**CARTA GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DE NATAL-RN E SUA
REGIÃO METROPOLITANA: GEOTECNOLOGIAS,
ESPACIALIZAÇÃO E SIG APLICADO AO GERENCIAMENTO DE
DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES.**

Ana Caroline de Almeida Chaves

Relatório Final de Iniciação Científica do
programa PIBIC/CNPq/INPE do período
2020-2021, orientada pelo Dr. Melquisedec
Medeiros Moreira

INPE
Natal/RN

2021

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro e logístico fornecido pelo INPE – Coordenação espacial do Nordeste e CNPq, pela bolsa de iniciação científica PIBIC referente ao projeto 129874/2020-5 “Carta Geotécnica do Município de Natal-RN e sua Região Metropolitana: Geotecnologias, Especialização e SIG Aplicado ao Gerenciamento de Deslizamentos e Inundações”. A meus pais, que sempre acreditaram na minha educação.

RESUMO

Com o acelerado desenvolvimento das capitais brasileiras, e conseqüente ampliação da malha urbana, foram criadas as Regiões Metropolitanas. Comumente, pela urbanização desorganizada, são habitados locais classificados como áreas de *perigo geológico*, os quais apresentam características como tipo de solo, unidades geológicas, geomorfologia, drenagens, etc., que favorecem a ocorrência de desastres naturais, sendo os mais comuns os desastres de inundações e deslizamentos de terra. Quando áreas de perigo geológico são ocupadas, altera-se a classificação para uma área de *risco geológico*, que consiste em uma situação de perigo, perda ou dano, ao Homem e suas propriedades, pela possibilidade de ocorrência de processos geológicos. Desse modo, este trabalho tem como objetivo desenvolver um mapeamento por SIG (Sistema de Informação Geográfica) que contemple a região Metropolitana da Grande Natal, visando auxiliar em um desenvolvimento urbano planejado e seguro da região, apontando locais susceptíveis a movimentos de massa e alagamentos.

Palavras-chave: Geotecnia. Geoprocessamento. Urbanização.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 - Esquema sintetizando o plano de trabalho do projeto	12
Figura 2 - Mapa de localização da Região Metropolitana de Natal	14
Figura 3 - Mapa geológico da área de estudo	15
Figura 4 - Mapa de materiais inconsolidados da porção sul da capital potiguar	21
Figura 5 - Mapa Carta Piezométrica do Aquífero Dunas-Potengi	22
Figura 6 - Carta Piezométrica do Aquífero Barreiras	22
Figura 7 - Exibição da zona de elementos expostos a partir da intercessão entre zona de susceptibilidade e zona de ocupação	24
Figura 8 - Tipos, níveis e escalas aplicáveis na elaboração de mapas de zoneamento referentes a deslizamentos, de acordo com o objetivo.	26
Figura 9 - Tipos, níveis e escalas aplicáveis na elaboração de mapas de zoneamento referentes a deslizamentos, de acordo com o objetivo.	26
Figura 10 - Mapa Geomorfológico	28
Figura 11 - Mapa de Amplitude de Terreno	29
Figura 12 - Mapa de Declividade	30
Figura 13 - Mapa de Sombas (Hillshade)	31
Figura 14 - Zoneamento Regional Informativo de Susceptibilidade a Nível Básico da Região Metropolitana da Grande Natal, em escala 1:90.000.	33
Figura 15 - Zoneamento Regional Informativo de Susceptibilidade a Nível Básico do Município de Natal, em escala 1:30.000.	35
Figura 16 - Em (A) temos o mapa de localização da comunidade do Jacó, em Natal/RN, o quadrado vermelho tracejado destaca a localização do muro que ocasionou o deslizamento. Em (B) é possível observar o talude em uma perspectiva frontal. Em (C) pode-se analisar o esquema montado para explicar o movimento de massa em questão, em que o corte feito sem a devida infraestrutura (tirantes e/ou sobrepeso na porção inferior do muro) em junção com o aumento do peso específico do solo do setor causado pela massa das moradias e da água concentrada nos poros geraram consequentemente o tombamento da obra indevidamente realizada.	36
Figura 17 - Após queda do muro de arrimo, o talude expõe materiais inconsolidados residuais da Formação Barreiras em (1) e Formação Potengi em (2).	37
Figura 18 - Lagoa de Captação do Bairro Nova Descoberta, em Natal/RN.	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	11
2	METODOLOGIA	11
2.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	12
2.2	CURSO DE EXTENSÃO: INCORPORAÇÃO DA GESTÃO DE RISCOS NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL – UFRN	13
2.3	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
2.4	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	14
2.5	CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA	19
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
3.1	CONCEITOS BÁSICOS	23
3.1.1	<i>Ameaça</i>	23
3.1.2	<i>Perigo</i>	23
3.1.3	<i>Vulnerabilidade</i>	23
3.1.4	<i>Risco</i>	24
3.1.5	<i>Susceptibilidade</i>	24
3.1.6	<i>Cartas Geotécnicas</i>	24
4	METODOLOGIAS UTILIZADAS	25
5	RESULTADOS	31
6	CONCLUSÕES	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Desde o início do processo de urbanização e formação das capitais e regiões metropolitanas, nota-se que a ocupação nesses grandes centros ocorreu, e ainda ocorre, de maneira inapropriada e desorganizada. Por falta de preparação e de estratégia, também acometido pela grande desigualdade social que sempre assolou os brasileiros, locais impróprios para moradia e sem capacidade para suportar construções foram sendo ocupados por cidadãos, sendo a grande maioria pertencente ao grupo de baixa renda. Geralmente essas áreas ocupadas de maneira irregular apresentam as seguintes características fisiográficas: encostas íngremes, morros de solos moles ou rochosos com declividades acentuadas, e, áreas de planícies de inundação.

Essas regiões são naturalmente mais propícias a movimentos de massa e inundações (alagamentos e enchentes), esses eventos apresentam registros de ocorrência em todo o tempo geológico, por isso são chamados de naturais. Porém, nos últimos anos em decorrência da urbanização sem planejamento e das mudanças climáticas sofridas pelo planeta, nota-se um aumento nas incidências de tais eventos, principalmente em regiões metropolitanas, serranas e litorâneas.

Na última década o Brasil enfrentou uma série de desastres naturais, principalmente os eventos supracitados (inundações e movimentos de terra), são exemplos desses eventos: as grandes inundações que atingiram os estados de Alagoas e Pernambuco em 2010, os deslizamentos e inundações ocorridos em Santa Catarina em 2008, 2011 e 2014, as fortes chuvas que atingiram o Rio de Janeiro no verão de 2011 provocando o deslizamento de terra em Angra dos Reis e a grande chuva com consequente movimento de terra em Natal em 2014, no bairro de Mãe Luiza e na comunidade de Jacó.

A partir desses eventos, o Governo Federal apresentou a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei Federal 12.608/2012 (BRASIL, 2012) 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 (IPT, 2014).

O art. 5º do PNPDEC estabelece a obrigatoriedade da identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades de áreas a partir de cartas geotécnicas, cartas de suscetibilidade e cartas de risco, objetivando evitar ou reduzir a ocorrência de desastres. A mesma Lei sentença nos Artigos 6º e 22º, a criação de um cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis a deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos e inclui o mapeamento dessas áreas entre as ferramentas essenciais à prevenção de desastres.

Desde então, órgãos de âmbito federais e estaduais, promovem a confecção de cartas geotécnicas para todos os estados brasileiros, visando a diminuição de desastres e estimular o desenvolvimento urbano de maneira ordenada, estabelecendo diretrizes urbanísticas voltadas para a segurança dos novos parcelamentos do solo e para o aproveitamento de agregados para a construção civil.

1.1 OBJETIVOS

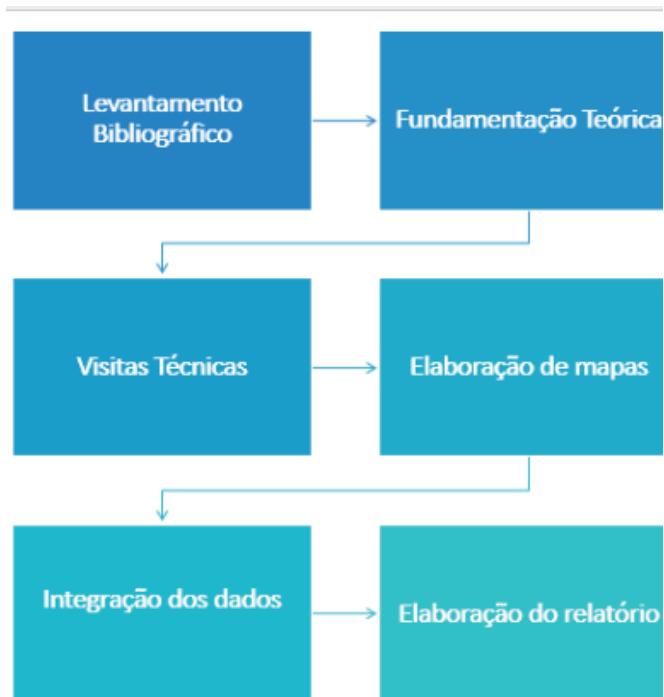
O projeto em questão visa de maneira geral, integrar estudos feitos a partir de mapeamentos geológicos-geotécnicos nas onze cidades que formam a região metropolitana de Natal, junto ao uso de imagens de satélite, sensoriamento remoto e geoprocessamento. Resultando em uma carta geotécnica que auxilie as prefeituras a promoverem uma expansão urbana de forma consciente e responsável, e para que locais já suscetíveis a movimentos de massa e inundações sejam mapeados e ajustados.

2 METODOLOGIA

O projeto teve início em agosto de 2019, e desde então, seguiu o plano de trabalho que está apresentando na figura 1.

É importante salientar que desde março, as execuções de algumas etapas foram prejudicadas pelo distanciamento social tomado como medida preventiva no Brasil contra o COVID-19. Desse modo o andamento de algumas tarefas do projeto como Visitas técnicas, elaboração de mapas e integração de dados foram prejudicadas pela falta de acesso ao maquinário disponível nas dependências do INPE/CRN.

