

## XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

# CARTA GEOTÉCNICA DE SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS GEOAMBIENTAIS E RISCO POTENCIAL A ESCORREGAMENTOS DE TERRA E EVENTOS DESTRUTIVOS DE NATUREZA HIDROGEOLOGICA NO MUNICÍPIO DE NATAL – RN: CONTRIBUIÇÃO ÀS POLÍTICAS PÚBLICAS

Melquisedec Medeiros Moreira<sup>1</sup>; Newton Moreira de Souza<sup>2</sup>; Miguel Dragomir Zanic Cuellar<sup>3</sup> & Kátia Alves Arraes<sup>4</sup>

**Resumo** – A execução deste estudo consistiu de uma caracterização geológico-geotécnica e de um reconhecimento da drenagem de uma área costeira de aproximadamente 62 km<sup>2</sup>, compreendendo parte do Município de Natal-RN. O mesmo foi desenvolvido a partir dos procedimentos e premissas do Manual para o Zoneamento de Suscetibilidade de Perigo e Risco do Comitê Técnico Internacional para Deslizamentos (JTC-1) inseridos no programa “Construindo Nosso Mapa Municipal Visto do Espaço” do MCTIC/INPE/CRN. Foram apontadas diretrizes para maximizar o aproveitamento integrado dos recursos hídricos da região: o aquífero Dunas-Potengi é tipicamente livre, com alta taxa de infiltração e boas condições de armazenamento e circulação de água; o aquífero Barreiras apresenta um comportamento, na grande maioria, sob condições de semi-confinamento. Os resultados apresentados na Carta Geotécnica de Suscetibilidade e Risco Potencial sintetiza um suporte técnico para o planejamento das ações governamentais de controle e proteção da população e infraestruturas urbanas e dos recursos naturais. Verifica-se que o uso do sistema VANT pode melhorar a Carta em questão, possibilitando gerar imagens georreferenciadas e ortorretificadas da cidade, sendo possível gerar uma Carta de Risco Geotécnico de altíssima qualidade.

**Abstract** – This paper present an geotechnical characterization of geological units, on a scale of 1:25.000, of a coastal area of approximately 62 km<sup>2</sup>. It was carried out following the methods

<sup>1</sup> Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações – MCTIC/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE CRN, Natal-RN, Brasil, Tel. ++55 84 3204-9148, e-mail: [melquisedec@crn.inpe.br](mailto:melquisedec@crn.inpe.br)

<sup>2</sup> Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília-DF, Brasil, Tel. ++55 84 3204-9148, e-mail: [nmsouza@unb.br](mailto:nmsouza@unb.br)

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE CRN, Natal-RN, Brasil, Tel. ++55 84 3204-9150, e-mail: [miguel@crn.inpe.br](mailto:miguel@crn.inpe.br)

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE CRN, Natal-RN, Brasil, Tel. ++55 84 3204-9156, e-mail: [katiarraes@crn.inpe.br](mailto:katiarraes@crn.inpe.br)

proposed by the “Guide to Zoning Susceptibility of Hazard and Risk in the International Technical Committee for Landslides (JTC-1)”. The research is being developed from the procedures and assumptions in the program "Building Our City Map Seen from Space", performed by the group of GIS INPE / CRN (Northeast Regional Center). Directives are also suggested to improve the integrated utilization of the water resources of the area and the sensible use of subterranean and surface water. The aquifer Dunas-Potengi, by its very nature lithologic and stratigraphic position, is typically free, with high infiltration rate and good storage conditions and water circulation. The results presented in the Geotechnical Map of Susceptibility and Risk evidence regions where occupation should be preceded by studies more detailed.

**Palavras-Chave** – Deslizamentos, Inundação, Águas Subterrâneas.

## **1 - INTRODUÇÃO**

A urbanização do Brasil é marcada pela exclusão sócio espacial, levando a população de baixa renda a construir moradias em áreas que oferecem risco a vida humana, como encostas íngremes e margens de rios. Devido aos desastres provocados pela ocupação desordenada das cidades, como o aumento dos movimentos de massa gerados pela ação antrópica, declividade e elevados índices pluviométricos, em especial nas capitais, tem-se verificado a necessidade de associar o planejamento urbano com políticas integradas que garantam o bem-estar da população.

Nesse sentido 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. Desta forma, pode reunir os subsídios do meio físico geológico, tanto para o planejamento da ocupação futura, quanto para a correção dos problemas de natureza geológico-geotécnica instalados nos núcleos urbanos (Zaine, 2000).

A Lei Federal Nº 10.257 de 2001, denominada Estatuto da Cidade, foi promulgada para regulamentar, dentre outros pormenores, o uso da propriedade urbana tendo como objetivo alcançar o bem-estar dos cidadãos. Esta lei obriga os municípios a avaliarem os riscos e elaborarem diretrizes para controle através do Plano Diretor. Portanto, para tornar eficaz o plano diretor, quanto ao gerenciamento e controle das áreas de alto risco, fez-se necessário o mapeamento geológico-geotécnico e o estudo técnico das áreas instáveis.

O Município de Natal - RN vem carecendo de estudos que apontem diretrizes para um gerenciamento racional do uso e ocupação do solo, que mantenha as características do meio ambiente, tanto no contexto urbano quanto na franja urbano/rural. Em decorrência, basicamente, do incremento da malha viária, da carência de recursos hídricos e da expansão urbana, turística, industrial e agrícola, diversos problemas de ordem ambiental e de planejamento estão em desenvolvimento nesta região. Os problemas são originados basicamente pelo total desconhecimento das características dos componentes do meio físico (rochas, águas, relevo e materiais inconsolidados) a que estão relacionados e das condições climáticas, que influenciam nestas características.

A busca da ocupação sustentada dos recursos naturais tem sido apresentada como uma das premissas para a estabilidade ambiental do planeta terra.

