

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

# GEODIVERSIDADE DA ILHA DO MARANHÃO

NOTA EXPLICATIVA  
Escala 1:50.000



SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

---

NOTA EXPLICATIVA

**GEODIVERSIDADE  
DA ILHA DO MARANHÃO**

Escala 1:50.000

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **MINISTRO DE ESTADO**

Bento Albuquerque

### **SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Alexandre Vidigal de Oliveira

## **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor Presidente**

Esteves Pedro Colnago

#### **Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Márcio José Remédio

#### **Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

#### **Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Paulo Afonso Romano

#### **Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

### **COORDENAÇÃO TÉCNICA**

#### **Chefe do Departamento de Gestão Territorial**

Maria Adelaide Mansini Maia

#### **Chefe da Divisão de Gestão Territorial**

Maria Angélica Barreto Ramos

#### **Chefe da Divisão de Geologia Aplicada**

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

#### **Chefe do Departamento de Hidrologia**

Frederico Cláudio Peixinho

#### **Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Exploração**

João Alberto Oliveira Diniz

#### **Chefe do Departamento de Informações Institucionais**

Edgar Shinzato

#### **Chefe da Divisão de Geoprocessamento**

Hiran Silva Dias

#### **Chefe da Divisão de Cartografia**

Fábio Silva da Costa

#### **Chefe da Divisão de Documentação Técnica**

Roberta Pereira da Silva de Paula

#### **Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação**

Patrícia Durringer Jacques

#### **Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação**

Washington José Ferreira Santos

#### **Chefe do Departamento de Apoio Técnico**

Maria Alice Ibañez Duarte

#### **Chefe da Divisão de Editoração Geral**

Ricardo Luiz Barreiros Motta

### **RESIDÊNCIA DE TERESINA**

#### **Chefe da Residência**

Gilberto Antônio Neves Pereira da Silva

#### **Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial**

Jean Ricardo da Silva Nascimento

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM  
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

**LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

---

**NOTA EXPLICATIVA**

**GEODIVERSIDADE  
DA ILHA DO MARANHÃO**

Escala 1:50.000

**ORGANIZAÇÃO**

José Sidiney Barros  
Íris Celeste Nascimento Bandeira



SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL – CPRM

---

Teresina  
2020

**LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE/  
NOTA EXPLICATIVA DA ILHA DO MARANHÃO  
Escala 1:50.000**

**REALIZAÇÃO**

Residência de Teresina

**ORGANIZAÇÃO**

José Sidiney Barros  
Íris Celeste Nascimento Bandeira

**COORDENAÇÃO NACIONAL**

**DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL**

Maria Adelaide Mansini Maia

**DIVISÃO DE GESTÃO TERRITORIAL – DIGATE**

Maria Angélica Barreto Ramos

**COORDENAÇÃO TEMÁTICA**

**GEODIVERSIDADE**

Marcely Ferreira Machado  
Marcelo Eduardo Dantas

**EXECUÇÃO TÉCNICA**

José Sidiney Barros  
Íris Celeste Nascimento Bandeira  
José Milton de Oliveira Filho  
Sheila Gatinho Teixeira

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA  
E LEIAUTE DO MAPA**

Íris Celeste Nascimento Bandeira  
Eliane Malta dos Santos

**REVISÃO TÉCNICA**

Maria Angélica Barreto Ramos  
Marcelo Eduardo Dantas  
Marcely Ferreira Machado

**NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nelma Fabrícia da Paixão Ribeiro Botelho  
Dayanne Leal Souza

**REVISÃO DE TEXTO**

Irinéa Barbosa da Silva  
Paulo Henrique Macedo Varão (Abstract)

**COLABORAÇÃO**

Elem Cristina dos Santos Rocha  
Thiago Luiz Feijo de Paula  
Rogério Valença Ferreira  
Patrícia Mara Lage Simões  
Quésia Duarte da Silva  
Douglas Almeida Silveira  
Ediléa Dutra Pereira  
Luiz Jorge B. Dias  
Anny Karolyn Oliveira Portela  
Allana Pereira Costa  
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff  
Maria Angélica Barreto Ramos  
Marcelo Eduardo Dantas  
Maria Adelaide Mansini Maia  
Marcely Ferreira Machado  
Marcelo Ambrósio Ferrassoli  
Carlos Eduardo Osório Ferreira (in memorian)  
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

**PROJETO GRÁFICO / EDITORAÇÃO**

**Capa (DIMARK)**

Washington José Ferreira Santos

**Miolo (DIEDIG)**

Andréia Amado Continentino  
Agmar Alves Lopes

**Diagramação (ERJ)**

Andréia Amado Continentino

---

**FOTOS DA CAPA:**

1. Formações superficiais: Perfil laterítico incompleto de 20 m de altura. Praia Ponta da Areia, município de São Luís - MA
  2. Relevo: Planície lacustre interdunar na Ilha de Curupu.
  3. Uso e ocupação do solo: Área urbana com indústrias no Porto de Itaqui. Município de São Luís-MA.
  4. Potencial geoturístico: Praia Aribual - composta por sedimentos arenosos e argilosos cobertos por cascalho laterítico. Município de São José do Ribamar – MA.
- 

**Este produto pode ser encontrado em:**

**Serviço Geológico do Brasil – CPRM**

www.cprm.gov.br  
seus@cprm.gov.br

G342 Geodiversidade da ilha do Maranhão / Organização [de] José Sidiney Barros [e] Íris Celeste Nascimento Bandeira. – Teresina : CPRM, 2020. 149 p. : il.

Levantamento da geodiversidade: nota explicativa.

ISBN 978-65-5664-019-8

1. Geodiversidade. 2. Geologia. I. Barros, José Sidiney, org. II. Bandeira, Íris Celeste Nascimento, org. III. Título.

CDD 551

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme – CRB7 5663

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

# APRESENTAÇÃO

---

**É** com grande satisfação que o Serviço Geológico do Brasil - CPRM, no papel institucional de subsidiar o Estado na formulação de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável, dá continuidade à série de publicações que vem divulgando sobre o mapeamento da geodiversidade, discorrendo desta vez sobre a região da **ILHA DO MARANHÃO**.

Trata-se de um trabalho de abordagem multidisciplinar, que envolve profissionais de diversificadas formações em geociências, oferecendo compreensão e recomendação integradas sobre o complexo físico da paisagem, envolvendo os elementos abióticos para o planejamento territorial ambiental de diferentes recortes do território brasileiro.

O Brasil é detentor de riquíssima geodiversidade. Com base nessa premissa, a abordagem da temática envolve uma análise integrada entre a geologia, a geomorfologia e a pedologia associada às formações superficiais. Ou seja, cada unidade de geodiversidade mapeada irá representar o trinômio rocha-relevo-regolito/solo, num enfoque genuinamente geossistêmico. Informações sobre o potencial hídrico superficial e subterrâneo também são consideradas na análise.

Tendo o homem forte ligação com o espaço físico, a sustentabilidade do desenvolvimento nacional passa necessariamente pela harmonia entre as necessidades humanas e as respostas do todo natural, sem comprometer a capacidade de atender as carências das futuras gerações.

O Serviço Geológico do Brasil - CPRM sente-se honrado em contribuir, com o esforço e o conhecimento dos seus pesquisadores, para a promoção de planos de ordenamento territorial que considerem cada vez mais a geodiversidade, não só como condicionante no planejamento e gestão de ocupação, a orientação na implementação de políticas públicas, a prevenção de desastres naturais e o auxílio às obras de infraestrutura, mas também pela existência de potenciais recursos do patrimônio geológico a preservar.

A expectativa é de que esta produção científica seja capaz de abrir novas fronteiras do conhecimento, gerando valor e mais qualidade de vida para o ser humano.

**ALICE SILVA DE CASTILHO**

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

## RESUMO

---

O primeiro Mapa de Geodiversidade do Brasil foi elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM em 2006, servindo de base para a elaboração dos Mapas de Geodiversidade de todos os estados brasileiros nos anos seguintes. A partir de 2018, começou uma nova fase dos mapas de geodiversidade em escala de maior detalhe, desta vez levando em consideração as coberturas superficiais e o manto intempérico. Dentre estes trabalhos está inserido o Mapa de Geodiversidade da Ilha do Maranhão na escala 1.50.000. O referido mapa abrange uma área aproximada de 902,52 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 1.345.482 habitantes tem seu terreno distribuído pelos municípios de São Luís (capital do estado do Maranhão), São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa. Este terreno está em contínuo processo de expansão, onde ocorre uma ocupação desordenada do território, causando uma série de alterações e impactos ambientais. Assim sendo, o mapa de geodiversidade, associado a uma análise do uso do solo, objetivam exibir as principais unidades geológico-ambientais e indicar adequabilidades e limitações que possibilitem formular políticas públicas para o planejamento e gerenciamento territorial mais adequado. Para caracterização da geodiversidade utilizou-se a análise integrada do meio físico, considerando as Formações Superficiais, Geomorfologia e a Pedologia, onde cada Unidade de Geodiversidade mapeada representa o trinômio relevo-rocha-regolito/solo, num enfoque geossistêmico. Tais informações foram obtidas a partir de atividades de campo, pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM, bem como trabalhos executados por outros órgãos e trabalhos acadêmicos desenvolvidos por pesquisadores de instituições de ensino superior no estado do Maranhão. Todas as informações utilizadas no trabalho foram georreferenciadas e armazenadas no banco de dados geológicos do SGB/CPRM. Assim sendo, a Geodiversidade da Ilha do Maranhão na escala 1.50.000 caracteriza-se por conter sete unidades geológico-ambientais: ambiente de planície aluvionar, ambiente misto (marinho/continental), ambiente marinho costeiro, dunas móveis, dunas fixas, alternância irregular de sedimentos associados a tabuleiros, e intercalação de sedimentos arenosos e síltico argilosos associados a tabuleiros dissecados. Essas unidades associam-se, respectivamente, a sete unidades regolíticas: depósitos aluvionares, depósitos de mangue, depósitos de cordões e terraços, depósitos de dunas móveis e fixas, perfil intempérico imaturo completo coberto por solo espesso, perfil intempérico imaturo truncado. Estes materiais formaram Gleissolos Háplicos, Solos de Mangue, Neossolos Quartzarênicos, Terrenos de Dunas, Argissolos Vermelho, Latossolos e Plintossolos Pétricos, sustentando relevos deposicionais (dunas, planícies, praias, cordões e terraços), assim como denudacionais (tabuleiros e tabuleiros dissecados). A partir de cada unidade geológico-ambiental foi possível indicar, de forma geral, as principais limitações/potencialidades associadas à geologia de engenharia, hidrogeologia, geoturismo, recursos minerais e à agricultura, e assim contribuir para o planejamento territorial da Ilha.

Palavras-chave: Geologia ambiental, Gestão territorial, Formações Superficiais.

## ABSTRACT

---

**T**he first Geodiversity Map of Brazil, labored by the Brazil Geological Survey - CPRM (SGB-CPRM) was created in 2006 and was used for preparation of all Geodiversity Maps for all Brazilian states in the following years. Since 2018, a new phase of geodiversity maps began with a more detailed mapping scale, considering the weathered substrate and the soil cover. For this new phase, the Geodiversity Map of Maranhão Island was included in the scale of 1:50.000. This map with an area of approximately 902.52 km<sup>2</sup> and an estimated population of 1.345.482, has its territory distributed by the municipalities of São Luís (capital of Maranhão State), São José de Ribamar, Paço do Lumiar and Raposa. This terrane is in a continuous expansion process, in which a disordered occupation takes place, causing several changes and environmental impacts. Therefore, the geodiversity maps associated with land use analysis information aim to display the main geological-environmental units, indicate suitability and restrictions information that could make public policies possible for most appropriate territorial planning and management. To describe the concept of the new phase of geodiversity maps, the integrated analysis of physical environment was made considering the regolith, geomorphological and pedological information, where each geodiversity-mapped area represents the trinomial relief-rock-regolith/soil, in a geosystemic approach. The information was acquired by field work executed by the Brazil Geological Survey team, as well as other agencies works and studies developed by academic researchers at Maranhão State. The Geodiversity Map of Maranhão Island presents seven geological-environmental units: alluvial plains, intermixed coastal/continental environment, coastal plains, mobile dunes, fixed dunes, irregular sediment deposition associated with coastal tablelands and intercalation of sandy and silty clayish sediments associated with dissected coastal tablelands. All these information were georeferenced and stored in the CPRM's geological database. These units are associated, respectively, with six regolith types: alluvial deposits, mangrove deposits, ridges and marine terraces deposits, dune deposits (fixed/mobile), lateritic immature weathered profile covered by thick soil, lateritic truncated immature weathered profile. These materials developed Gleysols, Mangrove soils, Neosols, Dune fields, Red argisols, Oxisols and concretionary Plinthosols sustaining depositional landforms (dunes, plains, beaches and terraces) and denudation landforms (coastal tablelands and dissected coastal tablelands). From each geological-environmental unit was possible to designate the main suitability/restrictions information associated to engineering geology, hydrogeology, geotourism, mineral resources and agriculture, and thus contribute to the territorial planning of the Island.

*Key-Words: Environmental geology, Territorial management, Regolith.*



# SUMÁRIO

## AUTORES

### 1. INTRODUÇÃO

José Sidiney Barros<sup>1</sup>  
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff<sup>1</sup>

### 2. METODOLOGIA

#### E ORGANIZAÇÃO DE DADOS

Maria Angélica Barreto Ramos<sup>1</sup>  
Marcelo Eduardo Dantas<sup>2</sup>  
Maria Adelaide Mansini Maia<sup>1</sup>  
Marcely Ferreira Machado<sup>1</sup>  
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff<sup>1</sup>  
Marcelo Ambrósio Ferrassoli<sup>1</sup>  
Carlos Eduardo Osório Ferreira<sup>1</sup> (in memorian)  
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes<sup>1</sup>

### 3. ASPECTOS DA GEODIVERSIDADE

José Sidiney Barros<sup>1</sup>  
Iris Celeste Nascimento Bandeira<sup>1</sup>  
Rogério Valença Ferreira<sup>2</sup>  
Ediléa Dutra Pereira  
Geóloga (UFMA)  
Quésia Duarte da Silva  
Geógrafa (UEMA)  
Luiz Jorge B. da Silva Dias  
Geógrafo (UEMA, IMESC),  
Professor Assistente (UEMA\CECEN\DHG)  
Anny Karolyny Oliveira Portela  
Técnica em Cartografia (IMESC)  
Allana Pereira Costa  
Geógrafa, Apoio Técnico em Uso e Cobertura  
do Programa ZEE/MA (IMESC e UEMA)

### 4. CONCLUSÃO

José Sidiney Barros<sup>1</sup>  
Iris Celeste Nascimento Bandeira<sup>1</sup>

### 5. RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS

José Sidiney Barros<sup>1</sup>  
Iris Celeste Nascimento Bandeira<sup>1</sup>

### APENDICE I - Domínios e Unidades Geológico-Ambientais

#### ORGANIZAÇÃO

Maria Angélica Barreto Ramos<sup>1</sup>  
Antônio Theodorovicz<sup>3</sup>  
Maria Adelaide Mansini Maia<sup>1</sup>

### APENDICE II - Biblioteca de Padrões de Relevo do Território Brasileiro

#### ORGANIZAÇÃO

Marcelo Eduardo Dantas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Geólogos do SGB/CPRM

<sup>2</sup> Geógrafos do SGB/CPRM

<sup>3</sup> Geólogo aposentado do SGB/CPRM

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	<b>10</b>
Justificativa e objetivos .....	10
<b>CARACTERIZAÇÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA</b> .....	<b>10</b>
<b>O TERMO GEODIVERSIDADE</b> .....	<b>10</b>
<b>USO PRÁTICO DA GEODIVERSIDADE</b> .....	<b>12</b>
<b>2. METODOLOGIA E ORGANIZAÇÃO DE DADOS</b> .....	<b>14</b>
<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>14</b>
<b>Considerações gerais</b> .....	<b>14</b>
<b>Construção do produto</b> .....	<b>15</b>
<b>Elaboração do mapa de formações superficiais/regolito</b> .....	<b>15</b>
Dicionário de dados da shape das formações superficiais .....	19
<b>Elaboração do mapa de geodiversidade</b> .....	<b>19</b>
Atributos geológicos e geotécnicos das unidades geológico-ambientais .....	19
Dicionário de dados da shape da geodiversidade.....	21
Conteúdo do Mapa .....	23
<b>ORGANIZAÇÃO DOS DADOS</b> .....	<b>23</b>
Conteúdo do SIG .....	23
<b>3. ASPECTOS DA GEODIVERSIDADE</b> .....	<b>24</b>
<b>ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	<b>24</b>
<b>Geologia regional</b> .....	<b>24</b>
<b>Formações superficiais e o manto de intemperismo</b> .....	<b>25</b>
Perfil intempérico imaturo truncado (Pli-Spm-Ssp-Sp) .....	25
Perfil intempérico imaturo completo, associado a solo espesso ou coberto por sedimentos Pós- Barreiras (SI-Plt-Spm) .....	27
Depósitos arenosos em cordões e terraços (Dmar).....	27
Dunas fixas (Ddf).....	28
Dunas móveis (Ddm) .....	28
Depósitos de mangue (Dm) .....	29
Depósitos aluvionares (Dpac).....	29
<b>ASPECTOS GERAIS DO RELEVO</b> .....	<b>30</b>
<b>Considerações gerais</b> .....	<b>30</b>
<b>Agentes modeladores do relevo na Ilha do Maranhão</b> .....	<b>30</b>
<b>Formas de relevo da Ilha do Maranhão</b> .....	<b>32</b>
Relevos deposicionais .....	32
Relevos denudacionais.....	38

<b>USO DO SOLO .....</b>	<b>40</b>
<b>Considerações gerais.....</b>	<b>40</b>
<b>Uso e ocupação do solo .....</b>	<b>40</b>
Corpos d'água.....	42
Mangue .....	42
Restinga.....	42
Mata secundária .....	42
Mata secundária fragmentada.....	43
Culturas agrícolas.....	44
Solo exposto .....	44
Urbano de alta densidade .....	44
Urbano de média densidade.....	44
Urbano de baixa densidade .....	45
Urbano industrial .....	45
<b>Ocupação do solo versus situação ambiental do Maranhão .....</b>	<b>46</b>
<b>ADEQUABILIDADES E LIMITAÇÕES DAS UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS FRENTE AO USO E OCUPAÇÃO (geológico-geotécnico, recursos hídricos, recursos minerais, agricultura e geoturismo).....</b>	<b>50</b>
<b>DC – Domínio dos sedimentos cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquoso ou misto.....</b>	<b>50</b>
Ambiente de planícies aluvionares recentes (DCa_Dpac) .....	53
Ambiente misto (Marinho/Continental) (DCm_Dm) .....	54
Ambiente marinho costeiro (DCmc_Dmar) .....	56
<b>DCE – Domínio dos sedimentos cenozoicos eólicos .....</b>	<b>58</b>
<b>DCT – Domínio dos sedimentos cenozoicos pouco a moderadamente consolidados, associados a tabuleiros ...</b>	<b>60</b>
<b>DSVMP – Domínio das coberturas sedimentares e vulcano-sedimentares mesozoicas e paleozoicas, pouco a moderadamente consolidadas, associadas à grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise (ambientes deposicionais: continental, marinho, desértico, glacial e vulcânico) .....</b>	<b>62</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>5. RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS .....</b>	<b>68</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE I .....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE II .....</b>	<b>92</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## ■ CONSIDERAÇÕES GERAIS

O texto explicativo do Mapa de Geodiversidade da Ilha do Maranhão é um produto de auxílio e orientação ao usuário, estruturado em introdução, metodologia, aspectos da geodiversidade (geológico, geomorfológico, uso do solo e adequabilidades/limitações), conclusão e recomendações, e está disponibilizado na *homepage* do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (<http://www.cprm.gov.br>).

As informações contidas na nota explicativa foram obtidas a partir de pesquisa bibliográfica e atividades de campo realizadas pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM, trabalhos acadêmicos desenvolvidos por pesquisadores de instituições de ensino superior no estado do Maranhão e por outros órgãos.

### Justificativa e objetivos

A formulação de políticas públicas, pesquisa mineral e planejamentos setoriais estão na dependência da geração e difusão do conhecimento geológico da respectiva região, subsidiadas pela disponibilização estruturada dessas informações. Tais informações são vitais para suprir a demanda criada por empresas de mineração, de ensino e, mais urgentemente, gestores públicos municipais, estaduais e federais na formulação de políticas de gestão territorial, ambiental, desenvolvimento, ocupação e expansão do meio físico.

O entendimento da geodiversidade de uma área proporciona a identificação das características das suas rochas, relevos e solos, bem como, de forma fundamental, as adequabilidades e restrições para o uso dos terrenos ali existentes. Essas concepções fundamentaram o desenvolvimento deste trabalho, que tem, como objetivo central, descrever a **geodiversidade da Ilha do Maranhão**, na **escala de 1:50.000**, e colocar à disposição dos diferentes segmentos da sociedade uma tradução do conhecimento geológico-científico, quer estadual ou municipal, possibilitando um melhor e mais adequado uso de todo o território envolvido.

Assim sendo, para o estudo de uma zona de intensa dinâmica sócio espacial e acelerado crescimento populacional e econômico, é importantíssima a formulação de políticas públicas e de planejamento setoriais baseada em conhecimento social, ambiental e gestão territorial, para traçar políticas de ocupação e expansão mais eficientes, sem afetar o meio ambiente e a qualidade de vida da população.

## ■ CARACTERIZAÇÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA

A área de estudo da geodiversidade abrange a Ilha do Maranhão, Ilha de Tauá Mirim e Ilha do Medo, totalizando 902,52 km<sup>2</sup>. Estas ilhas localizam-se na região costeira do estado do Maranhão, limitada ao norte pelo Oceano Atlântico, ao sul pela Baía de São José e o Estreito dos Mosquitos, a leste pela Baía de São José e a oeste pela Baía de São Marcos. Administrativamente, está inserida na Mesorregião Norte Maranhense, Região de Planejamento da Ilha do Maranhão e na Microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís, abrangendo quatro municípios, São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa (Figura 1.1).

Segundo o IBGE (2019), baseado no último censo de 2010, a ilha possui aproximadamente 20% da população de todo estado maranhense, com cerca de 1.345.482 habitantes, onde São Luís detém 1.014.837, Paço do Lumiar 122.197, Raposa 30.761 e São José do Ribamar 177.687.

## ■ O TERMO GEODIVERSIDADE

O termo geodiversidade é relativamente recente (foi utilizado pela primeira vez em 1940 pelo geógrafo argentino Federico Alberto Daus) e é muito menos conhecido que o tema biodiversidade sem, entretanto, ser menos importante, pois é sobre o substrato rochoso e aquoso que a biodiversidade se desenvolve.

A geodiversidade tem várias definições, todas similares, podendo ser citadas com objetivos diferentes, tais como a de Daus, na década de 1940, que empregou o termo para diferenciar áreas da superfície da Terra com uma conotação voltada para geografia cultural. Em 1993, na Conferência de Malvern, sobre Conservação Geológica e Paisagística, o termo foi usado para aplicação na gestão de áreas de proteção ambiental, em complemento ao termo biodiversidade, em um estudo integrado do meio ambiente (biológico e não biológico).

A partir do final da década de 1990, alguns autores internacionais passaram a divulgar suas próprias definições para geodiversidade, de acordo com a área de atuação de cada um e o objetivo de suas pesquisas. Assim, temos abaixo alguns autores e suas respectivas definições para geodiversidade:

Segundo Eberhart (1997 apud SILVA et al., 2008a, p.12), *“a diversidade natural entre aspectos geológicos, do relevo e dos solos”*.

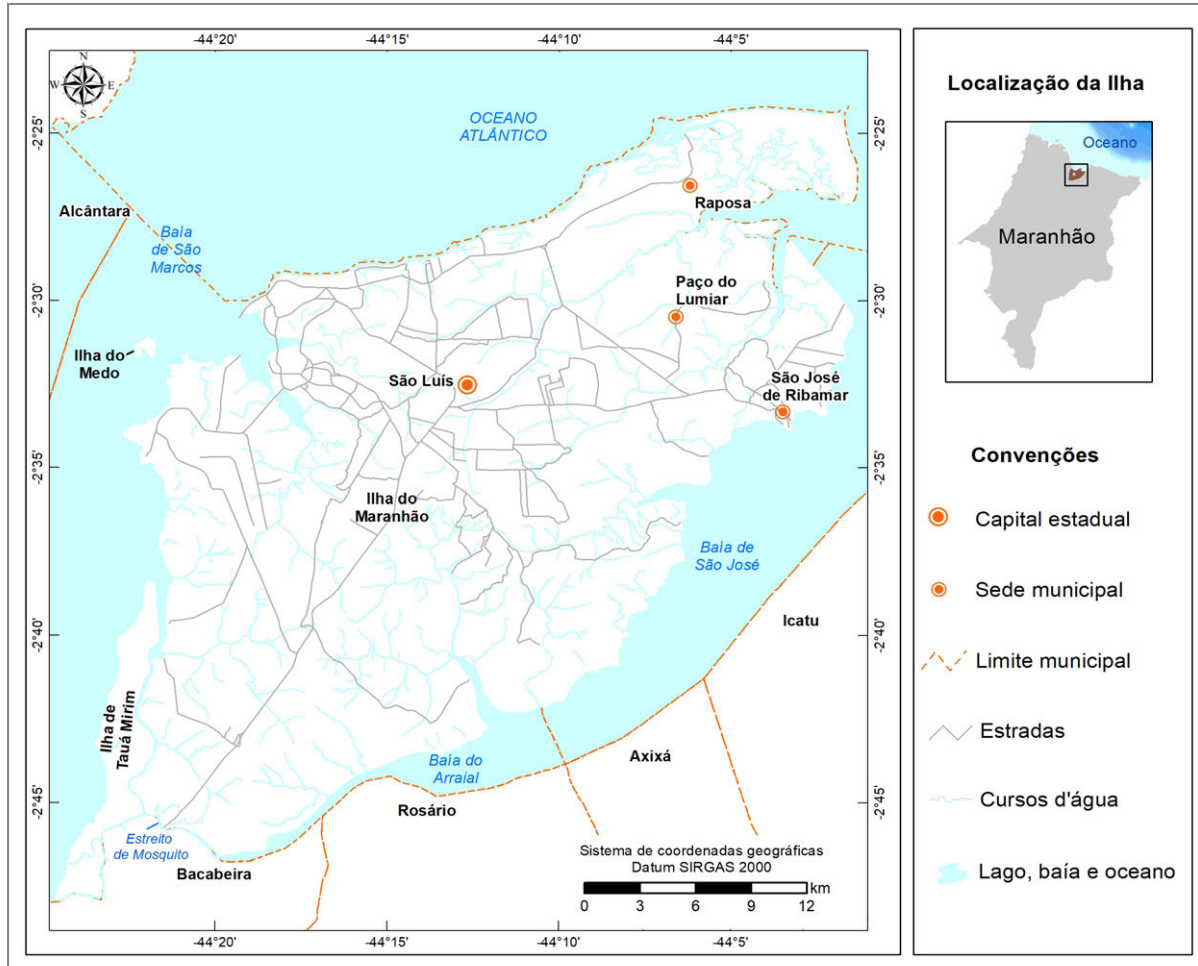


Figura 1.1: Localização da Ilha do Maranhão. Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Em 2004, Gray (2004, p. 7) escreve o primeiro livro dedicado à geodiversidade, intitulado *“Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature”*, caracterizando-a como *“a diversidade natural entre aspectos geológicos, do relevo e dos solos”*. Sendo que, segundo sua concepção, cada cenário da diversidade natural (ou paisagem natural) estaria em constante dinâmica através da atuação de processos de natureza geológica, biológica, hidrológica e atmosférica.

Já Owen, Price e Reid, (2005 apud PFALTZGRAFF; CARVALHO; RAMOS, 2014, p. 11) trazem uma definição que aponta a inter-relação entre os sistemas físico, biótico e cultural, conforme citação abaixo e também demonstrada na Figura 1.2.

*“Geodiversidade é a variação natural (diversidade) da geologia (rochas minerais, fósseis, estruturas), geomorfologia (formas e processos) e solos. Essa variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos faz com que essas rochas, minerais, fósseis e solos sejam o substrato para a vida na Terra. Isso inclui suas relações, propriedades, interpretações e sistemas que se inter-relacionam com a paisagem, as pessoas e as culturas.”*

## RELAÇÃO ENTRE SISTEMAS

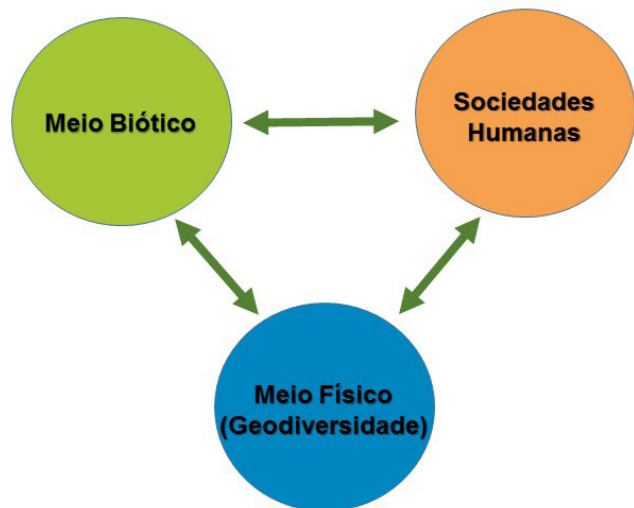


Figura 1.2: Inter-relação entre os meios biótico, físico e as sociedades humanas. Fonte: adaptado de Bertrand (1972).

Carvalho (2007) nos traz a seguinte citação para definir a geodiversidade:

“Biodiversidade é uma forma de dizer, numa só palavra, diversidade biológica, ou seja, o conjunto dos seres vivos. É para muitos, a parte mais visível da natureza, mas não é, seguramente, a mais importante. Outra parte, com idêntica importância, é a geodiversidade, sendo esta entendida como o conjunto das rochas, dos minerais e das suas expressões no subsolo e nas paisagens. No meu tempo de escola ainda se aprendia que a natureza abarcava três reinos: o reino animal, o reino vegetal e o reino mineral. A biodiversidade abrange os dois primeiros e a geodiversidade o terceiro.”

Brilha, Pereira e Pereira (2008, p. 2): “...*variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos activos que dão origem as paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra*”.

Entre os autores brasileiros são mostradas duas definições. A primeira é a de Veiga (2002 apud PFALTZGRAFF; CARVALHO; RAMOS, 2014, p. 11) que diz: “*a geodiversidade expressa as particularidades do meio físico, abrangendo rochas, relevo, clima, solos e águas, subterrâneas e superficiais*”.

A segunda definição mostrada aqui, e na qual todo o presente trabalho se baseia, é aquela elaborada por Silva et al. (2008b, p. 12), que define a geodiversidade da seguinte forma:

“*O estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra. Tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico*”.

Em 2006, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM elaborou o primeiro Mapa da Geodiversidade do Brasil e, no ano seguinte, começou a elaborar mapas da geodiversidade de todos os estados brasileiros. Em 2013, foi lançado o Mapa da Geodiversidade do Estado do Maranhão e, em 2019, o texto referente ao Mapa da Geodiversidade da Ilha do Maranhão, cujo mapa e o SIG no formato digital já foram disponibilizados para o público em dezembro de 2018.

## ■ USO PRÁTICO DA GEODIVERSIDADE

O conhecimento da geodiversidade de uma área proporciona a identificação das características das suas rochas, relevo e solos, bem como, de forma fundamental, as adequabilidades e restrições para o uso dos terrenos ali existentes, possibilitando planejar e subsidiar atividades econômicas produtivas, de proteção ambiental e de uso sustentável, sendo uma boa ferramenta para gestão territorial (Figura 1.3).



**Figura 1.3:** Diversas aplicações da geodiversidade. Fonte: (Silva et al, 2008).

Se tomarmos como exemplo uma área onde o estudo da geodiversidade indicou que o substrato da área é formado por rochas graníticas pouco tectonizadas, com relevo constituído por morros altos, com declividade elevada, camada de solo pouco espessa e com vários locais onde essa camada não existe (afloramentos de rocha), seria possível sugerir, que:

- É, inicialmente, uma área propícia à exploração mineral para rocha ornamental ou brita para construção civil.
- A alta declividade torna difícil a ocupação urbana, não só pela dificuldade de acesso e construção, mas também pelo risco de quedas de blocos.
- A pequena espessura de solo, a declividade e a dificuldade para armazenamento ou extração de água do subsolo torna a área imprópria para agricultura.
- As altas declividades e as cotas topográficas elevadas podem ser propícias à instalação de mirantes para aproveitamento das paisagens do entorno, propiciando as atividades turísticas na área e, também, a criação de reservas e parques para proteção ambiental.

Podem ser citados vários exemplos práticos onde o conhecimento da geodiversidade e o planejamento adequado do uso do ambiente teriam evitado o aparecimento de sérios problemas, tais como:

- A ocupação inadequada de áreas inundáveis para uso habitacional junto às margens e planície de inundação dos rios, nos trechos onde cortam áreas urbanas, sem levar em conta o tipo de terreno e a sazonalidade das enchentes que ocorrem anualmente.

- Os afundamentos e recalques dos terrenos, onde prédios e vias públicas foram construídos sobre solos compressíveis formados por turfas e argilas moles, poderiam ser evitados com a amostragem dos ambientes flúviolagunares com depósitos sedimentares ricos em matéria orgânica, indicando que a área apresentava restrições naturais para ocupação, com necessidade de estudos aprofundados e soluções técnicas específicas.
- A pesquisa mineral também é beneficiada, pois é possível localizar pontos propícios à ocorrência de depósitos minerais, como as inúmeras lavras de materiais de empréstimo para aterros e obras de terraplanagem, provenientes da alteração das rochas da região e dos depósitos sedimentares encontrados.

Nas áreas onde há previsão de ocupação com vistas à utilização para atividades urbano-industriais ou atividades agropecuárias, o conhecimento das características dos solos, rochas e relevo e suas aptidões e restrições determinará se a utilização desses terrenos, sem o planejamento adequado, poderá levar à instalação de processos erosivos intensos que, além de impactar seriamente o meio ambiente, também acarretará prejuízos financeiros aos usuários e à população que reside em seu entorno.

Finalmente, é importante frisar que a geodiversidade é uma ferramenta de auxílio para a gestão da ocupação e do uso sustentável dos terrenos, propiciando o conhecimento das suas aptidões e restrições de uso.

# 2 METODOLOGIA E ORGANIZAÇÃO DE DADOS

## METODOLOGIA

### Considerações gerais

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para o levantamento da geodiversidade, na escala 1:50.000, da Ilha do Maranhão.

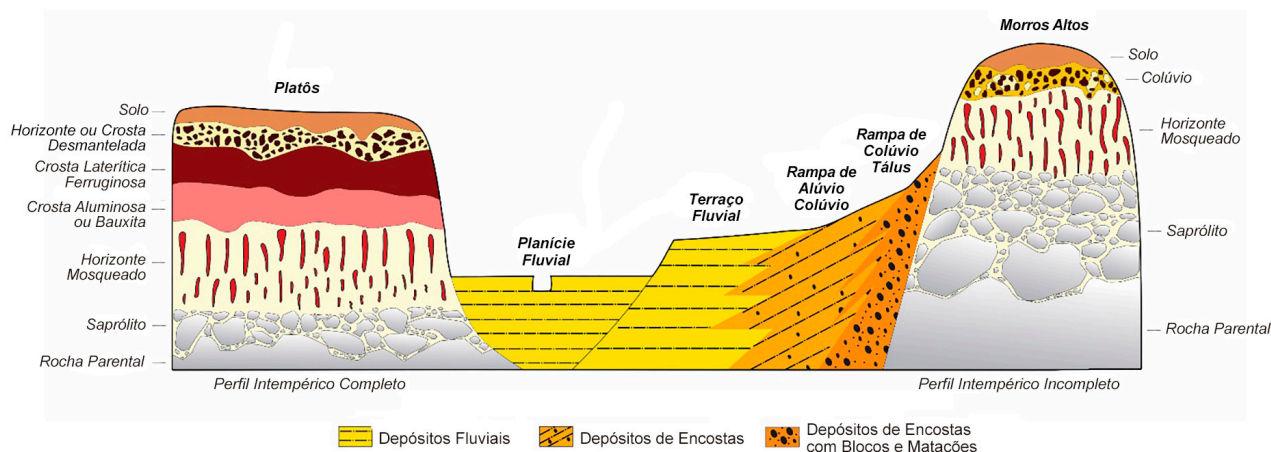
No desenvolvimento deste trabalho, a cartografia, os métodos e variáveis de análise integrada do meio físico para a caracterização da geodiversidade, refletida nos Domínios e Unidades Geológico-Ambientais, consideraram a Geologia, a Geomorfologia e a Pedologia associadas às Formações Superficiais, ou seja, cada Unidade de Geodiversidade mapeada irá representar o trinômio rocha-relevo-regolito/solo, num enfoque geossistêmico.

Por definição, mapas geológicos descrevem os materiais e estruturas geológicas existentes sobre a superfície terrestre. Entretanto, existe uma preocupação de se caracterizar os litotipos subaflorentes (rocha sã), em detrimento dos materiais que se desenvolvem a partir desses ou transportados sobre esses (formações superficiais), decorrentes das ações intempéricas, erosivas e tectônicas.

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM começou a introduzir essa temática nos estudos de Geologia Ambiental

e de Geodiversidade, conforme Scislewski, Frasca e Araújo (2002) e Ramos et al. (2020). Na abordagem desses autores, o conceito de Formações Superficiais abrange toda a cobertura de material decomposto sobrejacente à rocha sã, podendo ser de gênese autóctone, alóctone (Figura 2.1) ou secundária (materiais neoformados). É frequentemente utilizado por geógrafos e geólogos e amplamente aplicado por diversos profissionais que atuam nas áreas de Geomorfologia, Geologia de Engenharia, Pedologia, Estratigrafia e estudos do Quaternário, dentre outros. Deste modo, as formações superficiais abarcam materiais gerados in situ, provenientes da alteração das rochas ou de materiais transportados e depositados em outros locais pelos agentes erosivos ou por movimentos gravitacionais, assim como materiais neoformados (tais como as cangas lateríticas, as argilas de Belterra ou os calcretes). Também são consideradas formações superficiais, depósitos de origem antrópica, como os aterros, lixões, pilhas de rejeito de minério, sambaquis, etc.

Vale registrar que, em 2003, o SGB/CPRM e Embrapa, para atender ao projeto de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE/DF), realizaram a cartografia das formações superficiais.



**Figura 2.1:** Distribuição esquemática dos distintos ambientes deposicionais quaternários e suas formações superficiais/regolito correlatas. Fonte: Ramos et al. (2020).

## Construção do produto

Para início da confecção dos trabalhos, foram utilizadas todas as informações mais recentes sobre a área de estudo, incluindo a cartografia geológica disponibilizada no GeoSGB, além dos mapas de solos e/ou formações superficiais em outras escalas já disponíveis, além da construção do mapa de compartimentação do relevo.

Da mesma forma que na etapa regional da geodiversidade, foi estruturado um Sistema de Informações Geográficas a partir da montagem do kit digital de trabalho, de responsabilidade das equipes técnicas, com orientação/apoio da Coordenação Técnica. Para a elaboração dos compartimentos de relevo, a equipe contou com a participação de um geomorfólogo responsável pelo levantamento das imagens e modelos digitais de superfície ou terreno para a elaboração do tema.

A partir de uma análise integrada do meio físico, com ênfase na compartimentação do relevo e dos materiais geológicos (incluindo desde os saprólitos e seus horizontes mosqueados, seguidos ou não de crostas lateríticas, até as coberturas residuais autóctones/alóctones e os solos, as Formações Superficiais foram preliminarmente, fotointerpretadas com base em diversos sensores remotos.

A delimitação final das Unidades de Formações Superficiais foi realizada a partir de levantamentos de campo, com o ajuste dos limites entre cada unidade, com ênfase na identificação e análise da estrutura do manto regolítico e suas características ao longo dos perfis intempéricos analisados e registrados.

Assim, a cartografia das Formações Superficiais constituiu um “produto preliminar”, a partir do qual se fez a reclassificação para os domínios e as unidades geológico-ambientais, conforme apresentado no Apêndice I.

## Elaboração do mapa de formações superficiais/regolito

A elaboração da carta de formações superficiais/regolito foi executada a partir do arquivo vetorial dos compartimentos de relevo (**Apêndice II**), com o acompanhamento do “layer” do mapa geológico da área.

Os trabalhos de campo foram fundamentais para o ajuste cartográfico e foram consultadas e utilizadas outras ferramentas na análise como: o mapa geológico (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017a), o mapa geomorfológico (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017b) e o mapa de solos da Ilha do Maranhão (UNIVERSIDADE DO ESTADO DO MARANHÃO, 2016).

