



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
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
2019-2020, orientada pelo Dr. Melquisedec
Medeiros Moreira

INPE
Natal/RN
2020



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
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
2019-2020, orientada pelo Dr. Melquisedec
Medeiros Moreira

INPE
Natal/RN
2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço aqueles que me deram a primeira oportunidade de fazer pesquisa na Graduação, ao INPE e ao CNPq pelo programa PIBIC, ao Orientador Melquisedec por ter me concedido esse projeto e a querida colega Juliana Monteiro por ter me indicado. A todos aqueles que integram a equipe do INPE/Coordenação Espacial do Nordeste, em especial aqueles que com quem compartilhei a sala: Camila, Helton e por último Marcelo.

Aos meus amigos, em especial aqueles que o IFRN me deu e aquela que a geologia me deu, Maria Eloiza, e meus pais, por sempre confiarem e depositarem em mim toda confiança e força que preciso.

RESUMO

Este trabalho busca apresentar os procedimentos realizados, e os resultados obtidos, no decorrer da execução do projeto “Carta Geotécnica do Município de Natal e sua Região Metropolitana: Geotecnologias, Especialização e SIG aplicado ao gerenciamento de Deslizamentos e Inundações” durante o período de 2019-2020. O projeto foi realizado nas dependências do INPE/Coordenação Espacial do Nordeste, localizado em Natal, e seguiu as seguintes etapas: Levantamento bibliográfico (Arquivos de esfera federal e artigos de autoria do Orientador); fundamentação teórica com apresentação do que foi estudo durante o levantamento bibliográfico; Visitas técnicas em pontos de risco geológico na cidade de Natal, Confecção de Mapas base utilizando o software QGIS e a integração destes dados. Ao fim destes procedimentos, iniciou-se a elaboração do relatório em questão.

Palavras-chave: Geotecnia. Geoprocessamento. Urbanização.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1: Esquema sintetizando o plano de trabalho.....	3
Figura 2.3.1: Mapa de materiais inconsolidados da porção sul da capital potiguar.....	5
Figura 2.3.2: Carta Piezométrica do Aquífero Dunas-Potengi.....	6
Figura 2.3.3: Carta Piezométrica do Aquífero Barreiras.	6
Figura 2.3.4: Carta de suscetibilidade do setor sul de Natal demonstrando setores de alta suscetibilidade a movimentos de massa e inundações, tal como os graus de risco relativos a cada unidade geológica-geotécnica. Desta forma, sabendo-se que as regiões referentes a um baixo risco são, em geral, não habitadas percebe-se que o crescimento da urbe natalense favoreceu a instabilidade das áreas naturalmente suscetíveis.	7
Figura 2.4.1: Em (A), (B) e (C) é possível observar de diferentes ângulos o colapso do talude e a disposição do muro nas laterais, tornando claro a inclinação na qual o muro foi erguido. Em (D) 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 litotipo do setor causado pela massa das moradias e da água concentrada nos poros geraram consequentemente o tombamento da obra indevidamente realizada	8
Figura 2.4.2: Lagoa de Captação do Bairro Nova Descoberta, em Natal/RN....	10
Figura 2.5.1: Tipos de Cartas Geotécnicas.	11
Figura 2.6.1: Mapa de Localização da Região Metropolitana da Grande Natal.....	12
Figura 2.6.2: Modelo Digital de Terreno (MDT) da área a ser estudada.	13
Figura 2.6.3: Mapa de Corpos d'água dispostos na área estudada.	14
Figura 2.6.4: Mapa Pedológico (solos) da área estudada.	15
Figura 2.6.5: Mapa Geomorfológico da área estudada.	16

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
2 METODOLOGIA	2
2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	3
2.2 CURSO DE EXTENSÃO: INCORPORAÇÃO DA GESTÃO DE RISCOS NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL – UFRN.....	4
2.3 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA.....	4
2.4 TRABALHOS DE CAMPO / VISITAS TÉCNICAS	7
2.5 RELATÓRIO E CARTA GEOTÉCNICA	10
2.6 RESULTADOS PARCIAIS.....	11
3 CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1 INTRODUÇÃO

Desde que se iniciou o processo de urbanização e formação de capitais e regiões metropolitanas, nota-se que a ocupação nesses grandes centros ocorreu, e ainda ocorre, de maneira inapropriada e descontrolada. 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 pessoas de baixa renda, sendo estas localizadas em: encostas íngremes, morros de solos moles, morros rochosos e áreas próximas a rios e lagos.

Essas regiões são naturalmente mais propícias a Inundações e Movimentos de Massa, que são eventos naturais com registros de ocorrência em todo o tempo geológico. Porém, nos últimos anos em decorrência da urbanização desenfreada e das mudanças climáticas sofridas pelo planeta, nota-se um aumento nas incidências de tais eventos, principalmente em regiões metropolitanas, serranas e litorâneas.

A Constituição Brasileira no § 1º do artigo 182 estabelece que o plano diretor: 1) é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, visando assim, uma melhor preparação e estratégias para o desenvolvimento urbano. Ainda no meio legislativo, a Lei Federal Nº 10.257 de 2001, chamada de Estatuto da Cidade, foi decretada visando a regulamentação do uso da propriedade urbana tendo como objetivo alcançar o bem-estar dos cidadãos. Dessa maneira, os municípios possuem como dever avaliarem os riscos e elaborarem diretrizes para controle através de um Plano Diretor.

Diversas cartas de cunho geológico compõem o Plano Diretor, dentre elas está a carta geotécnica, que 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, e complementarmente indica as melhores opções técnicas para que essa intervenção se dê com pleno sucesso técnico e econômico.”. Em Natal, capital do Rio Grande do Norte, a prefeitura em 2019 iniciou o processo de um novo plano diretor que contemple o desenvolvimento da capital e também com o intuito

de promover ações que corrijam problemas de natureza geológica-geotécnica já instalados na cidade.