A drenagem urbana no Brasil tem sido dimensionada com base no princípio abandonado na maioria dos países desenvolvidos onde “a melhor drenagem é a que escoar a água o mais rápido possível”. Este tipo de solução utiliza-se de condutos e canais que aumentam a velocidade para jusante e, em conjunto com a impermeabilização, aumentam as vazões (e a frequência de cheia), a erosão do solo e o aumento das áreas degradadas.

Nos países desenvolvidos a concepção de drenagem mudou nos anos 70 do século passado para medidas de amortecimento como detenção e retenções, que são pequenos reservatórios urbanos que:

- (a) Reduzem as vazões máximas aos níveis que permite escoar pelo canais existentes, naturais ou construídos;
- (b) reduzem a velocidade do escoamento, dissipando sua energia e evitando erosão e degradação a jusante;
- (c) permitem a melhoria da qualidade da água pluvial.

Algumas cidades brasileiras construíram detenções nos últimos anos, principalmente a região Metropolitana de São Paulo. Outras cidades como Curitiba, Porto Alegre, Belo Horizonte e Maceió também tiveram detenções construídas em diferentes cenários.

## **2 - OBJETIVOS**

A carta geotécnica de aptidão à urbanização é um instrumento de planejamento e gestão territorial municipal, necessária para a definição de diretrizes para a aprovação de novos

parcelamentos do solo e para a elaboração de planos de expansão urbana, de maneira a definir padrões de ocupação adequados face às situações de perigo relacionadas aos desastres.

Ainda no ano de 2011, a carta geotécnica de aptidão urbana, bem como outros instrumentos voltados à gestão de riscos de desastres, foi incorporada na Medida Provisória nº 547/2011, sendo esta convertida na Lei nº 12.608, publicada em 10 de abril de 2012, que institui a Política, o Sistema e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil.

A Lei nº 12.608/2012 delegou à União a competência de apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e as demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação.

O art. 22 da Lei supracitada estabelece que os municípios incluídos no cadastro com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos deverão elaborar carta geotécnica de aptidão à urbanização, estabelecendo diretrizes urbanísticas voltadas para a segurança dos novos parcelamentos do solo urbano (projetos de loteamento e desmembramento, segundo a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979) e para o aproveitamento de agregados para a construção civil.

O presente artigo tem como finalidade contribuir neste sentido, para o caso do Município em questão, consistindo de uma caracterização geológico-geotécnica e de um reconhecimento da drenagem de uma área costeira de aproximadamente 62 km<sup>2</sup>, compreendendo parte da Cidade de Natal-RN, cujo objetivo principal será a elaboração de mapas e cartas visando um melhor entendimento e o fornecimento de subsídios para a gestão ambiental. Será realizado também um levantamento amostral das deteções e retenções existentes na cidade, avaliação do funcionamento dos dispositivos e recomendações para servirem de base para futuros projetos dentro da realidade brasileira. O mesmo está sendo desenvolvido a partir dos 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”, realizado pelo grupo de Geoprocessamento do INPE/CRN, podendo ser consultado no link: <http://www.geopro.crn2.inpe.br/resumo3.htm>. Nesta linha de pesquisa, procura-se integrar estudos relacionados às alterações geomorfológicas, provocadas pelas diferentes formas de ocupação do relevo, configurando-se na formação de depósitos tecnogênicos.

Consistiu de trabalhos de escritório, de campo e de laboratório e recursos computacionais para o armazenamento e tratamento dos dados de investigação que compreendem recursos de geoprocessamento. Estes recursos, confirmando as expectativas de Souza (1994), poderá agilizar e

viabilizar as atividades de levantamento, análise, finalização e posteriores atualizações das informações espaciais.

Os objetivos específicos relacionados às detenções e retenções, que são estruturas de gestão do controle do escoamento, serão descrito a seguir:

- Caracterização e análise da integração do projeto a paisagem da cidade e esgoto sanitário;
- Caracterização quanto a produção, fontes e custos sobre os sólidos totais: lixo e sedimentos;
- Propor orientação sobre estes dispositivos considerando a experiência internacional e a amostragem nacional.

### 3 - ÁREA DO ESTUDO PROPOSTO

O Município de Natal está localizado no Litoral Oriental do Rio Grande do Norte, entre os paralelos  $36^{\circ}42'53''$  e  $37^{\circ}15'11''$  de latitude sul e entre os meridianos  $38^{\circ}35'52''$  e  $34^{\circ}58'03''$  de longitude oeste (Figura 1).

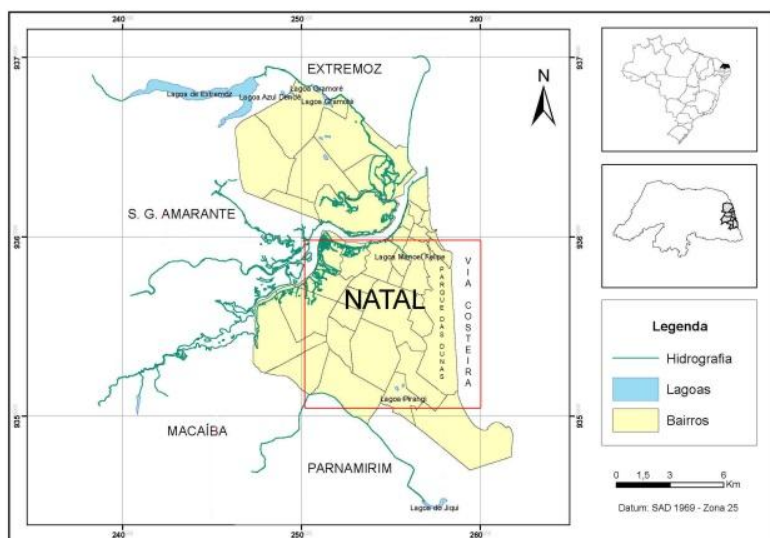


Figura 1. Localização aproximada da área de estudo destacada no retângulo.