Figura 1 - Esquema sintetizando o plano de trabalho do projeto



Fonte: Produção da Autora

2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Foi realizado uma seleção da bibliografia que seria utilizada para fundamentação teórica do projeto e como material de apoio. Dessa forma, foi escolhido conforme apresentado a seguir:

- Todos os volumes do projeto GUIDES: O Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais - GUIDES é resultado da parceria firmada entre a Agência Brasileira de Cooperação - ABC e a Agência de Cooperação Internacional do Japão - JICA, com o envolvimento do Ministério do Desenvolvimento Regional, do Serviço Geológico do Brasil (CPRM/Ministério das Minas e Energia) e outras instituições Estaduais e Municipais.
- Artigos sobre o tema publicados pelo orientador Dr. Melquisedec Medeiros Moreira
- Atlas Brasileiro de Desastres Naturais - Vol. Do Rio Grande do Norte

- Materiais/Guias confeccionados pelo Governo Federal (CPRM/Ministério das Minas e Energia) e Ministério das Cidades)
- Estudos de caso: Caso da comunidade de Jacó em Natal/RN e do bairro Pinheiro/AL.

Estes foram usados como leituras mensais, em especial os 9 volumes do Projeto GUIDES. Essa etapa consistia em leitura e confecção de sínteses em forma de arquivos PowerPoint, estes eram apresentados todo final de mês de forma oral para a equipe do Laboratório de Geoprocessamento do INPE/CRN como forma de avaliação por parte do orientador e demais participantes do Laboratório.

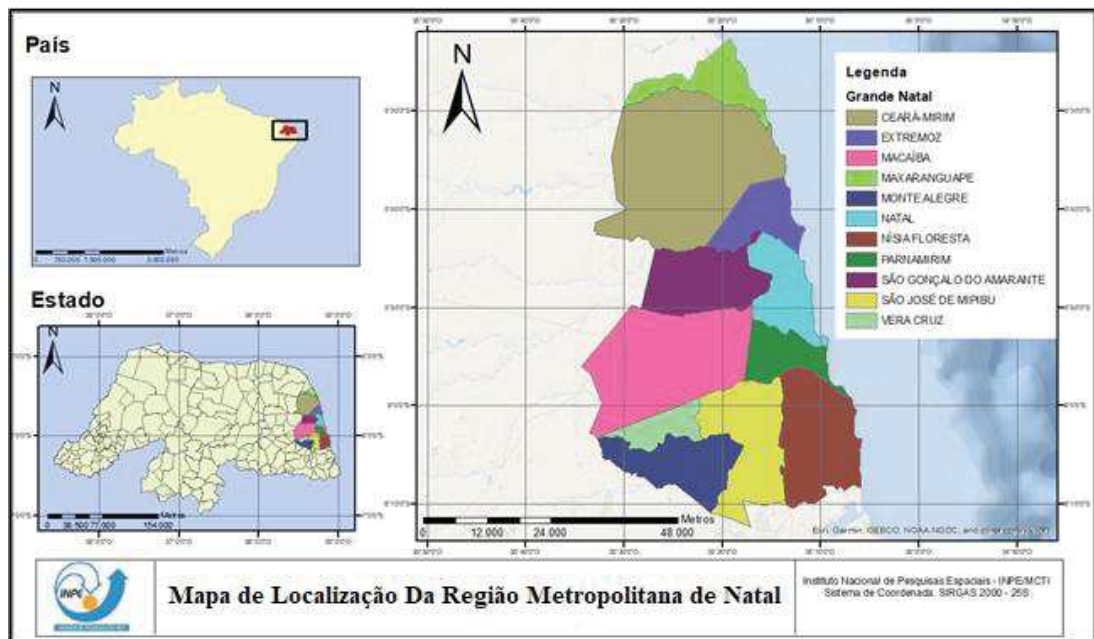
2.2 CURSO DE EXTENSÃO: INCORPORAÇÃO DA GESTÃO DE RISCOS NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL – UFRN

A atividade realizada no período de 28 de outubro de 2019 a 5 de dezembro de 2019, ministrada pelo Prof. Ricardo Moretti. O principal tópico aproveitado para nossa linha de pesquisa foi o conceito de risco, as etapas que precisa se seguirem um estudo sobre o risco, exposição dos problemas geotécnicos que são observados em Natal, a influência da urbanização sem planejamento, os problemas de natureza geológica-geotécnica encontradas na cidade de Natal com foco no entendimento de tais processos e dos fatores, objetivando entender porquê se formou e quais as melhores soluções para tais casos, focando em casos de movimento de massa e inundações/alagamentos.

2.3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Grande Natal é formada por 11 municípios (Ceará Mirim, Extremoz, Macaíba, Maxaranguape, Monte Alegre, Natal, Nísia Floresta, Parnamirim, São Gonçalo do Almirante, São José do Mipibu e Vera Cruz), apresentando uma área de 2.938,882 km². A região está localizada no setor Leste do estado do Rio Grande do Norte, ocupando uma área situada no setor Oriental/Tropical do Litoral Brasileiro (figura 2).

Figura 2 - Mapa de localização da Região Metropolitana de Natal



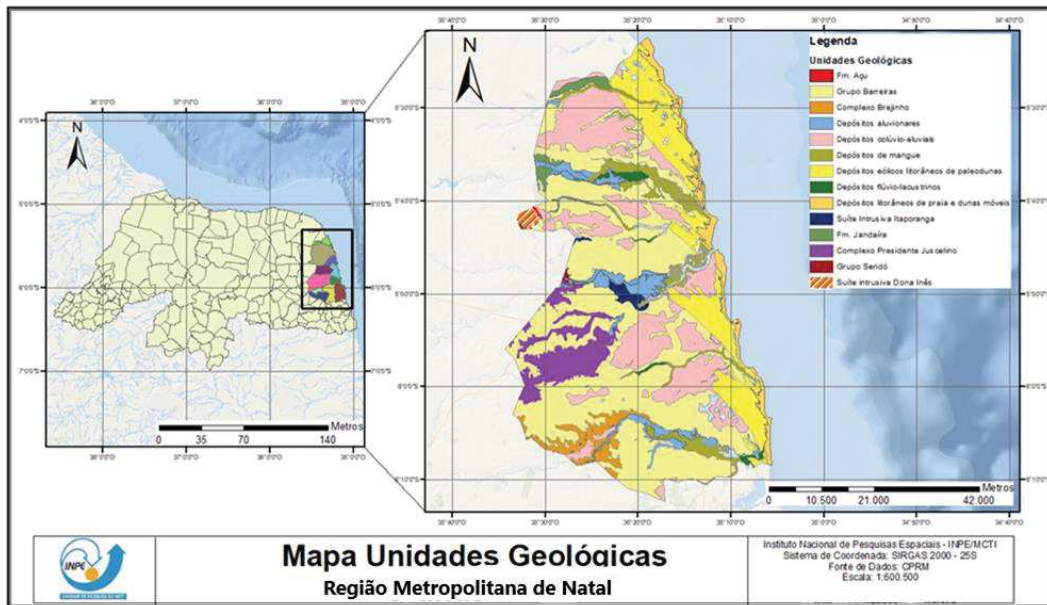
Fonte: Autoria própria, 2021.

2.4 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

Por se tratar de uma região bastante extensa, a área apresenta diversas formações geológicas, porém a geologia da Grande Natal é composta predominantemente por formações de coberturas sedimentares cenozóicas 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. As formações Açú e Jandaíra, que compõem parte da bacia potiguar, afloram mais a N/NW da região nas cidades de Ceará Mirim e Maxaranguape, enquanto os Complexos Cristalinos Presidente Juscelino e Brejinho, ambos de idade arqueana, e Grupo Seridó, apresentam-se mais a S/SW (Figura 3)

A partir desses dados de geologia da região, é possível entender que há uma variância nas unidades geológicas da região, porém como afirmado anteriormente, perdura uma predominância de coberturas sedimentares cenozóicas em grande parte da área.

Figura 3 - Mapa geológico da área de estudo



Fonte: Autoria própria, 2021.

COMPLEXO PRESIDENTE JUSCELINO:

Disposto na sessão Sudoeste da região, esse complexo está situado nos municípios de Macaíba, Vera Cruz e Monte Alegre, Dantas (1997) o considera como uma unidade litoestratigráfica predominante no Núcleo Arqueano. Segundo Lima (2016), o complexo compreende migmatitos bandados contendo granada (mesossoma tonalíticos a granodioríticos e leucossomas graníticos), biotita-hornblenda augen gnaisses com granada, além de ortognaisses bandados com porções calcissilicáticas.

COMPLEXO BREJINHO:

Constituído por ortognaisses tonalíticos/trondhjemíticos a granodioríticos, com variados graus de migmatização (Dantas, 1997). São constituídos por hornblenda-biotita ortognaisses granodioríticos a mongraníticos, incluindo metatonalitos com variados estágios de migmatização, são rochas leuco a mesocrática, textura média a grossa, e por vezes, ocorre um bandamento milimétrico a centimétrico (Lima, 2016), na região o complexo é encontrado no município de Monte Alegre.

GRUPO SERIDÓ:

O Grupo Seridó (GSe) é uma unidade litoestratigráfica tipificada por rochas metassedimentares em faixas alongadas que repousa discordantemente sobre o embasamento Paleoproterozóico do Complexo Caicó (Jardim de Sá, 1994), muito proeminente na microrregião Seridó – que deu o nome ao grupo – na área de estudo em

questão, aparece de modo discreto a extremo leste, no município de São Gonçalo do Amarante.

Jardim de Sá (1994), já reconhecendo o caráter contínuo da deposição, reporta que os contatos entre as formações (Fm) são quase sempre interdigitados, estando relacionado a sistemas deposicionais contíguos, dispostos crono-estratigraficamente da seguinte maneira:

- i) **Fm. Jucurutu**, basal, composta por biotita paragneisses com intercalações de mármore, calcissilicáticas, micaxistos, formações ferríferas e metavulcânicas;
- ii) **Fm. Equador**, intermediária, composta principalmente por quartzitos, com intercalações de metaconglomerados;
- iii) **Fm. Seridó**, no topo, constituída por micaxistos alumino-feldspáticos, exibe feições sedimentares de características turbidíticas, intercalado com metavulcânicas, mármore e calcissilicáticas.

SUÍTE INTRUSIVA ITAPORANGA:

Essa suíte manifesta-se nos municípios de São Gonçalo do Amarante e Macaíba, em uma área mais central da Região Metropolitana de Natal. Definida como Calcialcalina de Alto K-Porfirítica por Nascimento et al. (2015), as rochas desta unidade apresentam coloração cinza a rosa, são leucocráticas a mesocráticas, textura média a muito grossa, inequigranular a porfirítica, marcada pela presença de megacristais de feldspato potássico com até 10 cm (Lima, 2016).

SUÍTE INTRUSIVA DONA INÊS:

Tal suíte manifesta-se a extremo Oeste da região Metropolitana, mais precisamente no município de Ceará-Mirim. Angelim et al. (2004a, 2004b) denominou essa suíte afim de caracterizar as rochas plutônicas compatíveis aquelas da Suíte de Leucogranitos, classificadas por Jardim de Sá (1994), assim como da Suíte Cálcio-alcalina de alto K Equigranular, por Nascimento et al. (2015).