Desse modo, este projeto tem como essência desenvolver uma Carta Geotécnica que contemple não somente o município de Natal, mas também sua região metropolitana, para auxiliar em um desenvolvimento urbano planejado e seguro da região, apontando locais susceptíveis a movimentos de massa e inundações.

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 susceptíveis 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 2.1.

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/Coordenação Espacial do Nordeste.

Figura 2.1: 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 a fundamentação teórica do projeto e como material de apoio. Dessa forma, o material bibliográfico escolhido como base para este trabalho está 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 6 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/Coordenação Espacial do Nordeste como forma de avaliação por parte do orientador e demais participantes do Laboratório.

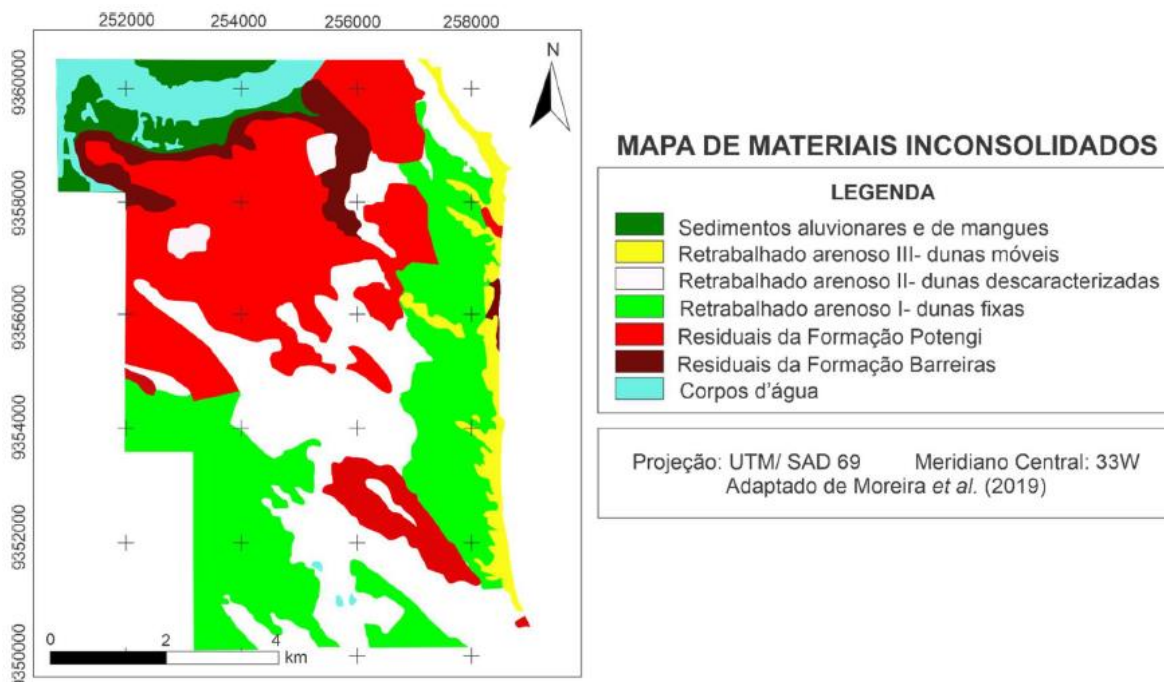
2.2 CURSO DE EXTENSÃO: INCORPORAÇÃO DA GESTÃO DE RISCOS NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL – UFRN

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 seguir em 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 o porquê se formou e quais as melhores soluções para tais casos, focando em casos de movimento de massa e inundações/alagamentos.

2.3 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA

A Grande Natal está localizada em uma região caracterizada predominantemente por dunas, como apresentando na figura 2.3.1. A capital potiguar 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. Por isso, a região será tratada com maior enfoque no presente relatório, como também, servindo de base para o estudo nas outras cidades.

Figura 2.3.1: Mapa de materiais inconsolidados da porção sul da capital potiguar.



As dunas, quando saturadas em água, 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: sequencia arenosa pertencente a formação Potengi sendo capeada por areias quartzosas de granulometria fina e de origem eólica (dunas).

As figuras 2.3.2 e 2.3.3 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 2.3.2: Carta Piezométrica do Aquífero Dunas-Potengi.