#### 3.1 - Geologia Regional

A área de mapeamento está inserida na faixa sedimentar costeira oriental do Estado do Rio Grande do Norte, no contexto da sub-bacia Natal, pertencente à Bacia Pernambuco-Paraíba e Potiguar (Barbosa, 2004) (Figura 2).

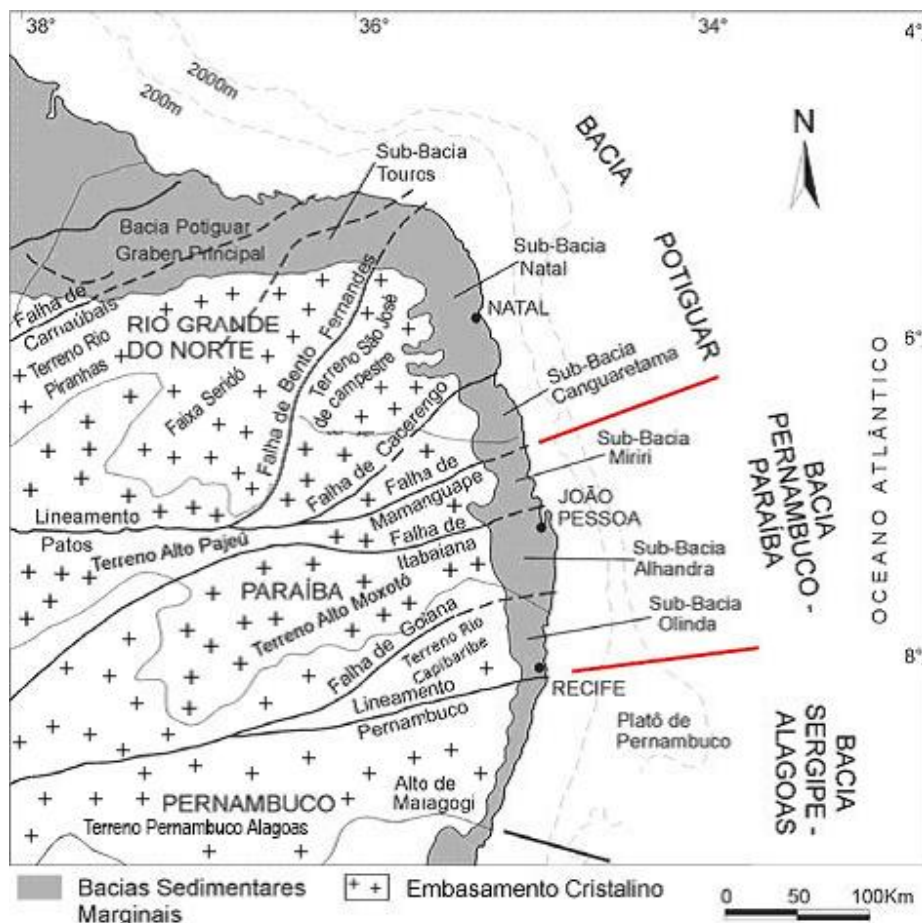


Figura 2. Localização das Bacias Sedimentares Costeiras Pernambuco-Paraíba e Potiguar e sua divisão em subbacias. Modificado de Barbosa (2004).

Na região adjacente à área de estudo, o embasamento cristalino é constituído por três terrenos distintos denominados, de norte para sul, de Terreno São José do Campestre, Terreno Alto Pajeú e Terreno Alto Moxotó (Santos, 1996). Esses terrenos são delimitados por grandes lineamentos e zonas de cisalhamento com direção predominantemente leste-oeste. Provavelmente, essas estruturas estendem-se sob a Formação Barreiras e sob os sedimentos cretáceos e paleogênicos das Bacias Pernambuco-Paraíba e Potiguar, adentrando pela margem continental adjacente.

### 3.2 - Mapa Topográfico e Carta de Declividade

Foram digitalizados no Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING) as curvas de nível equidistantes de 10 m, das bases planialtimétricas da SEPLAN- RN (Secretária de Planejamento do estado do Rio Grande do Norte), em escala 1:10.000 (1978), onde gerou-se um mapa topográfico (Figura 3), onde a interpolação dos dados de altitude produz uma

distribuição em forma de imagens de níveis de cinza (Figura 4), o formato MNT (Modelos Numéricos de Terreno).