A tabela de atributos dos vetores referentes às formações superficiais, como um produto proveniente do avanço da cartografia geológica, possui relacionamento com a Base de Litoestratigrafia do banco de dados do SGB/CPRM, através dos seguintes campos: SIGLA\_UNID; NOME; HIERARQUIA; LITOTIPO 1e LITOTIPO 2.

**SIGLA\_UNID** – Sigla Unidade: identidade única da unidade litoestratigráfica.

**NOME\_UNIDA** – Nome da Unidade: denominação formal ou informal da unidade litoestratigráfica.

**HIERARQUIA** – Hierarquia à qual pertence a unidade litoestratigráfica.

**LITOTIPO1** – Litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica, ou com representatividade não determinada.

**LITOTIPO2** – Litotipos que representam menos que 10% da unidade litoestratigráfica.

Também foram considerados, na tabela de atributos dos vetores das formações superficiais, os campos (COD\_REG) e (REGOLITO) e que tiveram as seguintes bibliotecas de acordo com o quadro 2.1.

**COD\_REG** – Código da unidade regolítica: sigla da unidade regolítica.

**REGOLITO** – Descrição da unidade regolítica: camada ou manto de material rochoso incoerente, de qualquer origem (transportado ou residual), que recobre a superfície rochosa ou embasamento. Compreende materiais de alteração de rocha em geral.

**Quadro 2.1:** Descrição do Regolito.

NOME	REGOLITO	COD_REG	COMPOSIÇÃO
SOLO	Solo	SI	Material superficial desenvolvido por processos pedogenéticos (solum)
DEPÓSITOS TECNÔGENICOS	Depósitos tecnogênicos	Tec	Material de origem natural ou artificial, depositados através de ação antrópica



Quadro 2.1: Descrição do Regolito (continuação).

NOME	REGOLITO	COD_REG	COMPOSIÇÃO
DEPÓSITOS DE GRAVIDADE	Tálus	T	Fragmentos de rocha com dimensões decimétricas a métricas com pouca matriz (> 80% de blocos no volume total do depósito)
	Depósitos com predomínio de tálus e colúvio subordinado	T-Co	Fragmentos de rocha com dimensões decimétricas a métricas com pouca matriz (20- 80% de blocos no volume total do depósito)
	Depósitos com predomínio de colúvio e tálus subordinado.	Co-T	Material de granulometria argilo- silto –arenosa (proporção > 80 % de matriz no volume total do depósito), envolvendo blocos decimétricos a métricos
	Colúvio	Co	Material de granulometria argilo- silto–arenosa proveniente da movimentação dos materiais ao longo das encostas
DEPÓSITOS MISTOS COLUVIO - ALUVIONARES	Depósitos de alúvio-colúvio Interdigitados	Al-Co	Sedimento argilo-arenoso, imaturo, mal selecionado
DEPÓSITOS ALUVIONARES	Leques detríticos	Ld	Material incipientemente estratificado composto por areia grossa, cascalho e matacões
	Depósitos de planícies de inundação (em médio e alto curso-alta energia)	Dpac	Material estratificado e bem selecionado composto por areia fina a grossa e grânulos, intercalada com sedimento síltico-argiloso
	Depósitos de planícies de inundação(em baixo curso-baixa energia)	Dpbc	Sedimento argiloso a areno-argiloso, bem selecionado, por vezes, rico em matéria orgânica
	Depósitos de terraços	Dt	Material estratificado e bem selecionado composto por areia fina a média intercalada com sedimento síltico-argiloso
DEPÓSITOS MARINHOS	Depósitos arenosos em cordões e terraços	Dmar	Areia fina a grossa, quartzosa, bem selecionada
DEPÓSITOS EÓLICOS	Dunas fixas	Ddf	Areia fina a média, quartzosa, arredondada e fosca, bem selecionada
	Dunas móveis	Ddm	
	Lençóis de areia	Dla	
DEPÓSITOS FLÚVIO-MARINHOS	Depósitos argilo-arenosos em planícies litorâneas	Dfm	Material estratificado e bem selecionado composto areia fina pouca a muito argilosa, com influência salina
	Depósitos de mangue	Dm	Sedimento argiloso ou argilo-arenoso, rico em matéria orgânica, sais e enxofre
DEPÓSITOS FLUVIO-LAGUNARES	Depósitos argilo-arenosos	Dfl	Sedimentos argilo-arenosos, com presença de sais em sua matriz
	Depósitos argilos orgânicos (incluindo turfas)	Dflo	Matéria orgânica em diferentes graus de decomposição, formando Organossolos
	Turfeiras	Dflot	Matéria orgânica
DEPÓSITOS FLÚVIO-LACUSTRES	Depósitos argilo-arenosos	Dflc	Sedimentos argilo-arenosos
	Depósitos argilo-arenosos (Incluindo turfas)	Dflco	Sedimentos argilosos, muito ricos em matéria orgânica
RECIFES DE ARENITO	Recifes	Rec	Areias e seixos consolidados por processos de cimentação ferruginosa ou carbonática (biogênica)

**Quadro 2.1:** Descrição do Regolito (continuação).

NOME	REGOLITO	COD_REG	COMPOSIÇÃO
<p>PERFIL INTEMPÉRICO</p> <p><b>CROSTAS LATERÍTICAS</b></p> <p><b>CROSTA:</b> forma-se próximo ou na superfície de um perfil intempérico, normalmente a partir de precipitados de soluções aquosas em condições de intensa lixiviação.</p> <p>Para se desenvolver necessita de longo período estável com baixíssima erosão.</p> <p>Normalmente é polifásica e está encoberta por colúvio e/ou solo.</p>	<p><b>Completas</b> ou crostas lateríticas. Podem ser <b>matureo ou imatureo</b><sup>1</sup></p> <p><sup>1</sup> – <i>Perfis Matures (presença do horizonte aluminoso abaixo do horizonte ferruginoso)</i></p>	<b>Plt</b>	<p>Presença de crosta. As crostas variam de ferruginosas (80-90% de goethita e/ou hematita, 75 % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, mas geralmente entre 40 e 65 %) até aluminosas ou bauxitas (80-90% de minerais de Al, max 65% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Esporadicamente podem ser manganêsíferas, titaníferas, fosfáticas. Inclui calcrete, gipcrete, silcrete.</p>
	<b>Truncadas</b>	<b>Pli</b>	<p>Ausência de um nível do perfil laterítico (no caso a crosta) em função da não formação ou erosão do perfil.</p>
	<b>Horizonte mosqueado</b>	<b>Spm</b>	<p>Horizonte caracterizado pela segregação de um material pelo envolvente. O Fe é removido em solução, essencialmente na forma de Fe<sup>2+</sup>, provavelmente pela redução local de óxi-hidróxidos de Fe, o que provoca cor esbranquiçada ou cinza (desferruginização). Em clima tropical úmido, o mosqueado é a transição da rocha-mãe intemperizada (saprólito) para a crosta laterítica. Isolam-se zonas ricas em caulinita (neoformada <i>in situ</i>) e em quartzo (herdados da rocha-mãe) de zonas enriquecidas em óxi-hidróxidos de Fe. Há diferenciação de cores (material mais ferruginoso, avermelhado em relação a amarelado, esbranquiçado, acinzentado argiloso) e aumento da porosidade.</p>
<p><b>PRODUTO DA DECOMPOSIÇÃO DA ROCHA NA QUAL SUA TEXTURA E ESTRUTURA SÃO PRESERVADAS.</b> (Podem ser rochas ígneas, metamórficas e sedimentares)</p>	<b>Saprólito</b>	<b>Ssp</b>	<p>Material rochoso bastante alterado, mas ainda com preservação da estrutura da rocha (solo saprolítico)</p>
		<b>Sp</b>	<p>Material rochoso com as características geomecânicas e estruturais bem preservadas</p>
<b>ROCHA SÃ</b>	<b>Rochas (ígneas, metamórficas e sedimentares)</b>	<b>Rch</b>	<p>Material rochoso não alterado</p>

Fonte: Modificado do Manual das Cartas Geotécnicas (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, no prelo)

Os solos também foram inseridos na definição do termo regolito, entretanto, na metodologia proposta, não entram nomeando a Unidade Regolítica, mas compondo a informação do COD\_REG na tabela de atributos, legenda do Mapa de Formações Superficiais/Regolito e, por conseguinte na legenda do Mapa da Geodiversidade, possibilitando novas deduções a respeito das adequabilidades e limitações das unidades geológicas ambientais.

As informações sobre os padrões de relevo e os tipos de solo foram obtidas da mesma maneira. Tais informações foram baseadas nos trabalhos de campo e no melhor mapa de solo disponível para área, que, no caso, foi o Mapa de Solos da Ilha do Maranhão (UNIVERSIDADE DO ESTADO DO MARANHÃO, 2016).

O objetivo do trabalho não foi o de fazer um mapa de solos, pois a equipe não dispõe de um quadro técnico especializado para tal, e nem essa é a finalidade do SGB/CPRM, contudo, durante os trabalhos de campo, algumas características morfológicas dos solos puderam ser observadas *in loco*, como cor, textura, estrutura, consistência, porosidade, cerosidade, nódulos, concreções minerais, coesão, minerais magnéticas, carbonatos, manganês, sulfetos e eflorescências, e que puderam ser ou não descritas na legenda do mapa das formações superficiais.

Cabe salientar que a fonte de informação do mapa pedológico sempre foi citada no rodapé das legendas e no campo OBSERVAÇÕES da tabela de atributos da *shape*.

Para a informação dos solos, a tabela de atributos consistiu apenas de dois parâmetros:

**TIPO\_SOLO** – Tipo de solo: baseado na 1ª ou na 2ª ordem de classificação de solos da EMBRAPA (2018).

#### BIBLIOTECA (SOLOS)

- LATOSSOLOS (1ª ordem)
- LATOSSOLOS Vermelhos (2ª ordem)
- LATOSSOLOS Vermelhos-Amarelos (2ª ordem)
- LATOSSOLOS Amarelos (2ª ordem)
- LATOSSOLOS Brunos (2ª ordem)
- ARGISSOLOS (1ª ordem)
- ARGISSOLOS Vermelhos (2ª ordem)
- ARGISSOLOS Vermelho-Amarelos (2ª ordem)
- ARGISSOLOS Amarelos (2ª ordem)
- ARGISSOLOS Brunos-Acinzentados (2ª ordem)
- ARGISSOLOS Acinzentado (2ª ordem)
- CAMBISSOLOS (1ª ordem)
- CAMBISSOLOS Háplicos (2ª ordem)
- CAMBISSOLOS Flúvicos (2ª ordem)
- CAMBISSOLOS Hísticos (2ª ordem)
- CAMBISSOLOS Húmicos (2ª ordem)
- NITOSSOLOS (1ª ordem)
- NITOSSOLOS Háplicos (2ª ordem)
- NITOSSOLOS Vermelhos (2ª ordem)
- NITOSSOLOS Brunos (2ª ordem)
- CHERNOSSOLOS Háplicos (2ª ordem)
- CHERNOSSOLOS Argilúvicos (2ª ordem)
- CHERNOSSOLOS Ebânicos (2ª ordem)
- CHERNOSSOLOS Rêndzicos (1ª ordem)
- LUVISSOLOS (1ª ordem)
- LUVISSOLOS Háplico (2ª ordem)
- LUVISSOLOS Crômicos (2ª ordem)
- VERTISSOLOS (1ª Ordem)
- VERTISSOLOS Háplicos (2ª Ordem)
- VERTISSOLOS Ebânicos (2ª Ordem)
- VERTISSOLOS Hidromórficos (2ª Ordem)
- PLINTOSSOLOS Pétricos (2ª Ordem)
- PLINTOSSOLOS Háplicos e Argilúvicos (2ª Ordem)

#### BIBLIOTECA (SOLOS)

- NEOSSOLOS (1ª Ordem)
- NEOSSOLOS Litólicos (2ª Ordem)
- NEOSSOLOS Regolíticos (2ª Ordem)
- NEOSSOLOS Flúvicos
- NEOSSOLOS Quartzarênicos (2ª Ordem)
- ESPODOSSOLOS (1ª Ordem)
- ESPODOSSOLOS Humilúvicos (2ª Ordem)
- ESPODOSSOLOS Ferrilúvicos (2ª Ordem)
- ESPODOSSOLOS Ferri-humilúvicos (2ª Ordem)
- PLANOSSOLOS (1ª Ordem)
- PLANOSSOLOS Háplicos (2ª Ordem)
- PLANOSSOLOS Nátricos (2ª Ordem)
- GLEISSOLOS (1ª Ordem)
- GLEISSOLOS Háplicos (2ª Ordem)
- GLEISSOLOS Melânicos (2ª Ordem)
- GLEISSOLOS Sálcos (2ª Ordem)
- GLEISSOLOS Tiomórficos (2ª Ordem)
- ORGANOSSOLOS (1ª Ordem)
- ORGANOSSOLOS Háplicos (2ª Ordem)
- ORGANOSSOLOS Fólicos (2ª Ordem)
- ORGANOSSOLOS Tiomórficos (2ª Ordem)
- Afloramento Rochoso
- Não se aplica

**ESP\_SOLO** – Espessura dos horizontes pedológicos (superficiais e subsuperficiais) que puderam ser observados em campo.

#### BIBLIOTECA (ESPESSURA)

- 0-50 cm
- 50-100 cm
- 100-200 cm
- > 200 cm

Para completar a *shape* de formações superficiais, foram inseridos os campos PRO\_GEOHID e OBSERVAÇÃO.

**PRO\_GEOHID** – Processos Geológico-Geotécnicos e Hidrogeológicos: características, feições e processos que são intrínsecos às coberturas superficiais correlatas.

**BIBLIOTECA (PROCESSOS)**

- Deslizamento
- Enchente e inundação
- Erosão
- Erosão marinha
- Erosão/Voçorocas
- Queda, tombamento ou rolamento de blocos
- Fluxo de detritos
- Rastejo
- Solapamento
- Recalque
- Colapso
- Deslizamento / Fluxo de detritos
- Deslizamento / Rastejo
- Deslizamento / Erosão
- Deslizamento / Queda, tombamento ou rolamento e tombamento de blocos
- Enchente e inundação / Recalques
- Colapso / Solapamento
- Erosão / Colapso

- Dicionário de dados da *shape* das formações superficiais

**SIGLA\_UNID** – Sigla da Unidade: identidade única da unidade litoestratigráfica.

**NOME\_UNIDA** – Nome da Unidade: denominação formal ou informal da unidade litoestratigráfica.

**HIERARQUIA**: hierarquia à qual pertence a unidade litoestratigráfica.

**LITOTIPO1**: litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica, ou com representatividade não determinada.

**LITOTIPO2**: litotipos que representam menos de 10% da unidade litoestratigráfica.

**CLASSE\_ROC** – Classe da Rocha: classe dos litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica, ou com representatividade não determinada.

**COD\_REL** – Código dos Compartimentos de Relevo: sigla para a divisão dos macrocompartimentos de relevo.

**RELEVO** – Macrocompartimento de Relevo: descrição dos macrocompartimentos de relevo.

**DECLIVIDAD** – Declividade: intervalos de declividades dos compartimentos de relevo.

**AMPL\_TOPO** – Amplitude: amplitudes topográficas.

**COD\_REG** – Código da Unidade Regolítica: sigla da unidade regolítica.

**REGOLITO** – Descrição da Unidade Regolítica: material superficial resultante da alteração das rochas (autóctone ou in situ) ou de material transportado (alóctone).

**TIP\_SOLO** – Tipo de Solo: baseado na 1ª ordem de classificação de solos da EMBRAPA (2018).

**ESP\_SOLO** – Espessura do Solo: Espessura dos horizontes pedológicos (superficiais e subsuperficiais) que poderão ser observados em campo.

**PRO\_GEOHID** – Processos Geológico-Geotécnicos e Hidrogeológicos: características, feições e processos que são intrínsecos as coberturas superficiais correlatas.

**OBSERVAÇÃO** – Descrição Livre: Baseada na informação geológica e do que é observado em campo com relação às formações superficiais/regolito.

## Elaboração do mapa de geodiversidade

As unidades geológico-ambientais, advindas da reclassificação das formações superficiais/regolito, foram inseridas no Apêndice I e analisadas com o objetivo de responder a algumas perguntas como: Quais são os materiais que afloram na superfície do terreno? Qual o tipo do relevo e solo associado? Quais as características desse material? Quais as adequabilidades, potenciais e limitações dessas unidades frente a uso agrícola, obras e ocupação, recursos minerais e recursos hídricos? Quais são as áreas impróprias à ocupação devido aos riscos geológicos, cujos estudos deverão ser detalhados em estudos posteriores? Quais são as áreas potenciais para agricultura? Quais são as áreas potenciais para potencial hidrogeológico? Existem pontos de interesse geoturístico?

Cabe ressaltar que o levantamento da geodiversidade teve por objetivo mostrar o panorama da área quanto aos seus aspectos positivos e negativos, sendo que estudos complementares podem ser contemplados. Como sugestão, podem ser realizadas cartas geotécnicas, estudos hidrogeológicos para caracterização de aquífero e ensaios para os materiais de construção civil.

- Atributos geológicos e geotécnicos das unidades geológico-ambientais

Nas etapas de maior detalhe (escalas 1:100.000 até 1:50.000), as unidades geológico-ambientais advindas da reclassificação das formações superficiais (coberturas inconsolidadas/regolito) obtiveram atributos geológicos e geotécnicos que permitem uma série de interpretações na análise ambiental.

A tabela de atributos das unidades geológico-ambientais contém todos os campos clássicos que fazem a indexação com a base da litoestratigrafia do GEOSGB, além dos seguintes campos ou parâmetros com suas seguintes bibliotecas:

**EST\_TEC** – Estruturas Tectônicas: relacionadas às dinâmicas interna do planeta. Procede-se a sua interpretação a partir da ambientação tectônica, litológica e análise de estruturas refletidas nos sistemas de relevo e drenagem.

#### BIBLIOTECA

- Ausente: solo e sedimentos inconsolidados (aluviões, dunas, terraços, etc.)
- Rúptil: fraturas e falhas
- Dúctil: dobras, foliações e bandamentos
- Dúctil/Rúptil: Zonas de cisalhamento

**ASPECTOS** – Aspectos Texturais e Estruturais Decorrentes do Comportamento Reológico: de acordo com Oliveira e Brito (1998), as rochas podem apresentar as seguintes características reológicas (comportamento frente a esforços mecânicos): A) Comportamento Isotrópico quando as propriedades das rochas são constantes, independentemente

da direção observada, e B) Comportamento Anisotrópico quando as propriedades variam de acordo com a direção considerada.

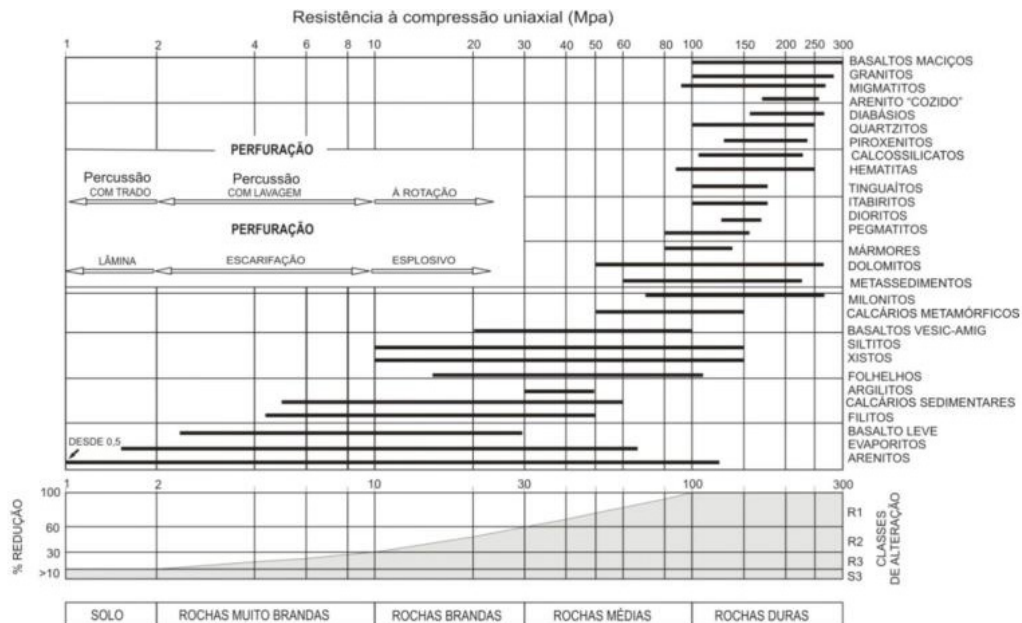
#### BIBLIOTECA

- Isotrópica maciça
- Anisotrópica indefinida
- Anisotrópica orientada
- Anisotrópica estratificada
- Anisotrópica biogênica
- Anisotrópica concrecional – nodular
- Não se aplica

**GR\_RES** – Grau de Resistência: resistência ao corte e à penetração baseada na Figura 2.2, de resistência à compressão uniaxial e classes de alteração (VAZ, 1996).

#### BIBLIOTECA

- Não se aplica - Solo (Vide figura 2.2)
- Muito brandas
- Brandas
- Médias
- Duras
- Variável



**Figura 2.2:** Resistência à compressão uniaxial e classes de alteração para diferentes tipos de rochas. Fonte: Modificado de Vaz (1996).

**ESP\_ALTER** – Espessura do Perfil de Alteração (metros): espessura média dos perfis. Inclui solo residual.

BIBLIOTECA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0-5 mts</li> <li>• 5-15 mts</li> <li>• &gt; 15 mts</li> </ul>

**POROS\_1** – Porosidade Primária: relacionada ao volume de vazios sobre o volume total do substrato (rochoso ou cobertura). O preenchimento seguiu os procedimentos descritos na (Quadro 2.2).

BIBLIOTECA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa: 0 a 15 %</li> <li>• Moderada: 15 a 30%</li> <li>• Alta: &gt; 30%</li> <li>• Variável (0 a &gt;30%): a exemplo das unidades em que o substrato rochoso é formado por um empilhamento irregular de camadas horizontalizadas porosas e não-porosas.</li> </ul>

**LITO\_HIDRO:** Característica da unidade lito-hidrogeológica.

BIBLIOTECA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granular</li> <li>• Fissural</li> <li>• Granular/Fissural</li> <li>• Cársticos</li> <li>• Não se aplica</li> </ul>

**ESCAV** – Escavabilidade: categoria do material de acordo com os métodos de escavação e sua resistência perante a eles.

BIBLIOTECA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1ª Categoria: solo, materiais decompostos, aluviões... (escavações simples)</li> <li>• 2ª Categoria: solo duros, heterogêneos (escarificação)</li> <li>• 3ª Categoria: rocha (desmonte com explosivos)</li> <li>• 4 Categoria: variável</li> </ul>

• Dicionário de dados da *shape* da geodiversidade

**SIGLA\_UNID** – Sigla Unidade: identidade única da unidade litoestratigráfica.

**NOME\_UNIDA** – Nome da Unidade: denominação formal ou informal da unidade litoestratigráfica.

**HIERARQUIA** – Hierarquia à qual pertence a unidade litoestratigráfica.

**LITOTIPO1** – Litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica, ou com representatividade não determinada.

**LITOTIPO2** – Litotipos que representam menos que 10% da unidade litoestratigráfica.

**CLASSE\_ROC** – Classe da rocha: classe dos litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica, ou com representatividade não determinada.

**COD\_REL** – Código dos Compartimentos de Relevô: sigla para a divisão dos macrocompartimentos de relevô.

**RELEVÔ** – Macrocompartimento de Relevô: descrição dos macrocompartimentos de relevô.

**DECLIVIDAD** – Declividade: intervalo de declividades dos compartimentos de relevô.

**AMPL\_TOPO** – Amplitude: amplitudes topográficas.

**COD\_REG** – Código da Unidade Regolítica: sigla da unidade regolítica.

**REGOLITO** – Descrição da Unidade Regolítica: material superficial resultante da alteração das rochas (autóctone ou in situ) ou de material transportado (alóctone).

**TIP\_SOLO** – Tipo de Solo: baseado na 1ª ordem de classificação de solos da EMBRAPA (2018).

**ESP\_SOLO** – Espessura do Solo: espessura dos horizontes pedológicos (superficiais e subsuperficiais) que poderão ser observados em campo.

**PRO\_GEOHID** – Processos Geológico-Geotécnicos e Hidrogeológicos: características, feições e processos que são intrínsecos às coberturas superficiais correlatas.

**OBSERVAÇÃO** – Descrição Livre: baseada na informação geológica e do que é observado em campo com relação às formações superficiais/regolito.

**COD\_DOM** – Código do Domínio Geológico-Ambiental: sigla dos domínios geológico-ambientais.

**DOMINIO** – Descrição do Domínio Geológico-Ambiental: reclassificação da geologia pelos grandes domínios geológicos.

**COD\_UNIGEO** – Novo Código da Unidade Geológico-Ambiental: sigla da unidade geológico-ambiental mais o detalhamento do código do regolito.

**UNIGEO** – Descrição da Unidade Geológico-Ambiental mais a descrição que vem do detalhamento da descrição do regolito: as unidades geológico-ambientais foram agrupadas com características semelhantes

do ponto de vista da resposta ambiental, a partir da subdivisão dos domínios geológico-ambientais.

**EST\_TEC** – Estruturas tectônicas: relacionada à dinâmica interna do planeta. Procede-se a sua interpretação a partir da ambiência tectônica, litológica e análise de estruturas refletidas nos sistemas de relevo e drenagem.

**ASPECTOS** – Aspectos texturais e estruturais decorrentes do comportamento reológico

**ESP\_ALTER** – Espessura do perfil de alteração: espessura média dos perfis.

**POROS** – Porosidade: relacionada ao volume de vazios sobre o volume total do material (incluindo todo o perfil intempérico quando esse existir)

**LITO\_HIDRO**: Característica da unidade lito-hidrogeológica.

**ESCAV** – Escavabilidade: categoria do material de acordo com os métodos de escavação e sua resistência perante a eles.

**LEGENDA**: Campo utilizado para a organização da legenda do Mapa de Geodiversidade.

**Quadro 2.2:** Tabela de porosidade total dos diversos materiais rochosos.

MATERIAL		POROSIDADE TOTAL % ME					POROSIDADE EFICAZ % m <sub>e</sub>			OBS
TIPO	DESCRIÇÃO	MÉDIA	NORMAL		EXTRAORDINÁRIA		MÉDIA	MÁX.	MÍN.	
			MÁX.	MÍN.	MÁX.	MÍN.				
ROCHAS MACIÇAS	Granito	0,3	4	0,2	9	0,05	<0,2	0,5	0,0	A
	Calcário maciço	8	15	0,5	20		<0,5	1	0,0	B
	Dolomito	5	10	2			<0,5	1	0,0	B
ROCHAS METAMÓRFICAS		0,5	5	0,2			<0,5	2	0,0	A
ROCHAS VULCÂNICAS	Piroclasto e turfas	30	50	10	60	5	<5	20	0,0	C, E
	Escórias	25	80	10			20	50	1	C, E
	Pedra-pome	85	90	50			<5	20	0,0	D
	Basaltos densos, fonólitos	2	5	0,1			<1	2	0,1	A
	Basaltos vesiculares	12	30	5			5	10	1	C
ROCHAS SEDIMENTARES CONSOLIDADAS (ver rochas maciças)	Pizzaras sedimentares	5	15	2	30	0,5	<2	5	0,0	E
	Arenitos	15	25	3	30	0,5	10	20	0,0	F
	<i>Creta blanda</i>	20	50	10			1	5	0,2	B
	Calcário detrítico	10	30	1,5			3	20	0,5	
ROCHAS SEDIMENTARES INCONSOLIDADAS	Aluviões	25	40	20	45	15	15	35	5	E
	Dunas	35	40	30			20	30	10	
	Cascalho	30	40	25	40	20	25	35	15	
	Loess	45	55	40			<5	10	0,1	E
	Areais	35	45	20			25	35	10	
	Depósitos glaciais	25	35	15			15	30	5	
	Silte	40	50	25			10	20	2	E
	Argilas não-compactadas	45	60	40	85	30	2	10	0,0	E
	Solos superiores	50	60	30			10	20	1	E

Fonte: Modificado de Custodio e Llamas (1983).

Nota: Alguns dados, em especial os referentes à porosidade eficaz (m<sub>e</sub>), devem ser tomados com preocupações, segundo as circunstâncias locais. A = Aumenta m e me por meteorização; B = Aumenta m e me por fenômenos de dissolução; C = Diminui m e me com o tempo; D = Diminui m e me com o tempo; E = me muito variável segundo as circunstâncias do tempo; F = Varia segundo o grau de cimentação e solubilidade.

## • Conteúdo do Mapa

### Mapa Principal:

- Geodiversidade da Ilha do Maranhão

### Cartogramas de:

- Recursos minerais e unidades de conservação
- Processos geológico-geotécnicos
- Potencial hidrogeológico
- Atrativos geoturísticos e formações superficiais
- Relevo
- Uso e ocupação do solo

## ■ ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

O Mapa Geodiversidade foi gerado a partir dos mapas das formações superficiais e de informações agregadas obtidas por meio de consulta bibliográfica, dados de instituições públicas e de pesquisa, interpretação de dados de sensores remotos e trabalhos de campos. Todo o acervo de dados está estruturado no Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Os arquivos vetoriais estão em coordenadas geográficas e o Datum Sirgas 2000.

Os arquivos constituintes do SIG encontra-se em formato vetorial e raster, compatível com a escala do trabalho.

O mapa a ser impresso em formato pdf, está em Projeção Polícônica e o Meridiano Central (-47,5) no Datum Sirgas 2000.

Os arquivos raster estão projetados para os cálculos dos subprodutos (declividade e hipsometria), seguindo a projeção especificada.

## Conteúdo do SIG

- O SIG apresenta os seguintes temas:

### - **Áreas Protegidas Especiais – Unidades de Proteção Integral e Unidades de Proteção de Uso Sustentável**

- Base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

- **Atrativos Geoturísticos – Pontos Geoturísticos** – A base de dados foi elaborada pela equipe técnica do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão. Sítios arqueológicos foram obtidos no banco de dados do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (2018) e as pegadas de dinossauros foram adquiridas no trabalho de Carvalho (1995).

- **Base cartográfica – Aglomerado rural, urbano, área urbana, barragens, capital, cidade, cemitério, pista de pouso, torre comunicação, trecho de energia, trecho ferroviário, trecho rodoviário, vila**, foram obtidos da Base

de dados do IBGE (2017) e Agência Nacional de Águas (no prelo). E a *shape* de curvas de nível, com intervalo de 5 m, foram elaboradas a partir de imagem ALOS.

- **Dados do Mar: Batimetria** foi obtida no IBGE (2017) e atualizada pelo Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão, no ano de 2018.

- **Estruturas Geológicas – Estruturas** obtidas nos trabalhos de campo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão, no ano de 2018, e lineamentos de drenagem e de relevo elaborados com base em interpretação de imagens de satélite, no Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão, no ano de 2018.

- **Formações superficiais** – Informação elaborada pela equipe técnica do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão a partir do mapa geológico 1.50.000 e informações coletadas no campo.

- **Geologia – Litologia** - (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017a).

- **Limites – Limite de Países, Limite Federal, Limite Estadual e Limites Municípios** - IBGE (2017).

- **Pontos de campo** – Descrição e registro fotográfico dos pontos visitados pela equipe técnica do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão, com base em trabalhos de campo.

- **Perfis** – Informação elaborada pela equipe técnica do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão, com base em trabalhos de campo.

- **Recursos Hídricos Subterrâneos – Divisor de águas, pontos de medição, potencial hidrogeológico e superfície\_NA** (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, No prelo).

- **Recursos Hídricos Superficiais – Drenagem bifilar e drenagem unifilar** - Base de dados do IBGE (2017), ajustada através de imagens de satélite RapidEye, 2011 pelo Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão, no ano de 2018.

- **Recursos Minerais – Títulos minerários** – Concessão de lavra, licenciamento, requerimento de lavra e de licenciamento encontrados no site: <http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine>, situação em novembro de 2018. Recursos minerais (Sachs; Alcantara; Mendes, 2017; KLEIN; SOUSA, 2012).

- **Relevo** – Modificado de Agência Nacional de Águas (2017b)

- **Risco Geológico e Hidrológico** – Áreas de risco: (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM, 2018).

- **Solos** – Agência Nacional de Águas (2017b)

- **Suscetibilidade** – Suscetibilidade ao **deslizamento** e à **inundação** – Elaborados por colaboradores do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão.

- **Unidades Geológico-Ambientais** – Elaborado a partir do agrupamento das unidades geológicas, segundo critérios adotados pelo Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão.

- **Uso e ocupação do solo** – Agência Nacional de Águas (2017b).



# 3 ASPECTOS DA GEODIVERSIDADE

## ■ ASPECTOS GEOLÓGICOS

### Geologia regional

A Ilha do Maranhão insere-se no contexto geológico das bacias de rift abortado de São Luís e Ilha Nova, cuja origem está associada a um sistema de grabens desenvolvidos sobre o Fragmento Cratônico São Luís, durante a abertura do Oceano Atlântico, no Eocretáceo (AZEVEDO, 1986; SZATMARI et al., 1987; ARANHA et al., 1990; GÓES; ROSSETTI, 2001; VASQUEZ; KLEIN; LOPES, 2012). Sobre este cráton foi depositada uma sequência pré-rifte, de idade Aptiana, composta por arenitos intercalados de argilitos vermelhos de ambiente fluvial transicional da Formação Grajaú e intercalações de folhelhos, calcários e evaporitos de ambiente lacustre e marinho da Formação Codó (SOARES JÚNIOR; COSTA; HASUY, 2008). Num segundo evento distensivo, depositou-se, no Albiano, uma sequência rifte representada por arenitos, siltitos, conglomerados e folhelhos de ambiente costeiro, associados a um sistema fluvial, deltaico com ingressões marinhas do Grupo Itapecuru (LIMA; ARANHA; FEIJÓ, 1994). Rossetti (1996), Rossetti (1997), Rossetti e Truckenbrodt (1997); Rossetti (2001) descrevem que esta sequência sedimentar divide-se em três Formações: Unidade Indiferenciada (Albiano); Formação Alcântara (Albiano-Cenomaniano); e Formação Cajupe (Cretáceo Superior-Paleógeno).



**Figura 3.1:** Exposição de arenitos, pelitos, calcários e conglomerados das formações Alcântara e Cajupe, Praia de São Marcos/Ponta da Areia, São Luís, MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

Ressalta-se que de todo este pacote sedimentar descrito anteriormente, apenas as formações Cajupe e Alcântara afloram na Ilha (ROSSETTI; TRUCKENBRODT, 1997; ROSSETTI, 1998).

A Formação Alcântara (CUNHA, 1968; ROSSETTI; TRUCKENBRODT, 1997) é constituída por arenitos, pelitos e, subordinadamente, por calcários e conglomerados, associados a ambiente de tempestades seguidas de correntes de maré, em ambientes de *shoreface/foreshore*, canal de maré e laguna/*washover*, caracterizadores de sistemas de ilhas-barreira e vales incisos (ROSSETTI, 1997, 2001; ROSSETTI; GÓES, 2003). Unidade observada nas falésias costeiras localizadas nos municípios de Alcântara e São Luís (Figura 3.1), ou em cortes de estrada situados nos trechos Pinheiro-Guimarães, Bacuritiba-Cajapió e Santa Inês-Bom Jardim (ROSSETTI, 1997). É considerada de idade eocenomaniana (AGUIAR, 1971; PEDRÃO et al., 1994, 1996).

A Formação Cajupe (ROSSETTI; TRUCKENBRODT, 1997) tem como área-tipo a estrada que liga a rodovia Pinheiro-Alcântara (MA-106) ao Porto de Cajupe. É composta litologicamente por arenitos caulínicos, com granulometria fina a muito fina (Figura 3.2), bem selecionados, de coloração branca ou rósea a amarelada, argilitos de coloração branca, cinza a violeta, e conglomerados intraformacionais, com clastos de argila e matriz arenosa



**Figura 3.2:** Formação Cajupe: Praia de São Marcos, São Luís, MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

(ROSSETTI, 2001). Esta formação não possui registro fóssil (SANTOS; CARVALHO, 2009) e considera-se que a deposição da mesma ocorreu em um tempo incerto entre o Turoniano (Eocretáceo) e o Paleógeno, com base no seu posicionamento estratigráfico (ROSSETTI, 1996; ROSSETTI; TRUCKENBRODT, 1997).

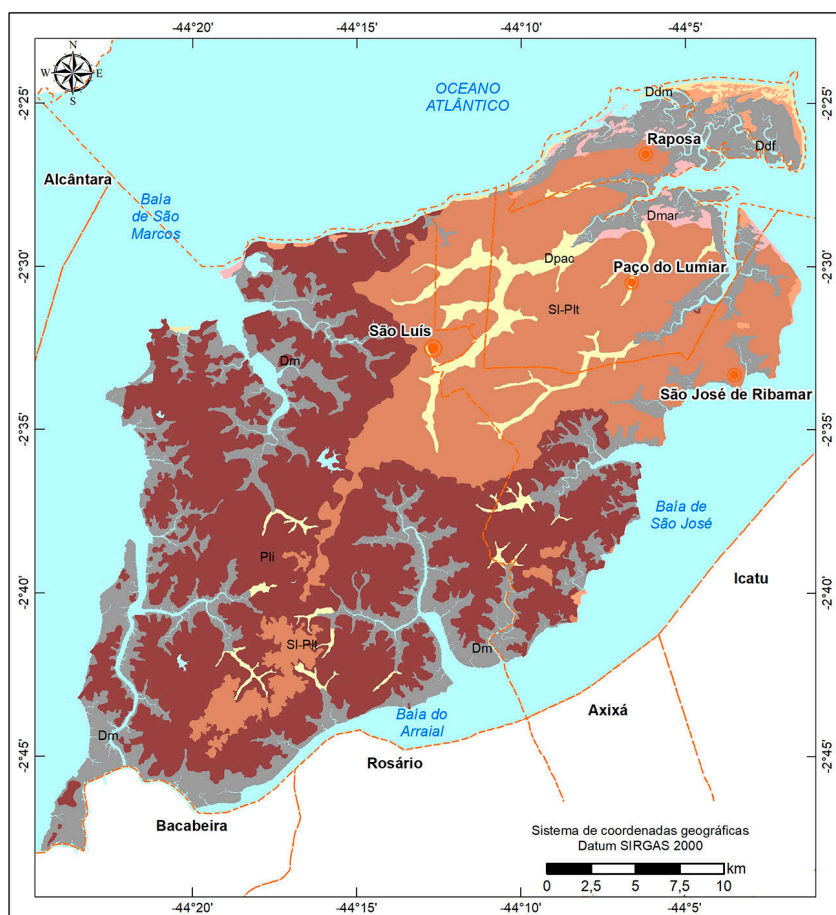
As formações Alcântara e Cujupe, na Ilha do Maranhão, foram submetidas a processos de intemperismo sob um clima tropical úmido, gerando áreas com perfis lateríticos imaturos, descritos a seguir.

### Formações superficiais e o manto de intemperismo

O mapeamento na escala de 1:50.000, na Ilha do Maranhão possibilitou a individualização de sete unidades regolíticas (Figura 3.3): perfil intempérico imaturo completo, perfil intempérico imaturo truncado, depósitos arenosos em cordões e terraços, depósitos de mangue, depósitos de planície de maré lamosa, dunas móveis e fixas e depósitos aluvionares.