A suíte apresenta rochas que variam de sienogranitos a monzogranitos, de textura equigranular, fina a média, leucocráticos, possuindo coloração cinza a rosa (Lima, 2016).

FORMAÇÃO AÇU:

Essa formação pertencente a Bacia Potiguar e na área de estudo situa-se na região a extremo Oeste do município de Ceará-Mirim. Compreende arenitos de coloração avermelhada a cinza, quartzosos, arcóseos a subarcóseos de granulação média a grossa, com níveis conglomeráticos contendo seixos de quartzo subangulosos a arredondados e fragmentos de rochas; apresentam cimento ferruginoso, são acamadados com estratificação cruzada tabular e cruzada acanalada de médio porte, típicas de sistema fluvial (Vital, 2013).

FORMAÇÃO JANDAÍRA:

Também pertencente a Bacia Potiguar, tal formação exhibe-se em afloramento no setor Norte da área em questão, ocupando áreas dos municípios de Ceará-Mirim e Maxaranguape. Os afloramentos desta unidade são constituídos por calcários e dolomitos, geralmente de cor cinza a creme, alguns dos quais fossilíferos, dispostos mais comumente em forma de lajedos nos quais é comum a formação de lapiás, produto da carstificação, ou ainda se apresentam como blocos soltos dispersos sobre o solo (Vital, 2013).

GRUPO BARREIRAS:

No Rio Grande do Norte, o Grupo Barreiras ocorre em boa parte do litoral como elemento constituinte das falésias litorâneas, principalmente sob a forma de tabuleiros costeiros. Na área de estudo há uma predominância do Grupo Barreiras, apresentando afloramentos em todas as cidades que compõe a região, sobretudo na forma de tabuleiro costeiro.

O Grupo Barreiras é classificado como um sistema fluvial do tipo entrelaçado, associado a leques aluviais de clima árido a semiárido. De acordo com Lima *et al.* (2006), é constituído por conglomerados e arenitos ferruginosos, de cores variadas (vermelho, laranja, marrom, com porções roxas, amarelas, esbranquiçadas e creme), com matriz argilosa e abundantes concreções ferruginosas. No Arcabouço predomina o quartzo, apresentando-se como clastos centimétricos que variam de subangulosos a subarredondados. Regularmente apresenta níveis ou camadas de siltitos e argilitos, intercalados a níveis conglomeráticos.

DEPÓSITOS COLÚVIO-ELUVIAIS:

Assim como o Grupo Barreiras, essa unidade aparece de modo bastante proeminente na área de estudo. São formados por sedimentos arenosos e arenoargilosos esbranquiçados e avermelhados, por vezes, constituindo depósitos conglomeráticos com

seixos de quartzo predominantes, localmente de natureza polimítica, proveniente do retrabalhamento de sedimentos da Formação Serra dos Martins. Na região leste, próximo à linha de costa, algumas dessas coberturas cartografadas podem incluir areias eólicas retrabalhadas. Esses depósitos são originados por processos viscosos do tipo fluxo de detritos, constituindo fácies de leques aluviais de enxurradas (Pfaltzgraff *et al.*, 2010).

DEPÓSITOS DE MANGUES:

Os depósitos de mangues, encontrados ao longo da faixa litorânea nas cidades de Maxaranguape, Ceará Mirim, Natal, Parnamirim e Nísia Floresta. São constituídos por lamas arenosas plásticas, não adensadas e bioturbadas, contendo restos de vegetais em decomposição, recobertos por vegetação arbustiva característica. São originados por processos de tração/ suspensão subaquosa pela ação das marés, representando fácies de intermaré/submaré rasa. Associadas aos sedimentos de mangues, encontram-se as turfeiras. No Rio Grande do Norte, os principais depósitos de turfas estão nos vales dos rios Ceará-Mirim e Maxaranguape (Pfaltzgraff *et al.*, 2010).

DEPÓSITOS EÓLICOS LITORÂNEOS DE PALEODUNAS:

Encontrados ao longo da faixa litorânea, são constituídos prioritariamente por areias esbranquiçadas, de granulação fina a média, bem selecionadas, que formam dunas tipo barcana, barcanoide e parabólica. Segundo Pfaltzgraff *et al.*, (2010), originam-se por processos eólicos de tração, saltação e suspensão subaérea, representando as fácies de dunas e interdunas de planície costeira. Elas são recobertas por dunas móveis, utilizam-se três critérios para caracterização das paleodunas ou dunas inativas: morfológicos, sedimentológicos e biológicos.

Os critérios morfológicos incluem uma possível modificação dos ângulos de inclinação de barlavento e sotavento, a presença de ravinas e leques de areia, o grau de dissecação e a tendência para redução da altura da duna e obliteração das formas deposicionais originais. Os critérios sedimentológicos baseiam-se na presença de siltes e argilas pedogenéticas e no grau de seleção da areia. Os critérios biológicos, por sua vez, envolvem a presença e a densidade da cobertura vegetal (Pfaltzgraff *et al.*, 2010).

DEPÓSITOS FLUVIOS-LACRUSTINOS:

Segundo Pfaltzgraff *et al.*, (2010) são constituídos por: depósitos de barra de pontal, originários do regime meandrante dos rios, formados de areia fina a média intercalada com pelitos; depósitos de transbordamento constituídos por planície de

inundação ocasionada pelas cheias, com grande aporte de material siltico-argiloso; e depósitos lacustres, com deposição sob baixa energia, resultando em fácies mais argilosas. Associados aos sedimentos de fundo de lagoas são encontrados os depósitos de diatomita e argilas brancas, são encontrados nos Municípios de Ceará-Mirim, Parnamirim e Nísia Floresta.

DEPÓSITOS LITORÂNEOS DE PRAIA E DUNAS MÓVEIS:

Os depósitos de praia ocorrem em uma faixa estreita e paralela à linha de costa, constituídos por areias esbranquiçadas de granulação fina a grossa, quartzosas, bem selecionadas. As dunas móveis são constituídas por areias esbranquiçadas, de granulometria fina a média, bem selecionadas, com grãos arredondados. Podem apresentar-se em três tipos distintos de duna: do tipo barcana, barcanóide e parabólica, formando campos de dunas e interdunas atuais (Pfaltzgraff *et al.*, 2010).

Elas se superpõem às paleodunas em um processo migratório para NW, deslocando-se no mesmo sentido das paleodunas. As discordâncias entre os depósitos eólicos (paleodunas/dunas móveis) são representadas por contatos abruptos entre dunas de diferentes texturas e colorações (Barreto *et al.*, 1999).

DEPÓSITOS ALUVIONARES:

São formados pelos terraços fluviais de vales antigos, em que são encontrados arenitos conglomeráticos com seixos de quartzo e fragmentos de rochas. Ocorrem subordinadamente arenitos médios e sedimentos argilo-arenosos, em que se identifica fraca diagênese e estruturas de paleossismicidade. Ocorrem ao longo dos vales dos principais rios que drenam o estado, na área está presente em grande parte dos municípios, sendo mais proeminentes em Natal, Macaíba, São Gonçalo do Almirante, Maxaranguape, Ceará-Mirim e Nísia Floresta. São constituídos por sedimentos arenosos e argilo-arenosos, com níveis irregulares de cascalhos, formando os depósitos de canal, de barras de canal e da planície de inundação dos cursos médios dos rios. (Pfaltzgraff *et al.*, 2010).

2.5 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

A Grande Natal está localizada em uma região caracterizada predominantemente por dunas como discutido no tópico anterior. A capital potiguar (figura 4) se destaca entre os outros 10 municípios que compõem a região metropolitana por ser o maior centro urbano, induzindo assim uma maior probabilidade para apresentar pontos de inundação,

quando comparada aos outros municípios.

Moreira et al. (2018) realizaram a caracterização geotécnica de materiais inconsolidados encontrados no Município de Natal (4). A área apresenta nove unidades geológicas, nas quais, oito afloram, aquela que não aflora manifesta-se apenas em perfis de poços, essa é representada por arenitos calcíferos e calcários, homólogos a Fm. Guamaré da Bacia Potiguar.

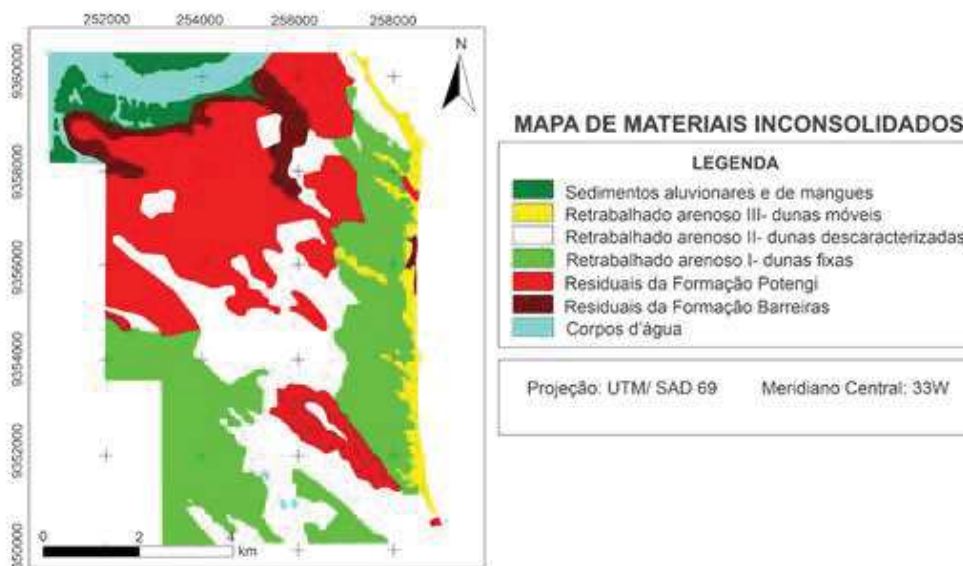
A Fm. Barreiras é constituída por uma diversidade litológica, em que seus produtos de alteração são agrupados em três grupos principais, segundo Moreira *et al.* (2018): 1) residuais da fácies arenosa (RB1) que compreendem solos arenosos, de granulometria média e coloração variada (predomina o branco), com grãos essencialmente quartzosos; 2) residuais da fácies (RB2) areno-conglomerática, compreendem solos arenosos, de granulometria predominantemente fina e coloração variada, com concreções ferruginosas de tamanhos variados desde granulometria média até seixos; 3) Residuais da fácies areno-argilosa (RB3) consistem de um solo areno-argiloso a argilo-arenoso de coloração esbranquiçada, gradando para amarelada até acinzentada a marrom no topo, com grânulos e seixos essencialmente de quartzo distribuídos aleatoriamente.