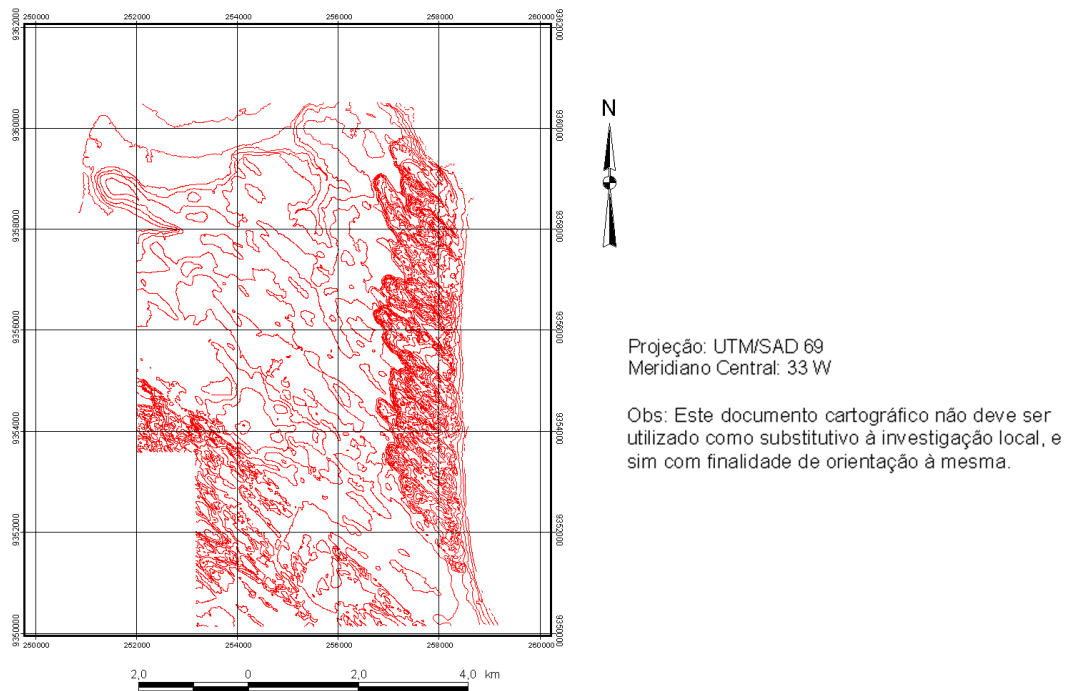


Figura 3. Mapa Topográfico em formato vetorial, apresentando as isolinhas de curva de nível.

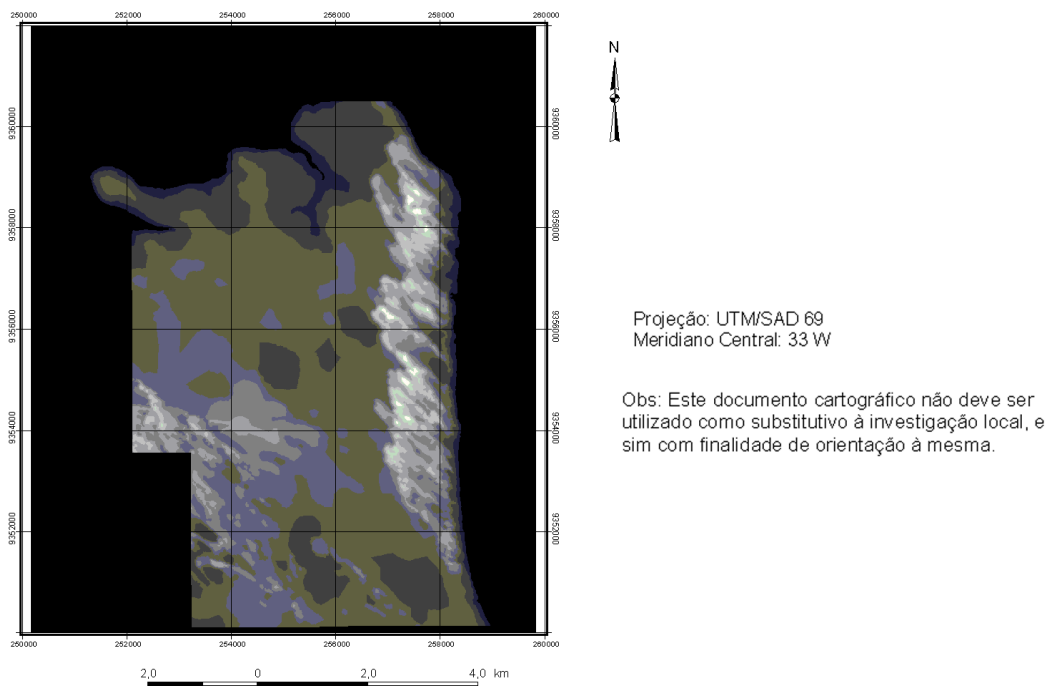


Figura 4. Mapa Topográfico, MNT visualizado em forma de níveis de cinza.

A carta de declividade foi elaborada a partir do mapa topográfico no SPRING, sendo efetuado um fatiamento do MNT declividade, apresentando faixas em termos percentuais, de 0 a 3, de 3 a 8, de 8 a 20 e maior que 20 (Figura 5).

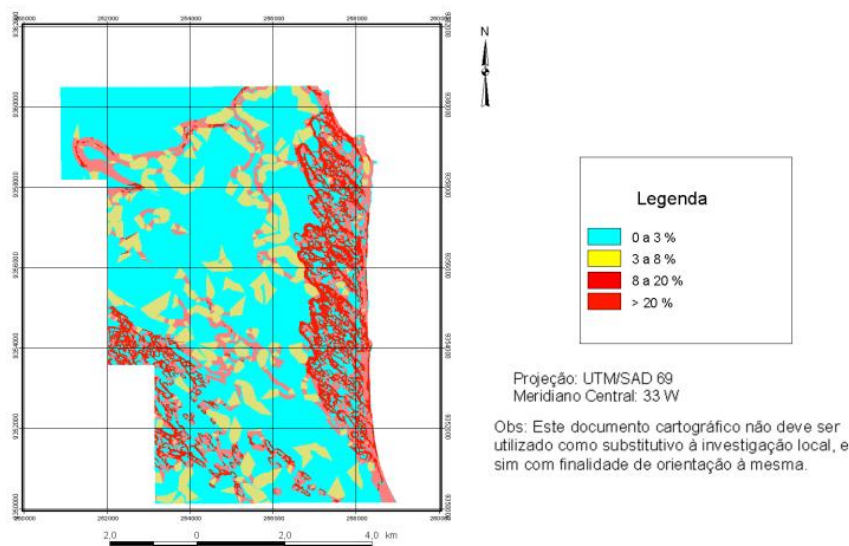


Figura 5. Carta de Declividade, apresentando faixas em termos percentuais, de 0 a 3, 3 a 8, 8 a 20 e maior que 20.