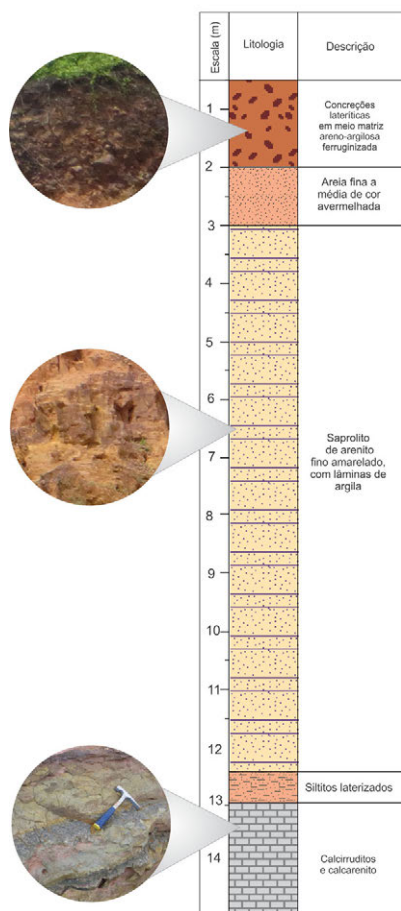
- Perfil intempérico imaturo truncado (Pli-Spm-Ssp-Sp)

Maiores unidades regolíticas mapeadas na Ilha do Maranhão, distribuída em 40% da ilha. Caracterizada por camadas arenosas e argilo-arenosas com intercalações de argila e silte de cores diversas, bastante alteradas, configurando um perfil intempérico imaturo truncado (Figuras 3.4 e 3.5), com ausência de crosta laterítica preservada. A partir de uma análise, *in situ*, é possível identificar, da base para o topo, o saprólito que ainda preserva alguma estrutura sedimentar (cruzada, *swaley*, *hummocky*) (Figura 3.6), camadas heterolíticas de baixa resistência sob um mosqueado sobre o qual é possível identificar um nível de crosta desmantelada, ferruginosa, em estado de alteração para sedimentos areno-argilosos. Os afloramentos mais representativos dessas feições podem ser observados nas falésias das praias da Ponta da Areia e do Amor, na Praia do Olho D'Água e na Estrada da Ponta da Espera no município de São Luís, bem como na Praia do Aribual em São José de Ribamar. Em toda a extensão mapeada para esta unidade, identificou-se a presença e uma forte associação da cobertura sedimentar com solos incluídos nas classes dos Plintossolos Pétricos, Argissolos Vermelho-Amarelos concrecionários e Latossolos Vermelhos-Amarelos petroplínticos, pouco espessos sobrepostos por cascalheira laterítica (Figura 3.7), que dá sustentação ao relevo de tabuleiros dissecados, na sua maior percentagem, mas com presença de um percentual menor de tabuleiros de topos planos.

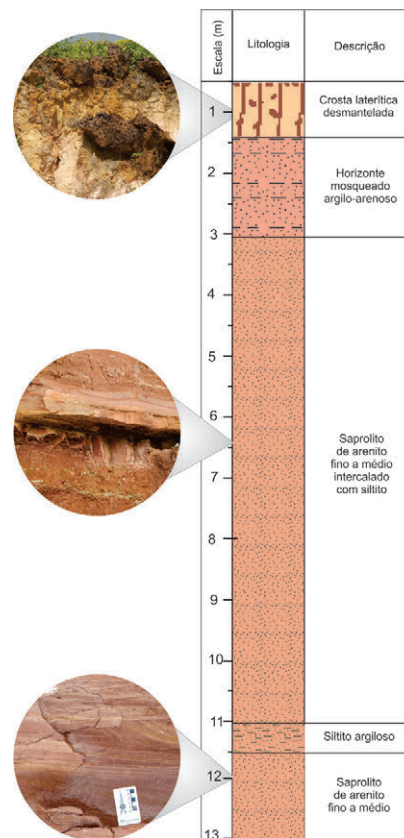


Convenções	Formações Superficiais	Localização da Ilha
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Capital estadual</li> <li>● Sede municipal</li> <li>--- Limite municipal</li> <li> Lago, baías e oceano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ddm Dunas móveis</li> <li>Ddf Dunas fixas</li> <li>Dpac Depósitos aluvionares</li> <li>Dm Depósitos de mangue</li> <li>Dmar Depósitos arenosos em cordões e terraços</li> <li>SI-Pli Perfil intempérico imaturo completo, associado a solo espesso ou coberto por sedimentos Pós Barreiras.</li> <li>Pli Perfil intempérico imaturo truncado</li> </ul>	

Figura 3.3 : Mapa de Formações Superficiais da Ilha do Maranhão. Fonte: Elaborado pelos autores (2019).



**Figura 3.4:** Perfil laterítico incompleto: saprólito areno-argiloso, horizonte mosqueado gradando para um horizonte concrecionário. Falésia na Praia da Ponta da Areia, São Luís - MA. Fonte: Bandeira et al. (2018).



**Figura 3.5:** Perfil exibindo arenito com estruturas sedimentares (cruzada, *swaley*, *hummocky*) e camadas heterolíticas gradando para um horizonte mosqueado sobreposto por crosta laterítica desmantelada, formado por matações e blocos ferruginosos. Falésia na Praia do Amor, São Luís - MA. Fonte: Bandeira et al. (2018).



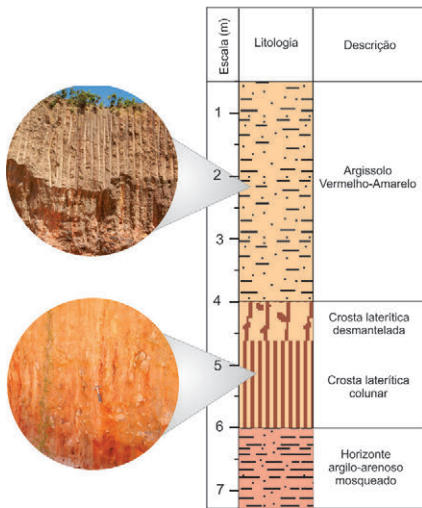
**Figura 3.6:** Estruturas sedimentares de correntes de maré e camadas heterolíticas da Formação Cujupe, São Luís/MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.7:** Horizonte concrecionário ferruginoso de aproximadamente 60cm de espessura, oriundo de material areno-siltoso amarelo-avermelhado. Via expressa- São Luís-MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- Perfil intempérico imaturo completo, associado a solo espesso ou coberto por sedimentos Pós- Barreiras (SI-Plt-Spm)

Respondendo por 29% da cobertura dos terrenos da Ilha do Maranhão, esta unidade ocorre com duas feições distintas: uma como produto de alteração da crosta laterítica (Figura 3.8 e 3.9), outra como sedimentos alóctones pertencentes à Formação Pós-Barreiras (Figura 3.10). Estes materiais sustentam um relevo de tabuleiros, com topo plano a suavemente ondulado, altitudes entre 45 a 60 m e amplitudes e declividades baixas.



**Figura 3.8:** Perfil laterítico: horizonte mosqueado gradando para crosta laterítica, formando Argissolo. São José do Ribamar - MA. Fonte: Bandeira et al. (2018).



**Figura 3.9:** Crosta laterítica com estrutura colunar bem preservada, com canais preenchidos por material areno-argiloso, gradando para um Argissolo. Falésia da Praia de Panaquatira/Praia da Ponta Verde/São José de Ribamar. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

O material alterado da crosta, oriundo da alteração de rochas do Grupo Itapecuru, forma solos que variam de 1 a 8 m de espessura, e caracterizam-se por texturas arenosa, areno-síltico-argilosa e síltico-arenosa, de cor amarelo-avermelhada, como Argissolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos.

Os sedimentos alóctones da Formação Pós-Barreiras caracterizam-se por sedimentos arenosos e areno-siltosos, de cor branco-amarelada e/ou ocre (Figura 3.10), geralmente maciços, de granulação fina a média, com grãos arredondados a subarredondados, geralmente pedogeneizados, formando Neossolos Quartzarênicos, assentados discordantemente sobre crosta ou sobre horizonte concrecionário.



**Figura 3.10:** Formação Pós-Barreiras coberta por sedimentos de duna. Praia de São Marcos. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- Depósitos arenosos em cordões e terraços (Dmar)

Correspondem aos depósitos litorâneos praias recentes (Figuras 3.11) e antigos (Figuras 3.12). Os depósitos praias recentes, localizados na linha de costa atual, são constituídos por areias de textura fina, associado a um relevo de



**Figura 3.11:** Estirâncio na Praia de São Marcos na porção norte da Ilha do Maranhão. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.12:** Depósitos litorâneos antigos – Praia de Itapetiúa-Raposa, MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.13:** Paleodunas instaladas entre canais de maré, compostas por areia fina a média bem selecionada, de cor branca, coberta por vegetação de estratos de cerrado, arbóreo, arbustivo, herbáceo. Ilha Curupu, Rio Munjijaia município de Raposa-MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

planície marinha de fácil observação na Praia do Araçagy, em São José de Ribamar-MA, e Praia de Panaquatira, no município de Paço do Lumiar-MA. Já os depósitos de cordões litorâneos antigos, localizam-se em porções mais internas da ilha e são compostos por areias finas, esbranquiçadas, inconsolidadas, correlacionadas às antigas áreas de praias, representando um antigo limite da linha de costa, mapeada de forma bem característica na planície marinha da Praia do Cocal, no município de Raposa-MA, bem nos cordões arenosos em Paço do Lumiar-MA.

- Dunas fixas (Ddf)

Ocorrendo de forma alternada com as dunas móveis, esta unidade está fixada por vegetação pioneira (Figura 3.13) que, de certa forma, controla ou reduz a mobilização ou retirada de sedimentos pelo vento. Caracterizam-se por uma textura de média a fina, de composição essencialmente quartzosa, bem selecionada, com forte presença localizada

de minerais ferruginosos do tipo ilmenita. Estratificações cruzadas de médio a grande porte, assim como marcas ondulares eólicas ocorrem de modo bem característico e evidenciado. A composição e textura dos grãos permite classificar esses sedimentos como Neossolos Quartzarênicos, caracteristicamente observados na Ilha de Curupu e ao longo das margens do Rio Munjijaia, no município de Raposa-Ma, e no campo de dunas no município de São Luís-Ma.

- Dunas móveis (Ddm)

Esses depósitos localizam-se ao longo da linha de praia atual de todos os municípios da ilha, sendo facilmente mobilizada pela ação dos ventos e caracterizando-se pela granulometria fina, bem selecionada e sem cobertura de vegetação (Figura 3.14).



**Figura 3.14:** Dunas móveis sem cobertura vegetal. Foz do Rio Pimenta, Praia do Olho D'Água, município de São Luís, MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- Depósitos de mangue (Dm)

Constituem 23,69% de área, englobam os depósitos de mangue, de planície de maré lamosa e de pântanos salinos. Os depósitos de mangue são de pouca espessura, compostos por sedimentos finos (argila, silte), cinza-escuros, ricos em matéria orgânica, associados à areia fina, depositados por águas de rios, com influência de maré, sob condições de baixa energia, em relevo de planície flúviomarinha (Figura 3.15). Os pântanos salinos são compostos por areia fina e lama de mangue, com alto teor de salinidade, que estão sob efeito das oscilações de maré, principalmente as marés de sizígia. No período de pouca precipitação, principalmente de julho a novembro, formam depósitos salinos (Figura 3.16). Os depósitos de planície de maré constituem pelitos lamosos, escuros e expostos quando da maré vazante a noroeste da Ilha do Maranhão (Figura 3.17). E, também, entre o Rio Jeniparana e a Baía de São José, neste caso estando localizado na porção leste da ilha.



**Figura 3.15:** Vegetação de mangue no estuário do Rio Paciência. Município de Paço do Lumiar. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.16:** Área de ocorrência dos campos salinos, coberta pela água de maré no período chuvoso. Ilha Curupu, município de Raposa-MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.17:** Fotografia aérea exibindo a planície de maré lamosa localizada na porção noroeste da Ilha do Maranhão. Fonte: Teixeira (2006).

- Depósitos aluvionares (Dpac)

As aluviões respondem por uma cobertura de 3,65% da área da Ilha do Maranhão, associadas aos relevos de planícies, de constituição eminentemente arenosa ou areno-silto-argilosa, com granulometria de fina a média e presença de seixos e outros grãos na sua constituição, mas de forma bem dispersa. As planícies fluviais do Rio Paciência (Figura 3.18), no município de Paço do Lumiar-MA, representam o local mais representativo dessa unidade.



**Figura 3.18:** Área de risco alto à inundação, caracterizada por oito casas construídas nos depósitos aluvionares do Rio Paciência - Bairro Maioba, município Paço do Lumiar - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

## ■ ASPECTOS GERAIS DO RELEVO

### Considerações gerais

A Ilha do Maranhão localiza-se na porção central do Golfão Maranhense, na maior reentrância do litoral do estado entre o Litoral Ocidental e o Litoral Oriental do Maranhão, configurando como um complexo sistema estuarino que contém baías, estuários e várias ilhas, dentre elas, as ilhas do Maranhão e de Curupu. Desembocam nesse golfão dois grandes sistemas de drenagem, que são o Sistema Mearim-Pindaré-Grajaú, na Baía de São Marcos, e os rios Itapecuru e Munim, na Baía de São José.

Conforme Ab'Saber (1960), o Golfão Maranhense passou por mudanças fisionômicas desde a sua gênese, relacionadas às mudanças do nível relativo do mar e aos processos tectônicos. Em síntese, houve o soerguimento da faixa litorânea, no Plioceno, implicando em superimposição da rede de drenagem e erosão das unidades geológicas mais antigas, seguido por um novo soerguimento, com retomada de erosão e aprofundamento dos vales a um nível mais inferior.

Neste item, são abordados dois assuntos, sendo o primeiro sobre os agentes modeladores do relevo, seguido do detalhamento das formas deposicionais e erosivas ocorrentes na área em questão e resultantes dos processos geomorfológicos em curso.

Destaca-se aqui a influência significativa das ações humanas na aceleração dos processos naturais e na alteração das morfologias da ilha, que, em virtude da agressividade, alteram a dinâmica urbana, afetando a vida de milhares de pessoas, residentes ou não na área.

### Agentes modeladores do relevo na Ilha do Maranhão

Diversos são os agentes que atuam na modelagem geomórfica da Ilha do Maranhão e aponta-se aqui que os principais agentes esculptadores destas paisagens são o clima, os agentes oceanográficos e a ação humana.

O clima da Ilha do Maranhão é justamente de transição entre o semiárido nordestino e o tropical úmido amazônico, tendendo mais para este último. É caracterizado como tropical úmido, tipo Aw, segundo a classificação de Köppen (DIAS, 2012). Com dois períodos distintos: um chuvoso e outro de estiagem (PEREIRA, 2006). Conforme Nimer (1989), o regime sazonal climático da área de estudo é direcionado por dois principais sistemas atmosféricos, o de circulação perturbada de N e o de circulação perturbada de W. Estes sistemas são geradores de instabilidades e chuvas e, a posição deles durante o ano, reflete as características do regime de chuvas na área.

A Zona de Convergência Intertropical também atua no regime climático da porção norte do estado do Maranhão, uma vez que o movimento desta zona, nos sentidos N-S e S-N, gera mudanças nas temperaturas e precipitações.

Considerando o objetivo deste trabalho, as características climáticas regionais e os dados disponíveis, optou-se por utilizar três parâmetros climáticos representativos das condições atmosféricas da área, isto é, temperatura, pluviosidade e ventos.

Conforme Silva (2012), a integração entre topografia, energia solar, latitude, maritimidade e continentalidade, os sistemas locais e regionais de circulação atmosférica geram condições para que ocorram pequenas variações térmicas ao ano.

Neste sentido, pode-se afirmar que a temperatura média anual da área de estudo é de 26,9°C, sendo os meses de novembro e dezembro os mais quentes, e os de fevereiro, março e julho, os mais frios, com destaque para este último mês, o qual é o último do período chuvoso e também coincidente com o inverno no hemisfério Sul (UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, 2009).

Estas constantes e altas temperaturas no decorrer de todo o ano aceleram diretamente o intemperismo mecânico e atuam indiretamente no intemperismo químico através da ação da água. Christofolletti (1980, p. 27) afirma que a meteorização "... é a responsável pela produção de detritos a serem erodidos...". Desta forma, os sedimentos terciário-quaternários, ocorrentes na Ilha do Maranhão e entorno, vão sendo alterados química e fisicamente, e se tornando propícios aos diversos processos denudacionais.

Com relação à análise pluviométrica, e considerando a média de chuvas acumuladas durante o ano (2002 a 2009), que foi de 2.325 mm, afirma-se que 68,7% do total das precipitações anuais estão distribuídas no período de fevereiro a maio de cada ano, com um total acumulado de 1.596 mm e apresentando totais mensais, de janeiro a junho, sempre superiores a 100 milímetros. Em geral, no mês de abril se concentra o maior índice pluviométrico, com um total médio acumulado de 472,6 mm (UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, 2009).

Essa distribuição define dois períodos anuais distintos: o chuvoso, no primeiro semestre do ano e o período seco, no segundo semestre. O período chamado seco se estende entre os meses de julho a dezembro, sendo que setembro e outubro são os mais secos, "... com totais médios de 10,7 e 10,5 mm, respectivamente" (UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, 2009; INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2017).

Conforme Christofolletti (1980), o processo morfo-genético pluvial atua nas vertentes através da mecânica ação das gotas de chuva (efeito *splash*) e do escoamento pluvial, transportando os sedimentos já intemperizados em direção aos fundos de vale. Este processo se torna ainda mais intenso nos solos desnudos de vegetação e nas áreas impermeáveis, o que é muito comum nos sítios urbanos e ocorre de forma generalizada na Ilha do Maranhão.

A intensa impermeabilização do solo urbano na área de estudo, ocorrente nos últimos 10 anos, tem gerado, também, em função do aumento do escoamento superficial,

da deposição inadequada de resíduos sólidos e da ineficaz microdrenagem urbana, um aumento de áreas afetadas pelo fenômeno da inundação.

Sobre os ventos, pode-se afirmar que as direções predominantes são as de NE e E. A primeira direção corresponde a 40,81% do total anual, no período de setembro a março; a do setor E, apresenta uma frequência de 33,72%, nos meses de abril a agosto (UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, 2009).

De acordo com a escala de Beaufort, os ventos foram classificados como moderados, de grau 4. Entre o período de 2005 e 2007, a velocidade média foi calculada em 6,0 m/s, com o valor máximo de 7,49 m/s, no mês de outubro, e o mínimo de 4,18 m/s no mês de abril. Os ventos mais frequentes apresentam, em geral, velocidades maiores que podem atingir 12,5 m/s (UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, 2009). Isto indica que, no período chuvoso, os ventos são mais fracos, mais variáveis e com ocorrência de calmarias. No período seco, a velocidade deles é maior e apresentam direções mais frequentes (SILVA; NUNES, 2014).

Considerando que a Ilha do Maranhão está situada numa área costeira, com presença de sedimentos arenosos holocênicos inconsolidados, com depósitos marinhos e eólicos litorâneos, é possível afirmar que os ventos incidentes na área apresentam alta capacidade de transporte para gerar morfologias praias e dunares significativas, o que pode ser observado nas porções norte e nordeste. Parte das morfologias dunares da Ilha do Maranhão já foram retiradas da área em função da construção da Avenida Litorânea, instalada na porção norte e em fase de expansão em direção ao município de Raposa.

Os agentes oceanográficos são considerados para muitos autores como importantes agentes esculturais responsáveis pelas alterações morfológicas das áreas costeiras. Nesta perspectiva, e conforme a literatura especializada, os principais agentes oceanográficos atuantes na escultura das geoformas em questão são as correntes de maré, as ondas e as correntes litorâneas.

As correntes de maré exercem um trabalho decisivo na morfodinâmica litorânea da área. Tal situação fica evidente ao se observar o reduzido volume de águas fluviais dos rios Anil, Bacanga, Tibiri, Jeniparana, Santo Antônio, Paciência e outros, durante as marés de vazante, e os depósitos de vasas ou flúviomarinhos nos baixos cursos desses rios, depositados nos períodos de maré enchente.

Para Viana (2000) e Silva (2012), as correntes de maré movimentam os sedimentos arenosos ao longo do prisma praias leste-oeste, alterando, ao longo do tempo, as morfologias costeiras na Ilha do Maranhão.

Segundo Morais (1977), a velocidade das correntes de maré alcança até 2,5 m/s no Canal do Boqueirão, na Baía de São Marcos, com tendência à diminuição da velocidade na parte interna, ou seja, 1,5 m/s. El-Robrini et al. (2006) afirmam que as correntes de maré na Baía

de São Marcos são fortes, mas que, na zona de arrebenção do litoral norte da Ilha do Maranhão, apresentam baixas velocidades.

Em se tratando de uma área de macromarés, por apresentar amplitudes superiores a 4 m (CALLIARI et al, 2003), tem-se significativas áreas cobertas por planícies de maré, principalmente nas porções nordeste e sudeste, as quais são, em função de diversos fatores, protegidas em relação à ação das ondas. Nestas áreas, ocorre o predomínio de ambientes de manguezais, os quais estão associados aos estuários.

A Fundação de Estudos do Mar (2000) realizou medições em três pontos diferentes no Golfão Maranhense, com valores da média da preamar de sizígia e da média da preamar de quadratura, a saber: Alcântara – 6,48 m e 4,98 m; Ilha do Cajual – 6,02 m e 4,87 m; e na porção nordeste da Ilha do Maranhão – 6,02 m e 4,87 m. Os dados divulgados destes dois parâmetros no litoral do Maranhão apontam que os valores diminuem do litoral ocidental para o oriental.

Quanto à frequência e simetria das curvas, o autor defende que as marés da área em questão são semidiurnas, isto é, apresenta, aproximadamente iguais, duas preamares e duas baixa-mares em cada dia lunar.

As ondas são consideradas como um importante agente oceanográfico, pois são capazes de modelar as formas costeiras através do contínuo e intenso processo de esculturação, a partir da erosão e sedimentação de materiais.

A partir de dados gerados em jornada de campo, na Praia do Caolho, localizada na porção norte da Ilha do Maranhão, Feitosa (1989) estimou a altura das ondas entre 0,70 e 1,80 m, afirmando que, nas épocas em que as ondas são mais altas, estas incidem obliquamente e coincidem com a direção predominante dos ventos, isto é, nordeste.

De acordo com Feitosa (1989), as ondas que incidem na área norte da Ilha do Maranhão têm provocado o recuo da costa através dos efeitos diretos do trabalho erosivo sobre estruturas rochosas abruptas ou com ângulos de inclinação em torno de 25°, como o que ocorre nas pontas do Jaguarema, São Marcos, Bonfim e da Guia.

Acrescenta-se a essas áreas, outras que também apresentam morfologias de falésias em ativo processo de evolução com recuo constante do *front*, por meio de processos erosivos predominantemente pluviais e eólicos, como na Praia do Olho d'Água e nas diversas falésias presentes na porção leste da Ilha do Maranhão.

Para Feitosa (1989), o trabalho das ondas, associado aos agentes climáticos, provocou o avanço da linha da costa em direção ao interior da ilha até níveis próximos ao limite do alcance das marés.

As correntes litorâneas são aquelas geradas pelas ondas (SUGUIO, 1992) e incluem as correntes de retorno e os fluxos que se deslocam em um único sentido, ao longo da costa (ROSSETI, 2008).

Na porção norte do Golfão Maranhense, as ondas atingem as praias de forma oblíqua em virtude da direção



predominante dos ventos, isto é, a nordeste e, por isso, as correntes longitudinais ocorrem no sentido leste-oeste (FEITOSA, 1996; VIANA, 2000). Segundo Rosseti (2008) e Suguio (2010), estas correntes ao longo da costa são mais eficazes, em longo prazo, no transporte de sedimentos do que outros fluxos.

Conforme Feitosa (1996), a migração de sedimentos arenosos pelas correntes litorâneas nas praias da Ilha do Maranhão gera alimentação das canaletas por grande quantidade de sedimentos que, retrabalhados, formam marcas de ondulação como *mega ripples* e *ripple marks*. Tal fenômeno também pode ser observado ao norte da Ilha de Curupu, na Praia do Canto.

Na Praia da Ponta d'Areia, norte da ilha, é possível observar o depósito arenoso em direção aproximada leste-oeste, a partir da ação das correntes longitudinais. Este processo é tão intenso na área que, juntamente com os depósitos transportados pela ação fluvial dos rios Anil e Bacanga, e pela ação da maré, formam extensos baixios, ou planícies de areia, que ficam submersos durante a preamar, mas são rasos, extensos e bem visíveis na baixa-mar.

Quanto à ação humana, afirma-se que as paisagens geomorfológicas da Ilha do Maranhão foram e continuam sendo muito alteradas, desde o início do processo de ocupação, com a implantação do núcleo original da cidade de São Luís, ocorrido em 1612 (FERREIRA, 2000).

A implantação da cidade de São Luís ocorreu na porção noroeste da ilha do Maranhão, no promontório envolto pelos rios Bacanga e Anil, e se expandiu em direção à leste, em virtude dos limites estabelecidos pela drenagem em questão.

A população ocupava predominantemente as áreas de tabuleiros e encostas da porção norte da ilha supracitada, o que já acelerou os processos modeladores atuantes das paisagens geomorfológicas locais.

De 1612 a 1875, tem-se uma forte atuação do Estado como agente social, o que objetivou estruturar a cidade nos aspectos espaciais, econômicos e sociais. Espacialmente, isto ocorreu por intermédio da implantação de ruas, cais, calçamento e construções, e da inserção de novos espaços através de aterros em áreas inundadas e desmontes nas porções mais movimentadas topograficamente.

No período de 1876 a 1950, tem-se a ocupação das áreas de manguezais por parte da população anteriormente escrava e recém-liberta que, absorvida pela indústria têxtil e não tendo acesso à terra em virtude da Lei nº 601/1850, ocupa áreas inapropriadas ao uso residencial e sem infraestrutura (SILVA; NUNES, 2014).

Defende-se que este fato histórico tenha deflagrado o processo de ocupação das áreas das planícies de maré, por parte das populações de baixa renda e, apesar de tantos anos passados, tal situação ainda pode ser observada na Ilha do Maranhão.

Através da política territorial e do capital industrial nacional e internacional, tem-se vinculado ao Programa

Grande Carajás a implantação de dois grandes empreendimentos no município de São Luís em 1980, a Companhia Vale e a Alumar (Consórcio Alumínio do Maranhão), que viabilizaram a implantação do Distrito Industrial de São Luís, que, por sua vez, está articulado aos portos localizados na porção oeste da Ilha do Maranhão, hoje inseridos no Complexo Industrial e Portuário de São Luís – Itaqui e os terminais privados da Ponta da Madeira (Companhia Vale) e da Alumar – Itaqui (SILVA; NUNES, 2014).

Estes empreendimentos foram beneficiados em virtude da boa situação geográfica de São Luís em relação ao mercado externo, das ótimas condições portuárias da Baía da São Marcos, da boa infraestrutura rodoferroviária, articuladora da cidade às outras macrorregiões do Brasil, da proximidade do distrito industrial em relação à área urbana do município e, ainda da política de incentivos fiscais.

Apesar do incremento populacional ocorrido e dos atrativos anteriormente citados, esses empreendimentos não geraram melhoria da renda para grande parte da população local, mas acirraram ainda mais as contradições existentes no município e áreas adjacentes, uma vez que desencadeou a especulação imobiliária.

Como consequência dessas ações humanas, houve uma ampla retirada da cobertura vegetal, instalação de aterros nas áreas de planície de maré e planícies fluviais, retirada de materiais nas áreas tabulares pouco ou muito dissecadas e assoreamento de canais de drenagem, alterações até hoje observadas na ilha em função da expansão ocorrente.

Deu-se ainda a melhoria da infraestrutura urbana de São Luís através da instalação de shopping centers, da verticalização da cidade e do crescimento no setor norte, denominado de “Novo Pólo Urbano” (FERREIRA, 2000).

Em 2010, de um total de 1.309.330 habitantes, 77,50% residiam no município de São Luís, 12,45% em São José de Ribamar, 8,03% em Paço do Lumiar e 2,01% em Raposa, o que confirma grande concentração populacional no município de São Luís (SILVA, 2012) e uma continuada expansão urbana.

## Formas de relevo da Ilha do Maranhão

Na Ilha do Maranhão há formas de relevo deposicionais, também denominadas de acumulativas ou agradacionais, e formas erosivas ou denudacionais, ambas resultantes de processos morfogenéticos e morfodinâmicos. O texto a seguir expõe cada uma dessas categorias.

### • Relevos deposicionais

As feições geomorfológicas deposicionais ocorrentes na área de estudo estão inseridas no sistema estuarino do Golfão Maranhense (TEIXEIRA; SOUZA FILHO, 2009) e estão representadas pelas: **planícies flúvio-marinhas** (planícies de marés/mangue e planície de supramaré/pântano salino), **planícies marinhas** (barras de areia alongadas, praias,

terraços marinhos), **campos de dunas fixas** (paleodunas), **campos de dunas móveis**, **planícies fluviais** e **lacustres** e **planície lamosa**. Estas formas apresentam depósitos inconsolidados, de idade holocênica, modelados predominantemente pelo clima, pelos agentes oceanográficos e pela ação humana e apresentam forte dinâmica em virtude dos fluxos constantes de matéria e energia.

Segundo Santos et al. (2004), o Golfão Maranhense é um "... grande e complexo sistema estuarino ..." (p. 1), sendo este "... um corpo de água semifechado no qual ocorre mistura de processos fluviais e marinhos..." (ROSSETI, 2008, p. 263), relacionado muitas vezes ao afogamento dos vales fluviais, com diluição significativa da salinidade por causa do afluxo de água doce (SUGUIO, 1992).

Nesta perspectiva e numa visão espacial, os estuários são, na zona costeira, um prolongamento do sistema fluvial, apresentando uma morfologia alongada, definindo como limite continental do estuário a zona de máxima influência das correntes de maré (ROSSETI, 2008).

Segundo esta autora e quanto à distribuição da energia total produzida pelos processos fluviais e marinhos dos estuários, estes podem ser setorizados em três unidades, isto é, uma interna, uma central e uma externa. O setor interno é caracterizado pelo predomínio dos processos fluviais, com pequena atuação das ondas e correntes de maré. No central, dá-se o equilíbrio entre os processos marinhos (correntes de maré) e os fluviais, sendo as águas denominadas de salobras, por terem salinidade mista. O predomínio dos processos marinhos é a característica marcante do setor externo.

Em relação à interação dos fluxos e conforme Rosseti (2008), os estuários podem ser classificados como dominados por ondas ou por marés. No primeiro caso, eles ocorrem em geral nas costas com regimes de micro e mesomaré sendo os setores bem distintos, com duas áreas de maior energia, isto é, uma localizada na desembocadura e a outra, na cabeceira do estuário. Os estuários dominados por maré (tipo ocorrente no Golfão Maranhense) ocorrem predominantemente em costas com regime de macromaré caracterizadas por terem grande amplitude de maré e baixa influência de onda e, conforme a classificação de El-Robrini et al. (2006), são costas recortadas.

A planície flúviomarinha mapeada na área da ilha engloba as planícies de maré, associadas aos mangues, e a planície de supramaré, correlacionada aos pântanos salinos ou apicum.

As **planícies de maré** são morfologias deposicionais ocorrentes em costas planas a suavemente inclinadas, de baixa energia, em áreas de macromarés em que a ação morfodinâmica da maré é superior à das ondas. Estas planícies ocorrem nas costas lineares dos sistemas deposicionais costeiros e podem ser subdivididas em três áreas: inframaré, intermaré e supramaré (ROSSETI, 2008).

Apesar de as planícies de maré do estado do Amapá estarem inseridas no tipo de costa linear, em virtude da

configuração destas geoformas (ROSSETI, 2008), no Golfão Maranhense, especificamente na Ilha do Maranhão, as planícies de maré configuram a costa recortada, devido à morfologia em reentrâncias do sistema estuarino em questão. Nessas planícies tem-se a colonização de **mangues**, indicando a forte interação entre os sistemas fluviais e costeiros (Figura 3.19).



**Figura 3.19:** Planície de maré na porção norte da Ilha de Curupu, nos momentos de maré cheia. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

As planícies de maré ocorrem em quase toda a costa da Ilha do Maranhão, apresentando uma significativa área na porção nordeste, especialmente no entorno interior da Ilha de Curupu, onde confluem dois importantes rios da Ilha, o Rio Paciência e o Rio Santo Antônio.

Nas demais áreas, as planícies de marés se interiorizam nas ilhas por meio dos canais de drenagem, em virtude da grande amplitude de maré, denominada assim de macromaré. Em grande parte dos canais, essas planícies ocupam os médios e baixos cursos dos rios, indicando a grande e fundamental importância das marés na modelagem do relevo na região (SILVA, 2012).

Numa área de planície de maré, situada a 4 km do Centro Histórico de São Luís (COELHO, 2002) e localizada na porção noroeste da Ilha do Maranhão, encontra-se a Laguna da Jansen. Esta laguna foi formada em meados da década de 1970 em virtude "... de aterros efetuados durante o plano de urbanização das praias da Ponta d'Areia..." (COSTA et al., 2008, p. 2).

Segundo Coelho (2002), a Laguna da Jansen, comumente denominada pela população local de "Lagoa da Jansen", foi gerada pelo represamento dos igarapés Ana Jansen e Jaracaty, provocado pela construção das avenidas Colares Moreira e Maestro João Nunes, para facilitar o acesso da população dessa área ao bairro São Francisco (Figura 3.20).



**Figura 3.20:** Vista aérea da Laguna da Jansen em São Luís. Fonte: Silva (2012).

De acordo com Coelho (2002) e Costa et al. (2008), a ligação com o mar se dá por meio de canais de drenagem apenas durante as marés de grande altura, ou na época das chuvas, quando o nível das águas da laguna fica mais elevado. Atualmente, o entorno da laguna está todo ocupado por residências e instalações comerciais; é uma área urbana muito valorizada no mercado imobiliário e encontra-se margeada pelos bairros da Ponta do Farol, São Francisco, Ponta d’Areia e Renascença I e II.

Ainda dentro da unidade de relevo das planícies flúviomarinhas, há uma morfologia específica na zona de supramaré denominada de apicum ou planície de supramaré ou **pântanos salinos** (Souza Filho, 1995), ocorrente nas áreas costeiras intertropicais, em todo o mundo.

De acordo com Ucha et al. (2004) e Hadlich e Ucha (2009), essas planícies são arenosas hipersalinas, localizadas nas porções mais internas do manguezal e estão associadas aos processos hidrodinâmicos derivados das oscilações de marés, vinculando trocas proporcionadas pela interação e interdependência entre os componentes do manguezal e de ecossistemas adjacentes (HADLICH; UCHA, 2009).

No interior das planícies de maré, ocorrem os designados apicuns inclusos, sendo feições geomorfológicas desprovidas de vegetação, denominadas também de apicuns vivos. Quando vegetados, apresentam espécies herbáceas, sendo, por isto, denominados de apicuns herbáceos.

Os solos dessas geoformas apresentam elevada salinidade e isto indica que ocorrem em áreas com tipos climáticos comportando períodos secos ou de estiagem. Esta elevada salinidade inibe o desenvolvimento da vegetação e, quando diminui, em virtude do aumento da precipitação e consequente lixiviação dos sais, é possível haver a instalação da vegetação de mangue (Figura 3.21).

Segundo Hadlich e Ucha (2009), as planícies de supramaré podem apresentar diversas situações em relação aos processos ocorrentes. Podem ter áreas de degradação sucessiva da vegetação de mangue, em função da elevada salinidade; podem ser assoreados em virtude dos processos

erosivos ocorrentes nas encostas adjacentes a eles, elevando assim o nível topográfico, e podem ser recolonizadas pelo mangue, em função de elevados índices pluviométricos que favorecem a lixiviação dos sais, diminuindo a salinidade.

Tais situações podem gerar ampliação ou redução dessas morfologias. Nesta perspectiva, várias condições influenciam na gênese, evolução e dinâmica das geoformas como as condições climáticas, a oscilação das marés, a alteração do nível relativo dos mares e a circulação hídrica estuarina devido à construção de barragens, dragagens dos leitos dos rios próximos aos manguezais e apicuns, subsidência de áreas pela exploração de óleo e gás, construção de estradas, aterros ou outras instalações (HADLICH; UCHA, 2009).

Apesar de apresentarem, ocasionalmente, degradação da vegetação de mangue, as planícies de supramaré, que bordejam interiormente as planícies de maré colonizadas pelos mangues, são formas agradacionais e são inundadas predominantemente nos períodos de maré de sizígia. São formas de relevo de difícil identificação e, geralmente, de reduzida dimensão (SILVA, 2012).



**Figura 3.21:** Planície flúviomarinha de supramaré na Ilha do Maranhão. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

Existe ainda, outras morfologias deposicionais na Ilha do Maranhão, às quais estão relacionadas a um tipo de costa denominada sub-retilínea, associadas às **planícies marinhas**, como as barras de areia alongadas, terraços marinhos e as praias.

As barras de areia alongadas ou barras de maré são morfologias costeiras deposicionais, planas e rasas “... que irradiam da desembocadura do rio em direção ao mar...” e são cortadas “... por um canal principal alimentador principal, que apresenta setores retilíneos e meandantes...” típicas de ambientes estuarinos dominados por maré (ROSSETI, 2008, p. 267-268).

Na área de estudo, estas barras podem ser observadas na porção nordeste, especificamente na Baía de Curupu, na desembocadura dos rios Paciência e Santo Antônio, durante a maré baixa. Na preamar estas geofomas ficam submersas (Figura 3.22).



**Figura 3.22:** Barra de maré na Baía de Curupu.  
Foto: Arquivo pessoal Quésia Duarte da Silva (2011).

Na porção sudeste da Ilha do Maranhão, município de São José de Ribamar, na Ponta do Guarapiranga, e a partir de trabalho de campo, foi visualizado a berma do terraço marinho (SILVA, 2012), não mapeado na escala de trabalho. Este terraço marinho quaternário está situado nas bordas de uma planície de maré e de uma praia, estando numa porção topográfica um pouco elevada em relação àquelas morfologias, altura inferior a 1 metro, sendo um possível indicador de paleolinha de praia, correspondendo a fases transgressivas e regressivas. Apresenta depósitos sedimentares de origem marinha, arenosos quartzosos finos acastanhados a pretos, provavelmente impregnados de ácidos orgânicos, húmicos e fúlvicos (Figura 3.23).

As praias da área de estudo são observadas predominantemente nas porções norte e nordeste das duas ilhas citadas e também nas porções leste e noroeste da Ilha do Maranhão. Isto ocorre em função da maior exposição destas áreas à atuação das ondas e das correntes litorâneas.

Viana (2000) defende que as praias da Ilha do Maranhão apresentam, em geral, um perfil caracterizado pela presença de pós-praia (*backshore*), estirâncio (*foreshore*) e ante-praia (*offshore*).

El-Robrini et al. (2006) afirmam que as praias do litoral norte da Ilha do Maranhão apresentam largura média de aproximadamente 250 m, podendo variar em face da grande amplitude de maré.



**Figura 3.23:** Berma de terraço marinho na Praia de Guarapiranga no município de São Luís  
Foto: Arquivo pessoal Quésia Duarte da Silva (2010).

A faixa praial possui, em geral, extensão com cerca de 8 km. A declividade apresenta idêntico comportamento, constituindo uma superfície plana cuja monotonia é quebrada apenas pela existência de cristas e canaletas, que ocorrem esporadicamente, atravessando as praias em processo migratório na direção da costa, onde desaparecem em seguida, preenchidas por areia. Nas canaletas, observam-se grandes marcas onduladas decorrentes da ação das ondas e das correntes litorâneas, com características de mega *ripples*, pequenas marcas formadas por ondas minúsculas, resultante da ação do vento nas poças d'água, retidas por ocasião do recuo da maré.

Segundo Santos (2008), a exposição do estirâncio nas praias da ilha varia de 100 a 500 m, mas pode variar de 200 a 1.000 m durante a baixa-mar nas marés de sizígia. Esta característica é presente em função da morfodinâmica costeira atuante na área (Figura 3.24).



**Figura 3.24:** Estirâncio na Praia de São Marcos na porção norte da Ilha do Maranhão. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

Quanto aos estágios morfodinâmicos distintos das praias, considerando as características do clima de ondas, as praias do litoral norte da Ilha do Maranhão apresentam um estágio dissipativo, com "... intensa atividade das ondas, marés, correntes litorâneas e ventos..." (EL-ROBRINI et al., 2006, p. 113).

Na porção leste da ilha, isto é, na Baía de São José, grande parte das praias está situada em ambiente de enseada. Essas praias apresentam aspectos morfológicos diferentes das praias da porção norte e nordeste da área de estudo, com índice de curvatura maior, menor ângulo de abertura e padrão pouco retilíneo da corda de praia. Em virtude da singularidade morfológica e da fragilidade destas áreas, frente uma crescente e inadequada ocupação relativamente recente, estas feições precisam ser mais profundamente estudadas.

Além das praias também foram mapeados os **campos de dunas**. Estas geoformas são caracterizadas por apresentarem depósitos arenosos eólicos móveis e fixos.

As dunas móveis, também denominadas de ativas, mais ocorrentes são as barcanas, longitudinais e frontais. Estas são encontradas predominantemente na porção nordeste da área de estudo, na Ilha de Curupu (Figura 3.25).



**Figura 3.25:** Dunas móveis na Ilha de Curupu. Fonte: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

Segundo El-Robrini et al. (2006), estas geoformas representam o ambiente de maior dinâmica areal, com registro de crescimento contínuo, entre o período de 1961 e 1991, e com expansão da área em 2,3 km<sup>2</sup>. Em geral, estas geoformas avançam na direção oeste e sul em função dos processos oceanográficos atuais, principalmente devido à direção predominante dos ventos. Apresentam-se como um grande atrativo turístico em função da beleza cênica.