Ainda de acordo com Moreira *et al.* (2018), a Formação Potengi compreende areias finas a médias quartzosas com grânulos de quartzo e minerais pesados, onde feldspatos são raros, a coloração é avermelhada, amarelada e creme, alterando-se para acinzentada a marrom em direção ao topo. Já os sedimentos de mangues apresentam ocorrência de sedimentos aluvionares de coloração que varia em tons acinzentados a esbranquiçado, com granulometria variando de fina a média.

As dunas descaracterizadas, representando áreas testemunhos de dunas antigas obstruídas pela terraplenagem ocasionada pela urbanização, são caracterizadas por areias finas a médias de tons amarelados, cremes e avermelhados, podendo apresentar-se em alguns pontos em tons acinzentados a marrom, com maior presença de quartzo e contendo minerais máficos. Já as dunas fixas são constituídas de areias quartzosas de coloração amarelada e branca com boa seleção granulométrica entre areia média e fina, enquanto as dunas móveis, apresentam granulometria média a fina, sendo evidenciado que localmente e superficialmente ocorrem grãos de tamanho de areia grossa e grânulos (Moreira *et al.* 2018).

A região está situada em uma zona que naturalmente, em estações chuvosas, é propícia à alagamentos, visto que sua malha urbana desenvolveu-se sobre dunas que possuem como característica geotécnica a saturação quando expostas a um grande volume de água, permitindo a aparição de lagoas interdunares, resultando da exposição da superfície piezométrica dos aquíferos associados à localidade.

Figura 4 - Mapa de materiais inconsolidados da porção sul da capital potiguar



Fonte: Moreira et al. (2019).

As dunas, quando saturadas, expõem as superfícies piezométrica dos aquíferos da região, esses são classificados como: 1) Infra-barreiras: caracterizado por arenitos calcíferos geralmente compactados; 2) Barreiras: caracterizado por clásticos continentais que variam de granulometria e cores relacionados a Formação Barreiras; 3) Aquífero Dunas-Potengi: sequência arenosa pertencente a formação Potengi sendo capeada por areias quartzosas de granulometria fina e de origem eólica (dunas).

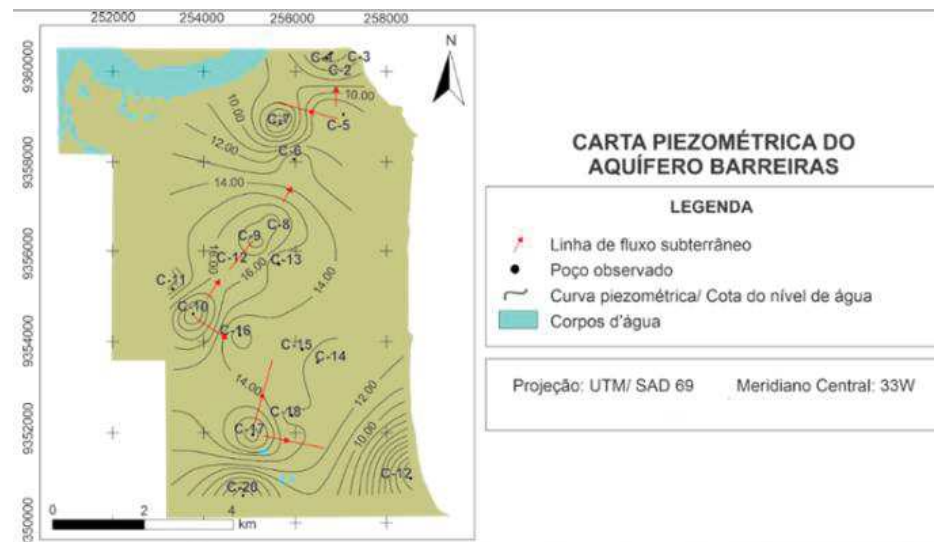
As figuras 5 e 6, apresentam as cartas piezométricas referentes ao Aquífero Dunas-Potengi e Aquífero Barreiras. O Dunas-Potengi representa um meio de elevada permeabilidade com uma alta capacidade de infiltração potencial, sendo do ponto de vista hidrogeológico o elemento mais diretamente responsável pela relativa abundância de água subterrânea da área (Moreira et al., 2019).

Figura 5 - Mapa Carta Piezométrica do Aquífero Dunas-Potengi



Fonte: Moreira et al. (2019).

Figura 6 - Carta Piezométrica do Aquífero Barreiras



Fonte: Moreira et al. (2019).

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 (Moreira *et al.*, 2018).

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a compreensão básica dos conceitos que integram a análise de risco, foi utilizado como base os seis volumes resultantes do Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais - GIDES. O Projeto é resultado de uma parceria entre a Agência Brasileira de Cooperação – ABC e a Agência de Cooperação-Internacional do Japão – JICA, participam também do projeto os Ministérios do Desenvolvimento Regional (MDR), da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI), e de Minas e Energia (MME). A iniciativa teve início em 2013, tendo como objetivo o fortalecimento da capacidade de gestão de riscos e respostas a desastres de movimento de massa no Brasil.

3.1 CONCEITOS BÁSICOS

3.1.1 Ameaça

Segundo Brasil (2018), uma ameaça corresponde ao fenômeno ou processo natural, tecnológico ou de origem antrópica, com possibilidade de causar danos humanos, materiais e ambientais e perdas socioeconômicas públicas e privadas. As ameaças naturais compreendem às ameaças de natureza hidrometeorológica, climatológica, biológica, geológica.

Sendo assim, uma situação se caracteriza como “de ameaça” trata-se da classificação de um fenômeno que pode ocorrer, sem associação de qualquer grau de probabilidade de deflagração do evento.

3.1.2. Perigo

O perigo é a condição de uma ameaça específica de causar uma consequência indesejável dentro de um certo período de tempo (BRASIL, 2018).

3.1.3. Vulnerabilidade

“Vulnerabilidade é o grau de perda esperado para um elemento ou conjunto de elementos sob condição de perigo, ou seja, exposto a uma ameaça específica. A vulnerabilidade resulta de fatores físicos, sociais, econômicos e

ambientais, aumentando a suscetibilidade de uma comunidade (exposta às ameaças) ao impacto dos desastres.” (BRASIL, 2018).

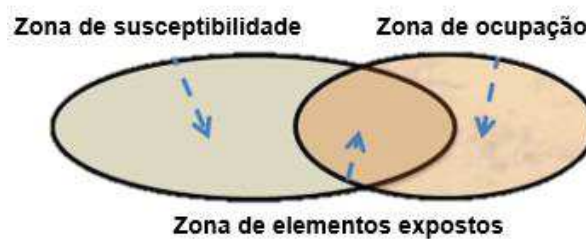
3.1.4. Risco

“Risco de desastre é o potencial de ocorrência de evento adverso sob um cenário vulnerável. O risco de desastre, portanto, é a combinação do perigo e da vulnerabilidade. O risco de desastre depende das características, das possibilidades e da intensidade da ameaça, ou seja, do grau de perigo, assim como da quantidade dos elementos expostos e da vulnerabilidade desses elementos, em função das condições naturais, sociais, econômicas e ambientais existentes.” (BRASIL, 2018).

3.1.5. Suscetibilidade

“A suscetibilidade a uma determinada ameaça, como os deslizamentos ou as inundações [...] É o grau em que uma área pode ser afetada pela ameaça, isto é, a estimativa de “onde” a ameaça é mais provável de ocorrer” (BRASIL, 2018). Sendo assim, uma zona de suscetibilidade ocupada indevidamente, gera uma zona de elementos expostos ao risco, a figura 7 apresenta um esquema utilizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, como uma forma de análise de risco para áreas ocupadas e susceptíveis a desastres naturais.

Figura 7 - Exibição da zona de elementos expostos a partir da intercessão entre zona de suscetibilidade e zona de ocupação



Fonte: Bitar, 2014.

3.1.6. Cartas Geotécnicas

A carta geotécnica é definida por Santos (2013), como “um documento cartográfico que informa sobre o comportamento dos diferentes compartimentos geológicos homogêneos de uma área frente às solicitações de ocupação urbana.”, já Sobreira & Souza (2012), definem como:

Produtos cartográficos que retratam a distribuição dos diferentes tipos de rochas e solos, considerando suas características mecânicas e hidráulicas no contexto do meio físico (formas do relevo, geodinâmica externa – processos atuantes, uso e ocupação do solo), com o intuito de se definir as limitações, potencialidades e necessidades de intervenções para consolidação do uso urbano e rural.

De acordo com os autores supracitados, Sobreira e Souza (2012) apontam que uma carta geotécnica de suscetibilidade reflete em forma e grau, a potencialidade apresentada pelos terrenos de desenvolverem determinado fenômeno geológico, no nosso caso, aqueles ligados a movimento de massa e alagamentos. Cabe então, reiterar a importância da utilização das cartas de suscetibilidade como base à elaboração das cartas geotécnicas de aptidão à urbanização e de risco, igualmente previstas na PNPDEC e a produzir em escalas de detalhe (1:10.000 ou maior e 1:2.000 ou maior, respectivamente), conforme recomendação apresentada em Fell et al. (2008) para o caso específico de deslizamentos

4. METODOLOGIAS UTILIZADAS

Segundo Bitar (2014), elaboração do modelo deve ser iniciada pela definição exata do tipo de zoneamento pretendido, esta pesquisa então visa desenvolver um mapeamento da Região Metropolitana da Grande Natal, na escala de 1:150.000 por meio de SIG (Sistema de Informação Geográfica), objetivando um reconhecimento dos aspectos fisiográficos da área que auxiliem os levantamentos e trabalhos em maiores escalas na região de estudo, facilitando assim a execução de cartas geotécnicas de susceptibilidade, de aptidão à urbanização e de risco.

As macros escalas são aquelas que abrangem um mapa a nível nacional (escalas na faixa de 1:25.000 a 1:250.000), ainda que apresente detalhes mais grosseiros, estes tipos de mapas podem apresentar um zoneamento consultivo e informativo para mapeamentos futuros, em escala de detalhe, objetivando por exemplo a classificação de áreas susceptíveis a inundação e movimento de terra. De acordo com a tabela definida por FELL *et al.* (2008), em que X = aplicável; (X) pode ser aplicável; NR = não recomendado; NUC = não utilizado comumente. Assim, o mapeamento em questão se enquadra no tipo Zoneamento Regional Informativo Básico de Susceptibilidade a nível básico, conforme apresentado na figura 8.