### 3.3 - Mapa de Materiais Inconsolidados

No que diz respeito aos aspectos geológicos, a área objeto de estudo constitui-se de nove unidades, sendo oito aflorantes e uma de idade mesozóica, detectada apenas em perfis de poços de captação de águas subterrâneas, representada por arenitos calcíferos e calcáreos, correlatos à Formação Guararé da Bacia Potiguar. A unidade aflorante mais antiga consiste dos sedimentos da Formação Barreiras, seguido dos sedimentos da Formação Potengi e “Beach-rocks”. Completando a estratigrafia da área (Figura 6), têm-se os sedimentos de mangues e aluvionares, as areias de dunas descaracterizadas, dunas fixas e móveis, e os sedimentos praias; este último juntamente com os “beach-rocks” não são mapeáveis na escala do presente estudo (Tabela 1).

A Formação Potengi, na região de Natal (Figura 7), caracteriza-se por uma fácies arenítica, de granulometria mal selecionada, de cor avermelhada, e caracteriza-se por apresentar materiais residuais com pouca argila devido à lixiviação intensa (Moreira, 1996).



Os sedimentos de mangues são encontrados ao longo da planície de inundação do rio Potengi e consistem de areias finas argilosas e localmente argilas de cor cinza clara; observa-se ainda a presença de grande quantidade de bioclastos recentes. Sob esses sedimentos verificou-se a ocorrência de sedimentos aluvionares de coloração acinzentado a esbranquiçado, de granulometria areia fina a média.

As dunas descaracterizadas compreendem áreas testemunhos de antigas dunas, que foram parcialmente destruídas por atividades de terraplanagem com fins de ocupação urbana. São caracterizadas por areias finas a médias amareladas, cremes, avermelhadas, localmente acinzentadas a marrom, quartzosas, com minerais máficos.

As dunas fixas são depósitos eólicos com cobertura vegetal, distribuindo-se numa faixa paralela ao litoral, apresentando direção predominante SE-NW; consistem de areias quartzosas de coloração amarelada e branca com boa seleção granulométrica entre areia média e fina.

As dunas móveis, compreendem os depósitos provenientes da ação eólica nos sedimentos praias, caracterizados por areias quartzosas bem selecionadas, brancas, amareladas a cremes, localmente acinzentada a marrom (devido à matéria orgânica), granulometria média a fina, sendo evidenciado que localmente e superficialmente ocorrem grãos de tamanho de areia grossa e grânulos.

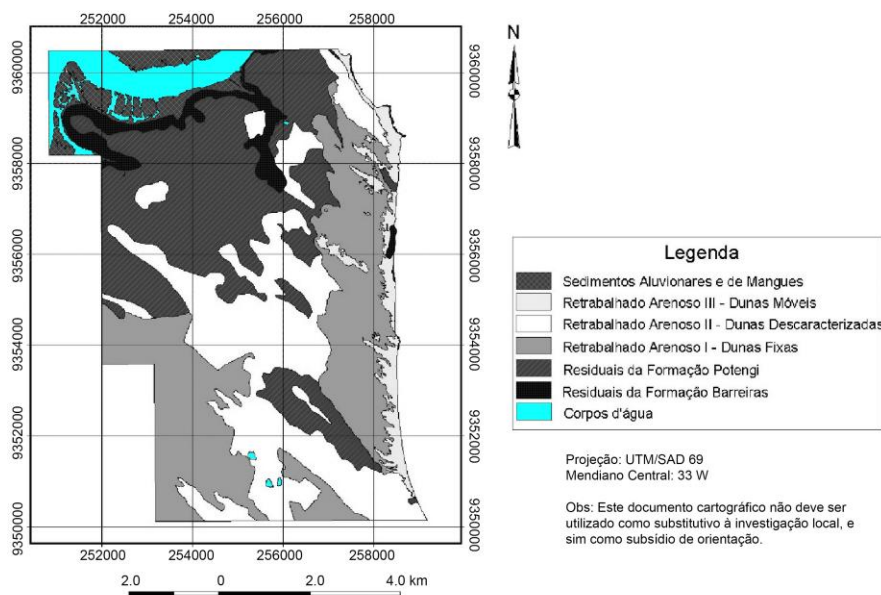


Figura 6. Mapa de Materiais Inconsolidados.

No Município de Natal existem três (03) sistemas aquíferos (Moreira, 2002), assim distribuídos, da base para o topo: o primeiro formado por arenitos com cimento carbonático (“arenitos calcíferos”), geralmente compactos, que constituem o Aquífero Infra-Barreiras; o

segundo, constituído por clásticos continentais, com granulometria e cores variáveis pertencentes à Formação Barreiras, caracterizando o Aquífero Barreiras e, por fim, uma seqüência arenosa pertencente à Formação Potengi sendo capeada por areias quartzosas, de granulometria fina e de origem eólica (Dunas) que formam o Aquífero Dunas-Potengi.



Figura 7. Formação Potengi sotoposta as areias de dunas fixas e móveis (Porção leste da área de estudo, na região conhecida como Parque das Dunas).

ERA	PERÍODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
C E N O Z Ô I C A	QUATERNÁRIO	Sedimentos de mangue - Sedimentos praias - Dunas móveis	Sedimentos aluvionares
		Arenitos praias ("Beach rocks") - Dunas fixas - Dunas arrasadas	
	Formação Potengi		
	TERCIÁRIO	Formação Barreiras	
M E S O Z Ô I C A	CRETÁCEO	Formação Guamaré	

Tabela 1. Coluna estratigráfica proposta para a área mapeada. Modificada (Duarte, 1995).