A noroeste da Ilha de Curupu, na Praia de Carimã, podem-se observar dunas barcanas de aproximadamente 8 a 10 metros de altura, próximas à Baía do Curral, o que gera grande atração turística no local.

Na porção centro-norte da Ilha de Curupu é possível observar lençóis de areia, na forma quase planar, sem superposição de dunas com faces de avalanche. Neste sentido e juntamente com as dunas, os lençóis de areia são considerados como os tipos de depósitos de areias eólicas mais importantes das zonas costeiras (SANTOS, 2008), em virtude de serem importantes fontes de fornecimento de sedimentos para as mais diversas dunas das porções interiores.

As dunas semifixas ou vegetadas incluem as dunas frontais incipientes (embrionárias) e estabelecidas, as rupturas de deflação, os retrocordões e os *nebkhas*, e são encontradas na Ilha de Curupu. De acordo com Giannini et al. (2005), as dunas frontais ocorrem paralelas à linha de praia; na zona de pós-praia podem apresentar a forma de cristas, cordões dunares, rampa e terraço. Estas dunas ocorrem na Praia do Canto, ao norte da Ilha de Curupu. Os depósitos arenosos inativos correspondem às dunas fixas ou inativas ou às paleodunas ou dunas mais ou menos estacionárias, e são descritas normalmente como associadas aos campos de dunas transgressivos no Brasil (GIANNINI et al., 2005).

No Golfão Maranhense, segundo El-Robrini et al. (2006, p. 99), as paleodunas com depósitos eólicos costeiros pleistocênicos "... ocorrem numa posição afastada da praia e se caracterizam por uma coloração amarelo-alaranjada, fixadas por uma cobertura vegetal exuberante..."

Na Ilha do Maranhão, as paleodunas (dunas fixas) estão localizadas na interface entre as praias e os tabuleiros, apresentando aproximadamente 50 a 60 m de altura e, em sua maioria, são vegetadas (SILVA, 2012).

As **planícies fluviais** encontram-se no interior da Ilha do Maranhão, contornando os canais fluviais, nos fundos dos vales (SILVA, 2012). Em algumas áreas da ilha, ainda se tem uma vegetação residual em função da instalação de equipamentos urbanos residenciais, comerciais e industriais. Em geral, grande parte dessa vegetação já foi retirada o que tem gerado muitos problemas socioambientais relacionados às inundações (Figura 3.26).



**Figura 3.26:** Planície fluvial com estreita e reduzida faixa de mata ciliar. Fonte: Silva (2012).

Em algumas áreas se percebe a instalação de equipamentos urbanos sobre as planícies citadas, como se observa na Figura 3.27. Em outras áreas, os canais fluviais estão ocultos sobre a estrutura urbana, também gerando impactos sobre a população citadina.

Sobre os problemas das inundações urbanas na ilha (Figura 3.28), diversos estudos têm sido realizados desde o ano de 2012 e, em virtude do contingente populacional afetado, defende-se que toda a Ilha do Maranhão apresenta muitas áreas de risco ambiental ao fenômeno em questão.

As **planícies lacustres**, observadas em campo, mas não mapeáveis na escala de 1.50.000, ocorrem comumente na Ilha de Curupu, nas áreas interdunares ativas (Figura 3.29) e inativas. As primeiras são facilmente observadas na Praia de Carimã, local utilizado para fins de lazer pela população residente nos municípios da Ilha do Maranhão. Com notória beleza cênica, estas morfologias não são

ainda fortemente impactadas pelos visitantes, em função de não haver uma ponte ligando as duas ilhas supracitadas.

As planícies lacustres das áreas interdunares inativas podem ser observadas nas porções interiores da Ilha de Curupu. A população da ilha, cujo único povoado é denominado de Canto, se apropriou destas morfologias para instalação de residências para atividade pecuária, com a criação extensiva de um pequeno rebanho bovino, e para atividades de lazer (banho e campos de futebol).

Considerando as características climáticas da área, com chuvas ocorrentes e concentradas no primeiro semestre, as planícies lacustres raramente apresentam águas superficiais no segundo semestre, salvo aquelas mais profundas.

As planícies lamosas, também denominadas de coroas de lama, constituem uma planície, composta por pelitos lamosos pouco delgados, cinza-escuros, expostos na maré vazante (Figura 3.30).



**Figura 3.27:** Planície fluvial com instalação de residência dentro de um afluente do Rio Anil, na rua Nossa Senhora das Graças, Bairro Angelim. Fonte: Conceição et al. (2017).



**Figura 3.28:** Área inundada no trecho de montante do Canal do Rio das Bicas, Salinas-Sacavém. Fonte: Acervo pessoal de Luiz Jorge B. Dias (2009).



**Figura 3.29:** Planície lacustre interdunar na Ilha de Curupu. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.30:** Planície de maré lamosa ocupada parcialmente por manguezais, no Estuário do Bacanga (a jusante da barragem homônima), na localidade Tamancão (município de São Luís) em episódio de baixa-mar. Foto: Acervo pessoal de Luiz Jorge B. Dias (2017).

- Relevos denudacionais

Enquanto os processos agradacionais modelam formas de relevo por deposição de sedimentos, os processos denudacionais elaboram as formas esculturais do relevo através da dissecação.

Na Ilha do Maranhão, os relevos denudacionais, mapeados na escala de 1.50.000, estão representados pelos tabuleiros e os tabuleiros dissecados. No entanto, pesquisadores da ilha, consideram que os tabuleiros dissecados, na verdade são colinas.

Além das formas citadas acima, também foram observadas falésias, não mapeáveis na escala do projeto.

O relevo de **tabuleiro** encontrado na área de estudo caracteriza-se por ser baixo, com altitudes máximas em torno de 70 m, ocorrem predominantemente na porção central e centro-nordeste da ilha e em outras áreas dispersas no sentido radial.

Na porção norte da Ilha do Maranhão, os tabuleiros fazem contato com as praias e paleodunas e são densamente ocupados pelas instalações residenciais e comerciais, horizontais e verticais (Figura 3.31).

Os tabuleiros com topos planos foram e ainda estão sendo ocupados intensamente pelas populações e, em virtude de sua grande importância para a recarga dos aquíferos da ilha, requerem estudos sistemáticos sobre os processos que envolvem a evolução da morfologia.

Na figura 3.32 tem-se o registro de uma área de tabuleiro na bacia hidrográfica do Bacanga, na porção noroeste da ilha, com pouca ocupação do espaço. Estas áreas estão sendo cada vez mais ocupadas para o uso urbano, com retirada da vegetação, exposição do solo e início de processos de voçorocamento (Figura 3.33).



**Figura 3.31:** Tabuleiro costeiro na porção norte da Ilha do Maranhão com paleodunas. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.32:** Vista do tabuleiro na área da bacia hidrográfica do Bacanga, Ilha do Maranhão. Fonte: Pereira e Zaine (2007).



**Figura 3.33:** Área do Parque Estadual do Bacanga sob forte pressão antrópica. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

Em direção a nordeste, estes tabuleiros apresentam-se paulatinamente mais baixos e planos, como uma ampla e extensa rampa descendente em direção à Baía de Curupu, onde deságuam os rios Paciência e Santo Antônio (Figura 3.34).

A Agência Nacional de Águas (2017) descreve que os **tabuleiros dissecados** se diferenciam do conjunto dos tabuleiros devido a uma atuação mais efetiva da erosão e da dissecação fluvial promovida por uma rede de canais de média a alta densidade de drenagem, onde a antiga superfície tabular é desfeita num relevo movimentado de curtos tabuleiros e colinas de topo plano escavados, por vezes, em vales incisos, ladeados por vertentes declivosas. Na porção noroeste da ilha, entre os rios Anil e Bacanga, tem-se a área de ocupação mais antiga, com relevos colinosos, com encostas pouco a muito inclinadas e densamente ocupadas (Figura 3.35).



**Figura 3.34:** Vista panorâmica do relevo suave-ondulado, em forma de rampa, na porção nordeste da Ilha do Maranhão  
Fonte: Silva (2012).



**Figura 3.35:** Foto da rua do Giz, com estrutura urbana sobre relevos colinosos no Centro Histórico de São Luís  
Fonte: viajento.com

Estas geofomas margeiam as formas com topos planos, apresentando, em geral, declividades superiores a 12%, e ocupando o espaço compreendido entre as rupturas de relevo do tabuleiro até as áreas mais baixas e planas, individualizadas neste trabalho como as formas das vertentes.

Sobre a distribuição das classes hipsométricas, afirma-se que 70,11% de toda a área objeto de estudo está inserida nos intervalos de 0 a 30 m, sendo uma área predominantemente baixa. As classes de 0 a 10 m ocupam 25,50% do total. As duas classes que mais se destacam são de 10 a 20 m e de 20 a 30 m, equivalendo a 44,61% de toda a área.

Em geral, a porção central da Ilha do Maranhão apresenta as maiores altitudes, isto é, de 50 a 70 m, e é onde está localizado o tabuleiro central e o principal divisor de águas das bacias hidrográficas. As morfologias tendem a ficar cada vez mais baixas à medida que se aproximam da linha da costa. Não ocorrem tabuleiros na Ilha de Curupu.

Além da linha da costa, a porção nordeste da área de estudo apresenta as mais baixas altitudes, não excedendo a 20 metros, e com predomínio das faixas de 0 a 10 metros. Esta porção abrange a área nordeste da Ilha do Maranhão, toda a Ilha de Curupu e as demais ilhas que compõem o arquipélago desta área no Golfão Maranhense. Na região centro-sul e noroeste, encontram-se variações altimétricas de 0 a 70 metros e grande rugosidade, o que indica forte dissecação do relevo.

Em geral, e quanto à declividade, pode-se compartimentar a área de estudo em duas grandes porções, isto é, uma área com o predomínio de declividades inferiores a 6%, na porção centro-norte e centro-nordeste, e a outra porção, centro-sul e noroeste, com vertentes apresentando declividades de 0 a mais de 30%.

A classe de declividade predominante é de 2 a 6%. Em contraposição, a classe com declividades superiores a 30% ocupam apenas 0,01% da área total. As classes de 6 a 12%, 12 a 20% e de 20 a 30% abrangem 20,27% de toda a área, com destaque para a primeira classe supracitada.

Quanto mais perto da linha de costa, mais as declividades se aproximam da classe de 0 a 2%. Tal fato não se concretiza nas áreas em que ocorrem as falésias, em função do forte gradiente topográfico.

As falésias são escarpas abruptas, não necessariamente costeiras, com formas variadas. Quando costeiras são geradas pela ação das ondas sobre as rochas. São classificadas como geofomas relacionadas às costas erosivas (ROSSETI, 2008), abruptas (BLOOM, 1972), ou altas (VILLWOCK et al., 2005), e também ocorrem nas porções sub-retilíneas da Ilha do Maranhão. Conforme Suguio (1992), não são mapeáveis na escala 1.50.000.

Diferentemente de Suguio (1992), Meireles (1999) defende que as falésias são morfologias costeiras relacionadas às oscilações do nível relativo do mar e às mudanças nas condições climáticas.

Guerra (2006, p. 265) afirma que o termo em questão deve ser utilizado exclusivamente para as morfologias escarpadas costeiras. Eles defendem que o "... trabalho do mar nas falésias se faz pelo solapamento da base...", assim, concordam com Meireles (1999) à respeito da influência das mudanças do nível relativo do mar e das condições climáticas na modelagem das falésias.

Para El-Robrini et al. (2006), "... a ação erosiva das águas marinhas sobre os tabuleiros resulta na geração de falésias ativas..." (p. 97), também denominadas de vivas (MEIRELES, 1999), as quais são caracterizadas pelas encostas íngremes em contato com a linha de praia.

Nesta perspectiva, a ação das ondas, diretamente sobre as falésias aqui denominadas também de ativas, gera incisões em sua base, devido à retirada de sedimentos pela água do mar. O solapamento da base ocasiona instabilidade do talude e desencadeia movimentos de massa, que contribuem para o recuo da falésia.



Rosseti (2008) afirma que o recuo das falésias no Brasil por desmoronamento ocorre em ritmo acelerado, gerando deslocamento da linha da costa por várias dezenas ou centenas de metros em direção ao continente.

Os processos erosivos ocorrentes nas falésias ativas, gerando retrogradação ou recuo da linha costeira também geram um fator positivo, conforme Suguio et al. (2005), que é o fato de alimentar as praias arenosas adjacentes, o que também ocorre na Ilha do Maranhão.

As falésias inativas são aquelas que estão longe da ação das ondas (MEIRELES, 1999) e, por isto, normalmente são morfologias protegidas pela vegetação. Na Ilha de Curupu não há falésias ativas e/ou inativas.

Na Ilha do Maranhão, as falésias ativas estão localizadas nas porções sub-retilíneas de toda a costa da ilha (Figura 3.36 e 3.37), algumas das quais são ocupadas geralmente para uso residencial de forma inadequada, considerando o fato de serem áreas de risco (setas vermelhas) devido aos movimentos de regolito (setas amarelas).



**Figura 3.36 e 3.37:** Falésias ativas na porção leste da Praia de Panaquatira, com terraço de abrasão. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

## ■ USO DO SOLO

### Considerações gerais

De modo mais significativo e intenso observado nas últimas décadas, o processo de uso e ocupação do espaço urbano, de forma desordenada e inadequada, responde por uma série de alterações e impactos ambientais na Ilha do Maranhão. Para isso, tem contribuído o aumento significativo da população que, segundo o IBGE (1997), passou de 498.869 habitantes em 1980 para cerca de 1,3 milhões. Associadas e respondendo a essa urbanização acelerada, e em grande parte desordenada, aparecem consequências desastrosas na forma de erosão, diminuição da cobertura vegetal, instalação de zonas de microclima, remoção das dunas e aumento da contaminação das águas. O aumento da área ocupada representa um aumento de 61% no município de São Luís, 133% em Paço do Lumiar, 83% em São José de Ribamar e 60% no município de Raposa.

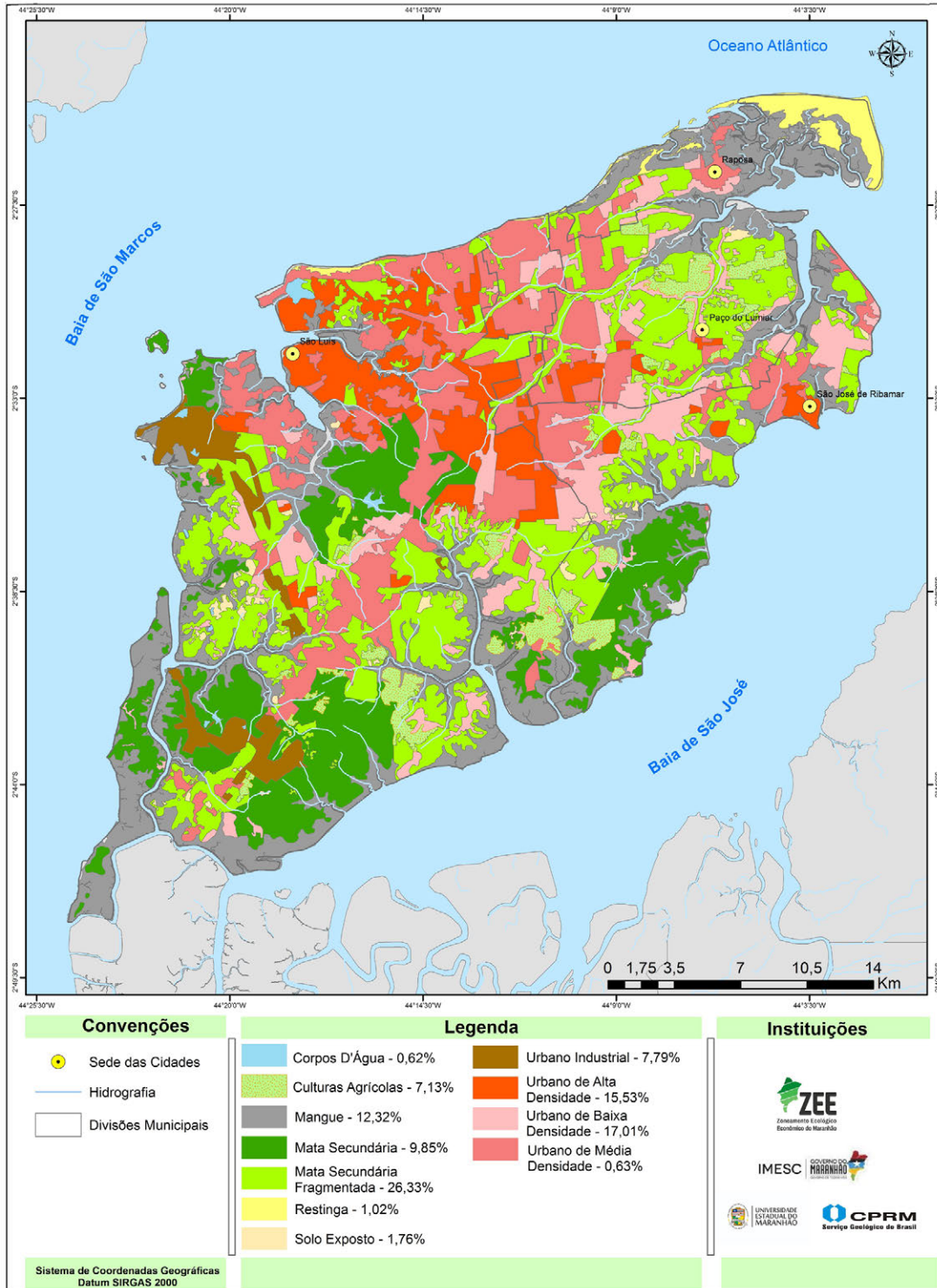
Das questões envolvendo e atuando sobre o meio ambiente, o processo de expansão urbana tem ocupado o centro das discussões ambientais, principalmente diante das características de apropriação e uso do solo nas cidades brasileiras que, no geral, seguem o mesmo padrão de crescimento acelerado e sem um planejamento adequado, com visíveis e inquestionáveis mudanças nas paisagens urbanas. A falta de infraestrutura (boas condições de moradia, saneamento básico, transportes, entre outros) e os impactos ambientais crescentes (uso inadequado do solo, destruição de áreas verdes, soterramento de rios e manguezais, poluição atmosférica, etc.) refletem claramente esse efeito nocivo diante do uso e ocupação informal do solo, do crescimento da malha urbana sem o acompanhamento adequado de recursos de infraestrutura e pressão e expansão imobiliária.

### Uso e ocupação do solo

O Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Ilha do Maranhão (Figura 3.38) foi elaborado com base no Mapa de Uso do Solo da Ilha (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO, 2016), com algumas modificações no que tange às classes de uso e ocupação do citado mapa, e balizado nos trabalhos do IBGE (2013, 2017). Essas mudanças ocorreram nas áreas urbanizadas, que no mapa da UEMA – Universidade Estadual do Maranhão contava com três classes (urbano denso, esparso e industrial); no mapa aqui apresentado, conta com quatro classes (urbano de alta, média e baixa densidade, além do industrial), e nas áreas com cobertura vegetal, que continha cinco classes (mangue, apicum, restinga, mata secundária e mata secundária fragmentada), foi acrescentada a classe relativa às culturas agrícolas. A classe apicum foi suprimida, em função da sua ínfima representatividade espacial.

Sendo assim, foram definidas onze classes de uso e ocupação do solo, representadas por áreas de mangue, restinga, mata secundária, mata secundária fragmentada,

culturas agrícolas, solo exposto, urbano de alta, média e baixa densidade, urbano industrial e corpos d'água, descritos a seguir.



**Figura 3.38:** Carta temática de Uso e Ocupação do Solo da Ilha do Maranhão. Fonte: Elaborado pelos autores, 2019, baseados nos dados (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO, 2016; INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS, 2019; IBGE, 2017; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017).

- **Corpos d'água**

Os corpos d'água superficiais são representados por lagoas, barragens e pequenos lagos. O mais expressivo é a Lagoa da Jansen, no bairro de Ponta de Areia (Figura 3.39). Totalizam uma superfície de 2,77 km<sup>2</sup>, que equivale a 0,30% da área da RMSL.



**Figura 3.39:** Vista panorâmica da Lagoa da Jansen, no bairro de Ponta de Areia, município de São Luís. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- **Mangue**

O mangue é um ecossistema cuja vegetação está assentada em terrenos lamosos, saturados em água salobra e muito ricos em matéria orgânica, resultantes da interface entre os ambientes terrestre e marinho, tipicamente de regiões tropicais e subtropicais. Em decorrência da alta salinidade dos solos desse ecossistema, no mangue predominam espécies halófitas, na maioria arbóreo-arbustivas. No estado do Maranhão, ocupa parte significativa da zona costeira, notadamente nas Reentrâncias Maranhenses, onde está localizado o Golfão Maranhense, composto pelas baías de São Marcos e São José e, entre elas, a Ilha do Maranhão, onde está assentada a Região Metropolitana de São Luís. A vegetação de mangue contorna praticamente toda a ilha e adentra os cursos dos seus rios (Figura 3.40). Apesar de ser um ecossistema protegido por lei face à ocupação, na referida ilha a degradação desse ambiente é visível em várias localidades. Ocupam uma área de 194,30 km<sup>2</sup>, que representa 21,53% da ilha.

- **Restinga**

A vegetação de restinga está associada a diversos tipos de depósitos sedimentares litorâneos paralelos à linha de costa, a exemplo de praias, cordões arenosos e campos de dunas, assim como nos estuários dos rios. Desempenha importante função ambiental de fixação de dunas e estabilização de manguezais. Na Ilha do Maranhão, essa



**Figura 3.40:** Manguezais associados ao Furo do Caranguejo, canal entre a Ilha do Maranhão e a Ilha do Curupu (Nordeste do município de Raposa).

Fonte: Arq uivo pessoal de Luiz Jorge B. da Silva Dias (2019).

vegetação conta predominantemente com espécies herbáceas e arbustivas, concentradas principalmente na Ilha do Curupu, município de Raposa; mas, também com presença ao longo das praias do litoral norte: Calhau e Araçagy, no município de São Luís; Mangue Seco e Cocal, no município de Raposa (Figura 3.41). Engloba uma área de 15,61 km<sup>2</sup>, que corresponde a 1,73% da superfície da ilha.



**Figura 3.41:** Vegetação de Restinga, próximo à Praia do Cocal, município de Raposa-MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- **Mata secundária**

As matas secundárias representam a vegetação em estágio de recuperação ecológica avançada, sobretudo as situadas no Parque Estadual do Bacanga (em São Luís), no sul (localidades próximas à Estiva e Estreito dos Mosquitos) e a leste da Ilha do Maranhão (eixo Baía de São José, que vai de Juçatuba a Guarapiranga, no município de São José de Ribamar).

São o resultado da ação antrópica, que degradou as matas ou florestas primárias (desenvolvidas em sua plenitude durante um prolongado período), através do corte para extração de madeira, queimadas para posterior uso do solo na agricultura e/ou pecuária, etc. Tem como característica um maior espaçamento das espécies vegetais, notadamente as de maior porte, do que nas matas primárias. Nas áreas tropicais, ocorre devido ao empobrecimento dos solos após a retirada, mesmo que parcial, da vegetação primária, que não consegue mais se regenerar integralmente. A Ilha do Maranhão, cuja ocupação se iniciou no período colonial (século XVII), teve ao longo do tempo a sua vegetação primária, classificada como Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas (IBGE, 2004), paulatinamente degradada. O que resta de mata secundária está concentrada no sul e sudeste da ilha, com a ocorrência de uma área significativa na porção central, em contato com a parte mais urbanizada de São Luís, que corresponde ao Parque Estadual do Bacanga (Figura 3.42 e 3.43), onde ainda guarda resquícios da vegetação

original da Floresta Amazônica em uma área total aproximada de 680 ha, configurando a maior área de vegetação amazônica relictual existente nos quatro municípios da Ilha do Maranhão. Esse tipo de associação vegetal ocupa uma extensão total de 120,26 km<sup>2</sup>, que equivale a 13,32 % do território metropolitano.

- Mata secundária fragmentada

Os fragmentos de mata secundária são resultantes da divisão em manchas, ou fragmentos menores, da vegetação secundária mencionada anteriormente. Na ilha, esse processo se intensificou com a urbanização acelerada das últimas décadas, que resultou em inúmeras manchas interdigitadas na área urbana. Esses fragmentos contêm uma vegetação ainda mais esparsa que os da mata secundária, com uma tendência de supressão total devido à pressão da expansão da área metropolitana (Figura 3.44 e 3.45). Unidade representada por alguns bosques de



**Figura 3.42:** Mata secundária do Parque Estadual do Bacanga, município de São Luís. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.44:** Mata secundária fragmentada, nas margens da estrada Tajaçuaba – Praia de Guarapiranga – Município de São Luís. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.43:** Imagem oblíqua do Parque Estadual do Bacanga (nordeste do município de Raposa). Fonte: Cedida pela Secretária de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS (2019).



**Figura 3.45:** Fragmento de vegetação secundária em terreno da CVRD (Anjo da Guarda, São Luís). Fonte: Arquivo pessoal de Luiz Jorge B. da Silva Dias (2018).

vegetação em vários estágios de sucessão ecológica, bem como remanescentes vegetacionais associados à vegetação de matas de cocais extensivos com predominância de babaçu (DIAS, 2008), estão situados em áreas sem conexão direta a partir de corredores ecológicos. A soma desses fragmentos de vegetação secundária totalizam 195,71 km<sup>2</sup>, que perfazem 21,7% da área da Ilha do Maranhão.

Estas áreas apresentam um estresse ambiental referente às pressões antropogênicas em curso, como ampliação das áreas de depósitos tecnogênicos gárbicos (PELOGGIA, 1998) ou lixões, bem como as queimadas que ocorrem no período seco (agosto a dezembro). Também ocorrem ocupações regulares (indústria da construção civil) e irregulares (ampliação do tecido urbano por autoconstrução e loteamentos não planejados e não oficiais). Apesar dessas questões, nessa categoria de uso e cobertura ainda estão presentes as últimas significativas áreas de recargas de aquífero sem impermeabilização de toda a Ilha do Maranhão (DIAS, 2015).

- Culturas agrícolas

As culturas agrícolas encontradas na ilha são pequenas parcelas de terreno com cultivos de subsistência, a exemplo da mandioca, vinagreira, pequenos pomares e hortaliças. Na porção norte, no município de Paço do Lumiar, existe algumas áreas com uma incipiente plantação de coqueiros para exploração comercial (Figura 3.46). Estas culturas indiferenciadas, no mapa, representam apenas 3,48% do território metropolitano, com uma área de 31,34 km<sup>2</sup>.



**Figura 3.46:** Plantio de coco em fase inicial na localidade Pindoba, município Paço do Lumiar. Fonte: Dias (2016).

- Solo exposto

As áreas de solo exposto estão, em geral, associadas à retirada da cobertura vegetal para implantação de culturas agrícolas, terraplenagem em área industrial e urbana, loteamentos e mineração (Figura 3.47). Muitas dessas áreas não tiveram a continuidade da ocupação prevista e foram aparentemente abandonadas. Nas áreas de mineração,

várias se encontram-se sem a devida recuperação que deveria ser feita após o término da exploração. Os solos expostos favorecem a incidência de processos erosivos, que carregam o material particulado para os cursos d'água. As manchas de solos expostos mapeadas ocupam uma área de 7,85 km<sup>2</sup>, que equivale a 0,88% da RMSL.



**Figura 3.47:** Solo exposto em loteamento na Vila Esperança, margem da BR-135, município de São Luís-MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- Urbano de alta densidade

As áreas urbanas de alta densidade da RMSL correspondem às nucleações mais adensadas, onde o revestimento do solo, e consequente impermeabilização, representam a quase totalidade da superfície ocupada, prevalecendo o escoamento superficial das águas pluviais. São bairros com uso residencial ou misto (comércio, serviços e residências), de alta densidade populacional, com pouca ou nenhuma vegetação e ruas pavimentadas na sua grande maioria. Equivale às áreas de urbanização consolidada da ilha, a exemplo do bairro de Ponta de Areia, os assentamentos urbanos associados à sede municipal de São José de Ribamar (leste da Ilha do Maranhão), os cursos da Bacia do Anil e do Bacanga, como é o Centro Histórico de São Luís (oeste) (Figura 3.48), o platô divisor Bancaga-Anil-Paciência, equivalendo às áreas do Monte Castelo à Cohab, da Cidade Operária ao Cohatrac-Parque Vitória-Turu-Olho d'Água (São Luís – área central da Ilha do Maranhão), sede do município de Raposa e áreas das vilas contíguas (Lacy e Bom Viver, Nordeste da Ilha do Maranhão) e do Maiobão e área de entorno imediato (Paço do Lumiar, centro leste da Ilha do Maranhão). Engloba uma superfície total de 72,25 km<sup>2</sup>, que corresponde a 8,0% da Ilha do Maranhão.

- Urbano de média densidade

As áreas urbanas de média densidade são de ocupação mais espaçada, mais residencial, média densidade

populacional, com a presença de vegetação em terrenos baldios e quintais, com menor índice de pavimentação das ruas, o que significa a presença de infiltração de parte das águas pluviais (Figura 3.49). Ocupam um pouco mais da metade das áreas urbanizadas da RMSL, com 156,78 km<sup>2</sup>, que equivale a 17,37% de sua superfície.

- Urbano de baixa densidade

As áreas urbanas de baixa densidade são de ocupação incipiente, no entorno das áreas de média densidade, que representam zonas de expansão urbana, de baixa densidade populacional, com vilas e vilarejos, loteamentos em processo de ocupação, áreas mistas de residências e pequenas chácaras ou sítios (Figura 3.50). A pavimentação nessas áreas é praticamente inexistente, o que reflete num maior potencial de infiltração. Ocupam uma área de 78,77 km<sup>2</sup>, ou 8,72% da Ilha do Maranhão.



**Figura 3.48:** Centro Histórico de São Luís, local da mais antiga consolidação urbana do Maranhão. Fonte: [https://www.ma10.com.br/wp-content/uploads/2019/05/16378\\_img\\_20190527\\_wa0016\\_6183718231911123249.jpg](https://www.ma10.com.br/wp-content/uploads/2019/05/16378_img_20190527_wa0016_6183718231911123249.jpg)



**Figura 3.49:** Área urbana com densidade média de ocupação no bairro Cidade Olímpica. Município de São Luís-MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- Urbano industrial

As áreas urbanas industriais da ilha ocupam uma extensão superficial de 26,80 km<sup>2</sup>, que corresponde a 2,97% do território metropolitano e estão relacionadas diretamente ao Distrito Industrial de São Luís (DISAL) e ao Sistema Portuário de São Luís. No primeiro, abarca atividades relacionadas à indústria de alimentos, estocagem de material, fabricação de cimento e indústria metalomecânica, por exemplo. Já a segunda engloba os terminais portuários de cargas do Itaqui (Figura 3.51), de Ponta da Madeira, de Ponta da Espera, Porto Grande e Porto Aumar. Nessas áreas, existe o risco de contaminação dos solos e aquíferos por efluentes e rejeitos industriais.



**Figura 3.50:** Área urbana de baixa densidade, nas margens da estrada de Panaquatira, município de São José de Ribamar-MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.51:** Área urbana com indústrias no Porto de Itaqui. Município de São Luís-MA. Fonte: Maranhão de Todos Nós (2019).

## Ocupação do solo versus situação ambiental do Maranhão

O processo de urbanização e incorporação de novos espaços ao tecido urbano dos municípios que compõem a ilha concorreu para a alteração das suas dinâmicas naturais. Como consequência do crescimento populacional desordenado, as áreas de preservação ambiental, como manguezais, nascentes e mananciais, foram ocupadas.

Dessa maneira, cada vez mais o solo natural foi substituído pela pavimentação, contribuindo para sua impermeabilização, podendo gerar inundações sem um sistema de galerias pluviais adequadas. Em outros termos, foram criados terrenos com “empréstimo” de material, configurando depósitos tecnogênicos nos quatro municípios da ilha (PORTELA, 2018). A demanda por recursos hídricos e a produção de efluentes sanitários e resíduos sólidos também cresceram (MACEDO, 2012), aumentando as pressões por captação de águas subterrâneas no ambiente insular ora analisado, bem como no continente, através do Sistema Italuís.

Os agentes sociais interferiram direta e indiretamente nas diversas paisagens e ambientes que constituem a Ilha do Maranhão, transformando-os segundo as suas próprias necessidades, explícitas ou não. Isso implicou na configuração de um conjunto de modificações diferenciadas na (re) produção do que se concebe como espaço geográfico regional, em que as escalas de atuação e análise de eventos são fatores condicionantes para um bom diagnóstico das influências antropogênicas. Essas alterações nos contextos das paisagens naturais e construídas foram desenvolvidas mais intensivamente durante um “curto” intervalo de tempo (aproximadamente cinco décadas), sendo perceptíveis até mesmo no ínterim de uma geração (algo em torno de vinte e cinco anos).

Para que melhor se compreenda a graduação de eventos e para facilitar a sua análise, Bastos e Freitas (2007) elencam os processos de interferência antropogênica em várias categorias, onde se pode enquadrar a ilha como um espaço com alto grau de controle humano, o que foi bastante explicitado a partir da década de 1960.

Desde então, ocorreram fases de incremento populacional que reconfiguraram o meio/espço urbano regional no decorrer do processo de dominação ambiental. Então, a partir das necessidades que os agentes sociais adquiriram, todas as alterações atuais foram consolidadas, no intuito de estruturar melhor, ou moldar, o ambiente em função dos serviços e das estruturas espaciais de fixos e fluxos inerentes às suas condições (DIAS, 2014).

Nesse contexto, os municípios que compõem a ilha devem ser considerados como um reflexo das dinâmicas externas e internas de tomadas de decisão públicas e privadas. A partir daí se desenvolveram muitos núcleos habitacionais que passaram a “gravitar” o Centro da capital maranhense e das sedes dos municípios de Paço do Lumiar, Raposa e São José de Ribamar. O espaço foi artificializado a partir de técnicas de terraplenagem e de aterramento de áreas de nascentes (e mesmo de cursos d’água de pequeno porte) e de zonas intermarés (vasas de manguezais e proximidades de praias), por exemplo, além de construção de áreas de ocupação e dos primeiros conjuntos habitacionais. Barragens foram criadas (Figura 3.52), mas sem usos adequados aparentes que não fossem a sustentação de vias de transporte.

A extração de argila, concreções ferruginosas e madeiras no Parque Estadual do Bacanga, na Vila Maranhão (ambos em São Luís), no Araçagy e no Santana (São José de Ribamar) e nas proximidades da Maioba (Paço do Lumiar), por exemplo, favoreceram o crescimento da cidade em vários aspectos estruturais e paisagísticos durante as décadas de 1960 e 1970. Essas localidades passaram a funcionar como jazidas de empréstimo tanto para a construção de conjuntos habitacionais (como os conjuntos Sacavém, Vinhais, COHATRAC, Maiobão e Cidade Operária), quanto para as áreas de ocupação (como Coroadó, Cerâmica,



**Figura 3.52:** Situação da Barragem do Bacanga (São Luís) em 2008, já com forte ocupação de entorno e com problemas de funcionamento e manutenção. Escala original em 1:2.000. Fonte: PMSL (2008 apud DIAS, 2015).

Coroadinho, Cohabiano, Trizidela da Maioba, Vila São José, Vila Cafeteira, Pirâmide).

Convém lembrar que Raposa somente surge, enquanto unidade administrativa, em 1994, já que outrora era povoado de Paço do Lumiar. Porém, desde a década de 1940 do século XX, passaram a ser ocupadas áreas naquela localidade, as quais eram consideradas “insalubres”: os manguezais. Tal fato impactou significativamente as relações ambientais locais, seja na devastação da biomassa ali dominante, seja na ruptura dos nichos ecológicos primários atuantes, seja no incremento das necessidades por utilização e incorporação de espaços próximos aos pontos de ancoragem de embarcações e comercialização de pescado.

Esse fato socioambiental hoje está maximizado, tendendo a ocorrer vários tipos de doenças, haja vista a grande incidência de vetores que habitam uma área poluída, dada a falta de tratamento de lixo e de esgotos, ambos tendo como bacias finais de dejeção a área tomada do domínio ecológico supramencionado (DIAS; RANGEL; COELHO SOBRINHO, 2006; OLIVEIRA; DIAS, 2018). A Figura 3.53 evidencia essa situação no Cacarape, bairro central do município de Raposa.



**Figura 3.53:** Depósitos irregulares de resíduos sólidos urbanos em ambientes de manguezais na localidade Cacarape, município de Raposa no Maranhão. Fonte: Arquivo pessoal de Luiz Jorge B. da Silva Dias (2017).

Os principais danos ambientais que se desenvolveram nesta fase contínua de *perturbação ativa* e predatória dos diversos espaços e ambientes da Ilha do Maranhão (entre 1950 e o início dos anos 2010) foram: degeneração das características biofísicas e bioquímicas das águas superficiais e subterrâneas, paralelas aos “processos de ocupação desordenada, erosão e poluição, fazendo com que os rios, riachos e igarapés percam a sua participação no equilíbrio ecológico e na qualidade de vida das pessoas” (MARANHÃO, 1998, p. 14-15). Segundo a mesma fonte, as bacias dos rios Anil, Bacanga, Paciência e Tibiri (aqui podendo, ainda, serem incluídas as bacias do Santo

Antônio, o Jeniparana e do Rio dos Cachorros), estão degradadas devido ao crescimento urbano e a falta de planejamento, associados ao lançamento de esgotos e resíduos sólidos em grandes quantidades, além da implantação de indústrias, modificaram as características desses rios, causando o assoreamento dos seus leitos e estuários, produzindo transformações de seus ecossistemas, inclusive com a retirada dos manguezais, ocorrendo conseqüentemente a poluição das águas [...] (MARANHÃO, 1998, p. 14-15).

A questão estrita do esgotamento sanitário e de seu conseqüente tratamento e tributação adequada em cursos d’água, a partir de processos de descontaminação dos recursos hídricos, é o principal responsável por esses impactos/degradações, não havendo um necessário interesse em mudanças da parte dos organismos responsáveis pelo processo de planejamento territorial (em instâncias municipal, estadual e federal), uma vez que uma ação corretiva demandaria altas cifras de recursos.

Nesse sentido, a população não está ainda ciente das problemáticas ambientais envolvidas no processo de incremento de alocação de novas parcelas de solo para que sejam atreladas determinadas atividades econômicas, conforme já citado o fato referente à Raposa.

Com relação à dinâmica ambiental, numa conjuntura espacial mais ampla, vem ocorrendo a degeneração das baías que delimitam a Ilha do Maranhão, em especial no que tange aos seus ecossistemas e sua conseqüente imposição de novos materiais e processos modificadores de suas características biogeográficas. Isto ocorre porque todos os efeitos destrutivos atuantes nas bacias de drenagem interferem direta e/ou indiretamente nos processos litorâneos e costeiros da parte central do Golfão Maranhense.

No lançamento *in natura* de efluentes domésticos e industriais nos cursos d’água a partir de seus cursos superiores (MARANHÃO, 1998), há acumulação de poluentes estuários; a esses ambientes são associados manguezais, que são um ecossistema de elevada fragilidade ambiental, pois além de serem verdadeiros “berçários” de várias espécies marinhas, são também fonte de abrigo e de alimentação de inúmeros organismos. Sua desestabilização pode levar à degradação da zona costeira da Ilha do Maranhão.

Os índices de coliformes fecais e totais das praias comprometem seus indicativos de balneabilidade (Maranhão, 1998, p. 16-19). A salinização de aquíferos é outra problemática a ser mencionada, em especial aqueles próximos das praias, que se caracterizam pelo rebaixamento da superfície piezométrica de águas potáveis em função de uma intrusão da água salgada na estrutura geológica que abrigava os aquíferos preexistentes.

As correntes de maré maximizam os efeitos de poluição da faixa litorânea da Ilha do Maranhão, haja vista o transporte de poluentes para áreas periféricas dos ambientes estuarinos. As praias são feições que também sofrem diretamente pela perda de “identidade paisagística” devido à falta de tratamento de efluentes. É o que se



observa, em especial, na parte da orla que compreende as praias do Araçagi, no município de São José de Ribamar e a Ponta da Areia, no município de São Luís. Áreas em que se encontram bem desenvolvidos processos sociais, atrelados aos físico-naturais.

Outra forma de se verificar o aspecto crescente da problemática em contexto é a grande disponibilidade que possuem determinadas áreas residenciais da capital maranhense (em especial os conjuntos habitacionais) à “gravitação” de unidades de concentração populacional, que se formaram e dinamizaram (desde meados da década de 80, período de maior intensidade de desenvolvimento histórico e social, além de geográfico) em áreas de entorno dos conjuntos habitacionais (as áreas de ocupação), que mostram as possibilidades de crescimento e desenvolvimento de atividades sobre o espaço, em função de uma disponibilidade de serviços e equipamentos urbanos da área central de um determinado subespaço urbano (GONÇALVES, 2001; Dias, 2004; DIAS; FERREIRA, 2004), sendo passíveis de se caracterizarem pelo conceito de *hinterlândias intraurbanas*.