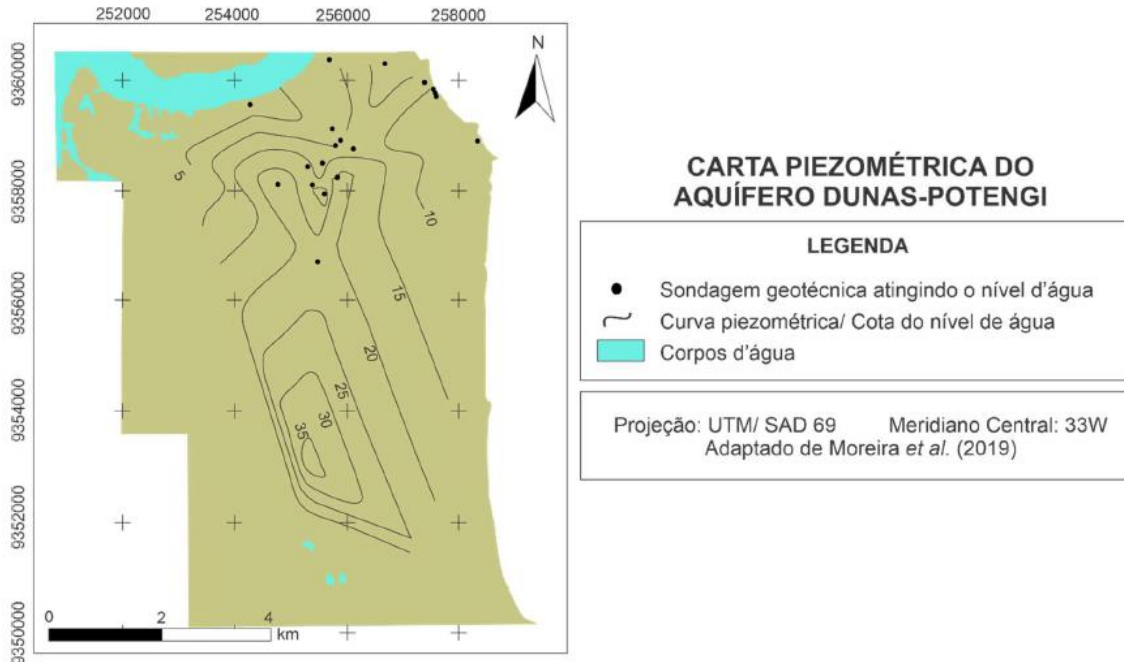
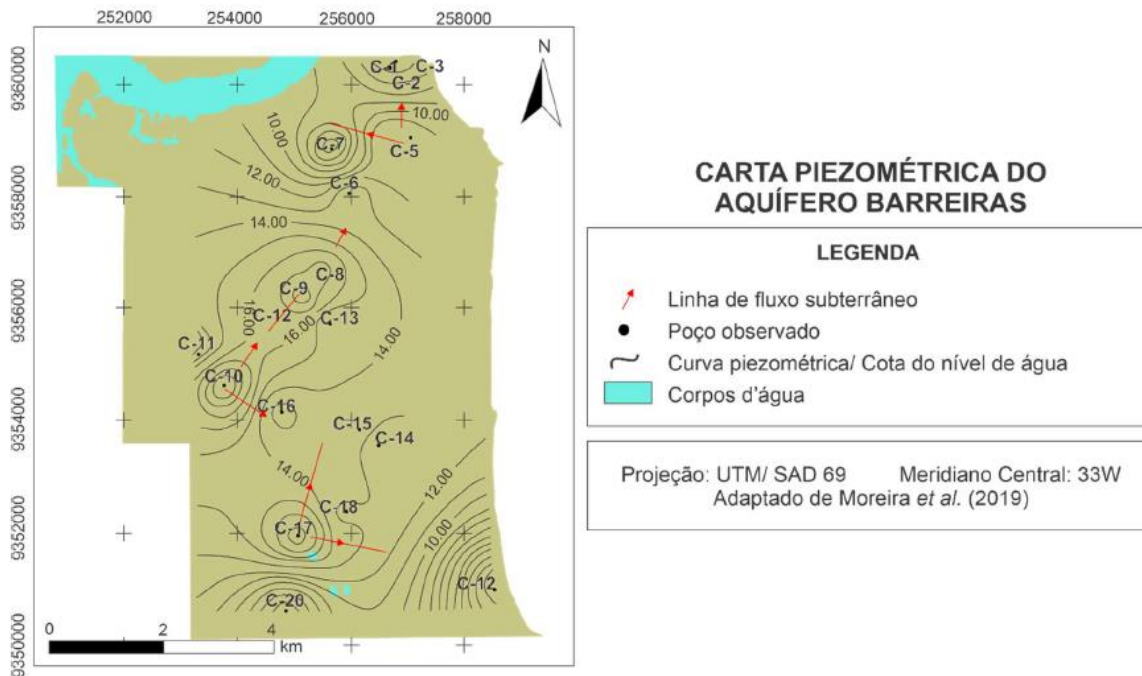


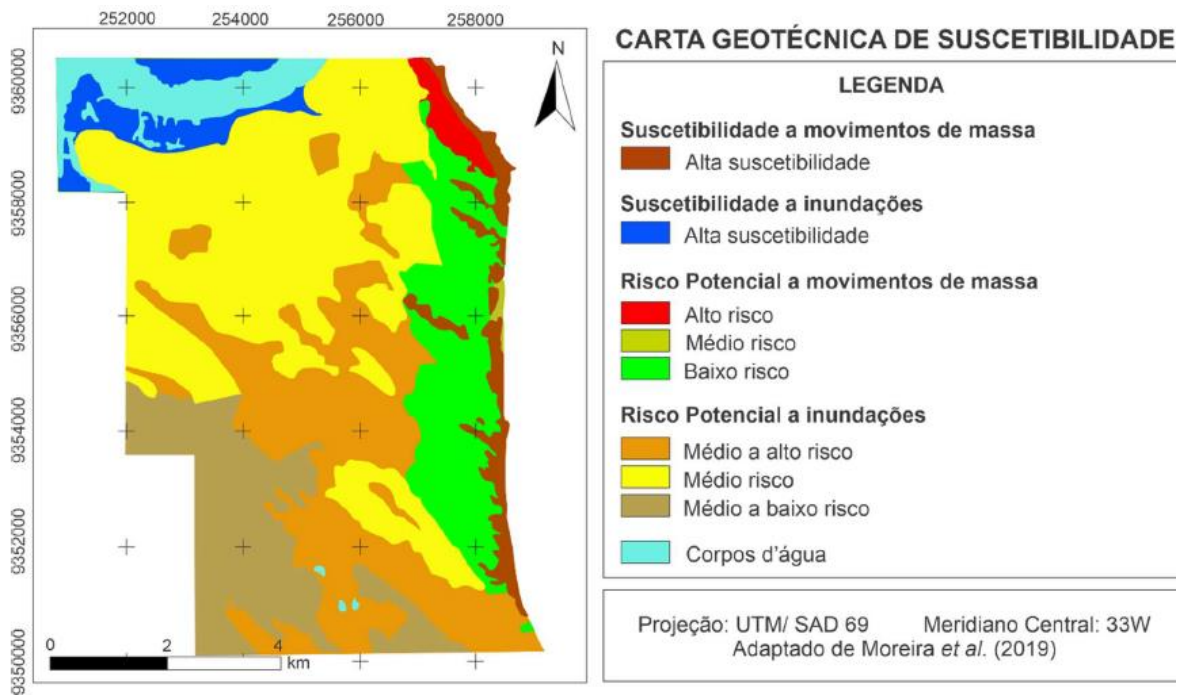
Figura 2.3.3: Carta Piezométrica do Aquífero Barreiras.