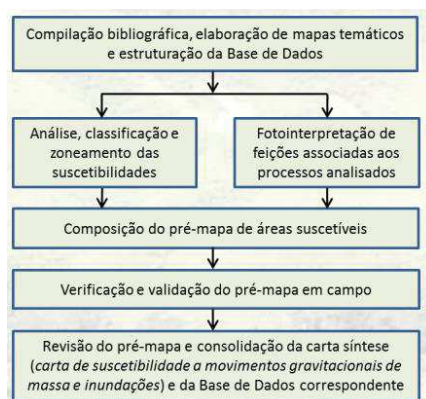
Figura 8 - Tipos, níveis e escalas aplicáveis na elaboração de mapas de zoneamento referentes a deslizamentos, de acordo com o objetivo.

Objetivo	Tipo de zoneamento				Nível de zoneamento			Escalas
	Inventário	Suscetibilidade	Perigo	Risco	Básico	Intermediário	Avançado	
Zoneamento Regional								
Informativo	X	X	-	-	X	-	-	1:25.000 até
Consultivo	X	X	(X)	-	X	(X)	-	1:250.000
Legal	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
Zoneamento Local								
Informativo	X	X	X	(X)	X	(X)	-	1:5.000 até
Consultivo	(X)	X	X	X	X	X	X	1:25.000
Legal	-	(X)	X	(X)	-	X	X	
Zoneamento pontual								
Informativo	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1:5.000 até
Consultivo	NUC	NUC	NUC	NUC	NUC	NUC	NUC	1:1.000
Legal	-	(X)	X	X	-	X	X	
Projeto	-	(X)	(X)	X	-	(X)	X	

Fonte: FELL *et al.*, 2008.

Conforme indicado no guia “Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações - 1:25.000” confeccionado por Bitar (2014) e colaboradores, análise de suscetibilidade deve ser expressa por meio de zoneamento específico a cada processo ou conjunto de processos bem definidos, contendo a divisão dos terrenos em áreas ou domínios homogêneos e sua classificação dada segundo diferentes graus relativos (por exemplo: alta, média e baixa), onde os resultados da análise podem ser apresentados em um mapa ou carta de suscetibilidade. Seguindo o guia citado, foi concretizado às quatro primeiras etapas para a realização do mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos de massa e inundações (figura 9).

Figura 9 - Tipos, níveis e escalas aplicáveis na elaboração de mapas de zoneamento referentes a deslizamentos, de acordo com o objetivo.

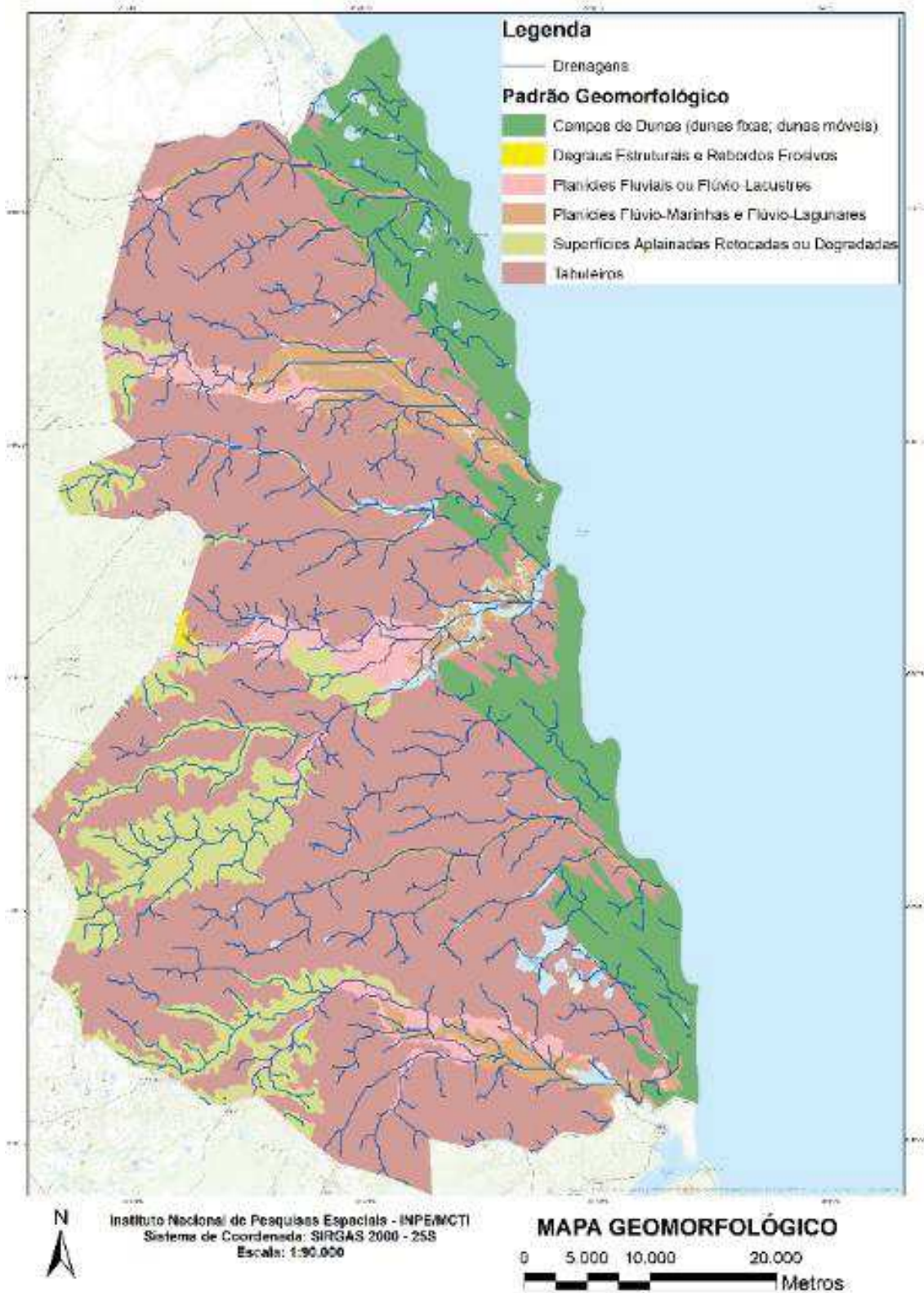


Fonte: Bitar (2014).

Focando na etapa SIG, esse trabalho desenvolveu mapas bases e os cinco primeiros mapas produzidos em escala de 1:90.000, pertencentes a Região Metropolitana

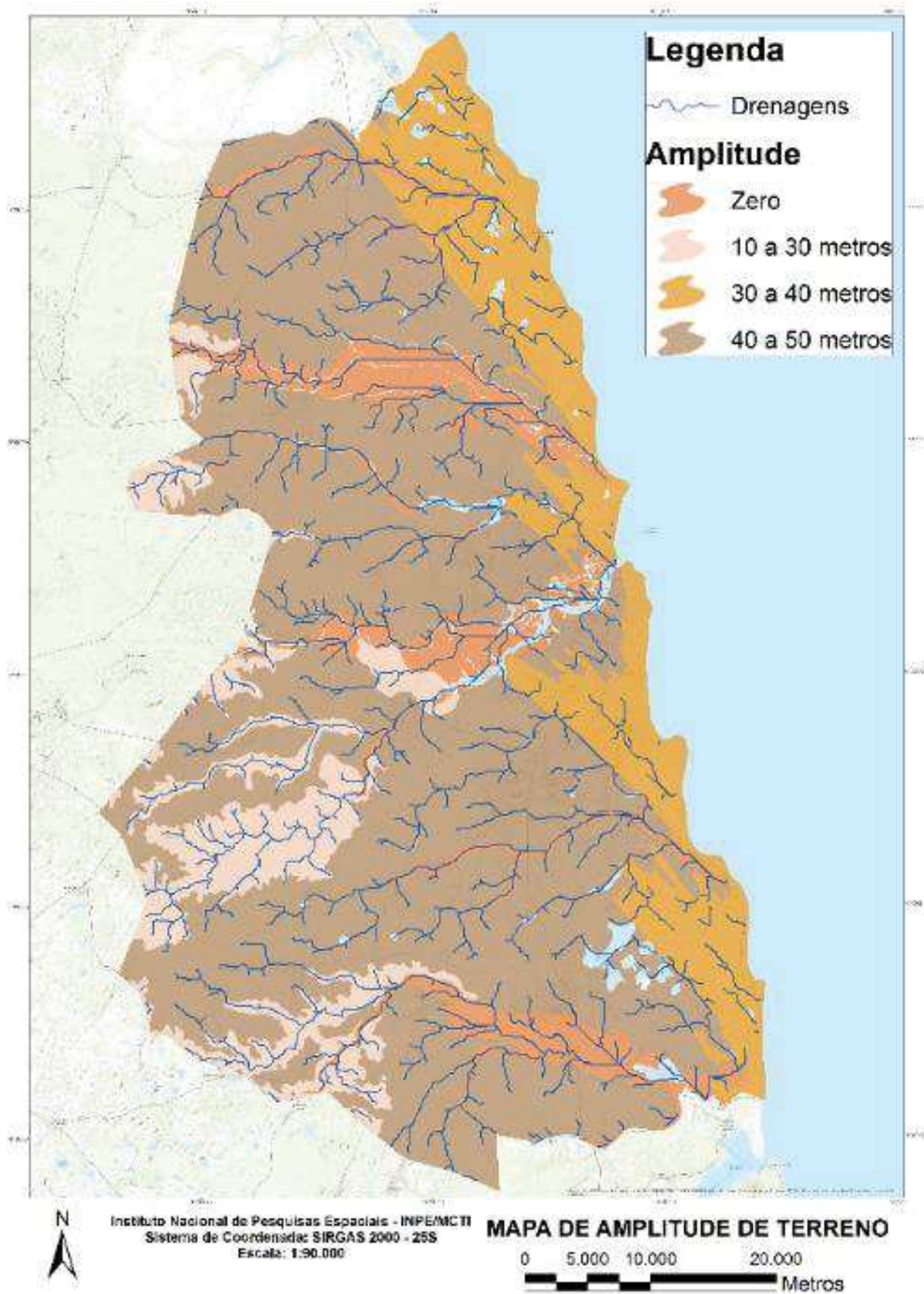
de Natal são os: MDE (Modelo Digital de Elevação) a partir de imagem *AlosPalsar* (12,5m de resolução), Geológico, Geomorfológico (figura 10), Amplitude de Relevo (figura 11), Declividade (figura 12), *Hillshade* (mapa de sombras, figura 13). Os mapas foram produzidos no software *ArcGis*, utilizando shapesfiles de domínio público disponíveis no Geobank – CPRM (GEOSGB) e IBGE (Bases Cartográficas). A análise de maneira conjunta dos mapas expostos nas figuras 10 a 13, proporcionou um macro entendimento e avaliação de quais áreas estariam mais propensas a se enquadrarem em áreas susceptíveis a movimento de massa ou alagamentos.