Exemplos diversos podem ser citados, em especial as mais novas áreas de ocupação (com idade igual ou inferior a 20 anos), como é o caso da vila Cascavel, nas proximidades do Conjunto São Raimundo, da vila Isabel Cafeteira (entre a Cohab-Anil, a Aurora e o Cruzeiro do Anil), as vilas Cafeteira e J. Lima (circunvizinhanças do conjunto Maiobão), a maximização da abrangência espacial da vila Palmeira, acompanhando a margem esquerda do Rio Anil (mantendo relações sociais e econômicas diretas com o Bequimão e vice-versa), além do contexto particularizado (em se tratando de expansões) das diversas áreas que gravitam a Cidade Operária (NOGUEIRA JÚNIOR; DIAS; MORAIS, 2003; DIAS, 2004).

Em outros termos, a problemática causada pela má utilização dos elementos em face das limitações de uso do espaço urbano esgota algumas de suas capacidades de manutenção e estabilidade. A consideração do embasamento geológico-geomorfológico para fins de uso e ocupação do solo é relegada ao segundo plano, como nos casos específicos de algumas áreas aterradas às margens do Lago do Bacanga, na Avenida dos Africanos, e de presença de certos empreendimentos de construção civil em proximidades de paleodunas na extensão das praias da Ponta D’Areia, Calhau e Caolho.

Por outro lado, através da análise qualitativa de impactos ambientais, em razão das mudanças no território promovidas pelos já relatados fatores externos e internos, é revelado que o grande desafio de conservação dos ecossistemas da Ilha do Maranhão é a utilização sustentável dos recursos ambientais remanescentes (MACEDO, 2012).

As chamadas Áreas de Preservação Permanente (APPs), que se integram nas categorias de Áreas de Proteção conforme a Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, em seu Art. 3º, são definidas como áreas protegidas, cobertas

ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Como exposto, as APPs são instituídas não apenas pelo valor ecológico que lhes são atribuídas de preservar a biodiversidade e a cobertura vegetal, mas a clara necessidade de salvaguarda da qualidade de vida das populações e do equilíbrio ambiental. A demanda nas cidades e nas regiões metropolitanas por espaços, e sua evidente exploração econômica, mantém o empenho de preservar áreas de extrema relevância de conservação e impor barreiras para ocupação, não só as urbanizadas como as rurais.

Partindo desse pressuposto, na Ilha do Maranhão, em virtude da heterogeneidade de paisagens em concorrência com o alto controle humano no espaço, é necessário o reconhecimento de conservação dos sistemas ecológicos associados às APPs, como manguezais, vegetação de dunas, restingas, marismas, apicuns, matas ciliares, lagos temporários, bordas dos cursos e corpos d’água. Isso pode ser observado na figura 3.54, mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APPs) da RMGSL, visível na escala de 1: 100.000.

As APPs de manguezais são os ecossistemas predominantes na Ilha do Maranhão, ainda inalterados quanto à cobertura vegetal, cujo substrato está propriamente relacionado com a presença de depósitos marinhos e flúviomarinhos da planície costeira, que compreende o Golfão Maranhense. Na Baía de São José, os manguezais apresentam-se com uma continuidade permanente, mas na Baía de São Marcos, em direção ao sul próximo da Ilha dos Caranguejos, se alternam com os campos inundáveis (lagos temporários da Baixada Maranhense).

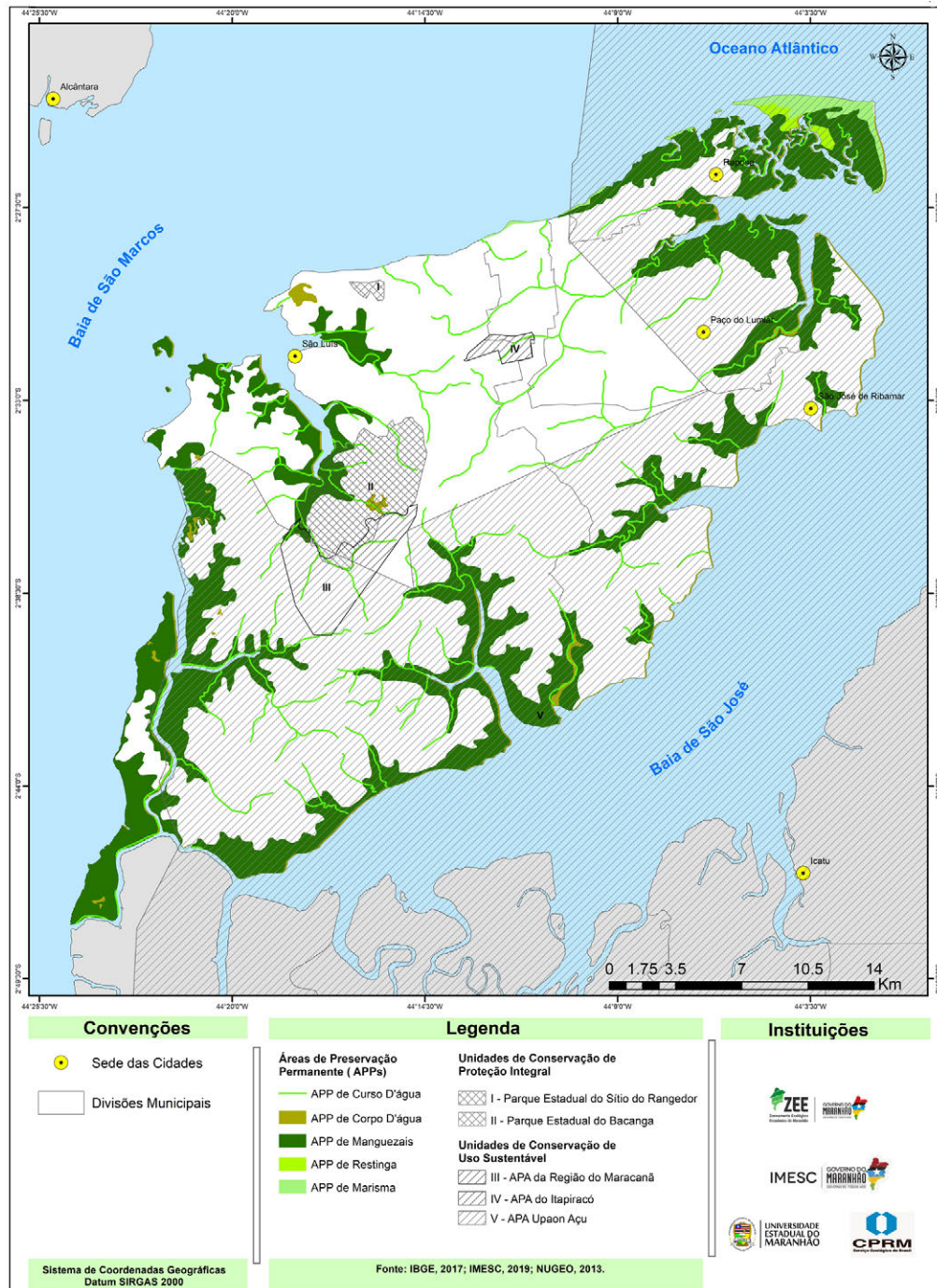
Por conseguinte, devido ao crescimento de novos empreendimentos e casas, a distribuição de água vem enfrentando problemas, apresentando um quadro deficitário em quantidade e qualidade. O principal sistema de abastecimento da capital é o Italuís, que capta água do Rio Itapecuru, recebendo contribuições das estações Sacavém, Olho D’Água e Paciência.

O sistema de tratamento é composto por duas estações de tratamento de água convencionais, Italuís e Sacavém (já em colapso) e duas estações de tratamento com fluxo ascendente, além de 312 poços tubulares profundos. Nos municípios de Raposa e Paço do Lumiar, o abastecimento é independente e administrado pelas prefeituras, trata-se dos serviços Autônomos de Água e Esgoto (SAAE). No entanto, a zona rural destes municípios ainda não conta com serviços de água encanada, recorrendo a poços e riachos que podem estar contaminados (MACEDO, 2012).

As bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão, por sua vez, estão em estado de degradação, pois processos de ocupação desordenada, erosão e poluição, fazem com

que os rios, riachos e igarapés percam a sua participação no equilíbrio ecológico e na qualidade de vida das pessoas (MARANHÃO, 1998; DIAS; NOGUEIRA JÚNIOR, 2005), encontrando-se com intensa contaminação recebendo 3 a 5 m<sup>2</sup>/s de esgotos "in natura" por uma população aproximada de 1,3 milhões de habitantes (MACEDO, 2012).

O sistema de esgoto sanitário de São Luís encontra-se na área urbana e se estende até as áreas periféricas dos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, dividindo-se em cinco bacias de esgotamento sanitário: Bacia Anil, Bacia Bacanga, Bacia do Paciência, Bacia Oceânica e Bacia Jeniparana. A primeira localiza-se na região central de



**Figura 3.54:** Carta temática das Áreas de Preservação Permanentes (APPs) localizadas na Ilha do Maranhão. Somam-se a elas as Unidades de Conservação (UCs), demonstrando pouco potencial real de conectividade das paisagens vegetais remanescentes. Fonte: Elaborado pelos autores (2019), baseados nos dados Núcleo Geoambiental (2013), IBGE (2017) e Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (2019).

São Luís, a segunda na porção sudoeste, a terceira ocupa a área oriental, a quarta encontra-se próximo ao Calhau e a quinta fica na região sudoeste da ilha (DIAS, 2014).

A limpeza pública e de coleta de lixo domiciliar apresentam situações precárias, pois São Luís gera cerca de 700 toneladas de lixo doméstico por dia, e os resíduos não dispõem de tratamento adequado, desde a coleta até a disposição final, e são depositados no Aterro Municipal de Ribeira. Aproximadamente, 90% da população é atendida pela coleta regular de lixo, exceto aqueles resultantes das indústrias e dos serviços de saúde (MACEDO, 2012).

Portanto, São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa necessitam de uma atuação mais presente do Estado, unir forças políticas municipais e estaduais para uma melhor organização espacial, bem como prezar pela preservação de áreas ainda não ocupadas e realocar famílias que se encontram em ambientes de risco. Para isso, é necessário o mapeamento dessas áreas, que é um dos objetivos ao fim deste projeto.

Como subsídio, podemos dizer que as mudanças em escala microclimática na Ilha do Maranhão, a partir das complexas modificações de seus ambientes em consequência do seu alto grau de controle humano, originam fenômenos pontuais, como as ilhas de calor, porém ainda não devidamente diagnosticados. No entanto, pesquisa pioneira e recente atesta diferenças gradativas de temperatura em espaços e subespaços de grande circulação (proximidades de vias de transporte) e de concentrações de prédios, como nas localidades Cohab-Anil, Tirirical, Cohatrac e Parque Atenas (ARAÚJO; SANT'ANNA NETO; MAFRA, 2003), mas que, conforme explicam os próprios autores, são preliminares e necessitam de uma maior abrangência analítica, seguindo pelo setor norte da capital maranhense, bem como pelo centro de São Luís e das outras cidades da Ilha do Maranhão (DIAS, 2016).

Convém ressaltar que há uma grande inter-relação entre as mencionadas problemáticas socioambientais materializadas no espaço insular em destaque e a falta de planejamento que vise melhor enquadrar as atividades urbanas, industriais e rurais, segundo as características inerentes a cada local. Ferreira (2004) lembra várias carências passíveis de resolução na RMGSL (Região Metropolitana da Grande São Luís), tais como as deficiências nas redes de coleta de esgotos e coleta de lixos, responsáveis imediatas pelo incremento da poluição de recursos hídricos, solos e comprometimento da qualidade de vida da população, principalmente em áreas periféricas, tradicionalmente desassistidas, como as áreas do entorno da Cidade Operária, do São Raimundo, da Cohab-Anil, do Angelim e do Parque Vitória.

Portanto, ressalta-se a necessidade de uma integração de forças políticas, em função de uma mobilização social, para que problemas de caráter regional possam ser resolvidos. São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa necessitam de um planejamento territorial urbano georreferenciado, moderno, atrelando tecnologias

de processamento de imagens e de correlação de bancos de dados, além de conhecimentos específicos sobre realidades-foco de planejamento territorial.

## ■ ADEQUABILIDADES E LIMITAÇÕES DAS UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS FRENTE AO USO E OCUPAÇÃO (geológico-geotécnico, recursos hídricos, recursos minerais, agricultura e geoturismo)

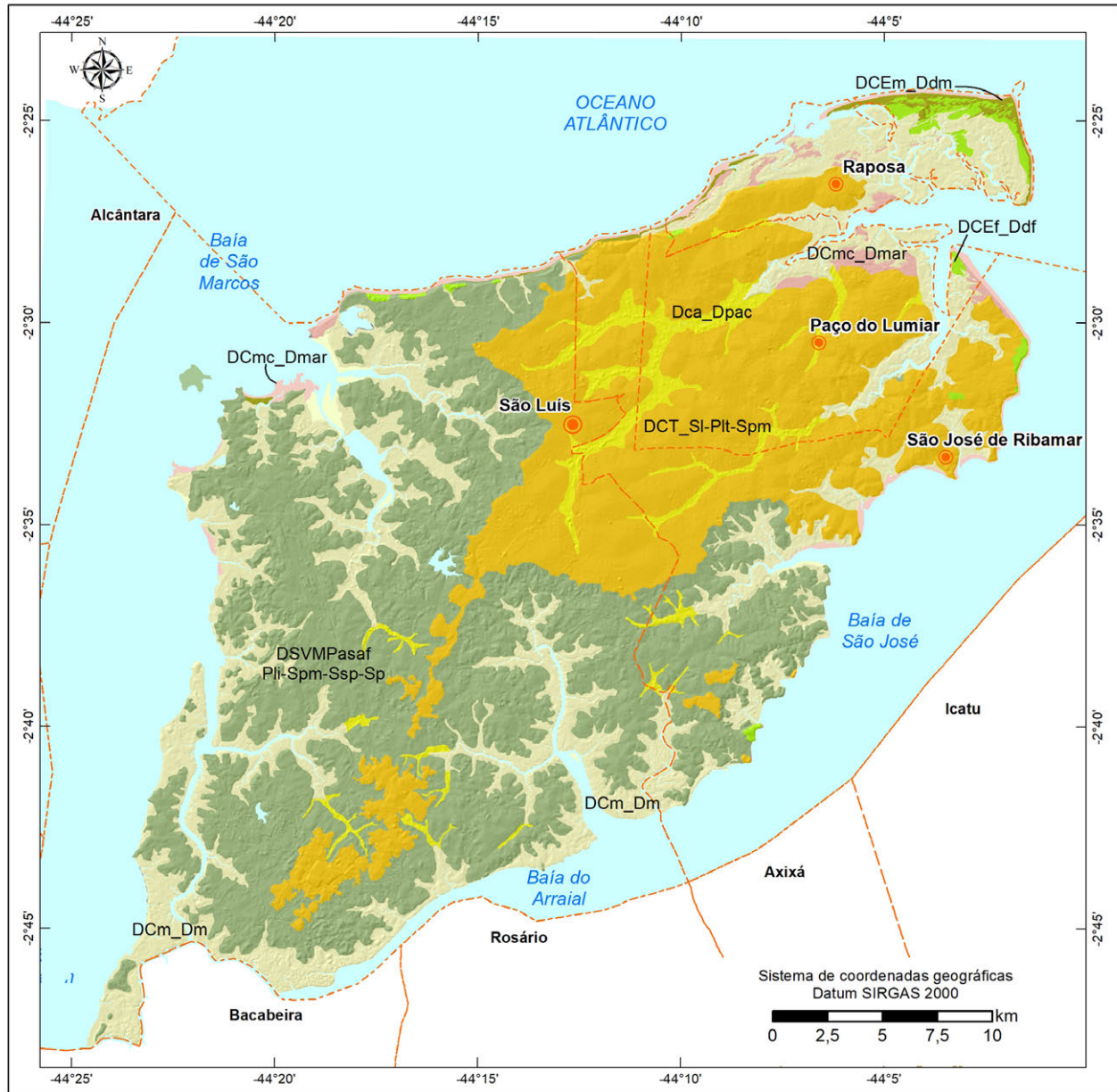
A descrição das adequabilidades/potencialidades e limitações frente ao uso e à ocupação dos terrenos existentes na Ilha do Maranhão estão fundamentadas na premissa de que diferentes grupamentos litológico, geomorfológico e pedológico associam-se a uma série de características, que quando analisadas em conjunto, indicam as adequabilidades e as limitações dos terrenos, caso sejam destinados à determinada forma de uso, ou quando se analisam seus potenciais geotécnicos, hidrológicos, minerais e geoturísticos.

Para esse tipo de análise, a área de estudo foi individualizada em quatro grandes domínios geológico-ambientais (DC – Domínio dos Sedimentos Cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquosos ou misto, DCE - Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Eólicos, DCT - Domínio dos Sedimentos Cenozoicos pouco a modernamente consolidados, associados a tabuleiro, e DSVMP - Domínio das Coberturas Sedimentares e Vulcano-Sedimentares Mesozoicas e Paleozoicas, pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares), os quais, em função das particularidades geológicas, foram subdivididos em sete unidades geológico-ambientais interrelacionadas a nove unidades de relevo (Figura 3.55 e Quadro 3.1).

Os domínios e suas unidades geológico-ambientais e respectivas formas de relevo foram descritos individualmente, na ordem cronológica de origem das rochas que os sustentam. Por isso, estão hierarquizados segundo o empilhamento, do mais novo para o mais antigo, ou seja, dos sedimentos recentes inconsolidados ou pouco consolidados aos depósitos sedimentares com mais de 60 milhões de anos.

### **DC – Domínio dos sedimentos cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquoso ou misto**

Esse domínio abrange uma área aproximada de 269,1 km<sup>2</sup>, com distribuição irregular em toda ilha (Figura 3.56). São terrenos sustentados por sedimentos depositados entre 1.8 milhões e 10 mil anos, com espessuras e litologias variadas (argila, silte, areia e cascalho), pouco consolidados ou inconsolidados, empilhados irregularmente em camadas horizontalizadas, depositados em ambiente de baixa e/ou alta energia e em áreas com amplitude e altitudes mais baixas. Nesse domínio foram diferenciadas três unidades geológico-ambientais.

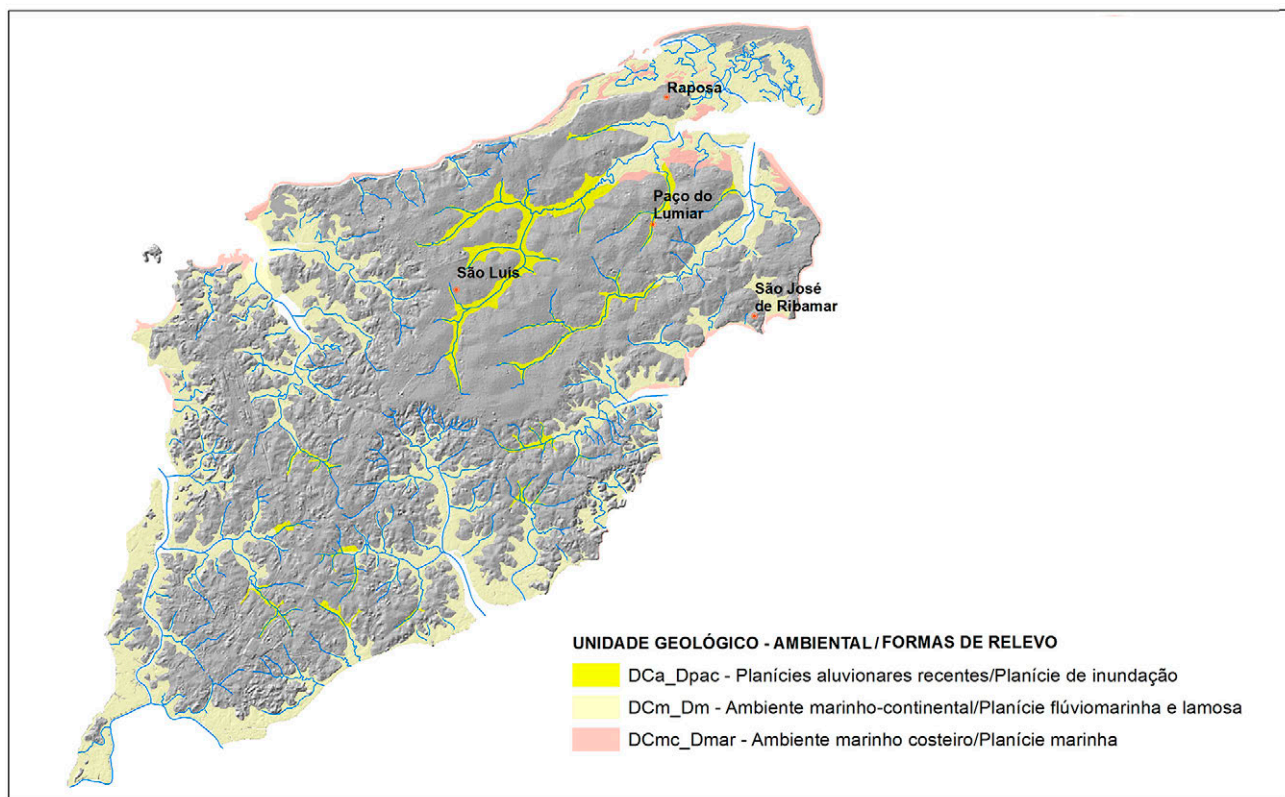


Convenções	Unidade Geológico-Ambiental/ Relevô	Localização da Ilha
<ul style="list-style-type: none"> <li> Capital estadual</li> <li> Sede municipal</li> <li> Limite municipal</li> <li> Lago, baía e oceano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> DCa_Dpac - Planícies aluvionares recentes/Planície inundaçãõ</li> <li> DCm_Dm - Ambiente marinho-continental/Planície flúvio-marinha</li> <li> DCmc_Dmar - Ambiente marinho costeiro/Planície marinha</li> <li> DCEm_Ddm - Dunas móveis/Dunas móveis</li> <li> DCEf_Ddf - Dunas fixas/Dunas fixas</li> <li> DCT_SI-Plt-Spm - Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composiçãõ diversa associado a crosta laterítica/Tabuleiros e tabuleiros dissecados</li> <li> DSVMPasaf_Pli-Spm-Ssp-Sp - Intercalações de sedimentos arenosos síltico-argilosos e folhelhos intensamente intemperizados, formando perfil laterítico truncado (saprolito, mosqueado e horizonte concrecionário)/Tabuleiros dissecados.</li> </ul>	

Figura 3.55: Mapa das unidades geológico-ambientais da Ilha do Maranhão. Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

**Quadro 3.1** – Domínios, unidades geológico-ambientais, unidades geológicas e relevo associados.

CÓDIGO DOMÍNIO	CÓDIGO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS	UNIDADES GEOLÓGICAS ASSOCIADAS	RELEVOS
DC	DCa_Dpac	Ambiente de planícies aluvionares recentes	Depósitos aluvionares	Planície de inundação
	DCm_Dm	Ambiente misto (marinho/continental)	Depósitos de mangue, depósitos de pântanos salinos, depósitos de planície lamosa	Planície flúviomarinha e planície lamosa
	DCmc_Dmar	Ambiente marinho costeiro	Depósitos litorâneos praias, cordões litorâneos antigos,	Planície marinha
DCE	DCEm_Ddm	Dunas móveis	Depósitos eólicos litorâneos	Dunas móveis
	DCEf_Ddf	Dunas fixas	Depósitos eólicos continentais antigos	Dunas fixas
DCT	DCT_SI-Plt-Spm	Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversa	Pós-Barreiras	Tabuleiros e tabuleiros dissecados
DSVMP	(DSVMPasaf_Pli-SpmSsp-Sp	Intercalações de sedimentos arenosos siltico-argilosos e folhelhos	Grupo Itapecuru	Tabuleiros dissecados

**Figura 3.56:** Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais e formas de relevo associadas do domínio DC (Domínio dos Sedimentos Cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquosos ou misto), na Ilha do Maranhão. Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

- Ambiente de planícies aluvionares recentes (DCa\_Dpac)

A unidade geoambiental DCa\_Dpac possui uma área de 33 km<sup>2</sup>, e está representada por depósitos sedimentares gerados pelos rios Paciência, Santo Antônio, Turu, Bacanga, Tijupá, Janiparana, Riacho de Pedrinhas, Igarapé Combique e Anajatiua e outros. Essa unidade associa-se ao relevo de planície de inundação caracterizado por superfícies sub-horizontalizadas, pouco elevadas, acima do nível médio dos rios e riachos/igarapés, periodicamente inundadas em épocas de cheias.

- *Geologia/geotecnia* – Constituem as áreas dos depósitos aluvionares, caracterizados por zonas de acumulação atuais pouco profundas, formados por intercalações de camadas e lentes de diversas granulometrias, que podem variar de sedimentos arenosos e/ou lamosos a eventualmente depósitos de cascalho dispersos de lateritas centimétricas a milimétricas, mal selecionados, dependendo da fonte do material transportado e da energia da corrente do rio.

Unidade fracamente consolidada, saturada de água, com baixa capacidade de suporte (compressíveis), suscetível a deformação quando submetida a cargas elevadas e lençol freático muito próximo à superfície. O que condiciona a restrição ou elevação dos custos a alguns tipos de obras civis, desfavorece as obras subterrâneas, pois estas poderão sofrer encharcamentos ou se deformar, favorecendo a ocorrência de adensamentos, recalques, trincamentos e rupturas.

Áreas que mesmo possuindo alta suscetibilidade à inundação, onde periodicamente o nível da água se eleva, estão sendo desmatadas, aterradas e impermeabilizadas para serem ocupadas em construções de casas e rodovias. Observa-se ainda que esta expansão não ocorre apenas nas planícies, mas também ao longo (leito) dos rios e igarapés, criando assim áreas com risco alto a processos de inundações, assoreamentos, aterramento e/ou migrações de nascentes e dinamizando erosão nas margens. Além de risco hidrológico, estas áreas são consideradas Área de Preservação Permanente-APP (Figura 3.57) e estão sendo ocupadas irregularmente e desordenadamente, onde o esgoto *in natura* e resíduos sólidos (lixo) são lançados na margem e no leito do rio, causando poluição no solo e drenagem e degradando a paisagem dos rios.

- *Hidrogeologia* – A unidade constitui o Aquífero Aluvionar, de porosidade intergranular e de boa permeabilidade, assim como condutividade hidráulica favorável para percolação de água e recarga de aquíferos subjacentes, mas que tem potencial hidrogeológico baixo em decorrência da sua pequena espessura, até 10 metros, e/ou pela qualidade química e bacteriológica das águas, devido à existência de ocupação urbana próxima às calhas dos rios, sem sistema



**Figura 3.57:** Área de Preservação Permanente – APP na Bacia do Rio Paciência, ocupada irregularmente. Esgoto *in natura* e resíduos sólidos são lançados nas margens e leito do rio, causando poluição do solo e drenagem – Município São Luís - MA. Fonte: LEBAC-Laboratório de Estudos de Bacias Hidrográfica (LEBAC-DEGEO-UFMA). Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

de esgotamento sanitário. Apresenta vulnerabilidade natural muito alta (extrema) à contaminação das águas subterrâneas, devido a sua forma de ocorrência livre, composição de sedimentos arenosos e ocorrência do nível freático muito próximo à superfície.

- *Recursos minerais* – Mesmo com áreas favoráveis à exploração de areia de uso na construção civil, esta unidade precisa de licença ambiental para ser explorada, uma vez que constituem Área de Preservação Permanente - APP.

- *Atrativos geoturísticos* – Depósitos associados às áreas de várzeas e planícies fluviais dos rios, onde predominam águas doces, que quando cobertos com sua vegetação natural ou revitalizados apresentam alto potencial geoturístico, com belas paisagens cênicas, frondosas palmáceas, como juçaraís e buritizaís, e conforto térmico (Figura 3.58).

- *Potencial agrícola* – Predomínio de solos de boa fertilidade natural (Neossolos Flúvicos e Gleissolos Hápicos) adequados ao plantio de culturas de várzea (Figura 3.59).



**Figura 3.58:** Área de Preservação Permanente – APP do Rio Maracanã com juçarais – Município São Luís - MA. Fonte: LEBAC-Laboratório de Estudos de Bacias Hidrográfica (LEBAC-DEGEO-UFMA). Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).



**Figura 3.59:** Cultivo agrícola no entorno da nascente no curso superior da Bacia do Rio Paciência - MA. Fonte: LEBAC-Laboratório de Estudos de Bacias Hidrográfica (LEBAC-DEGEO-UFMA). Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

- Ambiente misto (Marinho/Continental) (DCm\_Dm)

Unidade formada em região tropical de clima quente e úmido, composta predominantemente por sedimentos finos (argila, silte), cinza escuros, ricos em matéria orgânica (Figura 3.60), depositados por águas de rios, com influência de maré, sob condições de baixa energia, em relevo de planície flúviomarinha. Representa os depósitos de mangue e perfazem uma área de 216,6 km<sup>2</sup>, correspondendo uma das maiores áreas de mangue do Brasil.

Ainda dentro dessa unidade, mas não individualizadas neste trabalho, encontram-se duas outras unidades: depósitos de planície de maré lamosa e depósitos de pântanos salinos. A planície de maré lamosa constitui pelitos lamosos, cinza-escuros, posicionada à frente dos

manguezais e submersos na maré alta e expostos na maré vazante (TEIXEIRA, 2006) e o ambiente de pântanos salinos (Figura 3.61), também denominados de apicuns, são compostos por intercalações de argila com areia fina, posicionados nas zonas menos inundadas dos manguezais (zona de supramaré), atingidos principalmente pelas marés de sizígia. Em período de estiagem, principalmente junho a novembro, este ambiente forma depósitos salinos.



**Figura 3.60:** Depósito de mangue às margens do Estreito de Coqueiro, município de São Luís – MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.61:** Planície arenosa, associada à vegetação de mangue, correspondendo geologicamente aos depósitos de pântanos salinos. Ilha Curupu, município de Raposa - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- *Geologia/geotecnia* – Neste ambiente existem sedimentos inconsolidados constituído por material argilo-siltoso, rico em matéria orgânica, mole, com baixa capacidade de suporte e altamente compressível e pouco permeável. Tais terrenos apresentam baixa resistência ao corte, podem ser desmontados e escavados apenas com ferramentas, alta corrosividade para estruturas e equipamentos enterrados, com nível freático aflorante diariamente

durante o período da preamar, com presença de sais. Os processos pedogenéticos não são tão atuantes, desenvolvendo o solo indiscriminado de mangue. Estão cobertos por vegetação (Figuras 3.62 e 3.63), adaptada às águas salobras e salinas, como lenhosas, geralmente dos gêneros *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*, cipós e samambaias (epifitismos), dentre outras. As raízes desta vegetação servem para fixar sedimentos, impedindo assim a erosão e, ao mesmo tempo, estabilizando a costa. Associam-se a relevo plano de baixa amplitude e declividade, muito mal drenado, com lençol freático muito próximo à superfície, com alta suscetibilidade à inundação.

- *Hidrogeologia* – Depósitos com pequenas espessuras, na ordem de algumas unidades de metros, considerados como não aquíferos, devido a sua composição argilosa, permeabilidade muito baixa, além de apresentar águas salobras ricas em manganês e matéria orgânica, sendo inadequadas para o consumo. O potencial hidrogeológico é inexistente.



**Figura 3.62:** Mangue - Ilha Curupu, município de Raposa - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.63:** Vegetação de mangue-vermelho, associado ao canal de maré - Ilha Curupu, município de Raposa - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- *Recursos minerais* - Segundo a Legislação Ambiental, os manguezais são Áreas de Preservação Permanente (APP) sendo, *a priori*, vedada qualquer atividade de supressão da vegetação nativa.

- *Atrativos geoturísticos* – Ambiente considerado como berçário para algumas espécies marinhas ou estuarinas (peixes, moluscos e crustáceos), que encontram as condições ideais para reprodução, ou seja, criadouro e abrigo para várias espécies de fauna aquática e terrestre. São, portanto, regiões importantes para o equilíbrio ecológico e onde ribeirinhos podem pescar mariscos e crustáceos, constituindo assim um ambiente de alto valor socioeconômico. Atividades de ecoturismo também podem ser estimuladas.

Apesar deste ambiente ter alta importância no desenvolvimento de espécies animais e vegetais, devido à urbanização desorganizada, sofre pressão por ocupação, desmatamentos, aterramentos, lançamento de águas servidas e disposição irregular de resíduos sólidos (lixo), nos rios e no solo, causando poluição das águas, assoreamentos e diminuindo as espécies que neles habitam, principalmente, nas áreas das bacias dos rios Anil, Bacanga, Paciência e a área Itaqui-Bacanga (Figura 3.64), dentre outras.

- *Potencial agrícola* – Ambiente pouquíssimo explorado pela agricultura, devido ao alto conteúdo de sais, por estar diariamente (mangues) ou ocasionalmente inundado (apicuns) e por ser uma Área de Preservação Permanente - APP.



**Figura 3.64:** Área de mangue com disposição irregular de resíduos sólidos – Rio Anil - Vila Palmeira – São Luís. Fonte: LEBAC-Laboratório de Estudos de Bacias Hidrográficas (LEBAC-DEGEO-UFMA). Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).



- Ambiente marinho costeiro (DCmc\_Dmar)

Unidade com uma área de 19,2 km<sup>2</sup>, representada pelo ambiente de praias recentes e antigas, associadas ao relevo de planície marinha, com presença de dunas fixas e móveis, paleodunas e depósitos de tálus, com presença de vegetação de restinga.

- *Geologia/geotecnia* – Depósitos arenosos (fino a médio) associados a ambientes litorâneos praias antigos (Figuras 3.65) e recentes (Figuras 3.66). Material poroso e permeável, facilmente escavável, com baixa resistência ao corte e à penetração e boa capacidade de suporte. No entanto, são compostos por areia muito friável, sujeitos

ao fenômeno da liquefação, que se desestabilizam com facilidade em escavações, apresentando uma alta suscetibilidade à erosão costeira.

- *Potencial hidrogeológico* – A referida unidade constitui o Aquífero Litorâneo, de porosidade intergranular e de boa permeabilidade, que tem potencial hidrogeológico muito baixo, em decorrência das pequenas espessuras, na ordem de algumas unidades de metros, e da ocorrência de águas salgadas e/ou salobras associadas à cunha salina. Este aquífero apresenta alta vulnerabilidade natural à contaminação da água e do solo em função da sua forma de ocorrência livre, da composição por sedimentos arenosos quartzosos, e da ocorrência do nível freático com baixa profundidade em relação à superfície. A inexistência de uma camada argilosa, que pudesse reter possíveis contaminantes, agrava o perigo de contaminação, uma vez que se observa lançamento irregular de efluentes domésticos nas praias, causando assim poluição do terreno e das águas e contribuindo na redução do potencial turístico.

- *Recursos minerais* – Mesmo que esta unidade seja constituída predominantemente por areia quartzosa, não pode ser utilizada como agregado para construção civil, devido ao alto índice de sal que causa rachaduras nas obras. E, também, possui restrições para exploração, pois pode causar danos ambientais como, por exemplo, aumento da erosão, que ocorre naturalmente pela intensa atividade das ondas do mar e da ação do vento.



**Figura 3.65:** Depósitos litorâneos antigos. Praia de Itapetúia, Município de Raposa - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.66:** Depósitos litorâneos praias em contato com dunas fixadas por vegetação, onde foram construídos restaurantes que lançam seus efluentes domésticos, poluindo a Praia do Araçagy - São José de Ribamar - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- *Atrativos geoturísticos* – Áreas com alto potencial geoturístico, de grande beleza cênica, associadas às praias de areia esbranquiçada fina a média, banhadas por águas salgadas do Oceano Atlântico na Baía de São Marcos, como as praias do Amor, da Guia, Sol Nascente, Ponta da Areia, São Marcos (Figura 3.67), Calhau, Caollho, Olho d’ água, do Meio, Araçagy, Olho de Porco, Mangue Seco, Raposa, Carimã (Figura 3.68), Curupu, Panaquatira e Ponta Verde. Além das praias banhadas pelas águas da Baía de São José, como as praias de Caúra, de Banho, Boa

Viagem, Catatiua, Unicamping, Juçatuba, dos Prazeres, Guarapiranga, Guarapiranguinha, Juruparí, Ariubal (Figura 3.69), Cabana, Moça, Itapari, Itapetúia, Cocal, Ponta do Satuba e Arraial.

Apesar da grande beleza das praias, existem várias fontes poluidoras, que estão causando impactos ambientais negativos nessas regiões, como o lançamento de grande parte do esgoto da cidade e os efluentes domésticos lançados pelos restaurantes construídos na praia (Figura 3.66).



**Figura 3.67:** Praia do Farol de São Marcos exibindo as falésias do Grupo Itapecuru - São Luís - MA.  
Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.68:** Praia do Carimã - composta por depósitos recentes de areia fina branca, em uma planície moldada por ondas e maré do Oceano Atlântico, município de Raposa - MA.  
Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

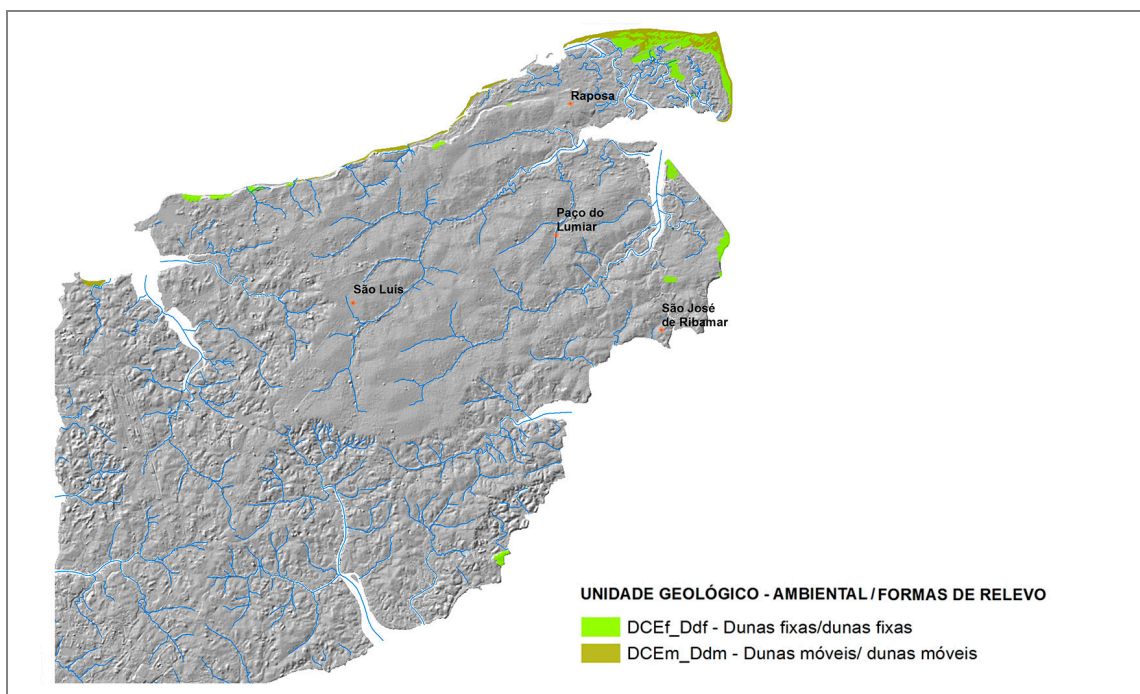


**Figura 3.69:** Praia Aribual - composta por sedimentos arenosos e argilosos cobertos por cascalho laterítico, oriundo de processos erosivos abrasivos das falésias, compondo um ambiente com alto potencial turístico. Município de São José do Ribamar – MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

## DCE – Domínio dos sedimentos cenozoicos eólicos

Domínio localizado na porção norte e nordeste da ilha (Figura 3.70), com aproximadamente 13,5 km<sup>2</sup>. Formado predominantemente por sedimentos arenosos inconsolidados de origem eólica, é associado a ambiente costeiro e diferenciado em duas unidades geológico-ambientais: dunas móveis e dunas fixas. As dunas fixas (7,65 km<sup>2</sup>), por estarem sobrepostas por vegetação rasteira, conseguem

se fixar (Figuras 3.71 e 3.72), diferentemente das dunas móveis (5,4 km<sup>2</sup>), desprovidas de vegetação e mais suscetíveis a serem transportadas pelo vento (Figuras 3.73 e 3.74). Na Ilha do Maranhão predominam os ventos alísios de nordeste. São formadas por areias esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulação fina a média, quartzosas. Muitas vezes encerram níveis de minerais pesados, principalmente ilmenita. Estratificações cruzadas de médio a grande porte e marcas ondulares eólicas podem ser registradas em algumas exposições.