## 4 - DISPONIBILIDADE E POTENCIALIDADE DAS ÁGUAS

### 4.1 - O Risco a Fenômenos de Inundação

De acordo com ISDR (2007), as inundações representam um dos fenômenos naturais mais ocorrentes no mundo, afetando numerosas populações em todos os continentes. As inundações causam impactos desastrosos nas áreas afetadas, provocando perdas humanas e materiais. As

inundações têm causado também grandes desastres à população brasileira principalmente em razão da ocupação desordenada no leito maior dos rios e impermeabilização do solo das bacias urbanas. Dessa forma, é possível afirmar que a falta de uma política de monitoramento e controle das inundações tem aumentado os prejuízos e perdas nas cidades, ocasionados pela falta de planejamento do espaço ocupado, conhecimento do risco das áreas passíveis a inundação e interesse na solução desse problema.

#### **4.2 - Métodos Existentes de Avaliação e Controle da Inundação**

Segundo Tucci (2005), a gestão e o combate ao risco à inundação acontecem através da utilização de medidas de controle da inundação que visam tornar mínimo o risco das populações que estão expostas, diminuindo os prejuízos causados. Essas medidas podem ser do tipo estrutural e não estrutural. As medidas não-estruturais, de acordo com Tucci (2005), se destacam pela tentativa de diminuir prejuízos em função da melhor convivência da população com as cheias. Elas não são planejadas para dar uma proteção completa, pois para isso seria necessário a proteção contra a maior enchente possível. Dentre as medidas não estruturais, as principais são as preventivas podendo ser citadas: previsão e alerta de inundação; zoneamento das áreas de risco de inundação; seguro e proteção individual contra inundação. A aplicação da cartografia na identificação e diagnóstico de áreas de risco tem sido bastante explorada em diversas cidades brasileiras, surgindo então várias metodologias, as quais de modo geral, têm como base a combinação de dados e informações referentes a aspectos geológicos (litologia), geomorfológicos (declividade, hipsometria, etc.) e de uso do solo (tipologias de ocupação, tipos de vegetação etc.). Dessa forma, a cartografia assume um papel importante na gestão do risco, pois através dela é possível elaborar mapas associando os conhecimentos físico, ambientais e sociais que interferem na dinâmica das inundações. Tucci (2005) descreve que os mapas de inundação de cidades são de dois tipos: mapas de planejamento e mapas de alerta. Os mapas de planejamento definem as áreas atingidas por cheias de tempo de retorno escolhidos. Enquanto que os mapas de alerta são preparados com valores de cotas em cada esquina da área de risco permitindo o acompanhamento da enchente por parte dos moradores, com base nas observações do nível de água em relação às réguas.

O Programa de Redução de Riscos do Ministério das Cidades (BRASIL, 2007) propõem uma metodologia para mapeamento de áreas de risco de enchentes e 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. Após o zoneamento de áreas de risco a inundação, bem como a produção de informações de diagnósticos e prognósticos levantadas pelo estudo, os dados podem ser utilizados pelo poder público no sentido de apoio a regulamentação das áreas de risco a inundação. Estes elementos devem estar contidos no Plano Diretor da Cidade já que a ordenação do processo do uso e ocupação do solo urbano é uma atividade de competência municipal.

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 diferentes.

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 definisse 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” (Fell et al., 2008), que foi publicado em um número especial da revista *Engineering Geology* juntamente com vários outros artigos nesta mesma temática.

O manual reconhece que existe uma necessidade crescente de princípios quantitativos de gerenciamento de risco que requerem o uso de métodos quantitativos para zoneamento de risco e de perigo de deslizamento para uso de entidades governamentais. Isto permite que seja feita a comparação dos mesmos com outros perigos e riscos e com os critérios de tolerância à perda de vidas. Graças aos desenvolvimentos mais recentes em técnicas de captação de dados (sensoriamento remoto), SIG e melhorias metodológicas, nós temos agora um conjunto de ferramentas que torna o zoneamento de risco quantitativo mais viável.

Visando a assistir o avanço do zoneamento de susceptibilidade de deslizamento, perigo e risco, o JTC-1, preparou o presente manual. Estas normas fornecem:

- Definições e terminologia para uso internacional.
- Descrição dos tipos e níveis de zoneamento de deslizamentos.
- Orientação sobre os locais onde são necessários o zoneamento de deslizamentos e o planejamento de uso do solo levando em conta os deslizamentos.
- Definições de níveis de zoneamento e escalas sugeridas para mapas de zoneamento.

- Orientação sobre a informação requerida para diferentes níveis de zoneamento levando em conta os vários tipos de deslizamentos.
- Orientação sobre confiabilidade, validade e limitações dos métodos.
- Conselhos sobre as qualificações necessárias das pessoas que realizam o zoneamento de deslizamentos e conselhos sobre a preparação de um relatório para consultores conduzirem o zoneamento de deslizamentos e planejamento de uso do solo.

### **4.3 - Método de Trabalho**

O trabalho de pesquisa apresentado consta de diferentes fases nas quais, através dos procedimentos e premissas do Manual para o Zoneamento de Suscetibilidade de Perigo e Risco do Comitê Técnico Internacional para Deslizamentos (JTC-1), se busca obter subsídios para o desenvolvimento dos tópicos propostos de modo a atingir os objetivos do estudo.

A execução do trabalho compreende cinco etapas a saber, que são descritas a seguir: A) Levantamento e aquisição de informações pré-existentes e produtos de sensoriamento remoto; B) Fotointerpretação e estudo de perfis de poços e de sondagens geotécnicas; C) Etapa de campo; D) Etapa de ensaios de laboratório e campo; E) Etapa de confecção de mapas e cartas, e elaboração do texto final.

## **5 - CARTA GEOTÉCNICA DE SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS GEOAMBIENTAIS E RISCO POTENCIAL A ESCORREGAMENTOS DE TERRA E EVENTOS DESTRUTIVOS DE NATUREZA HIDROGEOLÓGICA**

Na elaboração da Carta Geotécnica de Suscetibilidade e Risco Potencial a Escorregamentos de Terra e Inundações (Figura 8), avaliaram-se os seguintes atributos: tipo de material inconsolidado, características do substrato geológico, características geomorfológicas, profundidade do nível d'água do aquífero Dunas-Potengi, existência de esgotos domésticos e Carta de Declividade, onde se constata que boa parte da área de Natal apresenta Risco Potencial a Inundações médio e alto.