A análise de Movimentos de Massa exige uma integração entre os processos do meio físico e tópicos referentes ao uso e ocupação do solo, para que possa ser identificado e qualificado os graus de risco da região, pois o risco só existe onde

há ocupação do solo. Desta forma foram avaliados o 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 Inundações e Movimentos de Massa de médio e alto. (Moreira *et al.*, 2019).

Figura 2.3.4: Carta de suscetibilidade do setor sul de Natal demonstrando setores de alta suscetibilidade a movimentos de massa e inundações, tal como os graus de risco relativos a cada unidade geológica-geotécnica. Desta forma, sabendo-se que as regiões referentes a um baixo risco são, em geral, não habitadas percebe-se que o crescimento da urbe natalense favoreceu a instabilidade das áreas naturalmente suscetíveis.



2.4 TRABALHOS DE CAMPO / VISITAS TÉCNICAS

Para o desenvolvimento do projeto são necessários trabalhos de campo para um melhor êxito na integração de dados e para uma melhor execução do mapeamento geológico-geotécnico.

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). Dessa maneira, até agora foram realizadas duas visitas técnicas: 1) comunidade do Jacó, 2) bairro Nova Descoberta, ambos situados em Natal/RN.

Na comunidade de Jacó 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 com ângulo de 90° em relação a inclinação natural do talude, esta ação ocasionou a instabilidade do talude. 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 2.4.1.

Figura 2.4.1: Em (A), (B) e (C) é possível observar de diferentes ângulos o colapso do talude e a disposição do muro nas laterais, tornando claro a inclinação na qual o muro foi erguido. Em (D) 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 litotipo do setor causado pela massa das moradias e da água concentrada nos poros geraram consequentemente o tombamento da obra indevidamente realizada.



Fonte: Blog do BG (2016).

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.

Jacó então, se torna um belo exemplo da necessidade de Natal possuir uma carta geotécnica integrando o Plano Diretor que vem a ser 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 inundações 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 Inundações.

Dessa forma, a solução adotada pela prefeitura foi a implementação de uma lagoa de captação, apresentada na figura 2.4.2, objetivando a retenção da água a partir de uma drenagem eficiente. 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 novas inundações.

A constância nos casos de inundação 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 evidencia problemas que surgiram por conta de uma urbanização não planejada.

Figura 2.4.2: Lagoa de Captação do Bairro Nova Descoberta, em Natal/RN.



Fonte: Produção da Autora.

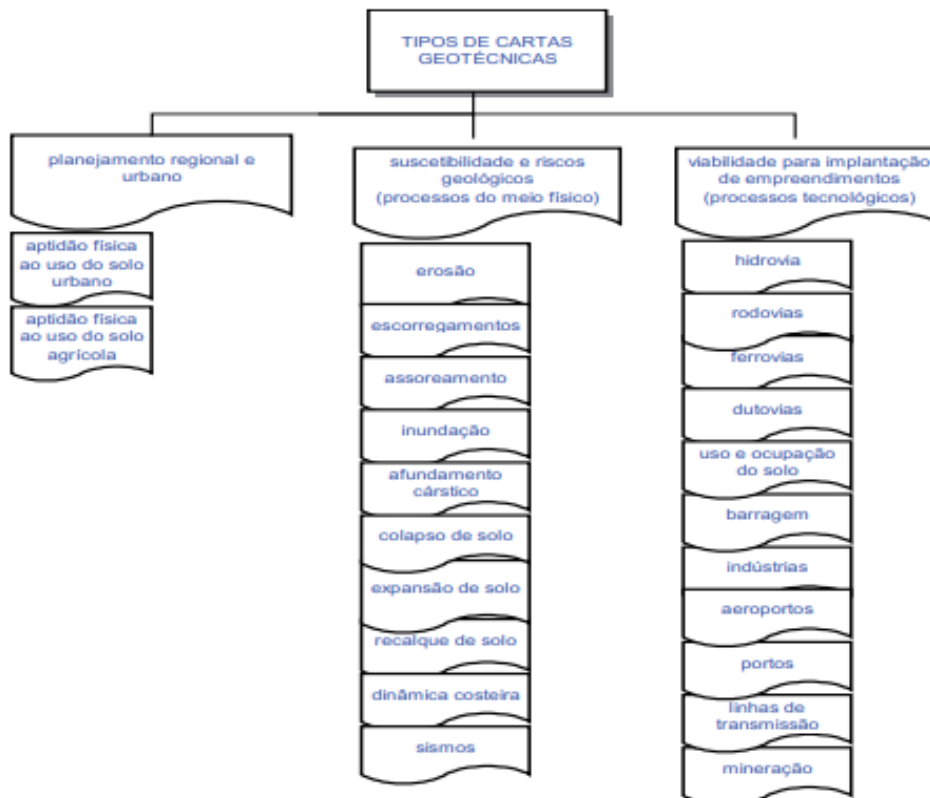
2.5 RELATÓRIO E CARTA GEOTÉCNICA

Para Cerri *et al.*, (1996) “A carta geotécnica envolve, necessariamente, a interpretação na definição dos limites espaciais de determinados atributos ou características do meio físico geológico, de acordo com o objetivo proposto pelo trabalho, independentemente da escala de representação cartográfica escolhida a elaboração de uma carta geotécnica pressupõe um toque pessoal e subjetivo, de acordo com a formação profissional do elaborador (ou equipe técnica) e de sua experiência e competência técnica. Nesse sentido, as cartas geotécnicas elaboradas por diferentes autores, embora com os mesmos objetivos, nas mesmas áreas físicas e escalas, e em idênticas condições de trabalho, podem perfeitamente, resultar em produtos diferentes.”