**Figura 3.70:** Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais e formas de relevo associadas do domínio DCE (Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Eólicos), na Ilha do Maranhão. Fonte: Elaborado pelos autores (2019).



**Figura 3.71:** Dunas fixas, Praia de São Marcos, município de São Luís - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.72:** Dunas fixas, Praia de Panaquatira, município de São José de Ribamar - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.73:** Dunas móveis, APA do Carimã, município Raposa - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- *Geologia/geotecnia* – Tanto as dunas móveis quanto as fixas apresentam material facilmente escavável, com baixa resistência ao corte e à penetração, baixa capacidade de suporte, alta suscetibilidade à erosão e desmoronam com facilidade em talude de corte e aterros.

No caso específico das dunas móveis, em período de estiagem, são atingidas por contínua mobilização pela ação dos ventos, expostas a intenso retrabalhamento eólico. Residências e ruas tornam-se sujeitas a soterramento pela movimentação da areia, tornando inadequado para urbanização, obras viárias ou disposição de resíduos sólidos. Já as dunas fixas ocorrem à retaguarda ou entremeadas com as dunas móveis e apresentam incipiente desenvolvimento de processos pedogenéticos, resultando na fixação de um revestimento vegetal pioneiro (gramíneas e arbustos esparsos) típicos de restinga, que impede ou atenua a mobilização eólica. Em determinados setores da linha de costa, as dunas fixas exercem importante função no aporte de sedimentos para as faixas das praias, evitando a erosão costeira e mantendo o seu equilíbrio, assim como protegem as regiões mais interiores da abrasão marinha e diminuem a ação dos ventos.

- *Hidrogeologia* – Domínio associado ao Aquífero Eólico, de porosidade intergranular e de excelente permeabilidade, que tem potencial hidrogeológico muito baixo a moderado, em decorrência de pequenas espessuras saturadas, sendo no máximo 15 metros. Apesar da alta capacidade de circulação de água, os quantitativos de armazenamento ocorrem de forma reduzida e variável, conforme a forma, a espessura e a extensão das ocorrências. Pode apresentar um potencial químico reduzido, a depender da proximidade da ocorrência em relação ao mar e da relação com outras unidades adjacentes que permitam o fornecimento de águas salobras. Apresenta média a alta vulnerabilidade natural à contaminação do solo e da água em função da forma de ocorrência do aquífero livre, da



**Figura 3.74:** Dunas móveis, APA do Carimã, município Raposa - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

composição por sedimentos arenosos bem selecionados, e da ocorrência do nível freático com profundidade variável em relação à superfície, podendo atingir localmente algumas dezenas de metros. Constituem área de recarga para a unidade geológica subjacente e, portanto, não deve ser impermeabilizado e compactado. Ressalta-se que as áreas mais próximas ao litoral devem ser monitoradas, para que não haja bombeamento excessivo de poços tubulares, a fim de evitar o avanço da cunha salina.

- *Recursos minerais* – Alto potencial para extração de areia para construção civil (utilizada em aterros) e industrial (principalmente para vidros). No entanto, observa-se que essa atividade pode gerar grandes impactos, independentemente da tecnologia utilizada, uma vez que a extração de areia pode causar erosão, assoreamento, alteração da paisagem, covas abandonadas, poluição visual e sonora, assim como aumento da vulnerabilidade ambiental dos aquíferos subjacentes, pois estes ficarão ainda mais próximos da superfície. Ou seja, é um terreno com alta fragilidade ambiental, com restrições ao fomento de atividades mineral, onde a legislação ambiental vigente considera como Área de Preservação Permanente-APP.

- *Atrativos geoturísticos* – Grande potencial geoturístico, devido à grande beleza cênica e à associação com outros ambientes costeiros (praia, mangue).

A interferência antrópica na dinâmica da paisagem costeira provoca severas alterações no ambiente, principalmente em áreas de alta especulação imobiliária da franja costeira da Ponta D'Areia, Calhau, Araçagy e Panaquatira, como as construções de enrocamentos, remoção de dunas, obras de engenharias, disposição irregular de resíduos sólidos, além de altas vazões de lançamento de esgoto *in natura* nas

praias e nos rios Anil, Bacanga, Paciência, Calhau e outros que drenam para o mar com prejuízos direto na balneabilidade das praias e na redução do potencial turístico da Ilha do Maranhão.

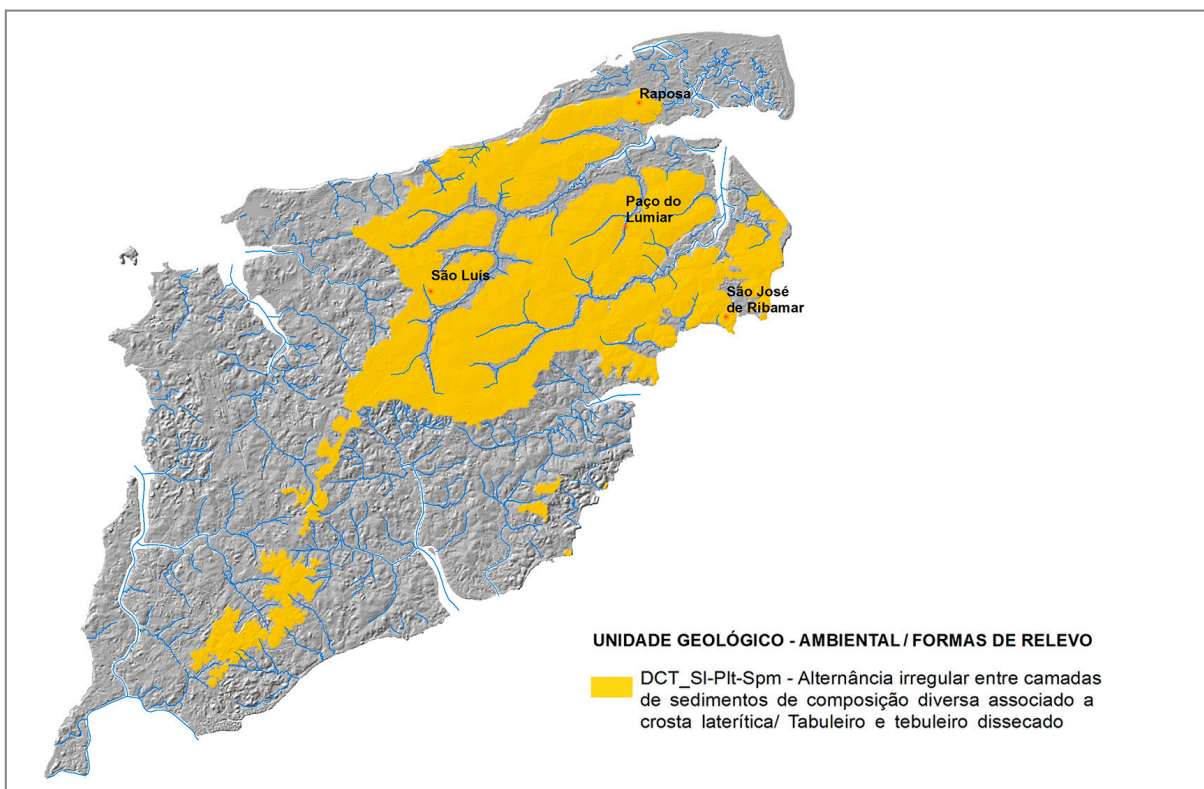
- *Potencial agrícola* – Nas dunas móveis não ocorrem o desenvolvimento de solos, devido à mobilidade do material arenoso, o que condiciona uma área inapropriada para agricultura. E sobre as dunas fixas podem ser gerados Neossolos Quartzarênicos, com baixo potencial para agricultura, devido serem constituídos basicamente por grãos de quartzo de textura arenosa, com fertilidade natural muito baixa, muito lixiviados, pequena capacidade de retenção de umidade e nutrientes, baixa coesão e adesão entre as partículas, sendo erodíveis e de difícil manejo.

### DCT – Domínio dos sedimentos cenozoicos pouco a moderadamente consolidados, associados a tabuleiros

Domínio com 264,8 km<sup>2</sup>, localizado na porção norte e nordeste e numa pequena área no sul da ilha (Figura 3.75). Está representado pela unidade geológico-ambiental DCT\_SI-Plt-Spm, que caracteriza-se por material sedimentar, de textura arenosa, areno-argilosa, argilo-arenosa, com granulometria fina a média, de cor amarelo-avermelhada

com espessura variante entre 1 a 8 m, geralmente associado à crosta ferruginosa (Figura 3.76), ou seja, produto de alteração da mesma. Também é possível identificar materiais arenoso e areno-argiloso, branco-amarelados, de textura fina a média, mal selecionados, assentados discordantemente sobre horizonte concrecionário ferruginosos (Figura 3.77). Terreno sustentado por relevo de tabuleiro e tabuleiros dissecados, caracterizado por altitudes entre 45 a 60 m, topo plano a suavemente ondulado, amplitudes e declividades (moderadas) baixas, bem estabilizado, médio a baixo potencial de erosão hídrica e a movimentos de massa, onde foram implantados grandes loteamentos, com arruamentos planejados. São áreas centrais e elevadas, de alta especulação imobiliária, preferenciais para expansão urbana da Ilha do Maranhão (Figuras 3.78, 3.79 e 3.80).

- *Geologia/geotecnia* – Material pouco coeso, com resistência branda a muito branda ao corte e à penetração, o que facilita as atividades de escavação e remoção. Apresenta moderada a baixa suscetibilidade a movimentos de massa, principalmente nas encostas dos tabuleiros dissecados. No entanto, ocorrem solos arenosos e areno-argilosos, pouco coesos, muito suscetíveis à erosão pluvial. Domínio favorável para urbanização e obras viárias, devido à moderada capacidade de suporte, facilmente escavável e por não precisar de cortes profundos para minimizar declives.



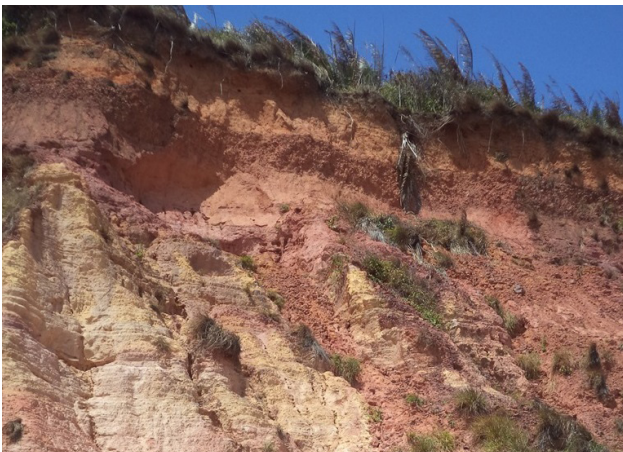
**Figura 3.75:** Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais e formas de relevo associadas do domínio DCT (Domínio dos Sedimentos Cenozoicos pouco a modernamente consolidados, associados a tabuleiro), na Ilha do Maranhão. Fonte: Elaborado pelos autores (2019).



**Figura 3.76:** Solo oriundo de crosta laterítica – Estrada para a Praia de Boa Viagem, município de São José do Ribamar – MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.78:** Área suavemente ondulada associada a solo de textura areno-argilosa de cor amarelada (Argissolo), apresentando feições erosivas. Área em processo de expansão urbana. Avenida Dois, município São José do Ribamar – MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.77:** Solo oriundo de crosta laterítica – Estrada para a Praia de Boa viagem, município de São José do Ribamar – MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.79:** Topo de tabuleiro associado a solo de textura areno-argilosa de cor amarelada, coberta por vegetação herbácea. Local onde retiraram material para aplainar o terreno e construir um condomínio de casas. Estrada da Raposa-MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.80:** Área plana a suavemente ondulada associada a solo de textura areno-argilosa de cor esbranquiçada (Argissolos), Parque Estadual do Bacanga – Recanto Verde - São Luís. Fonte: Pereira (2006).

- *Hidrogeologia* – A unidade constitui uma parte do Aquífero São Luís, que compreende o empilhamento vertical dos Sedimentos Pós-Barreiras e a Formação Cujupe (unidade superior do Grupo Itapecuru). O aquífero apresenta porosidade intergranular, boa a média permeabilidade, com potencial hidrogeológico moderado a alto, a depender da variação das espessuras saturadas, que ocorrem entre 20 a 80 metros, podendo atingir maiores valores localmente. Na área da Bacia do Rio Bacanga, a condutividade hidráulica variou  $K= 1,38 \times 10^{-5}$  m/s a  $K= 5 \times 10^{-7}$  m/s, indicando muito baixa, e transmissividade 0,39-30,24 m<sup>2</sup>/min, potencialidade boa a média para uso doméstico, valores obtidos a partir de testes de bombeamento de seis poços tubulares (MARTINS, 2018). Na Bacia do Rio Paciência, a condutividade hidráulica variou  $K= 7,8 \times 10^{-2}$  m/d indicando baixa, e transmissividade  $8,7 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/min, potencialidade baixa para uso doméstico (CASTRO, 2019).

Apresenta vulnerabilidade natural à contaminação da água e solo que, geralmente, é alta e localmente moderada, em função da sua forma de ocorrência livre e semiconfinada, da composição essencialmente de arenitos, e da variação da profundidade do nível freático em relação à superfície, que pode ocorrer entre 5 a 20 metros. Esta unidade caracteriza-se como área de recarga de aquífero, onde é necessário planejamento urbano, controle da ocupação e instalação de infraestrutura urbana e sanitária mais eficiente para evitar contaminação e, assim, preservar a qualidade da água subterrânea. Estas áreas são zoneadas no Art.29, § 1 como áreas de uso sustentável no Plano Diretor de São Luís (PREFEITURA DE SÃO LUIS, 2006, pg.4), e são importantes na reservação da água subterrânea para abastecimento dos Sistemas Sacavém e Paciência da concessionária CAEMA – Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão.

- *Recursos minerais* - Áreas com potencial para exploração de areia, saibro e argila para construção civil.

- *Atrativos geoturísticos* – Um dos destaques deste domínio é a ocorrência de falésias nas praias, com 10 a 20 metros de altura, compostas por unidades geológicas com idades que variam de 10 mil a 60 milhões de anos. Representando um grande atrativo geoturístico, devido à beleza cênica e ao contexto geológico.

- *Potencial agrícola* – Domínio formado por solos de fertilidade natural variável, com predomínio de Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Quartzarênicos, e em pequenas áreas Latossolos que, quando associados a um relevo plano a suavemente ondulado (Figura 3.81), adubados e fertilizados, apresentam alto potencial para agricultura mecanizável. Os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos profundos, moderadamente drenados e bem estruturados, apresentando alta capacidade de suporte e boa capacidade de armazenamento de água na matriz do solo, porém podem apresentar um horizonte adensado em

subsuperfície (fragipã, em torno de 1 metro de profundidade), o que dificulta a escavabilidade dos terrenos. Já os Neossolos Quartzarênicos apresentam alta capacidade de suporte, boa escavabilidade e boa condutividade hidráulica, facilitando a percolação em todo o perfil de intemperismo e recarregando aquíferos subjacentes. Estes solos, assim como facilitam a recarga de aquíferos, também podem facilitar a contaminação dos mesmos, constituindo assim áreas com alta vulnerabilidade à contaminação dos lençóis freáticos subjacentes.

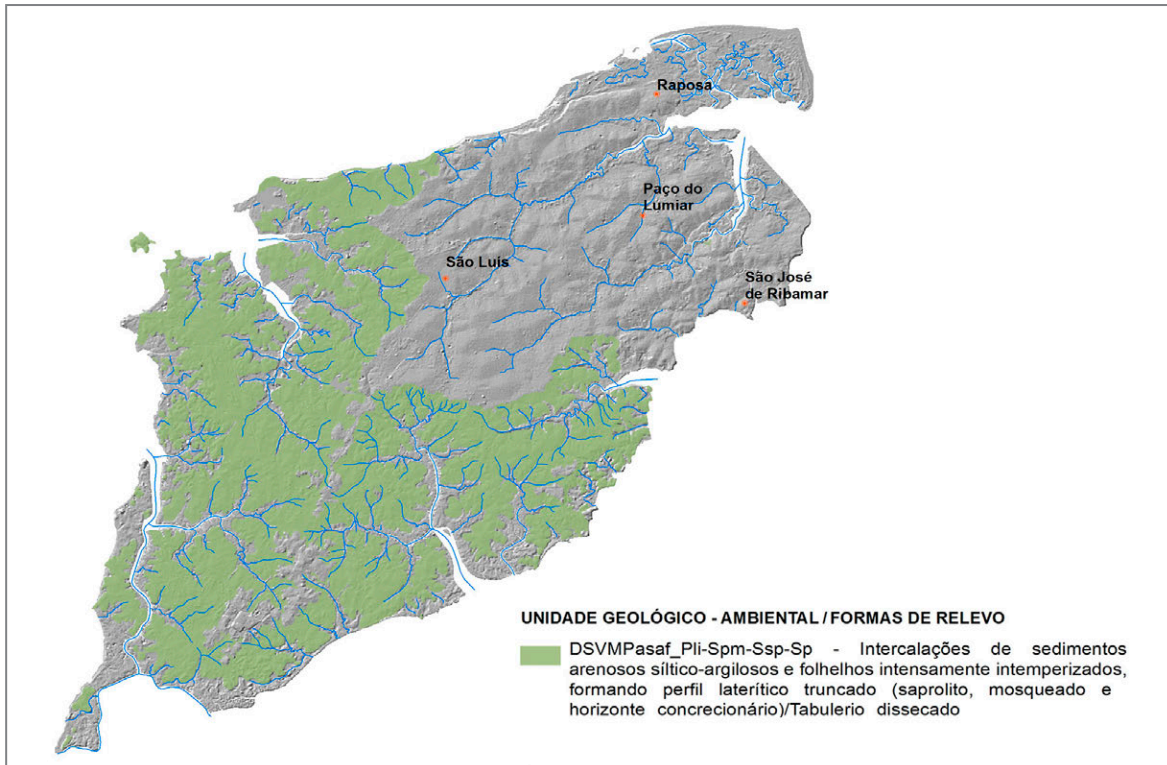


**Figura 3.81:** Topo de tabuleiro com superfície plana, utilizado para plantação de mandioca. Paço do Lumiar – MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

**DSVMP – Domínio das coberturas sedimentares e vulcano-sedimentares mesozoicas e paleozoicas, pouco a moderadamente consolidadas, associadas à grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise (ambientes deposicionais: continental, marinho, desértico, glacial e vulcânico)**

Domínio com maior expressão areal da ilha, com aproximadamente 366,7 km<sup>2</sup> (Figura 3.82), representado pela unidade geológico-ambiental DSVMP-Pli\_Smp\_Ssp\_Sp, constituído por rochas sedimentares formadas por intercalações de camadas arenosas e argilo-siltico-arenosas, e intercalações de lâminas de argila, que foram intensamente intemperizadas, formando um perfil laterítico truncado, sem presença de crosta laterítica preservada. Associado a um relevo de tabuleiro dissecado.

- *Geologia/geotecnia* – Os perfis geológicos-geotécnicos deste domínio são formados, da base para topo, por saprólito sedimentar bastante alterado, mas com preservação da estrutura da rocha e presença de poucas fraturas (Figura 3.83), com grau de resistência branda, gradando



**Figura 3.82:** Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais e formas de relevo associadas do domínio DSVMP (Domínio das coberturas sedimentares e Vulcano-sedimentares mesozoicas e paleozoicas, pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares), na Ilha do Maranhão. Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

para um horizonte mosqueado muito brando, sobreposto por crosta laterítica desmantelada (fragmentos ferruginosos maiores que 30cm) (Figura 3.84) ou horizonte concrecionário (fragmentos/concreções ferruginosas menores que 30cm em meio a matriz areno-argilosa) (Figura 3.85)



**Figura 3.83:** Perfil laterítico incompleto (saprolito areno-argilosos, horizonte mosqueado, gradando para um horizonte concrecionário) de 20 m de altura. Praia Ponta da Areia, município de São Luís - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

sempre associados a um solo pedogenético (Plintossolo Pétrico e Argissolo Vermelho-Amarelo Concrecionário), coberto por cascalho laterítico dispersos (Figura 3.86).

Os solos deste domínio são profundos e bem drenados, com boas condições para implantação de obras de infraestrutura, com alta capacidade de suporte, grau de resistência branda para escavação e perfuração devido



**Figura 3.84:** Crosta laterítica desmantelada, Praia do Amor/Porto do Itaqui, município de São Luís - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



a um perfil intempérico profundo, onde predominam sedimentos com grau de alteração avançado, podendo ser facilmente desmontáveis e escavados com ferramentas de corte, quando retirado o nível concrecionário sobrejacente a este material. Destaca-se, porém, que a presença deste horizonte concrecionário (fragmentos/concreções ferruginizadas endurecidas) pouco espesso (0,4 a 1 m) oferecem resistência ao serem escavados e perfurados por processos de sondagens.

No entanto, este material sustenta um relevo com declividades razoavelmente elevadas, onde as bordas dos tabuleiros apresentam zona de fraqueza com alta

suscetibilidade a movimento de massa (Figuras 3.87 e 3.88) e quando localizado na zona litorânea está sujeito às ondas e maré, favorecendo assim processos de erosão costeira (Figura 3.89). A retirada do nível laterítico (horizonte concrecionário ou crosta dismantelada) do terreno, por processos erosivos ou por extração na utilização na construção civil, possibilita que o material sedimentar areno-argiloso subjacente fique exposto aos agentes erosivos (Figura 3.90).

Nesta unidade existe, também, camadas de sedimentos carbonáticos em subsuperfície (Membro Alcântara) que podem, porventura, gerar processos cársticos.



**Figura 3.85:** Horizonte concrecionário (Plintossolos Pétricos), composto por fragmentos ferruginosos que sustentam o relevo de tabuleiro dissecado. Morro do Macaco, município de São Luís - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.87:** Área de risco muito alto a deslizamento, caracterizada por ocupações de moradias de alvenaria e madeira no topo e na base de um tabuleiro dissecado, com declividade acima de 45°, constituído por cascalho laterítico, e com presença de cicatrizes de deslizamento. São Luís-MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.86:** Área de extração de areia e laterita, onde a vegetação foi suprimida e a camada de 80 cm de arenito ferruginizado foi retirada, deixando algumas partes do terreno com fragmentos laterítico dispersos na superfície e, em outras áreas, saprólito arenoso suscetível à erosão. Município São José de Ribamar - MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.88:** Casa de alvenaria construída muito próxima ao talude de corte de 90° de inclinação e que apresenta alta suscetibilidade a processos de deslizamento. Rua da Mangueira, município de São Luís – MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.89:** Falésia de aproximadamente 18 m de altura sustentada por material sedimentar, representado por siltitos com estratificação acanalada, intercalados com argilitos cinza e calcarenitos bem resistentes, gradando para um saprólito com camadas métricas medianamente resistentes de arenito, interdigitado com camadas argilo-siltosas. Este material está sob ação de ondas, que propiciam que o mesmo seja erodido. Praia Ponta da Areia, município São Luís – MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.90:** Área de extração de areia, onde foi retirada a cobertura laterítica, propiciando a instalação de processos erosivos (sulcos e ravinas) nas camadas subjacentes de textura mais arenosa. Próximo à Avenida Engenheiro Emiliano Macieira, município São Luís – MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).

- *Hidrogeologia* – A unidade constitui a outra parte do Aquífero São Luís, que compreende o empilhamento vertical dos Sedimentos Pós-Barreiras e a Formação Cujupe (unidade superior do Grupo Itapecuru). O aquífero apresenta porosidade intergranular, boa permeabilidade, e tem potencial hidrogeológico muito baixo, baixo e moderado, a depender da variação das espessuras saturadas, que ocorrem em poucas unidades de metro a 50 metros, podendo atingir maiores valores localmente, e dos valores moderados

de transmissividade e condutividade hidráulica obtidos em testes de bombeamento de poços tubulares. Nas áreas em que o Aquífero São Luís tem menor potencialidade hidrogeológica, destaca-se a ocorrência do Aquífero Itapecuru, que ocorre de forma subjacente. O Aquífero Itapecuru apresenta porosidade intergranular, boa permeabilidade, e tem potencial hidrogeológico moderado a alto, conforme espessuras saturadas da ordem de várias dezenas de metros existentes logo abaixo dos carbonatos da Formação Alcântara e da primeira sucessão de pelitos do Grupo Itapecuru indiviso, e valores moderado a elevados de transmissividade e condutividade hidráulica, obtidos em testes de bombeamento de poços tubulares.

Este domínio também apresenta potencial para exploração de baixo custo, por meio de poços escavados, cacimbas e ponteiros para atendimento a demandas familiares. No entanto, existe o risco de intrusão da cunha salina, caso os poços sejam superexplorados.

Quanto à vulnerabilidade natural de contaminação da água e solo, o Aquífero São Luís possui vulnerabilidade geralmente alta e localmente moderada, em função da sua forma de ocorrência livre, da sua composição essencialmente de arenitos, e da variação da profundidade do nível freático em relação à superfície, que pode ocorrer entre poucos metros e aproximadamente 50 metros. Já o Aquífero Itapecuru apresenta vulnerabilidade natural de contaminação da água e do solo insignificante a baixa, em função da sua forma de ocorrência parcialmente confinada a confinada, da composição litológica de pelitos e psamitos, e da variação da profundidade do nível da água subterrânea em relação à superfície, que pode ocorrer entre algumas dezenas de metros e mais de 50 metros. Para os reservatórios mais profundos do Aquífero Itapecuru, com profundidades acima de 120 metros em áreas litorâneas ou acima de 200 metros em direção ao centro da ilha, no geral, as águas subterrâneas ocorrem de forma salinizada, com valores de sólidos totais dissolvidos (STD) acima do limite de potabilidade.

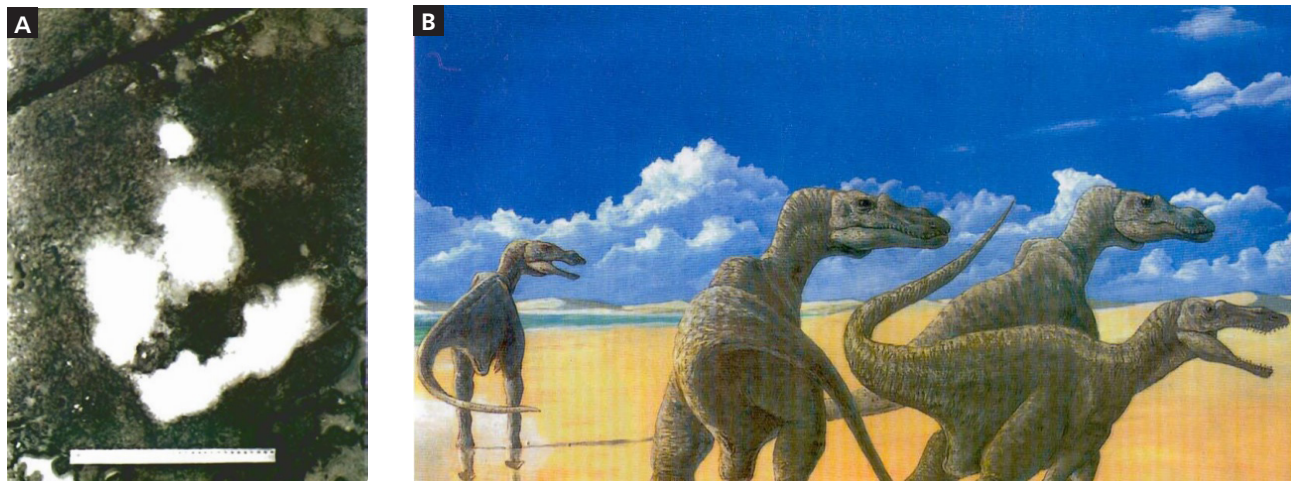
- *Recursos minerais* – Domínio com presença de concreções ferruginosas e cascalho laterítico com alto potencial para uso em obras de infraestrutura e como piçarra na construção civil; existência de espessas camadas de arenito intercaladas com argilito, com alto potencial para exploração de areia (Figura 3.91) e argila.

- *Atrativos geoturísticos* – Pegadas de dinossauros terópodes (Figura 3.92A) e ornitópodes em rochas siltico-argilosas de paleoambiente litorâneo do Grupo Itapecuru (Cretáceo Superior - 100 milhões a 500 mil anos), localizadas na Praia da Guia e na Ponta do Farol. Segundo Carvalho (1995, 2001), estas pegadas são o primeiro registro icnológico de fauna de dinossauro no Brasil (Figura 3.92B).

- *Potencial agrícola* – Presença de solos (Plintossolos Pétricos e Argissolos Vermelho-Amarelos Concrecionários) de baixa fertilidade natural, lixiviados, ácidos, laterizados e pedregosos, onde a camada com concreções e cascalho laterítico dificultam o crescimento de plantações. Apesar das limitações, este domínio possui potencial para agricultura, uma vez que o mesmo associa-se a um relevo plano ou suave ondulado, o que facilita a retirada dos cascalhos e concreções lateríticas, e, quando tomadas ações de correção da acidez e dos teores de alumínio, permitirá que as raízes possam crescer, possibilitando assim uma agricultura mecanizada.



**Figura 3.91:** Cava de aproximadamente 17 m de profundidade, onde se observa o cascalho laterítico fragmentado, sobreposto a um saprólito sedimentar com camadas métricas de arenito intercaladas com camadas centimétricas de argilito. Material com média a baixa resistência, sendo extraído por desmonte hidráulico. Área de extração de areia, município de São José do Ribamar – MA. Foto: Arquivo do Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão (2018).



**Figura 3.92:** A) Pegada de dinossauro de grande porte. Praia Ponta da Guia. Escala com 30 cm de comprimento. B) Reconstituição ambiental da localidade da Ponta Guia, demonstrando o hábito gregário dos dinossauros terópodes. Fonte: CARVALHO (1995, 2001).

## 4 CONCLUSÃO

O mapeamento, na escala de 1:50.000, da Ilha do Maranhão, identificou sete unidades regolíticas: perfil laterítico imaturo completo, perfil laterítico imaturo truncado, depósitos de cordões, depósito de mangue, depósitos de planície de maré lamosa, dunas móveis e fixas, depósitos aluvinares, que associadas aos relevos de tabuleiros, tabuleiros dissecados, planícies marinhas, planícies lamosas, planícies flúviomarinhas, planícies fluviais e campos de dunas possibilitaram individualizar quatro grandes domínios geológico-ambientais. Em função das particularidades geológicas, esses domínios foram subdivididos em sete unidades geológico-ambientais: ambiente de planícies aluvionares recentes; ambiente misto (marinho/continental); ambiente marinho costeiro; dunas móveis e fixas; alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversa; e intercalações de sedimentos arenosos siltico-argilosos e folhelhos.

A identificação e a compartimentação da ilha, nas referidas unidades geológico-ambientais, permitem criar subsídios e critérios de seleção de áreas para diversos tipos de ocupação de forma mais planejada, proporcionando subsídio para uma gestão mais adequada do território.

Nas regiões com cotas elevadas e mais aplainadas, como topo de tabuleiros, associadas a Argissolos Vermelhos, Neossolos Quartzarênicos, e Latossolos, que quando adubados apresentam alto potencial para agricultura mecanizável, são áreas de recarga de aquíferos,

onde é necessário planejamento urbano, com controle da ocupação e instalação de infraestrutura urbana e sanitária mais eficiente para evitar contaminação e assim preservar a qualidade da água subterrânea.

Nas áreas onde se encontram o relevo com tabuleiros mais dissecados, constituído por rochas sedimentares formadas por intercalações de camadas arenosas e argilo-siltico-arenosas, e intercalações de lâminas de argila, que foram intensamente intemperizadas, formando um perfil laterítico truncando, sem presença de crosta laterítica preservada, existem alta suscetibilidade a processos erosivos e a movimentos de massa. Essa unidade, quando localizada na área costeira, forma falésias, com 10 a 20 metros de altura, com alto apelo geoturístico, onde pode se observar unidades geológicas com idades que variam de 10 mil a 60 milhões de anos.

Observa-se que, por estar muito próxima ao mar, a ilha apresenta muitas unidades sedimentares, que estão sob forte influência da dinâmica costeira, com alta suscetibilidade à erosão, mas também possuem alto potencial geoturístico, como as dunas móveis e fixas, mangues e as praias oceânicas.

Por fim, conclui-se que, o conhecimento da geodiversidade e a consideração das características dos materiais geológicos formadores do substrato de uma região são fundamentais para o planejamento e a gestão territorial e pode contribuir para o plano diretor das cidades.

# 5 RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS

**E**studos relacionados à Geodiversidade são importantes por despertar interesse nas autoridades e na sociedade em geral para a melhor compreensão das áreas naturais que, conservadas, seriam de grande utilidade. Diagnosticar impactos para elaboração de qualquer tipo de atividade humana em certa região ou localidade é uma operação técnico-científica que envolve profissionais de diversas áreas do conhecimento. A interdisciplinaridade é de extrema importância para o esclarecimento da sociedade e a utilização correta e organizacional do espaço. Dessa forma, através de pressão de grupos da sociedade organizada poderá reivindicar de que maneira o espaço é usado e de como os projetos atingirão a qualidade ambiental projetada para cenários futuros. A situação ocupacional da Ilha do Maranhão, observada em seus municípios constituintes (São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa), ainda não gerou efetivas políticas de integração de equipamentos, bens e serviços da parte insular da Região Metropolitana da Grande São Luís. Isso gera impactos locais e regionais sobre as dinâmicas de uso, em diferentes profundidades de tempo (curto, médio e longo prazos), considerando os processos evolutivos de assimilação social da natureza.

O mapeamento das formações superficiais, inserido no Programa de Geodiversidade elaborado e desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM, configura-se como um marco divisor na ampliação e diversificação do conhecimento dos terrenos do país, com enfoque nas potencialidades e limitações nomeadamente quanto ao uso e ocupação dos mesmos. Neste sentido, o Projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão vem contribuir e preencher uma lacuna no conhecimento e fornecimento de informações básicas das coberturas superficiais importantes, quando da elaboração e implantação de programas e projetos de políticas públicas a serem pensados e desenvolvidos pelos governos locais e regionais, quanto ao uso e ocupação do solo segundo suas limitações e adequabilidades. Diversos são os pontos que merecem uma atenção e estudo no campo da geodiversidade de uma região. No caso da região em estudo, merecem destaque os citados a seguir.

O processo de ocupação e ampliação da malha urbana na Ilha do Maranhão tem gerado alteração na sua dinâmica natural, com ocupação de áreas de preservação

ambiental e forte impermeabilização do solo gerando inundações, áreas de risco e pressões por captação de águas subterrâneas. Dentre outras alterações estas estão mais diretamente relacionadas e são desencadeadoras de um conjunto significativo de modificações no espaço geográfico regional num curto intervalo de tempo.

Como consequência, e diante das características geológicas dos terrenos e sua forma desordenada de ocupação, estudos mais detalhados quanto ao uso e ocupação, instalação de obras viárias, exploração de áreas para fornecimento de material de construção e de águas subterrâneas, geração de áreas de risco, dentre outros, necessitam de atenção e reconhecimento mais urgentes. São centenas de áreas de risco, e nas mais diferentes formas de ocorrências (movimento de massa, processos hidrológicos, feições erosivas com destaque para a erosão costeira) para além de inúmeros pontos, que requerem monitoramento diante da eminência de instalação de processos ativos.

Um instrumento básico, necessário e fundamental, para uma melhor ordenação do território é a Carta Geotécnica que, no caso da Ilha do Maranhão, cumpriria um papel decisivo e regulatório para as melhores indicações, de acordo com as potencialidades naturais dos terrenos, contribuindo para melhor conformidade entre estrutura, fundação e solo.

Outra situação sensível, e que requer atenção e estudo, está relacionada ao uso, controle e exploração de água, superficial e subterrânea, tendo em vista que nenhum dos planos diretores e de saneamento básico dos municípios que constituem a Ilha do Maranhão contemplam a questão que envolve a interação entre estes dois recursos escassos e de difícil acesso e gestão. O problema de salinização das águas subterrâneas é um deles, bem como a drenagem das águas servidas e pluviais.

A atividade de extração mineral, no geral, e não apenas aquela feita de modo irregular, configura-se num outro ponto a considerar e que se destaca pelo elevado número de pontos de extrações irregulares de vários tipos de minérios, entre os quais argila, pedra laterítica e areia. Em alguns pontos identificados neste trabalho, é notável a forma artesanal de retiradas desses bens minerais, em alguns deles com fortes danos ambientais, como o caso do comprometimento de linhas de água completamente obstruídas para além do de várias fontes ou “minadouros”

de água natural. A legalização das atividades garante benefícios aos que atuam na atividade.

Uma visão mais aprofundada advinda do conhecimento e levantamento desses e de outros temas abrangidos pela

geodiversidade contribuem, ao final e ao cabo, para o desenvolvimento econômico, social e sustentável de uma região e preservação da sua geodiversidade para uso dessa e de outras gerações.

# **REFERÊNCIAS**

## CAPÍTULO 1

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: ensaio metodológico. **Instituto de Geografia/USP**, Cadernos de Ciências da Terra, São Paulo, v. 13, p. 1-27, 1972.

BRILHA, J.; PEREIRA, D.; PEREIRA, P. **Geodiversidade: valores e usos**. Braga: Universidade do Minho, 2008. 15 p.

CARVALHO, A. M. G. **Natureza: biodiversidade e geodiversidade**. [S. l.: s. n.], 2007. Disponível em: <http://terraquegira.blogspot.com/2007/05/natureza-biodiversidade-e.html>. Acesso em: 19 out. 2018.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. Chichester: John Wiley & Sons, 2004. 434 p.

IBGE. **População estimada 2019: estado do Maranhão**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/panorama>. Acesso em: 22 out. 2019.

SILVA, C. R.; MARQUES, V. J.; DANTAS, M. E.; SHINZATO, E. Aplicações múltiplas do conhecimento da geodiversidade. In: SILVA, C. R. (ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008a. p. 181-202.

SILVA, C. R.; RAMOS, M. A. B.; PEDREIRA, A. J.; DANTAS, M. E. Começo de tudo. In: SILVA, C. R. (ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008b. p. 11-20.

PFALTZGRAFF, P. A. S.; CARVALHO, L. M.; RAMOS, M. A. B. Introdução. In: TORRES, Fernanda Soares de Miranda; PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos (org.). **Geodiversidade do Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2014. p. 11-14. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.

## CAPÍTULO 2

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil); SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Estudos hidrogeológicos da região metropolitana de São Luís – MA: subsídios para uso sustentável dos recursos hídricos**. Relatório parcial 05 (RP 05): levantamento hidrogeológico (resultados parciais): ensaios de infiltração, rede de monitoramento dos níveis de qualidade das águas, coleta e análise de amostras de água e parâmetros analisados e gestão participativa. São Luís – MA, ago. 2017a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil); SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Estudos hidrogeológicos da região metropolitana de São Luís – MA: Subsídios para uso sustentável dos recursos hídricos**. Relatório parcial 04 (RP 04): Relatório de geomorfologia, solos e uso do solo. São Luís – MA, 2017b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil); SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Estudos hidrogeológicos da região metropolitana de São Luís – MA: Subsídios para o uso sustentável dos recursos minerais**. Recife. No prelo.

CARVALHO, I. S. As pistas de dinossauros da ponta da guia (Bacia de São Luís, Cretáceo Superior - Maranhão, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 67, n 4, 1995.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia subterrânea**. 2. ed. Barcelona: Omega, 1983. 1157 p.

IBGE. **Bases referenciais: bases cartográficas: Shapefile**. Versão 2017. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bcim/versao2016/shapefile/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/versao2016/shapefile/). Acesso em: 05 dez. 2017.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (Brasil). **Sítios arqueológicos**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/cna/pagina/detalhes/1227>. Acesso em: 12 de. 2018.

KLEIN, E. L.; SOUSA, C. (org.). **Geologia e recursos minerais do estado do Maranhão**. Belém: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. 1 CD-ROM. Escala 1:750.000. Sistema de Informações Geográficas - SIG; Mapas Geológicos Estaduais; Programa Geologia do Brasil – PGB.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. de (ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. 586 p.

RAMOS, M. A. B.; DANTAS, M. E.; MAIA, M. A. M.; MACHADO, M. F.; PFALTZGRAFF, P. A.; FERRASSOLI, M. A.; FERREIRA, C. E. O.; MORAES, J. M. **Projeto geodiversidade: Manual metodológico para levantamento da Geodiversidade em escalas 1:100.000 a 1:50.000**. Versão preliminar: CPRM, 2020. 46 p. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jsui/handle/doc/21731>. Acesso em: 21 jul. 2020.