Figura 10 - Mapa Geomorfológico



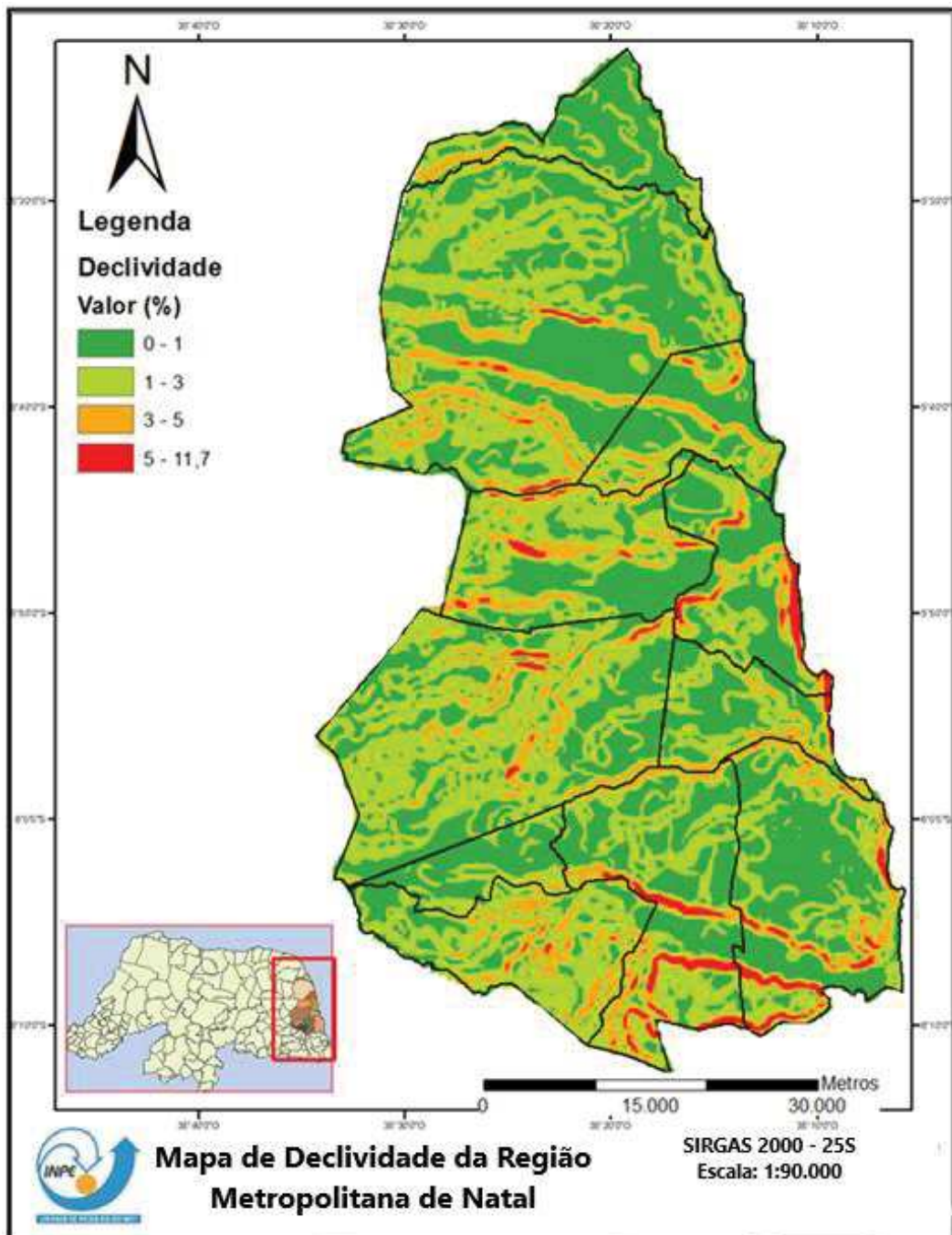
Fonte: Autoria Própria, 2021.

Figura 11 - Mapa de Amplitude de Terreno



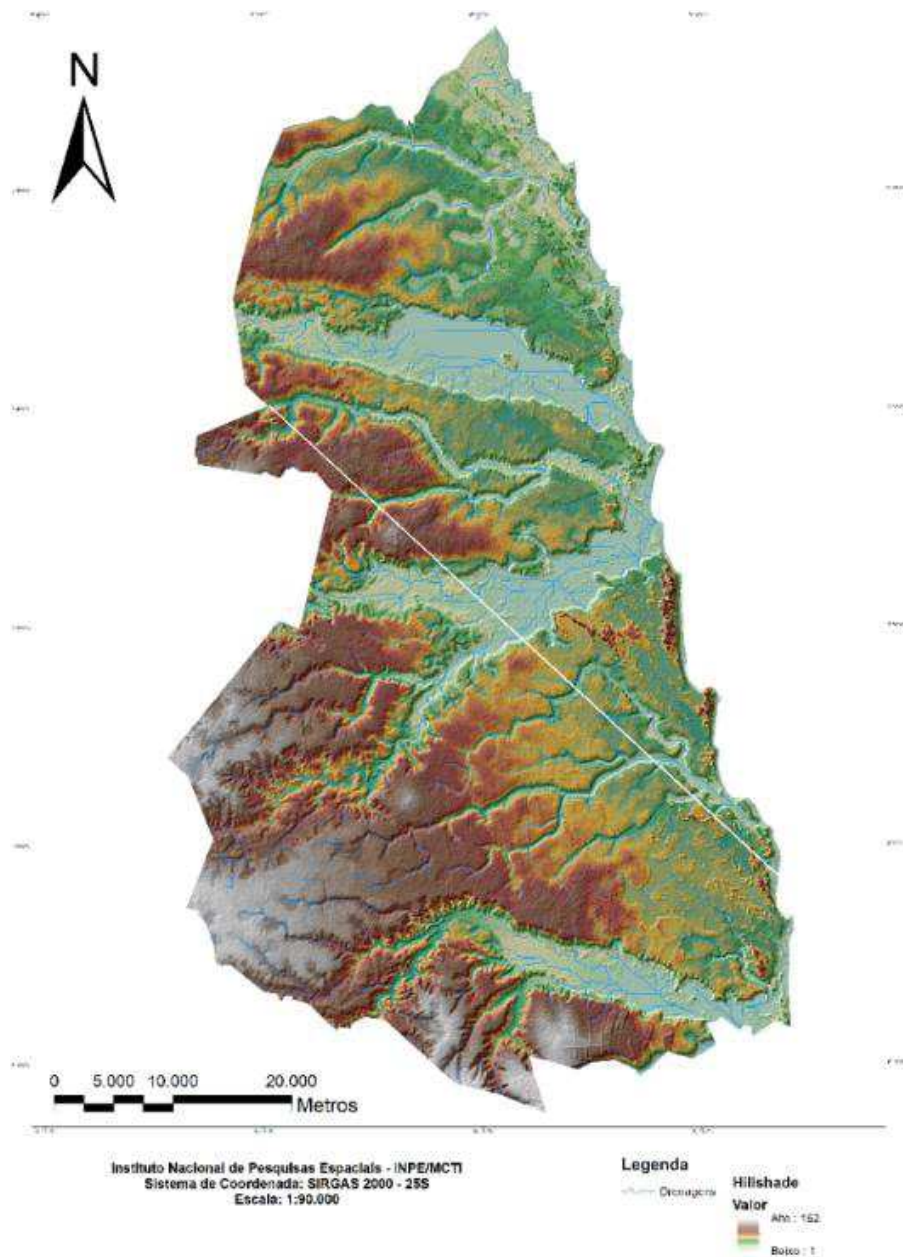
Fonte: Autoria Própria, 2021

Figura 12 - Mapa de Declividade



Fonte: Autoria Própria, 2021

Figura 13 - Mapa de Sombas (Hillshade)



Fonte: Autoria Própria, 2021.