De modo geral a Carta Geotécnica traz informações sobre feições geológicas e geomorfológicas de uma determinada região quanto ao seu comportamento frente a um determinado tipo de ocupação. Para isso é necessária uma junção de vários mapas, que abranjam principalmente fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos.

A carta é essencialmente um instrumento de planejamento do uso do solo, de gestão geológica. Existem 3 grupos de Cartas Geotécnicas, descritas na figura 2.5.1, no caso da carta a ser desenvolvida enquadra-se na categoria de Susceptibilidade e Riscos Geológicos, com ênfase em Escorregamentos (Movimentos Gravitacionais de Massa) e Inundações.

Figura 2.5.1: Tipos de Cartas Geotécnicas.



Fonte: Diniz (1998).

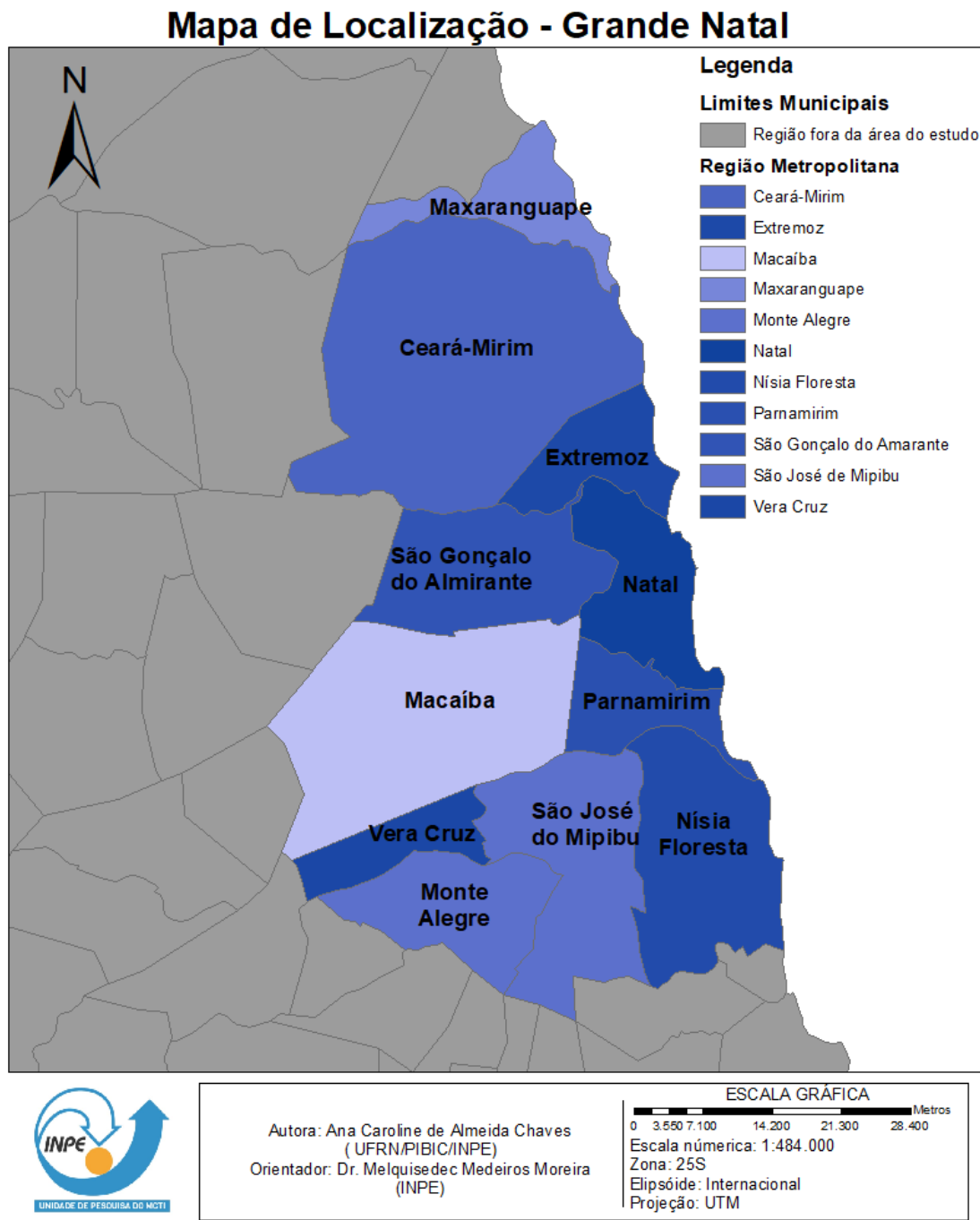
2.6 RESULTADOS PARCIAIS

Até então foi realizado a confecção de alguns mapas que servirão de suporte para a integração de dados como também para a produção de outros mapas. A carta geotécnica como já supracitado, trata-se de uma junção de informações de cunho geológico, urbano, topográfico para a geração de um “guia” de locais que apresentam risco, no caso em questão, risco geológico de movimento de massa e inundações.

Na figura 2.6.1 está representado o mapa de localização da região onde o estudo está sendo executado. A região metropolitana de Natal, também chamada de Grande Natal, é formada por onze municípios, sendo eles: Maxaranguape,

Ceará-Mirim, Extremoz, São Gonçalo do Almirante, Natal, Macaíba, Parnamirim, Nísia Floresta, São José do Mipibu, Vera Cruz e Monte Alegre.

Figura 2.6.1: Mapa de Localização da Região Metropolitana da Grande Natal.