SACHS, L. L. B.; ALCANTARA, K. C.; MENDES, V. A. **Projeto materiais de construção da região metropolitana de São Luís e entorno**. Teresina: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2017. (Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais, nº 22).

SCISLEWSKI, G.; FRASCA, A. A. S.; ARAÚJO, V. A. Mapa de formações superficiais. In: BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Extraordinária do Desenvolvimento do Centro-Oeste. **Zoneamento-ecológico-econômico da região integrada de desenvolvimento do Distrito Federal e entorno: fase I**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil; Embrapa; MI/SCO, 2002. 418 p.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Setorização de riscos geológicos – Maranhão: São Luís, Raposa, São José do Ribamar e Paço do Lumiar**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publico/Gestao-Territorial/Geologia-de-Engenharia-e-Riscos-Geologicos/Setorizacao-de-Riscos-Geologicos---Maranhao-4877.html>. Acesso em: 25 ago. 2018.



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Manual Técnico das Cartas Geotécnicas**. No prelo.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO. **Mapeamento do uso do solo da Ilha do Maranhão**: relatório técnico. São Luís: UEMA, 2016. 12 p.

VAZ, L. F. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. **Solos e Rochas, Revista brasileira de Geotecnia**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 117-136, 1996.

### CAPÍTULO 3

AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão. **Notícia Geomorfológica**, São Paulo, v. 3, n. 5, p. 35-40, 1960.

AGUIAR, G. A. Revisão geológica da Bacia paleozóica do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., 1971, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: SBG, 1971. v. 3, p.113-122.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil); SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Estudos hidrogeológicos da região metropolitana de São Luís – MA**: subsídios para uso sustentável dos recursos hídricos: relatório parcial 04 (RP 04): relatório de geomorfologia, solos e uso do solo. São Luís - MA, 2017.

ARANHA, L. G. F.; LIMA, H. P.; SOUZA, J. M. P.; MAKINO, R. K. Origem e evolução das bacias de Bragança-Viseu, São Luís e Ilha Nova. In: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. (ed.). **Origem e evolução de bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobras, 1990. p. 221-233.

ARAÚJO, R. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MAFRA, R. L. P. Considerações preliminares sobre a influência da tipologia do uso do solo no clima local em quatro áreas de São Luís – Maranhão. **Ciências Humanas em Revista**, São Luís, v. 1, n. 2, p. 125-134, 2003.

AZEVEDO, R. P. Interpretação geodinâmica da evolução mesozóica da Bacia Barreirinhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: SBG, 1986. v. 3, p. 1115-1130.

BANDEIRA, I. C. N.; BARROS, J. S.; OLIVEIRA FILHO, J. M.; TEIXEIRA, S. G.; SIMÕES, P. M. L. **Mapa de geodiversidade da Ilha do Maranhão, MA**. [S. l.]: CPRM, 2018. 1 mapa, color. Escala 1:80.000. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20597>. Acesso em: 15 jun. 2019.

BASTOS, A. C. S.; FREITAS, A. C. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Avaliação e perícia ambiental**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 17-75.

BLOOM, A. L. **Superfície da terra**. São Paulo: Edgard Blücher, 1972.

CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JÚNIOR, E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 51, p. 63-78, 2003.

CARVALHO, I. S. As Pistas de Dinossauros da Ponta da Guia (Bacia de São Luís, Cretáceo Superior - Maranhão, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 67, n 4, p. 413-431, 1995.

CARVALHO, I. S. Pegadas de dinossauros em depósitos estuarinos (Cenomaniano) da Bacia de São Luís (MA), Brasil. In: ROSSETI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. **O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 245-264.

CASTRO, R. M. S. **Avaliação da vulnerabilidade à intrusão marinha na franja costeira de São Luís utilizando o método Galdit**. 2019. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do espaço) - Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão, 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1980. 188 p.

COELHO, M. T. M. **Avaliação da eficácia da lei de uso e ocupação do solo em São Luís**: o caso da Lagoa da Jansen. 2002. 145 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002.

CONCEIÇÃO, R. A. C.; SIMÕES, P. M. L.; QUEIROZ, L. J.; BANDEIRA, Í. C. N.; MOURA, E. M.; OLIVEIRA FILHO, J. M.; MELLO, L. B.; BARROS, J. S. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes**: São Luís, Maranhão. [S. l.]: CPRM, 2017. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/20715>. Acesso: 30 out. 2019.

COSTA, N. N. S.; CASTRO, A. C. L.; COSTA, N. F. A. Análise de uma unidade de conservação de proteção integral: o caso do parque ecológico da Lagoa da Jansen, São Luís, MA. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 21, n. 1, p. 01-08, 2008. Disponível em: <http://www.periodicos eletronicos.ufma.br/index.php/blabohidro/article/view/1890>. Acesso em: 10 maio 2010.

CUNHA, F. M. B. **Fotointerpretação da Bacia de São Luiz, Maranhão**. Belém: Petrobrás, 1968. 22 p. (Relatório RENOR, 318/68).

DIAS, L. J. B. S. **Avaliação socioambiental integrada de áreas sujeitas a alagamentos na Bacia Hidrográfica do Bacanga (São Luís – MA)**. Florianópolis: MPB Engenharia, 2014. 54 p.

- DIAS, L. J. B. S. **Cidade Operária e área de entorno imediato: dinâmicas espacial e socioambiental**. 2004. 112 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2004.
- DIAS, L. J. B. S. Contexto biogeográfico regional das matas de Cocais no Estado do Maranhão (Nordeste do Brasil). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 64., 2012, São Luís. **Anais [...]**. São Luís: SBPC, 2012.
- DIAS, L. J. B. S. Contribuições às análises socioambientais em áreas sob riscos de alagamentos: o caso das obras de macrodrenagem do Canal do Rio das Bicas/Salinas-Sacavém (São Luís - MA, Nordeste do Brasil). In: DIAS, L. J. B. S.; SANTOS, L. C. A.; BARBOSA, R. S. (org.). **Recursos hídricos e desenvolvimento regional: experiências maranhenses**. 1. ed. São Luís: EDUEMA, 2015. p. 99-132.
- DIAS, L. J. B. S. **Necessidades de articulações de políticas públicas orientadas à Região das Matas de Cocais no Estado do Maranhão**. São Luís: SEMA-MA, 2008. 13 p.
- DIAS, L. J. B. S. **Termo de referência para contratação do plano municipal de controle de mudanças climáticas e proteção à geobiodiversidade de São Luís (MA)**. São Luís: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2016. 21 p.
- DIAS, L. J. B. S.; FERREIRA, A. J. A. Problemas ambientais na cidade operária e área de entorno imediato, São Luís – MA. **Ciências Humanas em Revista**, São Luís, v. 2, n. 1, p. 193-208, 2004.
- DIAS, L. J.; NOGUEIRA JUNIOR, J. D. M. Contribuições às análises da problemática ambiental da Ilha do Maranhão. **Ciências Humanas em Revista**, v. 2, p. 127-145, 2005.
- DIAS, L. J. B.; RANGEL, M. E. S.; COELHO SOBRINHO, J. P. Geomorfologia e análises ambientais do sítio urbano de Raposa (Ma). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6.; REGIONAL CONFERENCE OG GEOMORFOLOGY, 2006, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: UGB, 2006.
- EL-ROBRINI, M.; MARQUES JÚNIOR, V.; SILVA, M. A. M. A.; EL-ROBRINI, M. H. S.; FEITOSA, A. C.; TAROUÇO, J. E. F.; SANTOS, J. H. S.; VIANA, J. R. Maranhão. In: MUEHE, D. (org.). **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. Brasília: MMA, 2006. p. 87-130. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_sigercom/\\_arquivos/ma\\_erosao.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/ma_erosao.pdf). Acesso em: 13 jun. 2019.
- FEITOSA, A. C. **Dinâmica dos processos geomorfológicos da área costeira a nordeste da Ilha do Maranhão**. 1996. 250 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996.
- FEITOSA, A. C. **Evolução morfogenética do litoral norte da ilha do Maranhão**. 1989. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1989.
- FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR. **Catálogo das estações maregráficas do Brasil**. Rio de Janeiro: FEMAR, 2000. 281 p.
- FERREIRA, A. J. A. Uma interpretação geográfica para São Luís. **Revista GEOUSP Espaço e Tempo**, n. 7, p. 51-59, 2000.
- FERREIRA, A. J. A. Há futuro para a Região Metropolitana de São Luís?. **O Imparcial**, São Luís, jan. 2004. Seção Opinião.
- GIANNINI, P. C. F.; ASSINE, M. L.; BARBOSA, L. M.; BARRETO, A. M. F.; CARVALHO, A. M.; CLAUDINO-SALES, V.; MAIA, L. P.; MARTINHO, C. T.; PEULVAST, J. P.; SAWAKUCHI, A. O.; TOMAZELLI, L. J. Dunas e paleodunas eólicas costeiras e interiores. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 235-257.
- GÓES, A. M.; ROSSETTI, D. F. Gênese da Bacia de São Luís-Grajaú, Meio-Norte do Brasil. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (ed.). **O Cretáceo na Bacia de São Luís – Grajaú**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 15-30. (Coleção Friedrich Katzer).
- GONÇALVES, D. M. R. **Análise da dinâmica de urbanização dos conjuntos habitacionais: Maiobão x Cidade Operária**. 2001. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2001.
- GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 648 p.
- HADLICH, G. M.; UCHA, J. M. Apicuns: aspectos gerais, evolução recente e mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, p. 13-20, 2009.
- IBGE. **Censo do Estado do Maranhão**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma>. Acesso: 26 jun. 2019.
- IBGE. **Contagem da população 1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. 70 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv26412.pdf>. Acesso: 15 out. 2019.
- IBGE. **Mapa de Vegetação do Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/vegetacao.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/vegetacao.pdf). Acesso em: 26 nov. 2019.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2019.

IBGE. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil 2000 – 2010 – 2012 – 2014**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 35 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101469.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2019.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. IMESC. **Banco de dados do Bioma Amazônico**. Disponível em: <http://www.zee.ma.gov.br/Portal/basededados>. Acesso em: out. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos Climatológicos** (1931-1960 e 1961-1990). INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>. Acesso em: out. 2017.

LIMA, H. P.; ARANHA, L. G. F.; FEIJÓ, F. J. Bacias de Bragança, São Luís e Graben de Ilha Nova. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 111-116, 1994.

MACEDO, L. A. A. **A urbanização da Ilha de São Luís e seus impactos ambientais nos recurso hídricos**. São Luís: EDUEMA, 2012. 147 p.

MARANHÃO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos hídricos. Coordenadoria de Programas Especiais. Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. **Macrozoneamento do Golfão Maranhense: diagnóstico ambiental da microrregião da aglomeração urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário**. São Luís: SEMA/MMA/PNMA, 1998. 40 p.

MARANHÃO de todos nós. Agência de notícias. **Itaqui é destaque em estatístico aquaviário da Antaq**. São Luís: [s. n.], 2019. Disponível em: <https://www.ma.gov.br/agenciadenoticias/?p=241963>. Acesso em: 28 out. 2019.

MARTINS, Bruno Neves. **Avaliação da vulnerabilidade à intrusão salina no curso inferior do Rio Bacanga através do método Galdit**. 2018. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

MEIRELES, A. J. A. Falésias do litoral leste do Estado do Ceará: análise dos processos morfogenéticos e impactos ambientais. **Revista GeoNotas**, Maringá, v. 3, n. 2, p. 1-25, 1999.

MORAIS, J. O. Evolução sedimentar da área adjacente ao Porto de Itaqui, Estado do Maranhão, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 17, n. 2, p. 143-151, 1977.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421 p.

NOGUEIRA JÚNIOR, J. D. M.; DIAS, L. J. B. S.; MORAIS, J. R. A. **São Luís (MA): problemáticas ambientais, urbanização e possibilidades de aplicação de políticas públicas no contexto**. São Luís: [s. n.], 2003. 22 p.

NÚCLEO GEOAMBIENTAL. **Taxa de urbanização e regiões e sistemas naturais**. [S. l.]: ISMEC, 2013. Disponível em: [https://www.nugeo.uema.br/?page\\_id=8621](https://www.nugeo.uema.br/?page_id=8621). Acesso em: 03 dez. 2019.

OLIVEIRA, P. R. L.; DIAS, L. J. B. S. **Processos evolutivos e ocupacionais na Ilha do Maranhão entre as décadas de 1960 e 2010: as alterações nos padrões de uso e cobertura regionais e as áreas verdes remanescentes – relatório de iniciação científica**. São Luís: UEMA, 2018. 45 p.

PEDRÃO, E. et al. Palinomorfos de sedimentos albianos (Formação Itapecuru) da Bacia do Parnaíba. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 1, p. 118, 1994.

PEDRÃO, E. et al. Palinoestratigrafia e análise quantitativa de amostras de superfície (Formação Itapecuru, Bacia de São Luís). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 268, 1996.

PELOGGIA, A. U. G. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Xamá, 1998. 271 p.

PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e aquífero do Reservatório Batatã – São Luís - MA**. 2006. 133 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

PEREIRA, E. D.; ZAINE, J. E. Mapa geológico-geotécnico da bacia do Rio Bacanga - São Luís-MA. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 26, n. 1, p. 45-54, 2007.

PORTELA, A. K. O. **Mapeamento de depósitos tecnogênicos no baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Anil**. 2018. 99 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS (MA). **Lei nº 4.669, de 11 de outubro de 2006**. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de São Luís e dá outras providências. São Luís: Prefeitura de São Luís, 2006. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-sao-luis-ma>. Acesso em: 04 dez. 2019.

ROSSETTI, D. F. Ambientes costeiros. In: FLORENZANO, Teresa Gallotti (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 248-285.

- ROSSETTI, D. F. Arquitetura deposicional da Bacia de São Luís-Grajaú. In: ROSSETTI, Dilce de Fátima; GÓES, Ana Maria; TRUCKENBRODT, Werner (ed.). **O Cretáceo na Bacia de São Luís - Grajaú. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 31-46. (Coleção Friedrich Katzer).**
- ROSSETTI, D. F. Fácies analysis of the Lower Sucession of the Upper Itapecuru Formation, São Luís Basin, northern Brazil. In: COSTA, M. L.; ANGÉLICA, R. S. (ed.). **Contribuições à Geologia da Amazônia. Belém: Falângola, 1997. p. 241-284.**
- ROSSETTI, D. F. Facies architecture and sequential evolution of an incised-valley estuarine fills: the Upper Itapecuru Formation (São Luís Basin), northern Brazil. **Journal of Sedimentary Research**, v. 68, n. 2, p. 299-310, 1998.
- ROSSETTI, D. F. Sequence stratigraphy and depositional evolution of Itapecuru Formation (Late Cretaceous) in the São Luís Basin, northern Brazil. **Acta Geol. Leopold.**, v. 19, p. 111-126, 1996.
- ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M. Caracterização paleoambiental de depósitos albianos na borda sul da Bacia de São Luís-Grajaú: modelo de delta fluvial influenciado por tempestade. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 3, p. 299-312, 2003.
- ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W. Classificação estratigráfica para o Albiano-Terciário Inferior (?) na Bacia de São Luís, MA. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra**, v. 9, p. 31-43, 1997.
- SANTOS, J. H. S. **Lençóis maranhenses atuais e pretéritos: um tratamento espacial. 2008. 248 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.**
- SANTOS, M. E. C. M.; CARVALHO, M. S. S. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís: reconstituições paleobiológicas. Rio Janeiro: CPRM, 2009. 215 p.**
- SANTOS, J. H. S.; TAROUÇO, J. E. F.; SOUZA, B. B. Q.; MOCHEL, F. R. Características geológicas e geomorfológicas da baía de São Marcos, Golfão Maranhense-MA. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 4., 2004, São Luís. **Anais [...]. São Luís: UGB, 2004. p. 1-6.**
- SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão. 2012. 249 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.**
- SILVA, Q. D.; NUNES, J. O. R. Paisagens geomorfológicas agradacionais da Ilha do Maranhão e de Curupu. In: CUNHA, L.; JACINTO, R. **Paisagens e dinâmicas territoriais em Portugal e no Brasil: as novas geografias dos países de Língua Portuguesa. Lisboa: Âncora: Centro de Estudos Ibéricos, 2014. p. 87-118. (Coleção Iberografias, v. 26).**
- SOARES JÚNIOR, A. V.; COSTA, J. B. S.; HASUY, Y. Evolução da margem Atlântica Equatorial do Brasil: três fases distensivas. **Geociências**, São Paulo, v.27, n.4, p. 427-437, 2008.
- SOUZA FILHO, P. W. M. **A planície costeira bragantina (NE do Pará): Influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia costeira durante o Holoceno. 1995. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1995.**
- SUGUIO, K. **Dicionário de geologia marinha: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol. São Paulo: T.A. Queiroz, 1992. 171 p. (Biblioteca de Ciências Naturais, v. 15).**
- SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 408 p.**
- SUGUIO, K.; ANGULO, R. J.; CARVALHO, A. M.; CORRÊA, I. C. S.; TOMAZELLI, L. J.; WILLWOCK, J. A.; VITAL, H. Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (ed.). **Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 114-129.**
- SZARTMARI, P.; FRANÇOLIN, J. B. L.; ZANOTTO, O.; WOLFF, S. A evolução tectônica da margem equatorial brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 2, p. 180-188, 1987.
- TEIXEIRA, S. G. **Análise de imagens de sensores remotos orbitais para mapeamento de ambientes costeiros tropicais e de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo no Golfão Maranhense. 2006. 171 f. Dissertação de (Mestrado em Geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.**
- TEIXEIRA, S. G.; SOUZA FILHO, P. W. M. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil): utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, p. 69-82, 2009. Supl. 1.
- UCHA, J. M.; SANTANA, P. S.; GOMES, A. S. R.; BARRETO, E. N.; VILAS-BOAS, G. S.; RIBEIRO, L. P. Apicum: gênese nos campos arenosos e degradação dos manguezais em dois municípios baianos. E.T.C. – **Educação, Tecnologia e Cultura**, v. 3, n. 2, p. 26-27, 2004.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO. **Mapeamento do uso do solo da Ilha do Maranhão: relatório técnico. São Luís: UEMA, 2016. 12 p.**
- UNIVERSIDADE FEDERAL MARANHÃO. **Estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental da refinaria premium I. São Luís: UFMA, 2009. v. 2.**

VASQUEZ, M. L.; KLEIN, E. L.; LOPES, E. C. S.  
Compartimentação tectônica. In: KLEIN, E. L.; SOUSA, C. S. (org.). **Geologia e recursos minerais do Estado do Maranhão: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Maranhão.** Belém: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. 150 p. Escala 1:750.000. Sistema de Informações Geográficas - SIG; Mapas Geológicos Estaduais; Programa Geologia do Brasil - PGB.

VIANA, J. R. **Estudo da morfodinâmica da praia de São Marcos, São Luís – Maranhão.** 2000. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2000.

VILLWOCK, J. A. et al. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. Manoel dos Santos; OLIVEIRA, P. E. (ed.). **Quaternário do Brasil.** Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 94-113.

# **APÊNDICE I**

## **APÊNDICE I**

# **DOMÍNIOS E UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO**

### **ORGANIZAÇÃO**

Maria Angélica Barreto Ramos

Antônio Theodorovicz\*

Maria Adelaide Mansini Maia

\*Geólogo aposentado do Serviço Geológico do Brasil – CPRM

## DOMÍNIOS E UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS OU POUCO CONSOLIDADOS, DEPOSITADOS EM MEIO AQUOSO OU MISTO.	DC	Ambiente de planícies aluvionares recentes ou antigas – Material inconsolidado e de espessura variável. Da base para o topo, é formado por cascalho, areia e argila. Depósitos de planícies de inundação (em médio e alto curso-alta energia).	DCa_Dpac
		Ambiente de planícies aluvionares recentes ou antigas – Material inconsolidado e de espessura variável. Da base para o topo, é formado por cascalho, areia e argila. Depósitos de planícies de inundação (em baixo curso-baixa energia).	Dca_Dpbc
		Ambiente de terraços aluvionares – Material inconsolidado a semiconsolidado, de espessura variável. Da base para o topo, é formado por cascalho, areia e argila.	DCta_Dt
		Ambiente fluviomarinho – Predomínio de sedimentos arenosos, intercalados com camadas argilosas, ocasionalmente com presença de turfa.	DCfm_Dfl
		Ambiente fluviolacustre – Predomínio de sedimentos arenosos, intercalados com camadas argilosas.	DCfl_Dflc
		Ambiente fluviolacustre – Predomínio de sedimentos arenosos, intercalados com camadas argilosas. Inclui turfas.	DCfl_Dflco
		Ambiente lagunar – Predomínio de sedimentos argilosos e/ou turfosos. Inclui turfas.	DCI_Dflo
		Ambiente paludal – Predomínio de argilas orgânicas e camadas de turfa. Turfeiras.	DCp_Dflot
		Ambiente marinho costeiro – Predomínio de sedimentos arenosos.	DCmc_Dmar
		Ambiente misto (marinho/continental) – Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, argilosos, em geral, ricos em matéria orgânica (mangues).	DCm_Dm
		Alúvio colúvio.	DC_AI-Co
		Leques detríticos	DC_Dld
		Depósitos tecnogênicos.	DC_Tec



DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS DO TIPO COLUVIÃO E TÁLUS.	DCICT	Materiais inconsolidados, de granulometria e composição diversas, provenientes do transporte gravitacional. Tálus.	DCICT_T
		Materiais inconsolidados, de granulometria e composição diversas, provenientes do transporte gravitacional. Depósitos com predomínio de tálus e colúvio subordinados.	DCICT_T-Co
		Materiais inconsolidados, de granulometria e composição diversas, provenientes do transporte gravitacional. Depósitos com predomínio de colúvio e tálus subordinados.	DCICT_Co-T
		Materiais inconsolidados, de granulometria e composição diversas, provenientes do transporte gravitacional. Colúvio.	DCICT_Co
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS INDIFERENCIADOS CENOZOICOS RELACIONADOS A RETRABALHAMENTO DE OUTRAS ROCHAS, GERALMENTE ASSOCIADOS ÀS SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO.	DCSR	Relacionado a sedimentos retrabalhados de outras rochas – Coberturas arenoconglomeráticas e/ou siltico-argilosas associadas às superfícies de aplainamento.	DCSR
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS PROVENIENTES DA ALTERAÇÃO DE ROCHA <i>IN SITU</i> COM GRAU DE ALTERAÇÃO VARIANDO DE SAPRÓLITO A SOLO RESIDUAL, EXCETO AS LATERITAS.	DCEL	Sedimentos eluviais.	DCEL
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS BIOCLÁSTICOS.	DCB	Plataforma continental – Recifes.	DCBr
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS EÓLICOS.	DCE	Dunas móveis – Material arenoso inconsolidado.	DCEm_Ddm
		Dunas fixas – Material arenoso fixado pela vegetação.	DCEf_Ddf
		Lençóis de areia – Material arenoso inconsolidado.	DCEl_Dla
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS SEMICONSOLIDADOS FLUVIAIS.	DCF	Depósitos fluviais antigos – Intercalações de níveis arenosos, argilosos, siltosos e cascalhos semiconsolidados.	DCFa

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
<b>DOMÍNIO DAS FORMAÇÕES LATERÍTICAS</b>  <i>Esse domínio será descrito individualmente quando não se puder identificar a rocha-fonte</i>	<b>DCDL</b>	Indiviso - Proveniente de processo de lateritização em rochas de composição diversas.	<b>DCDLin</b>
		Perfil laterítico incompleto – Proveniente de processo de lateritização em rochas de composição diversas onde o perfil laterítico não formou crosta ou foi erodido.	<b>DCDL_Pli</b>
		Perfil laterítico completo - Proveniente de processo de lateritização em rochas de composição diversa, onde o perfil laterítico formou crostas.	<b>DCDL_Plt</b>
		Perfil Intempérico – Horizonte Mosqueado	<b>DCDL_Spm</b>
<p>Os Domínios e Unidades Geológico-Ambientais, descritas a partir de agora, como são provenientes de material rochoso (sedimentar, ígneo ou metamórfico), formam perfis intemperizados quando expostos. Os horizontes intempéricos, incluindo as crostas lateríticas, são definidos com as seguintes siglas:</p> <p>Co – Colúvio            Sl – Solo – Horizonte Pedogenético            Plt: Crosta Laterítica            Pli: Crosta Truncada: ausência de um nível do perfil laterítico (no caso a crosta), em função da não formação ou erosão do perfil.            Spm: Horizonte Mosqueado            Ssp: Solo Saprolítico            Sp: Saprólito            Rch: Rocha não alterada</p> <p>Assim, na construção da nova unidade geológico-ambiental, podem ser observadas as seguintes situações:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Quando a rocha-mãe for identificada no perfil intempérico, as unidades geo das Formações Lateríticas ( Completas – Plt ou Truncadas – Pli ou o Horizonte Mosqueado – Spm) entram ao final do código de qualquer unidade. Exemplo: DCMa_Plt.</li> <li>2. Quando a expressão areal for o saprólito, dependendo do seu grau de alteração, pode ser Ssp (Solo Saprolítico – material muito intemperizado, mas ainda contendo estruturas da rocha ) ou Sp (saprólito), quando as características da rocha estiverem mais bem preservadas.Exemplo: DGR1pal_Ssp</li> <li>3. Dependendo de como se apresenta o perfil intempérico e sua distribuição areal que será cartografada em superfície, pode ser feita uma associação das siglas que compõem o perfil intempérico.</li> <li>4. Exemplo: DCGMGLmo_Ssp-Sp</li> </ol>			
DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
<b>DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITO-CARBONÁTICAS.</b>	<b>DCDC</b>	Depósitos detrito-carbonáticos – Provenientes de processos de lateritização em rochas carbonáticas.	<b>DCDC</b>

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS E/OU MESOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS ÀS PEQUENAS BACIAS CONTINENTAIS DO TIPO <i>RIFT</i> .	DCMR	Predomínio de sedimentos arenosos.	DCMRa
		Predomínio dos sedimentos siltico-argilosos.	DCMRsa
		Calcários com intercalações siltico-argilas.	DCMRcsa
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS AOS TABULEIROS.	DCT	Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversa (arenito, siltito, argilito e cascalho).	DCT
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS E/OU MESOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS ÀS PROFUNDAS E EXTENSAS BACIAS CONTINENTAIS.	DCM	Predomínio de sedimentos arenoargilosos e/ou siltico-argilosos de deposição continental lacustrina deltaica, ocasionalmente com presença de linhito.	DCMIId
		Predomínio de sedimentos arenosos de deposição continental, lacustre, fluvial ou eólica – arenitos.	DCMa
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES MESOZOICAS CLASTOCARBONÁTICAS CONSOLIDADAS EM BACIAS DE MARGENS CONTINENTAIS ( <i>RIFT</i> ).	DSM	Predomínio de calcário e sedimentos siltico-argilosos.	DSM <sub>c</sub>
		Predomínio de sedimentos quartzo arenosos e conglomeráticos, com intercalações de sedimentos siltico-argilosos e/ou calcíferos.	DSM <sub>qcg</sub>
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com alternância de sedimentos arenosos e conglomeráticos.	DSM <sub>sa</sub>
		Intercalações de sedimentos siltico-argilosos e quartzo arenosos.	DSM <sub>saq</sub>
		Intercalação de sedimentos siltico-argilosos e camadas de carvão.	DSM <sub>scv</sub>
DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES MESOZOICAS (CRETÁCEAS), POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADAS.  Ex: Grupo Bauru (formações Vale do Rio do Peixe, Marília, Rio Paraná, São José do Rio Preto) e Grupo Caiuá (formações Santo Anastácio e Goio Erê).	DSMC	Predomínio de sedimentos quartzo arenosos finos, com cimentação carbonática e intercalações subordinadas siltico-argilas (ambientes deposicionais: eólico e/ou eólico/fluvial).	DSMC <sub>ef</sub>
		Predomínio de sedimentos quartzo arenosos finos (ambiente deposicional eólico)	DSMC <sub>e</sub>

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES MESOZOICAS E PALEOZOICAS, POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADAS, ASSOCIADAS ÀS GRANDES E PROFUNDAS BACIAS SEDIMENTARES DO TIPO SINÉCLISE (AMBIENTES DEPOSICIONAIS: CONTINENTAL, MARINHO, DESÉRTICO, GLACIAL E VULCÂNICO).	DSVMP	Predomínio de sedimentos arenosos mal selecionados.	DSVMPa
		Predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição eólica.	DSVMPae
		Predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista (eólica e fluvial).	DSVMPaef
		Predomínio de arenitos e conglomerados.	DSVMPacg
		Predomínio de arenitos a arenitos caulíníticos.	DSVMPac
		Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos.	DSVMPasaf
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações arenosas.	DSVMPsaa
		Predomínio de arenitos vulcanoclásticos (tufo cineríticos).	DSVMPav
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos e arenosos, contendo camadas de carvão.	DSVMPsaacv
		Intercalações de paraconglomerados (tilitos) e folhelhos.	DSVMPcgf
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos e calcários com intercalações arenosas subordinadas.	DSVMPsaca
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e calcários.	DSVMPasac
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos e siltico-argilosos com finas camadas de evaporitos e calcários.	DSVMPasaec
		Predomínio de rochas calcárias intercaladas com finas camadas siltico-argilosas.	DSVMPcsa
		Arenitos, conglomerados, tilitos e folhelhos.	DSVMPactf
		Arenitos, conglomerados, siltitos, folhelhos e calcário.	DSVMPacsf
Predomínio de sedimentos siltico-argilosos intercalados de folhelhos betuminosos e calcários.	DSVMPsabc		
Predomínio de arenitos e intercalações de pelitos.	DSVMPap		

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DO VULCANISMO FISSURAL MESOZOICO DO TIPO PLATÔ.	<b>DVM</b>	Predomínio de rochas básicas intrusivas.	<b>DVMgd</b>
		Predomínio de rochas básicas extrusivas (basaltos).	<b>DVMb</b>
		Predomínio de basalto com <i>intertraps</i> subordinados de arenito.	<b>DVMba</b>
		Predomínio de rochas ácidas (riolitos e/ou riodacitos).	<b>DVMrrd</b>
		Predomínio de rochas intermediárias (dacitos, andesitos e/ou basaltos andesíticos).	<b>DVMdaba</b>
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DO PALEÓGENO, MESOZOICO E PROTEROZOICO.	<b>DCA</b>	Indeterminado.	<b>DCAin</b>
		Tufo, brecha e demais materiais piroclásticos.	<b>DCAtbr</b>
		Série subalcalina (monzonitos, quartzomonzonitos, mangeritos etc).	<b>DCAsbalc</b>
		Série alcalina saturada e alcalina subsaturada (sienito, quartzo-sienitos, traquitos, nefelina sienito, sodalita sienito etc).	<b>DCAalc</b>
		Gabro, anortosito, carbonatito, dique de lamprófiro.	<b>DCAganc</b>
		Série alcalina saturada e/ou subsaturada, com rochas básicas e/ou ultrabásicas associadas.	<b>DCAalcubu</b>
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES DO EOPALEOZOICO, ASSOCIADAS AOS <i>RIFTS</i> , NÃO OU POUCO DEFORMADAS E METAMORFIZADAS.	<b>DSVE</b>	Predomínio de rochas sedimentares.	<b>DSVEs</b>
		Sequência vulcanossedimentar.	<b>DSVEvs</b>
		Predomínio de vulcânicas.	<b>DSVEv</b>
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS DO TIPO MOLASSA, NÃO OU POUCO DEFORMADAS E METAMORFIZADAS)	<b>DSPM</b>	Predomínio de metaconglomerados, intercalados de metarenitos arcósianos, metarcóseos e metassiltitos.	<b>DSPMcgas</b>

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU MUITO POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS. CARACTERIZADAS POR UM EMPILHAMENTO DE CAMADAS HORIZONTALIZADAS E SUB-HORIZONTALIZADAS DE VÁRIAS ESPESSURAS, DE SEDIMENTOS CLASTOQUÍMICOS DE VÁRIAS COMPOSIÇÕES E ASSOCIADOS AOS MAIS DIFERENTES AMBIENTES TECTONODEPOSICIONAIS.	DSP1	Indiferenciado.	DSVPin
		Predomínio de sedimentos arenosos e conglomeráticos, com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos.	DSP1acgsa
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e formações ferríferas e manganêsíferas.	DSP1asafmg
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com intercalações subordinadas de arenitos e metarenito feldspático.	DSP1saagr
		Rochas calcárias com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos e arenosos.	DSP1csaa
		Diamictitos, metarenitos feldspáticos, sedimentos arenosos e siltico-argilosos.	DSP1dgrsa
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações subordinadas de rochas calcárias.	DSP1sac
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com intercalações de arenitos. Ex.: Formação Suapi e Supergrupo Roraima.	DSP1saa
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS.	DSVP1	Predomínio de vulcanismo ácido a intermediário.	DSVP1va
		Predomínio de vulcanismo básico.	DSVP1vb
		Sequência vulcanossedimentar.	DSVP1vs
		Vulcanismo ácido a intermediário e intercalações de sedimentos arenosos e siltico-argilosos, podendo conter formações ferríferas e/ou manganêsíferas.	DSVP1vaa
		Predomínio de ortoconglomerados.	DSVP1ocg
		Predomínio de sedimentos arenosos e conglomerados, com intercalações de sedimentos siltico-argilosos. Ex.: Bacias de Campo Alegre e de Itajaí; Orógeno de Pelotas.	DSVP1sacg

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS INCLUINDO AS COBERTURAS PLATAFORMAIS, DOBRADAS, METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU.	DSP2	Metarenitos, quartzitos e metaconglomerados.	DSP2mqmtc
		Predomínio de metarenitos e quartzitos, com intercalações irregulares de metassedimentos siltico-argilosos e formações ferríferas ou manganésíferas.	DSP2mqsafmg
		Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos e siltico-argilosos.	DSP2msa
		Intercalações de metassedimentos siltico-argilosos, arenosos e metagrauvas	DSP2msag
		Predomínio de metaconglomerados polimíticos, suportados por clastos e metabrechas conglomeráticas	DSP2mtc
		Predomínio de metarenitos com níveis subordinados de metaconglomerado e metabrechas conglomeráticas.	DSP2mac
		Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos, com intercalações de metarenitos feldspáticos.	DSP2sag
		Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos, representados por xistos, com intercalações de metassedimentos arenosos, metacalcários e calcissilicáticas.	DSP2mxaccal
		Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos, representados por xistos com níveis de quartzitos (milinotizados ou não).	DSP2xq
		Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos, metacalcários, calcissilicáticos e xistos calcíferos.	DSP2mcx
		Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos.	DSP2mcsaa
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações subordinadas de arenitos.	DSP2saa
		Predomínio de calcissilicáticas.	DSP2cass
		Predomínio de formações ferríferas.	DSP2ff
		Predomínio de mármore calcíticos.	DSP2ca
Predomínio de quartzitos.	DSP2q		

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS INCLUINDO AS COBERTURAS PLATAFORMAIS, DOBRADAS, METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU.	DSP2	Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos, representados por xistos.	DSP2x
		Metagrauvacas e metaconglomerados predominantes.	DSP2mgccg
		Metavulcânicas ácidas a intermediárias xistificadas intercaladas com sedimentos psamíticos e pelíticos.	DSP2mvx
		Predomínio de metadiamictitos e filitos, localmente com lentes de quartzitos.	DSP2mdmf
		Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos e/ou arenosos com intercalações subordinadas de rochas calcárias	DSP2sac
		Predomínio de metacalcários e metadolomitos	DSP2cd
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU.	DSVP2	Indiferenciado.	DSVP2in
		Predomínio de quartzitos.	DSVP2q
		Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos, representados por xistos.	DSVP2x
		Predomínio de rochas metacalcárias, com intercalações de finas camadas de metassedimentos siltico-argilosos.	DSVP2csa
		<i>Metacherts</i> , metavulcânicas, formações ferríferas e/ou formações manganíferas, metacalcários, metassedimentos arenosos e siltico-argilosos.	DSVP2vfc
		Metarenitos feldspáticos, metarenitos, tufo e metavulcânicas básicas a intermediárias.	DSVP2gratv
		Metassedimentos siltico-argilosos e vulcânicas ácidas.	DSVP2mva
		Predomínio de rochas metabásicas e metaultramáficas.	DSVP2bu
		<i>Metacherts</i> , metarenitos, metapelitos, vulcânicas básicas, formações ferríferas e formações manganíferas.	DSVP2af
		Metarenitos, <i>metacherts</i> , metavulcânicas ácidas a intermediárias, formações ferríferas e/ou manganíferas.	DSVP2avf



DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU.	DSVP2	Predomínio de vulcânicas ácidas.	DSVP2va
		Predomínio de metapelitos com intercalações de rochas metabásicas e/ou metaultramáficas.	DSVP2pbu
		<i>Metacherts</i> , metarenitos e/ou metapelitos.	DSVP2cap
		Predomínio de metaconglomerados milinotizados intercalados com metavulcânicas.	DSVP2mcv
		Metassedimentos pelíticos intercalados com metavulcânicas.	DSVP2msmv
		Metapalitos, metacarbonatos e quartzitos intercalados com metavulcânicas.	DSVP2pcqv
		Metavulcânicas, metacalcários, <i>metacherts</i> , metassedimentos arenosos, calcissilicáticas, xistos e ultramafitos.	DSVP2vscu
		Predomínio de metarenitos e quartzitos com intercalações irregulares de metassedimentos siltico-argilosos e formações ferríferas ou manganésíferas.	DSVP2mqsafmg
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES TIPO GREENSTONE BELT, ARQUEANO ATÉ O MESOPROTEROZOICO.	DGB	Predomínio de metarenitos e quartzitos com intercalações irregulares de metassedimentos siltico-argilosos e formações ferríferas ou manganésíferas.	DSVP2mqsafmg
		Predomínio de metarenitos e/ou quartzitos, intercalados com vulcânicas ácidas e básicas.	DSVP2mavab
		Sequência vulcânica komatiítica associada a talco-xistos, anfibolitos, cherts, formações ferríferas e metaultrabasitos.	DGBko
		Predomínio de sequência sedimentar.	DGBss
		Sequência vulcanossedimentar, com alta participação de metavulcânicas ácidas e intermediárias.	DGBvai
		Sequência vulcanossedimentar.	DGBvs

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS CORPOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS (SUÍTES KOMATIÍTICAS, SUÍTES TOLEÍTICAS, COMPLEXOS BANDADOS).	DCMU	Série máfico-ultramáfica (dunito, peridotito etc).	DCMUmu
		Série básica e ultrabásica (gabro, anortosito etc).	DCMUbu
		Vulcânicas básicas.	DCMUvb
		Metamáficas, anfíbolitos e gnaisses calcissilicáticos.	DCMUmg
DOMÍNIO DOS CORPOS BÁSICOS SOB A FORMA DE SOLEIRAS E DIQUES DE IDADES VARIADAS, NÃO METAMORFIZADOS.	DCBSD	Corpos básicos na forma de diques e <i>sills</i> .	DCBSDds
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES NÃO DEFORMADOS	DCGR1	Associações charnockíticas. Minerais diagnósticos: hiperstênio, diopsídio.	DCGR1ch
		Séries graníticas peralcalinas.	DCGR1palc
		Séries graníticas alcalinas. Minerais diagnósticos: fluorita, alanita.	DCGR1alc
		Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas. Minerais diagnósticos: hornblenda, biotita, titanita, epidoto.	DCGR1salc
		Granitoides peraluminosos. Minerais diagnósticos: muscovita, granada, cordierita, silimanita, monazita, xenotima.	DCGR1pal
		Série shoshonítica. Minerais diagnósticos: augita, diopsídio e/ou hiperstênio, anfíbólio e plagioclásio.	DCGR1sho
		Indeterminado.	DCGR1in
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES DEFORMADOS	DCGR2	Associações charnockíticas. Minerais diagnósticos: hiperstênio, diopsídio.	DCGR2ch
		Séries graníticas peralcalinas.	DCGR2palc
		Séries graníticas alcalinas. Minerais diagnósticos: fluorita, alanita.	DCGR2alc
		Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas. Minerais diagnósticos: hornblenda, biotita, titanita, epidoto.	DCGR2salc

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES DEFORMADOS.	DCGR2	Granitoides peraluminosos. Minerais diagnósticos: muscovita, granada, cordierita, silimanita, monazita, xenotima.	DCGR2pal
		Série shoshonítica.	DCGR2sho
		Indeterminado.	DCGR2in
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES INTENSAMENTE DEFORMADOS: ORTOGNAISSES.	DCGR3	Associações charnockíticas.	DCGR3ch
		Séries graníticas peralcalinas.	DCGR3palc
		Séries graníticas alcalinas.	DCGR3alc
		Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas.	DCGR3salc
		Granitoides peraluminosos.	DCGR3pal
		Série shoshonítica.	DCGR3sho
		Indeterminado.	DCGR3in
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GNÁISSICO-MIGMATÍDICOS E GRANULÍDICOS.	DCGMGL	Predominam migmatitos ortoderivados.	DCGMGLmo
		Predominam migmatitos paraderivados.	DCGMGLmp
		Predomínio de gnaisses paraderivados. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLgnp
		Migmatitos indiferenciados.	DCGMGLmgi
		Gnaisses granulito paraderivado. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLglp
		Predomínio de paragnaisses com elevada incidências de cobertura detrito-laterítica.	DCGMGLldl
		Gnaisses granulíticos ortoderivados. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLglo
		Granulitos indiferenciados.	DCGMGLgli
		Predomínio de gnaisses ortoderivados. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLgno
		Gnaisses indiferenciados.	DCGMGLgni
		Metacarbonatos.	DCGMGLcar

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GNÁISSICO-MIGMATÍTICOS E GRANULÍTICOS.	<b>DCGMGL</b>	Anfibolitos.	<b>DCGMGLaf</b>
		Gnaisses, migmatitos e/ou granulitos, com alta incidência de corpos de metamáficas e/ou metaultramáficas.	<b>DCGMGLmu</b>
		Gnaisses, migmatitos e/ou granulitos associados com rochas metamáficas e/ou metaultramáficas, incluindo formações ferríferas bandadas.	<b>DCGMGLmufb</b>
		Predomínio de quartzito.	<b>DCGMGLqt</b>

## **APÊNDICE II**

## APÊNDICE II

# BIBLIOTECA DE PADRÕES DE RELEVO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

### ORGANIZAÇÃO

Marcelo Eduardo Dantas  
Serviço Geológico do Brasil – CPRM

### SUMÁRIO

A ANÁLISE DE PADRÕES DE RELEVO COMO UM INSTRUMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DA GEODIVERSIDADE .....	3
1. DOMÍNIO DAS UNIDADES AGRADACIONAIS .....	5
2. DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES POUCO LITIFICADAS .....	29
3. DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES LITIFICADAS .....	31
4. DOMÍNIO DOS RELEVOS DE APLAINAMENTO .....	37
5. DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS CRISTALINAS OU SEDIMENTARES .....	41
6. DOMÍNIO DE FORMAS DE DISSOLUÇÃO EM ROCHAS CARBONÁTICAS .....	54



# A ANÁLISE DE PADRÕES DE RELEVO COMO UM INSTRUMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DA GEODIVERSIDADE

AB'SABER, EM SEU ARTIGO "Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário" [Geomorfologia, São Paulo, n. 18, 1969], já propunha uma análise dinâmica da geomorfologia aplicada aos estudos ambientais, com base na pesquisa de três fatores interligados: identificação de uma compartimentação morfológica dos terrenos; levantamento da estrutura superficial das paisagens e estudo da fisiologia da paisagem (Figura 1).