Foram mapeadas duas áreas que correspondem a Alta Suscetibilidade, a área “Alta Suscetibilidade a Movimentos de Massa” correspondente as dunas móveis, que se distribui numa faixa paralela ao litoral, apresentando declividades em termos percentuais variando de 3 a 8% e maior que 20%, e a área “Alta Suscetibilidade a Inundações” no vale aluvial, correspondente aos sedimentos de mangue na região adjacente ao rio Potengi. Em ambos os casos não há correspondência com Alto Risco Potencial, em virtude da ausência de Habitações Precárias.

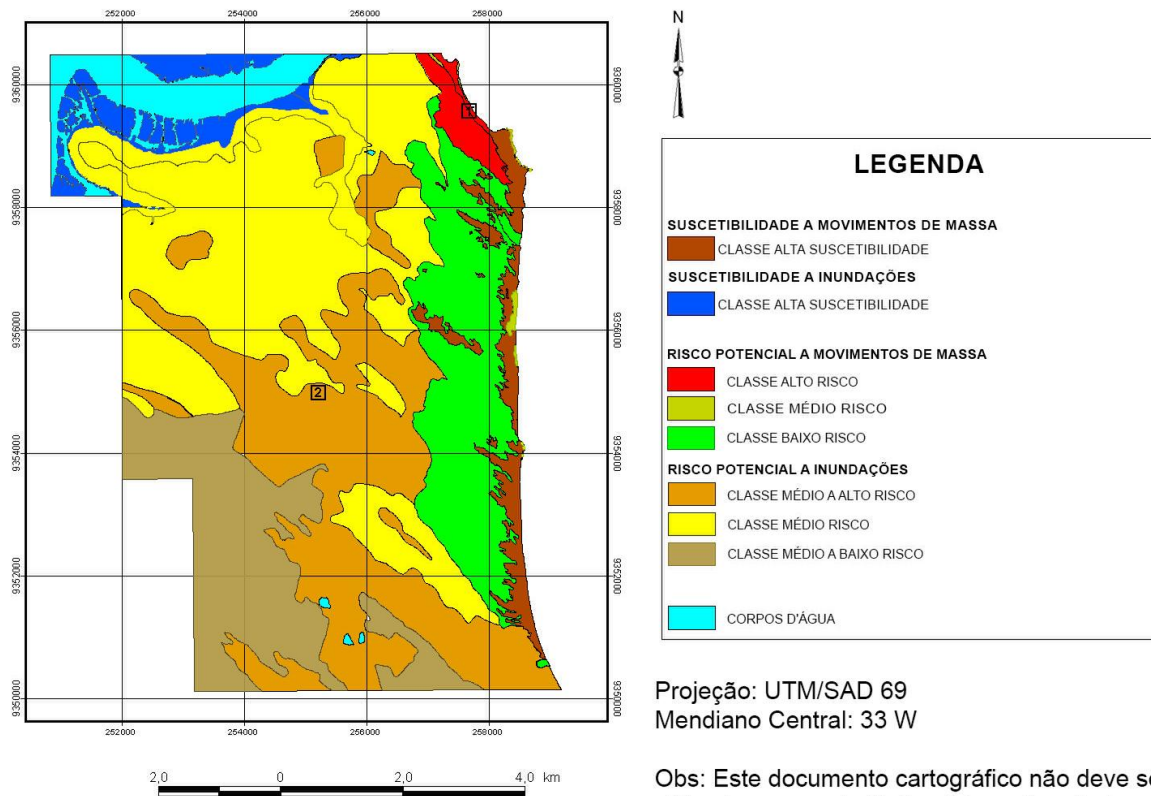


Figura 8. Carta Geotécnica de Suscetibilidade e Risco Potencial a Escorregamentos de Terra e Inundações. Notar Área 1, que corresponde à localização das Figura 9 e a área 2, que corresponde à localização da Figura 10.

Destacam-se com menor Risco Potencial a Movimentos de Massa os setores leste (depósitos de dunas fixas – “Baixo Risco Potencial”) (Figura 8), correspondendo aos depósitos de dunas fixas que se encontram recobertos naturalmente por vegetação, ocorrendo ao longo de toda a faixa leste da área, ocupando as porções mais elevadas da estratigrafia local, chegando a atingirem cerca de 120m de altitude. Os materiais residuais da Formação Potengi, com declividades maiores que 8%, onde esses são encontrados com elevado grau de coesão e consolidação e alta porcentagem de finos, são classificados como “Médio Risco Potencial a Movimentos de Massa”. Sendo a área “Alto Risco Potencial a Movimentos de Massa”, correspondente as dunas móveis ocupadas por Habitações Precárias, que distribui-se numa faixa paralela ao litoral na Região de Mãe Luiza, apresentando declividades em termos percentuais variando de 3 a 8% e maior que 20%. Recentemente na tarde de sexta-feira 13 de junho de 2014, a Cidade de Natal-RN, foi palco de um deslizamento de solo no extremo Norte dessa área de “Alto Risco Potencial”, mais precisamente na região de Areia Preta e Mãe Luiza, a estimativa é de que tenham escorregado em direção ao mar cerca de 5.000 m<sup>3</sup> ou 10.000 toneladas de uma corrida de lama e detritos (Figura 9), nessa área geotecnicamente instável.



# Desastre em Mãe Luíza e Areia Preta

A cratera aberta tem aproximadamente 100 metros de largura e 100 metros de comprimento. A profundidade é de 30 metros



Figura 9. Deslizamento de solo abriu cratera comprometendo 34 casas (Mãe Luíza). Classe Alto Risco Potencial a Movimentos de Massa.