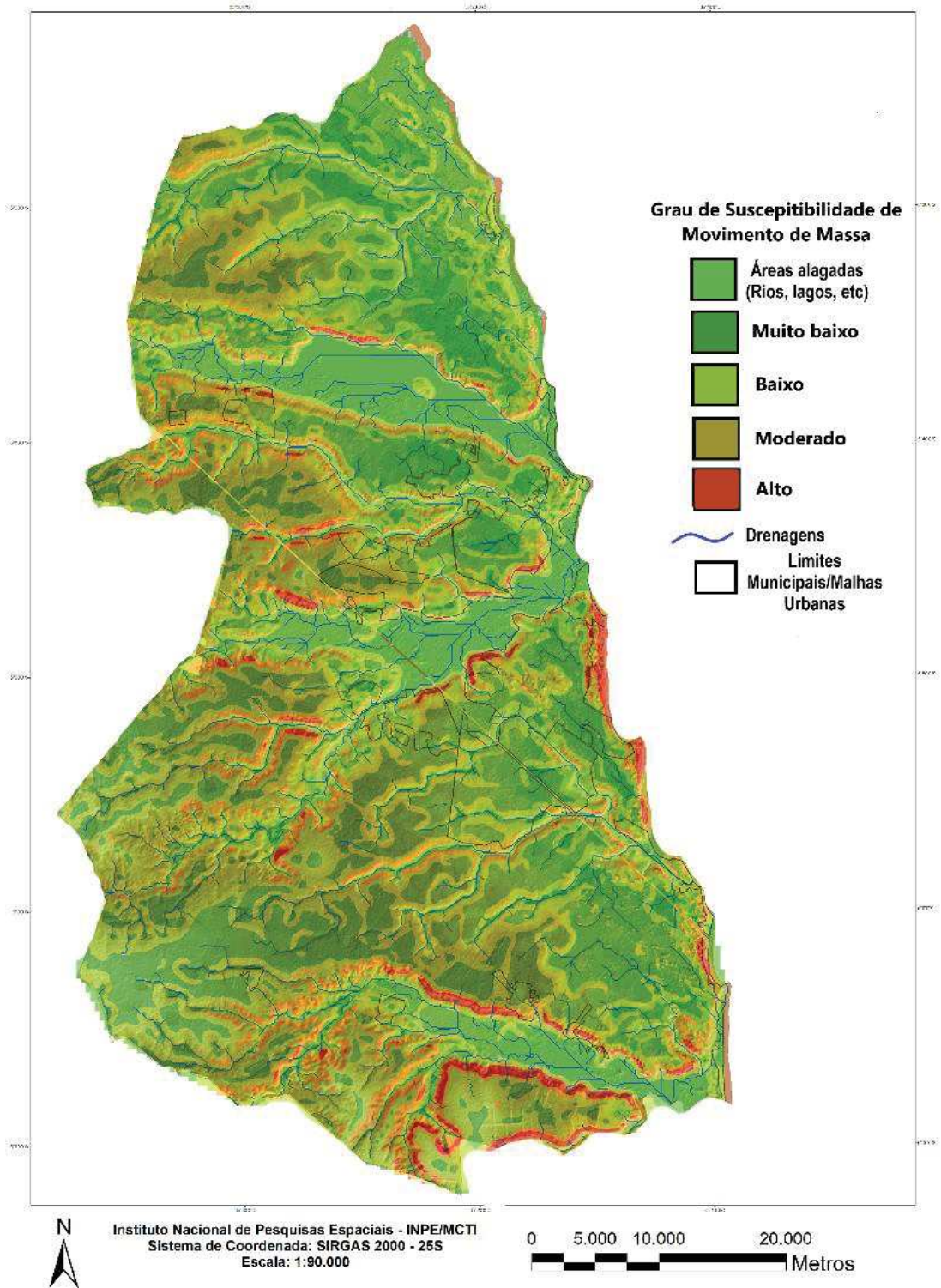
5. RESULTADOS

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 (Moreira *et al.*, 2016).

Desse modo para a confecção do Mapa de Susceptibilidade apresentado na figura 14 foi utilizado uma sobreposição dos mapas Geomorfológico (figura 10), Amplitude de Terreno (figura 11), Declividade (figura 12) e *Hillshade* – mapa de sombras (figura 13), adicionando ainda shapes de limites municipais (malhas urbanas) e drenagens. É possível notar, com bases nos critérios utilizados, que as regiões que apresentam uma concentração de drenagem atrelada a um padrão de relevo e declividade, tendem a apresentar um maior grau de susceptibilidade a movimento de massas, pois esses três aspectos fisiográficos são fundamentais para a classificação de áreas susceptíveis a alagamento e/ou movimento de massa.

Aquelas regiões que se caracterizam como de maior grau de susceptibilidade, apresentam a soma dos seguintes fatores: Alta declividade (5 % -11,7 %), área composta por dunas móveis e sedimentos retrabalhados da Formação Barreiras e Formação Potengi, presença drenagens e ocupação urbana intensa. No mapa de Susceptibilidade apresentado na figura 14, áreas como a que foi descrita anteriormente, estão concentradas no município de Natal, próximos a regiões dunares, Tabuleiros Costeiros da Formação Barreiras e Potengi, e próximos aos canais do Rio Potengi. 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.

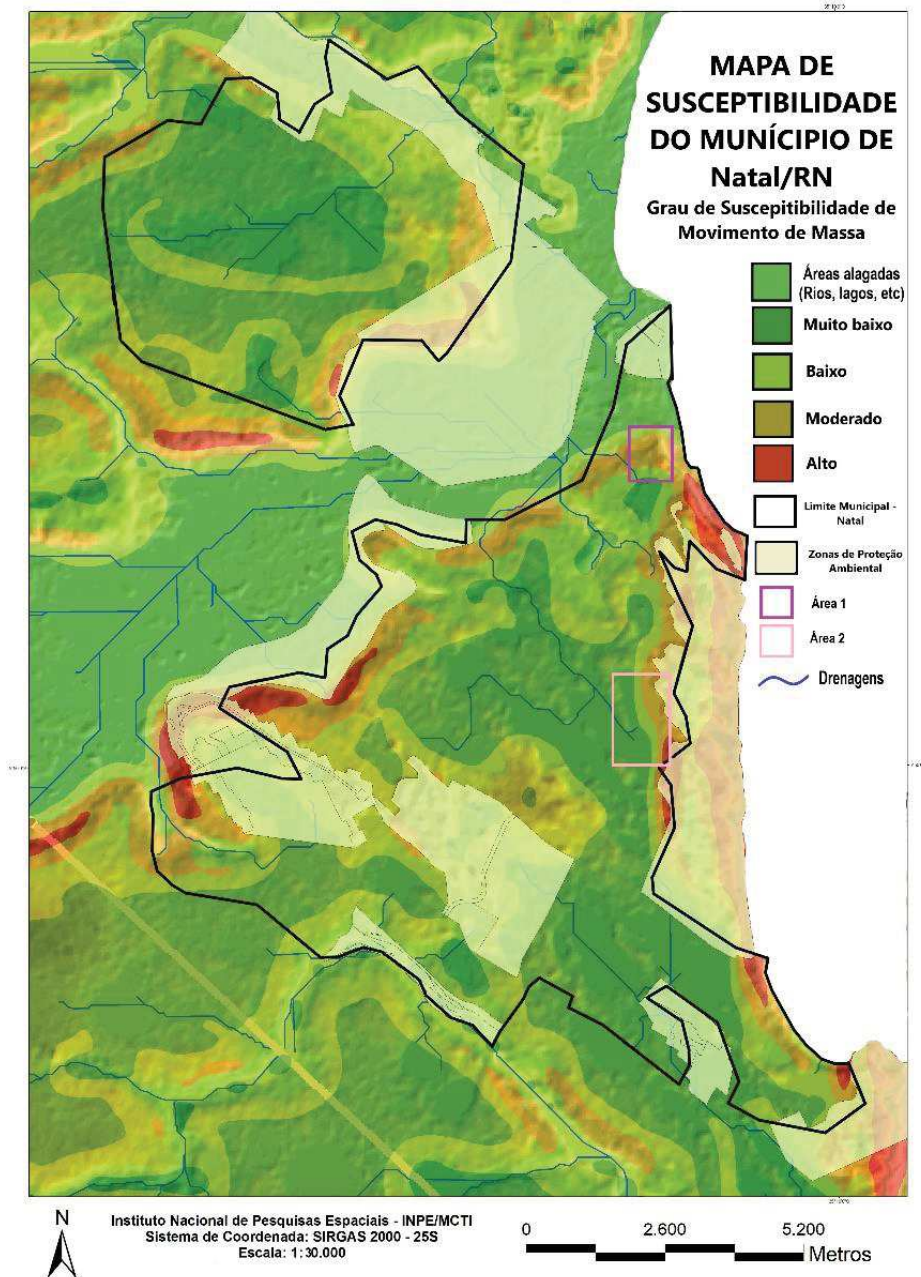
Figura 14 - Zoneamento Regional Informativo de Susceptibilidade a Nível Básico da Região Metropolitana da Grande Natal, em escala 1:90.000.



Fonte: Aatoria Própria, 2021.

No mapa apresentado na figura 15, foram destacadas algumas regiões dentro do Município de Natal que apresentam maior probabilidade de manifestar possíveis áreas de risco ou perigo geológico-geotécnico, a maioria das regiões em destaque estão incluídas na cidade de Natal. É importante atentar ao fato de que na região costeira do Município de Natal, áreas compostas por Dunas Fixas e Móveis, as áreas em verdes representam níveis intermediários compostos por Tabuleiro Costeiro e Dunas Descaracterizadas, salienta-se também que onde são observados o tom de verde jade, indica regiões de menor nível altimétrico sendo caracterizadas, portanto, por planícies fluviais, flúvio-lagunares, flúvio-marinha e flúvio-lacustre. Parte de seus cordões dunares são formados por dunas fixas e vegetadas, inseridas em Zonas de Proteção Ambiental (ZPA's) essa característica promove então uma maior estabilidade dessa zona, dificultando que esse grau (que é interpretado como alto) de susceptibilidade a movimento de massa nessa região. Dessa maneira, até agora foram realizadas duas visitas técnicas em duas regiões na cidade de Natal: 1) comunidade do Jacó, destacado na região delimitada a Nordeste 2) bairro Nova Descoberta, situado na área delimitada à Leste.

Figura 15 - Zoneamento Regional Informativo de Susceptibilidade a Nível Básico do Município de Natal, em escala 1:30.000.

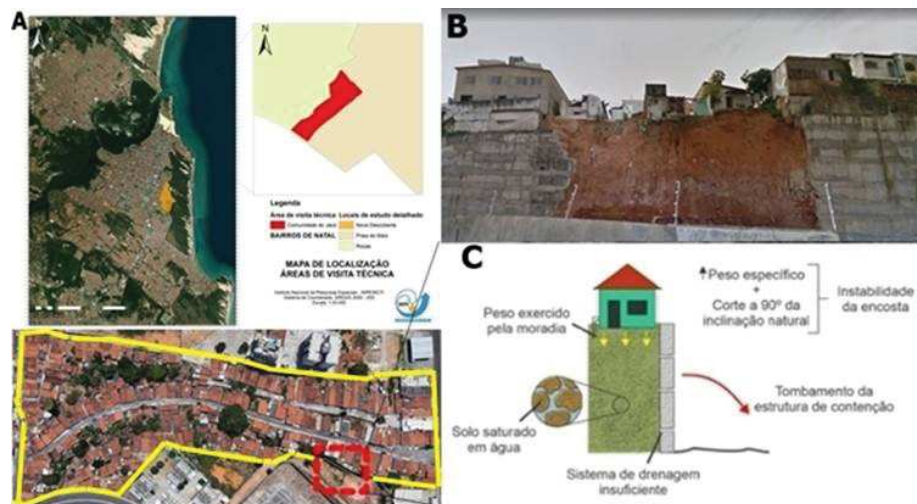


Fonte: Autoria Própria, 2021.

Na comunidade de Jacó (figura 16) pode-se aferir problemas estruturais causados principalmente por ações humanas. Na área da comunidade, foi construído um muro de arrimo, na execução desta obra foi realizado um corte vertical, com ângulo de 90° do talude, esta ação ocasionou a instabilidade do mesmo. A junção desses fatores, juntamente

com a contribuição de uma intensa precipitação pluviométrica que afetou a região, culminaram no colapso do talude, apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Em (A) temos o mapa de localização da comunidade do Jacó, em Natal/RN, o quadrado vermelho tracejado destaca a localização do muro que ocasionou o deslizamento. Em (B) é possível observar o talude em uma perspectiva frontal. Em (C) pode-se analisar o esquema montado para explicar o movimento de massa em questão, em que o corte feito sem a devida infraestrutura (tirantes e/ou sobrepeso na porção inferior do muro) em junção com o aumento do peso específico do solo do setor causado pela massa das moradias e da água concentrada nos poros geraram consequentemente o tombamento da obra indevidamente realizada.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

A instabilidade que culminou no movimento de massa foi impulsionada pelas somas dos fatores descritos acima: corte do talude, construção do muro de arrimo e a chuva. Após o movimento de massa, a área apresentou uma série de fraturas no maciço e nas residências, para agravar a situação, a região também exibe um significativo acúmulo de lixo em locais inapropriados.