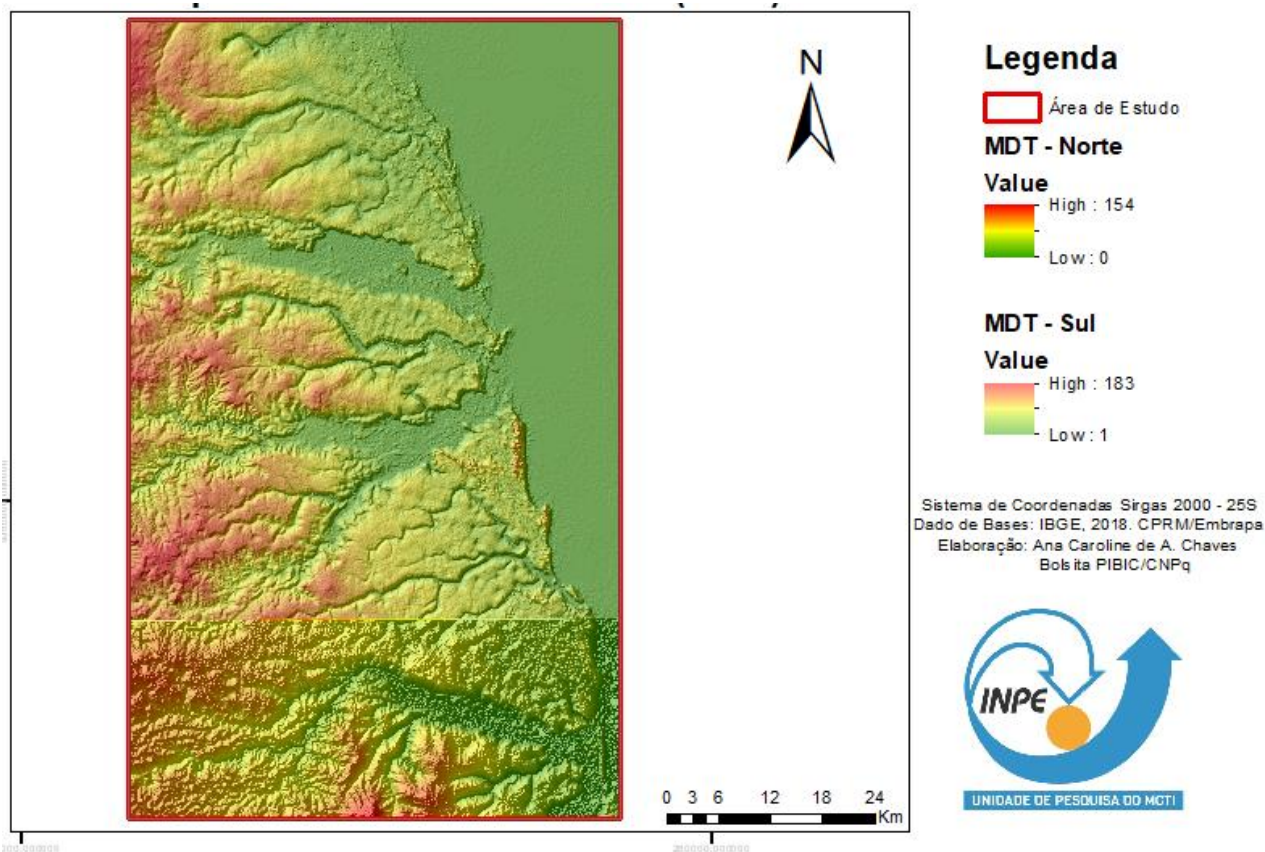


Fonte: Produção da Autora.

Mais quatro mapas apresentados nas figuras 2.6.2, 2.6.3, 2.6.4 e 2.6.5, respectivamente *Modelo Digital de Terreno – MDT*, *Corpos d’água*, *Pedologia* e

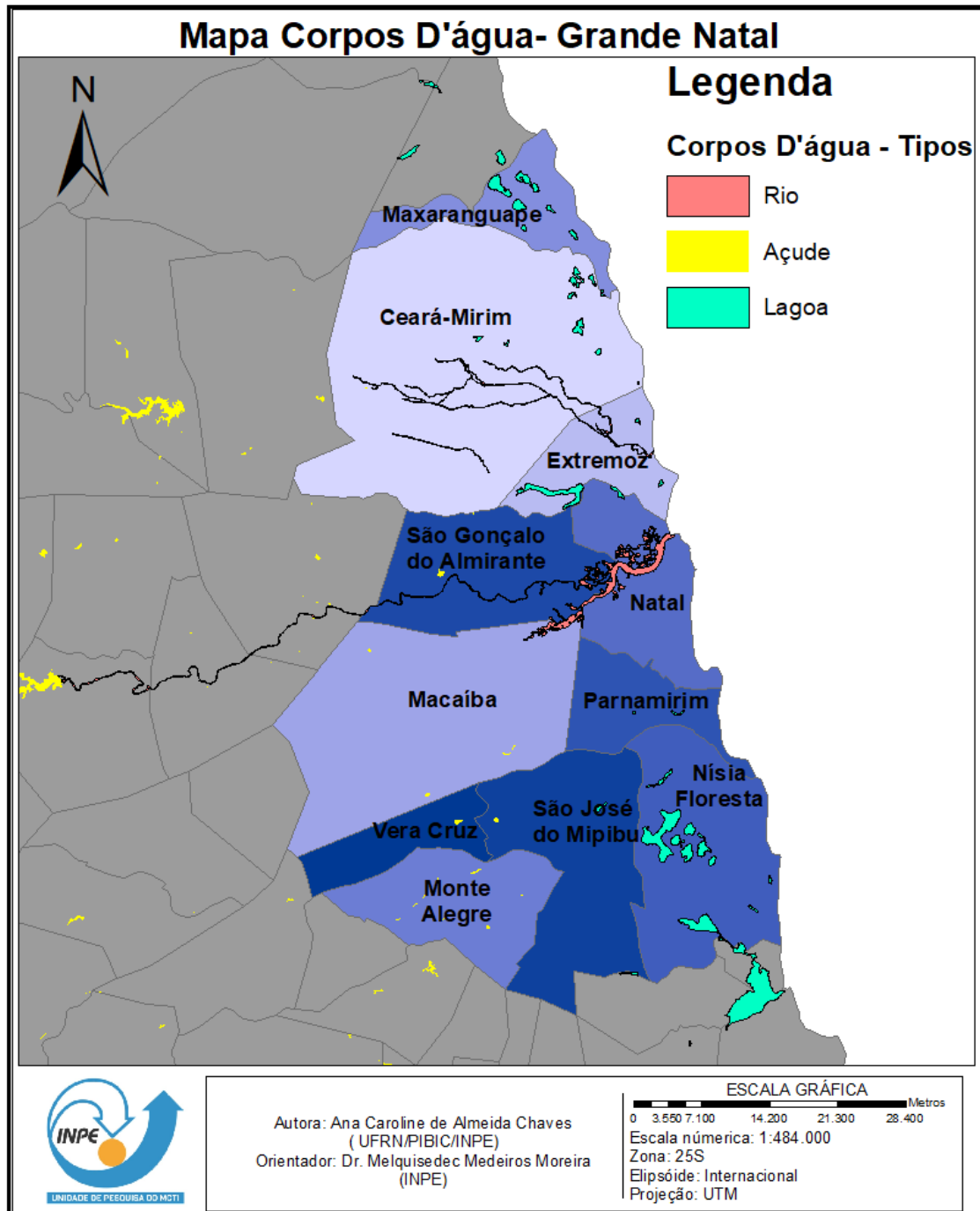
Geomorfologia, foram confeccionados para servir de base e para integração de dados. As análises desses mapas e de imagens de satélite juntamente com os dados de campo, serão a base para a confecção da carta preliminar. O MTD, apresentando na figura 2.6.2, proporciona uma análise de como está disposto topograficamente o terreno. Dessa forma, é possível observar que a área em sua grande parte é representada por baixas altitudes e planícies, aumentando o nível das cotas na região mais a oeste. O setor litorâneo apresenta cotas intermediárias, sendo representações dos cordões Dunares, bastantes presentes no litoral do estado.