No dia 14 de junho um novo deslizamento foi registrado, dezenas de casas foram atingidas e desabaram, a água deslocou mais de 30.000 m<sup>3</sup> de material.

No geral o Risco Potencial a Inundações é menor nas áreas de tabuleiros (“Médio Risco Potencial”), e aumenta no sentido das Dunas Descaracterizadas (“Médio a Alto Risco Potencial”). Destacam-se com menor Risco Potencial a Inundações, o Setor Sudoeste (San Vale – “Médio a Baixo Risco Potencial”). A espessura da zona não saturada é variável. Nas zonas de relevo mais elevado, de cotas superiores a 40m, que corresponde às regiões principais de recarga (Dunas do Setor Sudoeste - San Vale), as espessuras são superiores a 15 metros, enquanto que nas depressões,

cujas cotas são inferiores a 30 metros, as espessuras da zona não saturada são da ordem de 3 a 8 metros. Quanto mais próxima da superfície do terreno está à superfície freática, tanto maior é o Risco Potencial a Inundações (Figura 10).



Figura 10. Inundações no entorno do Arena das Dunas, no dia 13 de Junho (estréia na Copa do Mundo de 2014). Classe Médio a Alto Risco Potencial a Inundações.

Nas áreas de dunas do setor sudoeste (área “Médio a Baixo Risco Potencial”) os Riscos a Inundações são menores, tendo em vista a menor vulnerabilidade associada a níveis d’água, em geral de 15 metros.

A área “Médio Risco Potencial” apresenta uma maior distribuição espacial no setor centro norte, com espessuras da zona não saturada da ordem de 8 a 15 metros, e inclusive demonstra um aspecto litológico mais argiloso, como constatado em campo através de afloramentos dos materiais residuais das Formações Barreiras e Potengi nas escarpas do riacho do Baldo, evidenciando a ocorrência de arenitos avermelhados argilosos e argilas arenosas, semi-consolidados.

## 6 - CONCLUSÕES

Tendo por balizador a Lei nº 12.608/2012, as cartas geotécnicas de aptidão urbana têm por finalidade conferir ao gestor público e à sociedade um instrumento de suporte a ser incorporado na revisão dos planos diretores municipais, no planejamento da expansão urbana e quando da aprovação dos novos parcelamentos de solos.

O aquífero Dunas-Potengi, por sua própria natureza litológica e posição estratigráfica, é tipicamente livre, com alta taxa de infiltração e boas condições de armazenamento e circulação de água. Durante ou após a estação chuvosa, as dunas mostram-se saturadas em água, com exposição da superfície piezométrica da unidade aquífera Dunas-Potengi na forma de lagoas, podendo causar inundações. Desta forma, sugere-se a infiltração das águas pluviais nos próprios lotes, para que as



consequências da urbanização não sejam transportadas para jusante, sendo realizado seu controle na fonte. Também se pode utilizar reservatórios de detenção, associados a superfícies de infiltração em lotes, possibilitando a redução de vazões de pico a valores compatíveis com os encontrados antes da urbanização.

Os resultados apresentados na Carta Geotécnica de Suscetibilidade e Risco Potencial sintetiza um suporte técnico para o planejamento das ações governamentais de controle e proteção dos aquíferos, na medida em que identifica e representa o zoneamento cartográfico de áreas mais susceptíveis de um evento antrópico que possa causar um deslizamento ou inundação, considerando assim a potencialidade dos processos geodinâmicos relevantes e presentes, no intuito de prevenir o surgimento de novas áreas de risco e a deflagração de desastres.

## **7 - AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Centro Regional do Nordeste (INPE-CRN), Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC) e Ministério das Cidades (MCIDADES). Agradecemos também, pela dedicação dos diversos profissionais da iniciativa pública e privada, que direta ou indiretamente auxiliaram na materialização dos resultados ora alcançados.

## **8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BARBOSA, J. A. 2004. Evolução da Bacia Paraíba durante o maastrichtiano-paleoceno – Formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. Dissertação Mestrado, Centro de Tecnologia e Geociências, UFPE, Recife.
- DUARTE, M. I. de M. 1995. Mapeamento Geológico e Geofísico do Litoral Leste do RN: Grande Natal (Área 1). Rel. Grad, UFRN-DG. (Inédito).
- FELL, R., COROMINAS, J., BONNARD, C., CASCINI, L., LEROI, E. & SAVAGE, B. 2008. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology* 102, pp. 85-98. Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Secretariat.
- INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION – ISDR – UN 2007. Secretariat. United Nations documents related to disaster reduction 2000- 2007: Advance copy. Geneva, UN. International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Secretariat.

- MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. 2007. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura – organizadores, Brasília - DF.
- MOREIRA, M. M. 1996. Mapeamento Geotécnico do Município de Natal-RN e Áreas Adjacentes, Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-028A/96, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade de Brasília, Brasília-DF. 148p.
- MOREIRA, M.M. 2002. Mapeamento Geotécnico e Reconhecimento dos Recursos Hídricos e do Saneamento da Área Urbana do Município de Natal- RN: Subsídios para o Plano Diretor, Tese de Doutorado, Publicação G.TD-11A/2002, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 282 p.
- SANTOS, E. J. 1996. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema, In: SBG, Congr. Bras. Geol., 39, Salvador, Anais, 6:47- 50. 1996.
- SOUZA, N. M. 1994. Contribuição à cartografia geotécnica com uso de geoprocessamento: sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas, Tese de Doutorado, EESC/USP, São Carlos - SP. 2 V., 189p.
- TUCCI, C. E. M. 2005. Gestão das inundações urbanas. Ministério das Cidades - Global Water Partnership – World Bank – UNESCO. Brasília. 192p.
- ZAINE, J.E 2000. “Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)”. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP – Campus de Rio Claro / SP, 149 f.