A todos esses fatores citados anteriormente, acrescenta-se ainda a ação de desapropriação de residências realizada pela prefeitura de Natal/RN e Defesa Civil. Essa ação foi executada de maneira parcial que resultou apenas no destelhamento de algumas residências, essa conduta por consequência, aumentou a área de exposição do solo para infiltração das águas das chuvas, o que elevou a probabilidade de ocorrer um novo movimento de massa na comunidade, principalmente durante períodos chuvosos.

A Comunidade do Jacó situa-se na região que compreende os materiais inconsolidados residuais das formações Barreiras e Potengi conforme Moreira et al. (2016), que por sua vez são relacionados a setores naturalmente suscetíveis a movimentos de massa, de médio a alto risco (Figura 17). A área analisada apresenta declividade média

a alta, por vezes associada a cortes de talude mal realizados, cuja finalidade é promover aplainamento do solo para implantação de edificações ou ainda contenção de substratos adjacentes.

Figura 17- Após queda do muro de arrimo, o talude expõe materiais inconsolidados residuais da Formação Barreiras em (1) e Formação Potengi em (2).



Fonte: Autoria Própria, 2021.

Comunidade do Jacó então, se torna um belo exemplo da necessidade de Natal possuir uma carta geotécnica integrando o Plano Diretor que está sendo desenvolvido no Município, além de servir de exemplo para sua Região Metropolitana, da importância de um desenvolvimento urbano responsável.

A segunda visita ocorreu no bairro Nova Descoberta, mais precisamente na lagoa de captação. O bairro está localizado próximo ao Parque das Dunas, uma área de preservação ambiental, porém, mesmo possuindo uma grande extensão de dunas ao seu lado, a região apresenta alagamentos constantes no período chuvoso da cidade. De acordo com Moreira *et al.*, (2016), quanto mais próxima da superfície do terreno está à superfície freática, tanto maior é o Risco Potencial a alagamentos.

Dessa forma, a solução adotada pela prefeitura foi a implementação de uma lagoa de captação, apresentada na figura 18, a qual objetiva a retenção da água a partir de uma drenagem eficiente, para então conter os alagamentos da região. Porém, o resultado não foi o esperado, a lagoa de captação tornou-se ineficiente por falta de manutenção e presença de lixo e esgoto, resultando em novos alagamentos.

A constância nos casos de alagamentos na região faz com que os moradores locais recorram a soluções improvisadas para evitar que a água invada suas residências. Esse,

portanto, é mais um fato que evidência problemas que surgiram por conta de uma urbanização não planejada.

Figura 18 - Lagoa de Captação do Bairro Nova Descoberta, em Natal/RN.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

6. CONCLUSÕES

A Região Metropolitana da Grande Natal, apresenta dados geológicos-geotécnicos muito semelhantes por toda a área. Porém, nota-se a necessidade de realizar primeiramente um estudo de maneira individual para cada cidade que compõe a região.

Ou seja, é preciso fazer um detalhamento maior dos mapas, um de susceptibilidade a alagamento e um de movimento de massa para cada Município. Além disso, deve-se também ser produzida uma carta geotécnica prévia para cada cidade, resultado dos mapeamentos geológicos-geotécnicos que devem ser executados seguindo orientações apresentadas nos materiais do projeto GIDES. Seguindo os passos supracitados, por fim, a continuidade do trabalho após desse artigo será confeccionado a carta geotécnica final da região.

Os pontos levantados durante esse trabalho tornam evidente que a interação entre o progresso da expansão da área urbana e a dinâmica natural do meio físico estabelece a maior causa para as áreas de riscos encontradas na região.

Dentro deste quadro, destacam-se os riscos geoambientais relacionados a movimentos de massa, acarretados em sua grande maioria por ocupações em locais inapropriados como por exemplo o caso da comunidade Jacó, como também os riscos

relacionados a alagamentos, evidenciado no bairro de Nova Descoberta, ambos na cidade de Natal.

Os resultados apresentados reforçam então a importância da confecção de uma Carta Geotécnica, para servir como suporte técnico no planejamento urbano e para auxiliar em ações governamentais que visam a expansão urbana de modo seguro e sustentável.

REFERÊNCIAS

ANGELIM, L. A. A.; CAMOZZATO, E.; WANDERLEY, A. A. FOLHA SB.25 NATAL. IN: CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. CARTA GEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONÉSIMO: SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG: FOLHA SB.25 NATAL FOLHA SC.25 RECIFE. GEOLOGICAL MAP OF BRASIL 1:1.000.000 SCALE: GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM - GIS. BRASÍLIA: CPRM, 2004. 41 CD ROM CD 18/41. 2004A.

ANGELIM, L. A. A. ET AL. FOLHA SB.24 JAGUARIBE. IN: CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. CARTA GEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONÉSIMO: SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG: FOLHA SB.24 JAGUARIBE. GEOLOGICAL MAP OF BRASIL 1:1.000.000 SCALE: GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM - GIS. BRASÍLIA: CPRM. 41 CD ROM CD 17/41. 2004B.

BARRETO, A. M. F.; TATUMI, S. H.; SUGUIO, K; OLIVEIRA, P. E; AYTA, W. E. F. As dunas costeiras inativas do Rio Grande do Norte datadas por termoluminescência e implicações paleoambientais. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 7., 1999. Porto Seguro. Resumo. Porto Seguro: ABEQUA, 1999. 1 CD-ROM.

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.

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 10 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 OFICIAL, BRASÍLIA, 11 ABR. 2012

BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES - SECRETARIA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO, 2018. MANUAL TÉCNICO PARA REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES APLICADO AO PLANEJAMENTO URBANO – SECRETARIA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO/MINISTÉRIO DAS CIDADES. VOLUME 6.

DANTAS, E. L. GEOCRONOLOGIA U-PH E SM-ND DE TERRENOS ARQUEANOS E PALEOPROTEROZOICOS DO MACIÇO CALDAS BRANDÃO, NE DO BRASIL. RIO CLARO, 1997. 208P. TESE (DOUTORADO) INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. RIO CLARO, 1997.

FELL, R. *et al.* Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. *Engineering Geology*, v.102, p. 83-111, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://MAPAS.IBGE.GOV.BR/BASES-E-REFERENCIAIS/BASES-CARTOGRAFICAS/CARTAS.HTML](https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas.html)>. ACESSADO EM: 8 DE JULHO DE 2020.

JARDIM DE SÁ, E. F. A FAIXA SERIDÓ (PROVÍNCIA BORBOREMA, NE DO BRASIL) E O SEU SIGNIFICADO GEODINÂMICO NA CADEIA BRASILIANA/PAN-AFRICANA. BRASÍLIA, 1994. 803P. 2 MAPAS. TESE (DOUTORADO) - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. BRASÍLIA, 1994.

LIMA, MARIA DA GUIA; DANTAS, EUGÊNIO PACELLI. GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA SÃO JOSÉ DE MIPIBU, SB.24-Y-A-II (III). RECIFE: CPRM, 2016.

Moreira M.M., Souza N.M., Arraes K.A. 2019. Caracterização geotécnicas 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.

Moreira M.M., Souza N.M., Arraes K.A. 2019. Carta geotécnica de susceptibilidade e risco potencial a movimentos gravitacionais de massa e inundações na região urbana de Natal- RN, Brasil. In: Andrade D.F. (Ed.) Engenharia no Século XXI. 1ª edição, Belo Horizonte, Poisson, p.224-232.

Moreira M.M., Souza N.M., Cuellar M. D. Z., Arraes K.A. 2019. Aquífero Dunas-potengi: disponibilidade e potencialidade das águas em Natal-RN. In: Aguilera J. G., Zuffo A.M. (Orgs.) Ciências Exatas e da Terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica 2. Ponta Grossa, Atena, p. 18-26.

Moreira M.M., Souza N.M., Cuellar M. D. Z., Arraes K.A. 2016. CartaGeotécnica de Suscetibilidade a Processos Geológicos e RiscoPotencial a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações na Área Urbana de Natal-RN. In: XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dosSolos e Engenharia Geotécnica - COBRAMSEG 2016. Minas Gerais.

NASCIMENTO, Marcos Antonio Leite; GALINDO, Antonio Carlos; DE MEDEIROS, Vladimir Cruz. Ediacaran to Cambrian magmatic suites in the Rio Grande do Norte domain, extreme Northeastern Borborema Province (NE of Brazil): Current knowledge. Journal of South American Earth Sciences, v. 58, p. 281-299, 2015.

PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos. Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte / Organização Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff [e] Fernanda Soares de Miranda Torres. -- Recife: CPRM, 2010

SANTOS, A.R. 2013. CARTA GEOTÉCNICA É INDISPENSÁVEL PARA ENFRENTAMENTO DE DESASTRES NATURAIS. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.ABMS.COM.BR/CARTA-GEOTECNICA-E-INDISPENSÁVEL-PARA-ENFRENTAMENTO DE DESASTRES NATURAIS/#:~:TEXT=CARTA%20GEOT%C3%A9CNICA%20%C3%A9%20INDISPENS%C3%A1VEL%20PARA%20ENFRENTAMENTO%20DE%20DESASTRES%20NATURAIS,-SEGUNDA%20FEIRA%2C%2009](https://www.abms.com.br/carta-geotecnica-e-indispensavel-para-enfrentamentode-desastres-naturais/#:~:text=CARTA%20GEOT%C3%A9CNICA%20%C3%A9%20INDISPENS%C3%A1VEL%20PARA%20ENFRENTAMENTO%20DE%20DESASTRES%20NATURAIS,-SEGUNDA%20FEIRA%2C%2009)>.

Serviço Geológico do Brasil - CPRM. GEOSGB, 2021. Dados, informações e produtos do Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br>. Acesso em: fev. 2021.

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, v. 2, p. 79-97, 2012. Disponível em: <<https://www.abge.org.br/volume-2-n-1>>. Acesso em: fev. 2021.

VITAL, Helenice. Geologia e recursos minerais da folha Jandaíra SB.24-X-D-III: estado do Rio Grande do Norte / Helenice Vital [et al.] – Recife: CPRM, 2013.