Figura 2.6.2: Modelo Digital de Terreno (MDT) da área a ser estudada.



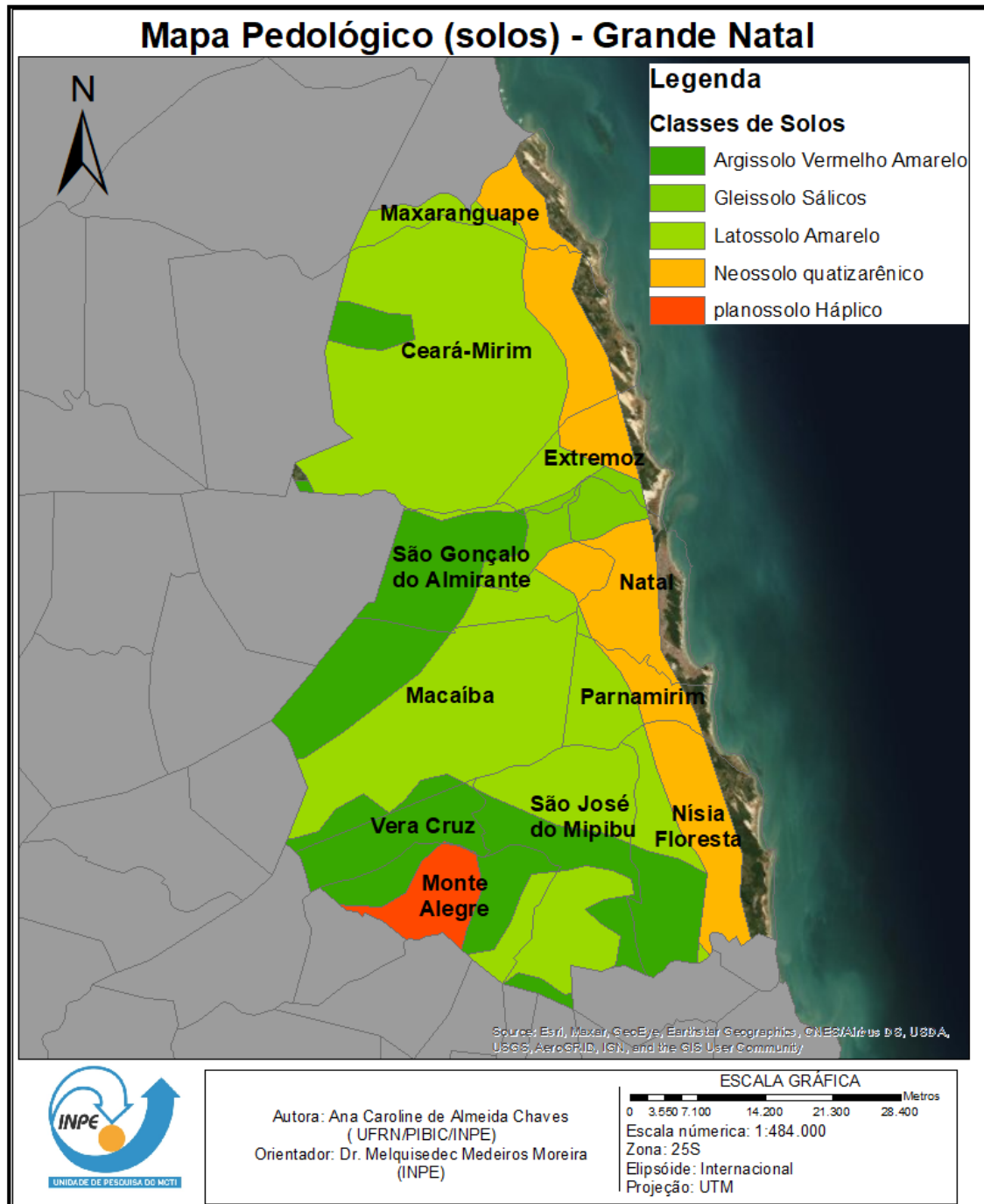
Fonte: Produção da Autora

Figura 2.6.3: Mapa de Corpos d'água dispostos na área estudada.



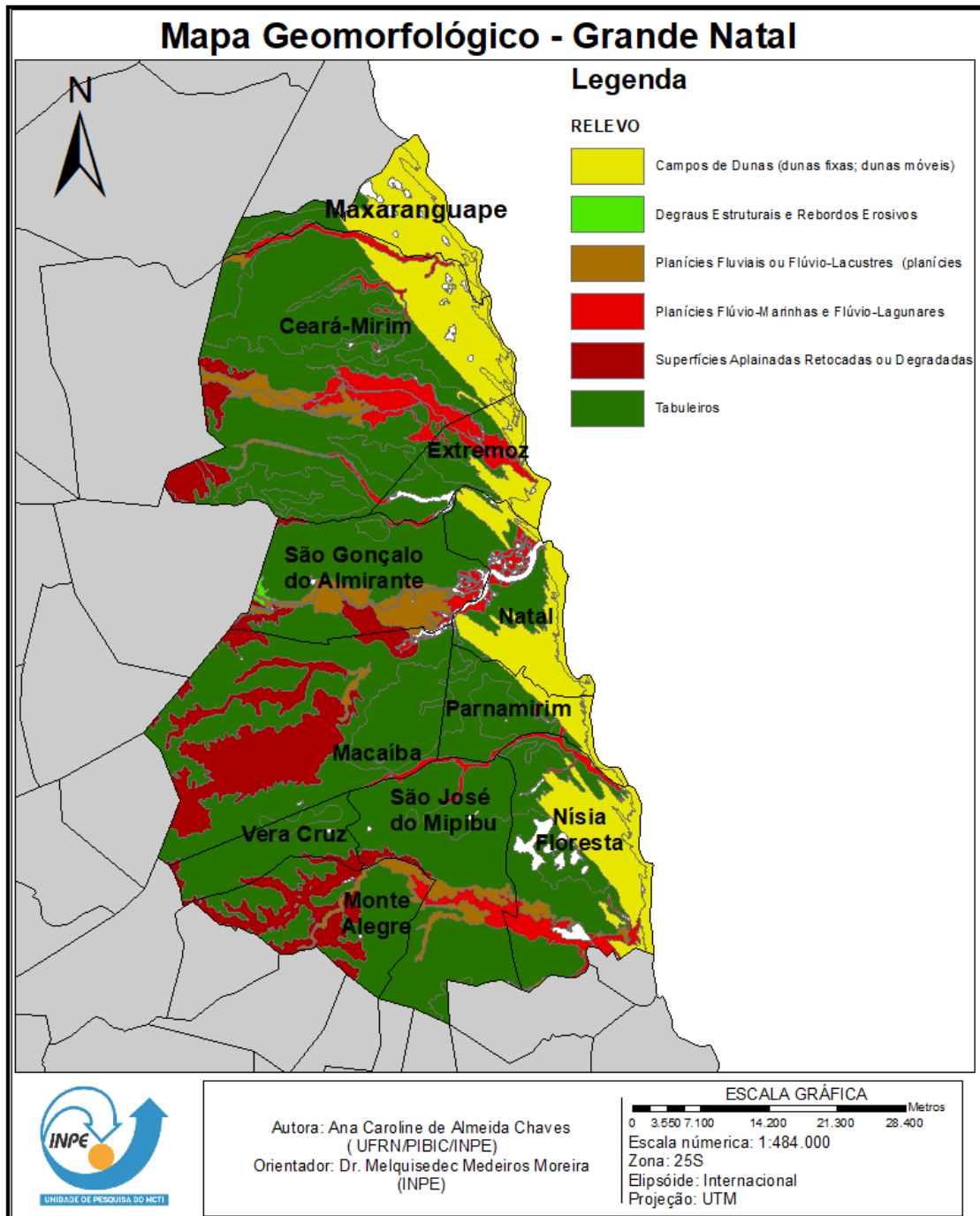
Fonte: Produção da Autora.

Figura 2.6.4: Mapa Pedológico (solos) da área estudada.



Fonte: Produção da Autora.

Figura 2.6.5: Mapa Geomorfológico da área estudada.



Fonte: Produção da Autora.

3 CONCLUSÃO

A Região Metropolitana da Grande Natal, apresenta dados muitos 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 à risco de inundação 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 GUIDES. Seguindo os passos supracitados, por fim, 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 inundações e alagamentos, evidenciando 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 BIBLIOGRÁFICAS

Blog do BG. 2016. **Muro de Contenção na Comunidade do Jacó, em Natal, em estado crítico**. Disponível em: <<https://www.blogdobg.com.br/fotos-muro-de-contencao-na-comunidade-dojaco-em-natal-em-estado-critico/>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020.

Cerri, L.E.S.; Akiossi, A.; Augusto Filho, O. & Zaine, J.E. **Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8, 1996, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, ABGE, v.2, p.537-548.

Diniz, N.C., 1998. **Automação da cartografia geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para avaliação ambiental. Tese de Doutorado**. Departamento de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2v

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas.html>>. Acessado em: 8 de Julho de 2020.

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.

Moreira M.M., Souza N.M., Arraes K.A. 2019. **Carta geotécnica de suscetibilidade 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. **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.

Santos, A.R. 2013. **CARTA GEOTÉCNICA É INDISPENSÁVEL PARA ENFRENTAMENTO DE DESASTRES NATURAIS.** Disponível em: <<https://www.abms.com.br/carta-geotecnica-e-indispensavel-para-enfrentamentodedesastresnaturais/#:~:text=Carta%20Geot%C3%A9cnica%20%C3%A9%20indispens%C3%A1vel%20para%20enfrentamento%20de%20desastres%20naturais,-segunda%2Dfeira%2C%2009>>.