A **compartimentação morfológica** dos terrenos é obtida a partir da avaliação empírica dos diversos conjuntos de formas e padrões de relevo posicionados em diferentes níveis topográficos, por meio de observações de campo e análise de sensores remotos (fotografias aéreas, imagens de satélite e Modelo Digital de Elevação - MDE). Essa avaliação é diretamente aplicada aos estudos de ordenamento do uso do solo e planejamento territorial, constituindo-se

em uma primeira e fundamental contribuição da geomorfologia.

A **estrutura superficial das paisagens** consiste no estudo dos mantos de alteração *in situ* (formações superficiais autóctones) e coberturas inconsolidadas (formações superficiais alóctones) que jazem sob a superfície dos terrenos. É de grande relevância para a compreensão da gênese e evolução das formas de relevo e, em aliança com a compartimentação morfológica dos terrenos, constitui-se em importante ferramenta para se avaliar o grau de fragilidade natural dos terrenos frente aos processos erosivo-deposicionais.

A **fisiologia da paisagem** consiste na análise integrada das diversas variáveis ambientais em sua interface com a geomorfologia. Ou seja, a influência de condicionantes litológico-estruturais, padrões climáticos e tipos de solos na configuração física das paisagens. Com essa terceira avaliação, objetiva-se, também, compreender a ação dos processos erosivo-deposicionais atuais, incluindo todos os impactos decorrentes da ação antropogênica sobre a paisagem natural. Dessa forma, embute-se na análise geomorfológica o estudo da morfo-dinâmica, privilegiando-se a análise de processos.

A Biblioteca de Padrões de Relevo do Programa Geodiversidade do Brasil foi elaborada para disponibilizar uma compartimentação geomorfológica proposta para ser aplicada na

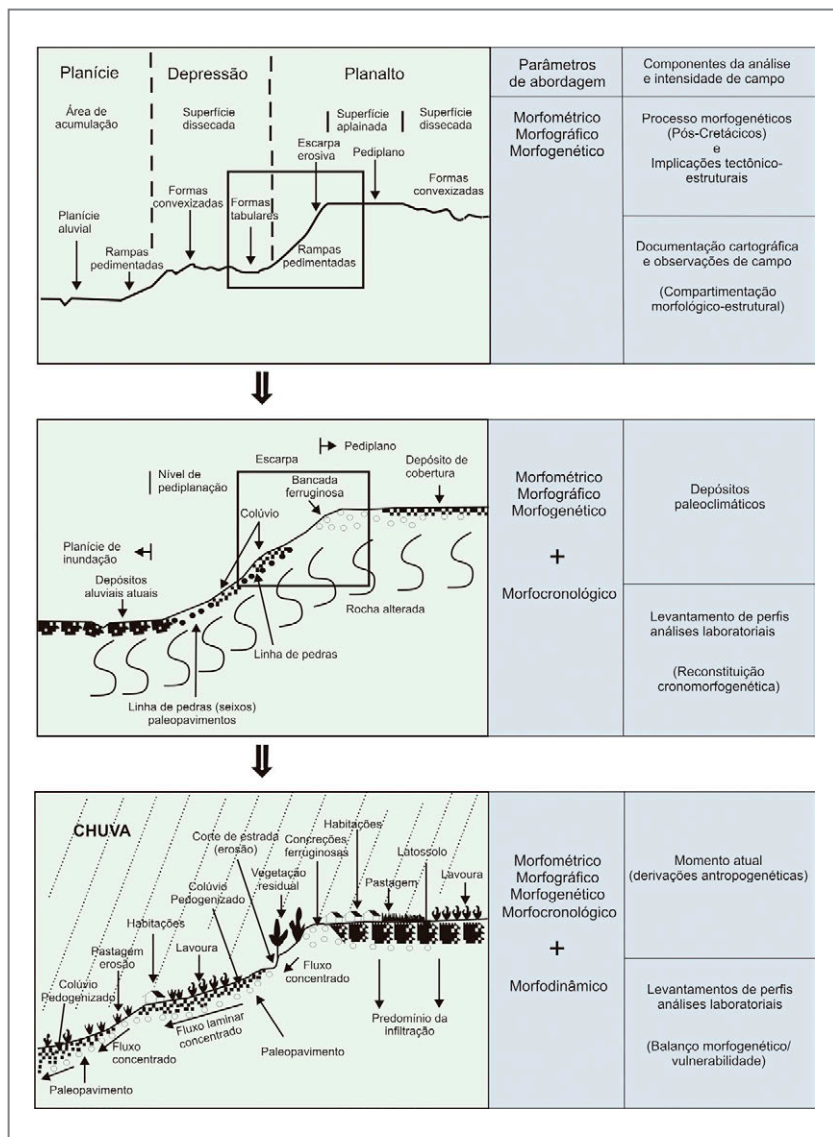


Figura 1: Demonstração dos Níveis de Abordagem Geomorfológica (seguindo metodologia de análise de Aziz Nacib Ab'Saber, 1969).

metodologia de mapeamento da geodiversidade em escalas que podem variar entre 1:25.000 e 1:100.000. Nesse sentido, sua abordagem restringe-se a avaliar o primeiro dos pressupostos elencados por Ab'Saber: a compartimentação morfológica dos terrenos. Subordinadamente, são avaliados aspectos de gênese, morfodinâmica e evolução do modelado. Portanto, a compartimentação de relevo efetuada nos mapeamentos da geodiversidade elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM compreende o acúmulo de experiências em mapeamentos geomorfológicos desenvolvidos em diferentes escalas em todo território nacional desde 1997. Com a presente Biblioteca de Padrões de Relevo, o SGB/CPRM tem como objetivo precípuo mapear a morfologia dos terrenos e gerar dados morfológicos e morfométricos que, além de caracterizar o modelado das paisagens, fornecem informações para a delimitação de áreas sujeitas à inundação, enxurrada e corridas de massa. O mapeamento de padrões de relevo representa, em linhas gerais, o 3º táxon

hierárquico da metodologia de mapeamento geomorfológico proposta por Ross (1992). Em alguns casos, foram mapeadas relevantes feições de relevo para o mapeamento em escala de semidetalhe, alcançando o 4º táxon (Figura 2). Em todos os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) da geodiversidade, desenvolvidos pelo SGB/CPRM, o mapa de padrões de relevo pode ser visualizado, bastando acessar o diretório correspondente.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v. 6, p. 17-29, 1992

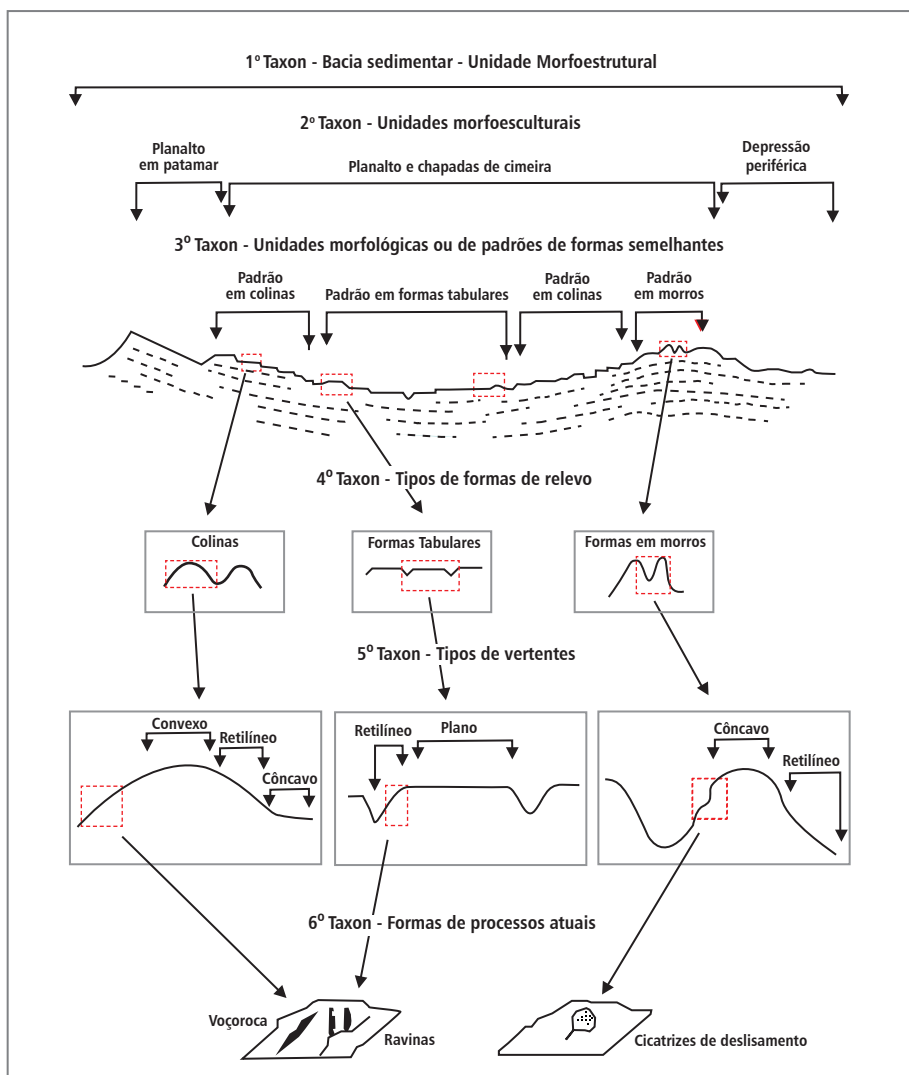


Figura 2: Demonstração dos Níveis de Hierarquia Taxonômica do Relevo (segundo metodologia de análise de Jurandy Ross, 1992).



# 1

## DOMÍNIO DAS UNIDADES AGRADACIONAIS

### R1a – PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO (*Várzeas*)

#### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies sub-horizontais constituídas de depósitos arenosos ou areno-argilosos a argilosos, bem selecionados, situados nos fundos de vales. Apresentam gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Terrenos imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis; bem drenados nos terraços. Os abaciamentos em áreas planas e as Áreas de Acumulação Inundáveis (Aai), frequentes na Amazônia e no Pantanal, também estão representadas nesta unidade.

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** 0°-3°.



**R1a** – Extensa planície de inundação do Rio do Imbé (assinalada em cor amarelo-claro) que se espraia em meio a um relevo acidentado de escarpas serranas e alinhamentos serranos escalonados em posição de contrafortes da escarpa da Serra do Desengano. O abrupto alargamento da planície aluvionar, que percorre uma inusitada trajetória paralela ao front escarpado, sugere controle neotectônico (geração de gráben ou hemigráben) na evolução dessa bacia de drenagem, diretamente associada ao próprio soerguimento da Serra do Mar.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de alta a muito alta suscetibilidade a eventos de inundação. Médio Vale do Rio do Imbé (município de Santa Maria Madalena – escala original 1:20.000).

## R1b1 – TERRAÇOS FLUVIAIS

### Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies sub-horizontais constituídas de depósitos arenosos ou areno-argilosos a argilosos, bem selecionados, situados nos flancos dos atuais fundos de vales. Consistem de superfícies bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado, representando paleoplanícies de inundação que se encontram em um nível mais elevado que o das várzeas atuais e acima do nível das cheias sazonais.

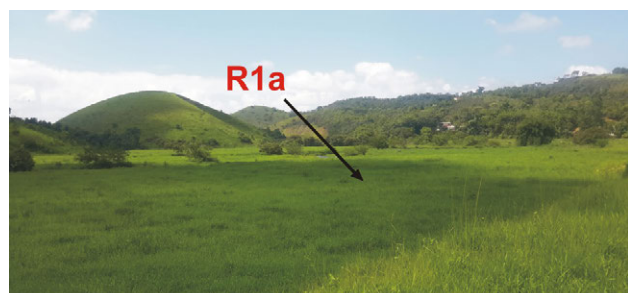
**Amplitude de relevo:** 2 a 20 m.

**Inclinação das vertentes:** 0°-3° (localmente, ressaltam-se rebordos abruptos no contato com a planície fluvial).

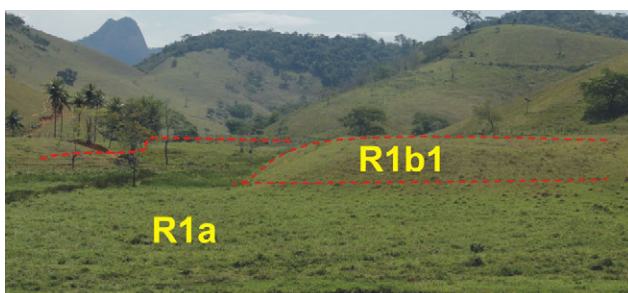


**R1b1** – Terraços fluviais do Rio Macabu (assinalados em cor amarelo-ouro) ocupando, de forma fragmentada, os flancos dos fundos de vales em cotas ligeiramente mais elevadas que as planícies subjacentes.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de baixa a média suscetibilidade a eventos de inundação. Médio Vale do Rio Macabu (limite entre os municípios de Conceição de Macabu e Santa Maria Madalena – escala original 1:15.000).



**R1a** – Planícies de inundação dos rios Pirapetinga (a) e Barreiro de Baixo (b) em domínio de mar de morros. Resende-RJ. Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2015.



**R1b1** -Terraços fluviais posicionados acima das cotas de cheias sazonais no Médio Vale do Rio Macabu (a) e no Baixo Vale do Rio Muriaé (b). Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2012 e 2017, respectivamente.

### R1b2 – TERRAÇOS LAGUNARES (paleoplanícies de inundação no rebordo de lagoas costeiras)

#### Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado constituído de depósitos arenosos a argilosos de origem lagunar. Consistem de paleoplanícies de inundação que se encontram em nível mais elevado que o das planícies lagunares ou fluviolagunares atuais e acima do nível das cheias sazonais. Essa unidade encontra-se restrita ao estado do Rio Grande do Sul, mais especificamente na borda continental da Laguna dos Patos.

**Amplitude de relevo:** 2 a 20 m.

**Inclinação das vertentes:** 0°-3° (localmente, ressaltam-se rebordos abruptos no contato com a planície fluvial).

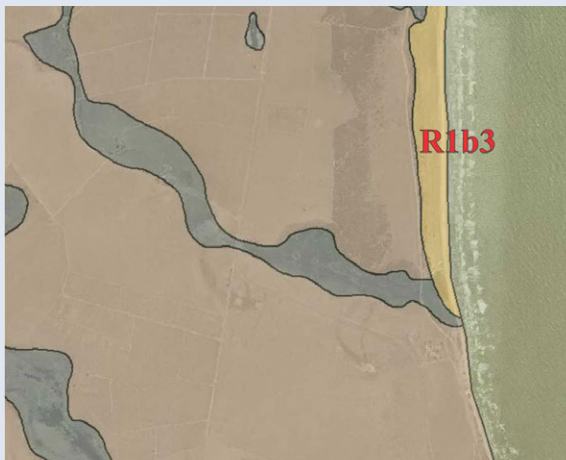
### R1b3 – TERRAÇOS MARINHOS (paleoplanícies marinhas à retaguarda dos atuais cordões arenosos)

#### Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, apresentando microrrelevo ondulado, geradas por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. Terrenos bem drenados e não inundáveis.

**Amplitude de relevo:** 2 a 20 m.

**Inclinação das vertentes:** 0°-5°



**R1b3** – Exíguo terraço marinho defronte a paleofalésias do Grupo Barreiras. Proximidades de Ponta Buena, em São Francisco do Itabapoana, RJ.



Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2016.

## R1b4 – BAIXADAS ALÚVIO-COLUVIONARES

### Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies sub-horizontais constituídas de depósitos arenosos, com grânulos e seixos, a areno-argilosos, moderadamente selecionados, depositadas na hinterlândia das planícies litorâneas. Consistem de superfícies mal a moderadamente drenadas, de relevo plano a suavemente ondulado, resultantes do preenchimento de antigas depressões por entulhamento de sedimentos fluviais e por fluxos de enxurrada. Tais baixadas estão frequentemente entremeadas num relevo de colinas isoladas (típico dos terrenos da Baixada Fluminense, no Gráben da Guanabara) e situam-se em um nível próximo ao das várzeas atuais e também sujeitas ao atingimento das cheias sazonais.

**Amplitude de relevo:** 2 a 20 m.

**Inclinação das vertentes:** 0°-3° (localmente, ressaltam-se rebordos abruptos no contato com a planície fluvial).



**R1b4** – Baixadas alúvio-colúvionares entulhando a depressão tectônica do Gráben da Guanabara (assinalados em cor laranja-claro) em meio a um relevo de colinas e morros isolados, recobertos por sedimentos fluviais a fluviomarinhos da Baixada Fluminense.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de média a alta suscetibilidade a eventos de inundação. Baixo Vale do Rio Guapiaçu. (limite entre os municípios de Guapimirim e Cachoeiras de Macacu – escala original 1:12.000).



**R1b4** – Baixada alúvio-colúvionara com relevo plano a levemente ondulado em meio a relevo colinoso.

Área de extração de areia. Guapimirim, RJ.

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2016.

## R1c1 – RAMPAS DE ALÚVIO-COLÚVIO

### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies deposicionais inclinadas constituídas por depósitos de encosta, areno-argilosos a argilo-arenosos, mal selecionados, em interdigitação com depósitos praticamente planos das planícies fluviais. Ocorrem, de forma disseminada, em meio ao domínio de mar de morros com relevo de colinas e de morros ou nas fraldas dos alinhamentos serranos.

**Amplitude de relevo:** variável.

**Inclinação das vertentes:** 5°-10° (associados à porção deposicional dos Complexos de Rampas).



**R1c1** – Rampas de alúvio-colúvio (em cor rosa) entulham fundos de vales de tributários que entalham um alinhamento de morros dissecados entre os vales dos rios Imbé e da Lama Preta. As curvas de nível demonstram uma superfície deposicional suavemente inclinada que converge em direção à vasta planície de inundação.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de baixa suscetibilidade a eventos de inundação ou, por outro lado, uma zona de atingimento em relação às vertentes circundantes podendo, portanto, ser incluída como uma zona de baixa a média suscetibilidade a movimento de massa.

Médio Vale do Rio do Imbé (município de Santa Maria Madalena – escala original 1:10.000).



**R1c1** – Rampas de alúvio-colúvio de pequenos vales tributários em zona de cabeceira de drenagem em domínio de mar de morros.

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2015

## R1c2 – RAMPAS DE COLÚVIO/DEPÓSITOS DE TÁLUS

### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies deposicionais fortemente inclinadas constituídas por depósitos de encosta, de matriz areno-argilosa a argilo-arenosa, rica em blocos, muito mal selecionados, em interdigitação com depósitos suavemente inclinados das rampas de alúvio-colúvio. Ocorrem nos sopés das vertentes íngremes de maciços montanhosos, alinhamentos serranos isolados e escarpas serranas. Apresentam baixa capacidade de suporte.

**Amplitude de relevo:** variável, dependendo da extensão do depósito na encosta.

**Inclinação das vertentes:** 10º-25º (associados aos cones de tálus).



**R1c2** – Rampas de colúvio/tálus (em cor salmão) preenchem os talwegues dos altos vales que drenam as vertentes serranas. Nota-se os depósitos praticamente planos das planícies fluviais (em cor amarela) sendo interdigitados ou sobrepostos pelas rampas alúvio-coluvionares (em cor rosa) derivados, predominantemente, de fluxos de enxurradas. Mais a montante, os corpos de tálus. As curvas de nível que interceptam o talwegue em planta, são mais frequentes e exibem uma leve convexidade em planta, o que denuncia a sedimentação do depósito de encosta e corridas de detritos.



Representa zonas de alta suscetibilidade a movimentos de massa. Corpos de tálus são definidos como instável unidade geotécnica.

Escarpa da Serra do Mar (Parque Estadual dos Três Picos - município de Cachoeiras de Macacu – escala original 1:20.000).



**R1c2** – Rampa de colúvio-tálus depositada sob forma de cones de dejeção no sopé de relevos acidentados em Santa Maria Madalena, RJ (a) ou entulhando fundos de vales de canais que drenam íngremes vertentes da Serra da Mantiqueira (b) (Resende, RJ).

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2017 e 2015, respectivamente.

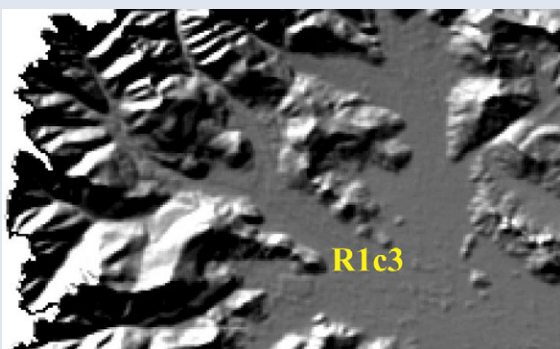
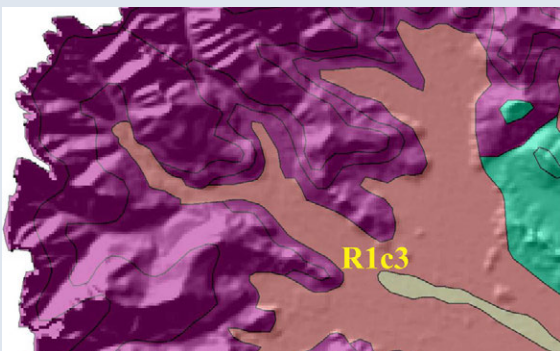
## R1c3 – LEQUES ALUVIAIS

### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

Os leques aluviais consistem de superfícies deposicionais inclinadas, constituídas por depósitos aluvionares de enxurrada, espalhados em forma de leque em uma morfologia ligeiramente convexa em planta. São depósitos mal selecionados, variando entre areia fina e seixos subangulosos a subarredondados, gerados no sopé de escarpas e serras. Em sua porção proximal, os leques aluviais caracterizam-se por superfícies fortemente inclinadas e dissecadas por canais efêmeros, que drenam as abruptas vertentes escarpadas. Em sua porção distal, os leques aluviais caracterizam-se por superfícies muito suavemente inclinadas, com deposição de sedimentos finos, em processo de coalescência com as planícies aluviais ou fluviolacustres..

**Amplitude de relevo:** 2 a 10 m.

**Inclinação das vertentes:** 0°-3°  
(exceto nas porções proximais dos lequesl).



**R1c3** – Extensa superfície de leques aluviais coalescentes depositados no piemonte da escarpa da Serra Geral, no sul de Santa Catarina.

Alto Vale do Rio Timbé (município de Timbé do Sul – escala original 1:70.000).



**R1c3** – Vale entulhado por corridas de massa do Rio Amola-Faca. Município de Timbé do Sul (a). Superfície original com relevo ondulado no sopé da escarpa da Serra Geral, município de Treviso, ambos no sul de Santa Catarina (b).  
Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2002.



**R1c3** – Superfície do leque aluvial convertida em canchas de arroz (a), com destaque para o material rudáceo remobilizado (b). Município de Nova Veneza, sul de Santa Catarina.  
Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2002.

## R1d1 – PLANÍCIES FLUVIOMARINHAS (*mangues*)

### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Terrenos lamosos, saturados em água, muito ricos em matéria orgânica, situados em fundo de baías ou enseadas, ou deltas e estuários dominados por maré, revestidos por manguezais. Superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais continentais e marinhos, constituídas de depósitos argilo-arenosos a argilosos. Terrenos periodicamente inundados, com padrão de canais bastante meandantes e divagantes, sob influência de refluxo de marés. Muito baixa capacidade de suporte dos terrenos.

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** plano (0°)



**R1d1** – Vasta planície intermarés revestida por manguezais de macromaré, que podem chegar a 30km de extensão, no município de Bragança, Costa Nordeste do Pará (assinalada em cor cinza-escuro). Os mangues consistem numa unidade de paisagem facilmente identificada pela vegetação em imagens de satélite. Este padrão de relevo é diariamente inundado pela ação de fluxo e refluxo de marés.

Manguezais de Bragança – Costa Nordeste do Pará – escala original 1:125.000.



**R1d1** – Manguezal sob pressão urbana em Florianópolis.  
Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2011.



**R1d1** – Manguezal de macromaré da costa nordeste do Pará.  
Foto: Sheila Gatinho Teixeira, 2019.



**R1d1** – Mangue no recôncavo da Baía de Guanabara.  
Baixo Rio Macacu, Itaboraí, RJ.  
Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2013.

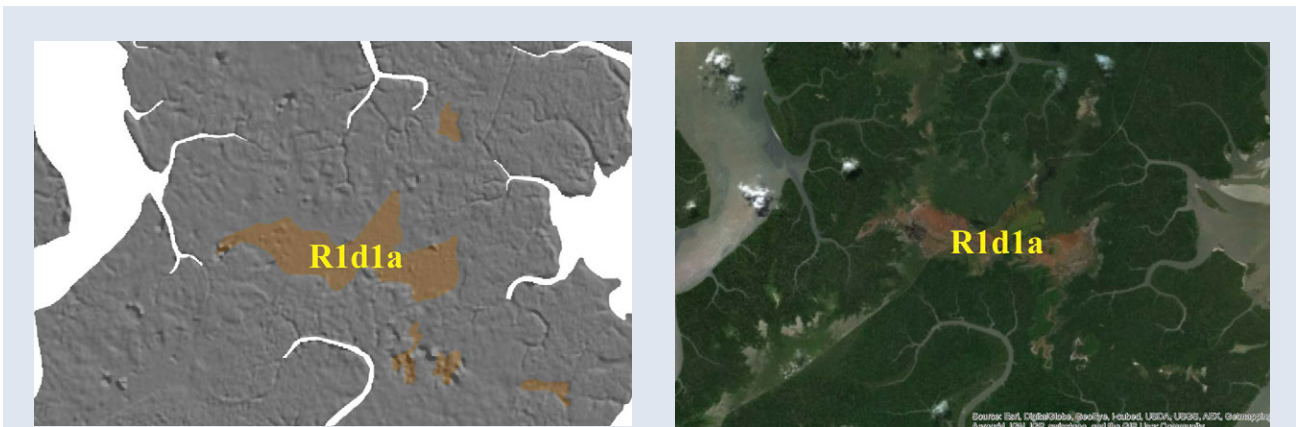


**R1d1a – PLANÍCIES FLUVIOMARINHAS (*campos salinos ou apicum*)****Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.**

Os campos salinos ou apicum representam subambiente das planícies de maré por manguezais (R1d1). Também consistem de terrenos lamosos, saturados em água, muito ricos em matéria orgânica, situados em fundo de baías ou enseadas, ou deltas e estuários dominados por maré. Superfícies planas, desprovidas de vegetação ou revestidas por uma rala cobertura herbácea ou espécimes raquíticas da vegetação de manguezal. No período de estiagem, ocorre o acúmulo de sal na superfície por capilaridade. Terrenos periodicamente inundados, com padrão de canais bastante meandranes e divagantes, sob influência de refluxo de marés. Muito baixa capacidade de suporte dos terrenos.

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** plano (0°)



**R1d1a** – Campos salinos, que ocorrem em meio às áreas de manguezal, no município de Bragança, Costa Nordeste do Pará (assinalada em cor marrom-claro). Os campos salinos consistem numa unidade de paisagem facilmente identificada pela textura lisa e cor de solo exposto em meio à vegetação de mangue nas imagens de satélite. Este padrão de relevo é periodicamente inundado pela maré diária.

Campos Salinos de Bragança – Costa Nordeste do Pará – escala original 1:80.000.



**R1d1a** – Campos salinos da costa nordeste do Pará.

Foto: Sheila Gatinho Teixeira, 2019.

## R1d2 – PLANÍCIES FLUVIOMARINHAS (*brejos*)

### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais continentais e marinhos, constituídas de depósitos argilo-arenosos a argilosos, ricos em matéria orgânica. Terrenos muito mal drenados, prolongadamente inundáveis, com padrão de canais bastante meandранtes e divagantes, presente nas baixadas litorâneas, em baixos vales dos principais rios que convergem para a linha de costa. Baixa capacidade de suporte dos terrenos.

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** plano (0°).



**R1d2** – Baixo Vale do Rio Guapimirim recoberto por espriadas planícies aluviais (em cor amarela) com predomínio de Neossolos Flúvicos e de planícies fluviomarinhas embrejadas (em cor cinza), com predomínio de Gleissolos Háplicos, Solódicos ou Tiomórficos. Os solos mal drenados ou com ocorrência de saias e enxôfre, além da vegetação mais úmida em imagens de satélite denuncia a presença das planícies fluviomarinhas nas Baixadas Litorâneas.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de muito alta suscetibilidade a eventos de inundação.

Baixada Fluminense (município de Guapimirim – escala original 1:15.000).



**R1d2** – Planície fluviomarina no Baixo Vale do Rio Guapiaçu, apresentando terrenos planos e muito mal drenados (Gleissolos Húmicos).

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2013.



**R1d2** – Planície fluviomarina no Baixo Vale do Rio Itabapoana (a). Campo de Perizes. Campos halófilos de várzea na Baixada Maranhense (b).

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2016 e 2017, respectivamente.

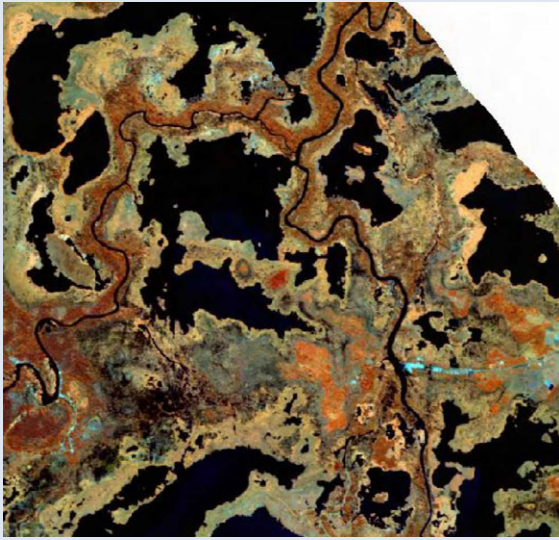
### R1d3 – PLANÍCIES FLUVIOLACUSTRES (*brejos*)

#### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais fluviais e lacustres, constituídas de depósitos argilo-arenosos a argilosos. Terrenos mal drenados, prolongadamente inundáveis. Os abaciamentos (ou suaves depressões em solos arenosos) em áreas planas ou em baixos interflúvios, denominados Áreas de Acumulação Inundáveis (Aai), frequentes na Amazônia, estão inseridos nessa unidade. Baixa capacidade de suporte dos terrenos

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** plano (0°).



**R1d3** – Extensa planície fluvio-lacustre do Baixo Vale do Rio Mearim, ao sul do Golfão Maranhense, caracterizado por grandes lagos de água doce e solos muito mal drenados (Gleissolos Háplicos e Organossolos), ocupados por campos higrófilos e floresta de várzea.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de muito alta suscetibilidade a eventos de inundação.

Baixada maranhense (município de Bacabal – escala original 1:10.000).



Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2011.

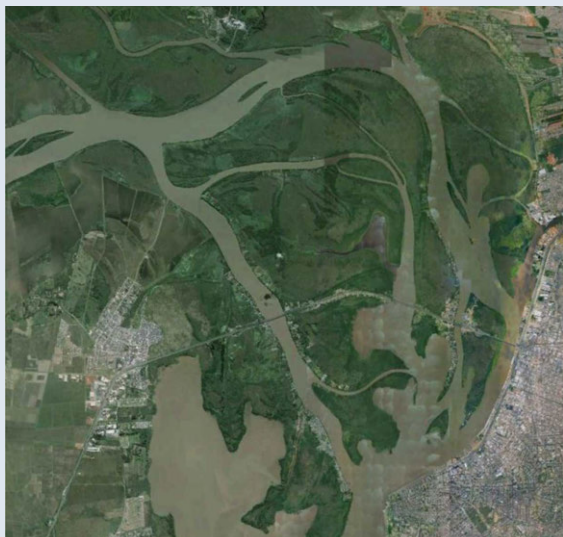
### R1d4 – PLANÍCIES FLUVIODELTAICAS (*brejos*)

#### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais fluviais e lagunares ou marinhos, constituídas de depósitos arenosos a argilo-arenosos. Terrenos mal drenados, prolongadamente inundáveis.

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** plano (0°).



**R1d4** – Planície fluviodeltaica do Rio Jacuí, que desemboca no denominado Lago Guaíba, caracterizada por extensa superfície deposicional de solos mal drenados (Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos), por vezes, convertidos em canchas de rizicultura.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de muito alta suscetibilidade a eventos de inundação.

Região Metropolitana de Porto Alegre – escala original 1:25.000.



Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2015.

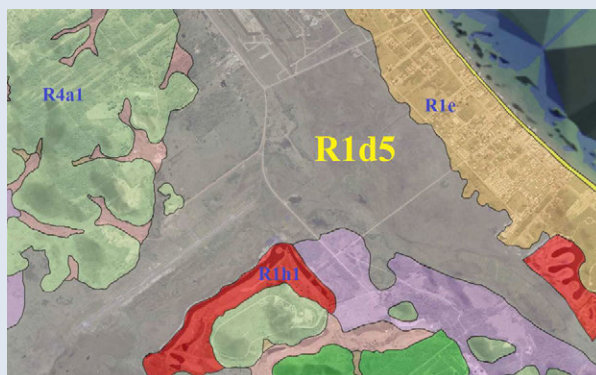
## R1d5 – PLANÍCIES LAGUNARES (*brejos*)

### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies planas constituídas de depósitos argilosos a argilo-arenosos, muito ricos com matéria orgânica, resultantes do processo de colmatção de paleolagunas. A contribuição fluvial é inexpressiva. Consistem de terrenos muito mal drenados com lençol freático subaflorante e aflorante. Descritos como turfas, ocupam depressões embrejadas, longitudinais à linha de costa, à retaguarda de cordões arenosos de origem marinha.

**Amplitude de relevo:** zero.

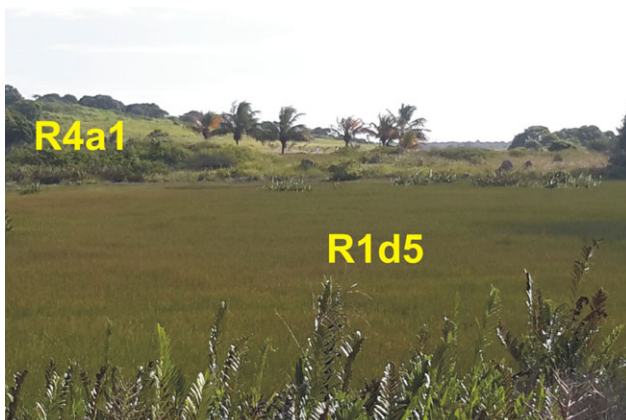
**Inclinação das vertentes:** plano (0°)



**R1d5** – Planície lagunar situada entre o promontório de Búzios e o continente, caracterizada por extensa baixada revestida por campos hidrófilos de várzea com solos muito mal drenados e ricos em sais (Gleissolos Salinos, Gleissolos Melânicos e Organossolos), devido à influência marinha. Ao fundo, colinas amplas e superfícies aplainadas modeladas sobre o embasamento cristalino e que delimitavam o contorno interno da paleolaguna.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de muito alta suscetibilidade a eventos de inundação.

Estrada de acesso ao aeroporto de Búzios e ao Golf Club. Município de Búzios – escala original 1:12.000.



**R1d5** – Planície lagunar com nível freático subaflorante, resultante de processos de colmatção de antiga laguna situada no interior da península de Búzios (a). Planície fluviolagunar do baixo curso do Rio Macabu (b) com extenso canal de drenagem para rebaixamento regional do nível freático. Exposição de Organossolos (solos turfosos).

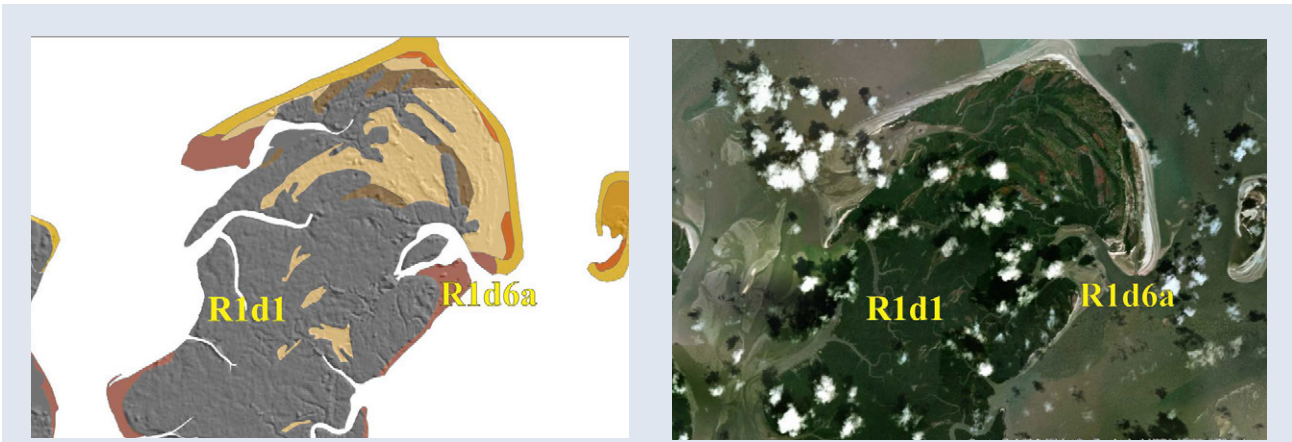
Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2016 e 2017, respectivamente.

**R1d6a – PLANÍCIES DE MARÉ LAMOSAS (*coroas de lama*)****Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.**

Superfícies planas constituídas de depósitos lamosos, muito ricos em matéria orgânica, que se posicionam na linha de costa a frente da planície de maré ocupada por manguezais. Frequentes em costas rasas de ambientes de macromaré de zona equatorial, consistem de terrenos submersos durante o período de maré alta. Deste modo, estes sedimentos afloram apenas na maré baixa e são desprovidos de qualquer cobertura vegetal.

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** plano (0°)



**R1d6a** – Planícies de maré lamosa que ocorrem na frente dos manguezais de macromaré, Município de Viseu – Costa Nordeste do Pará– escala original 1:100.000).



**R1d6a** – Planície lamosa em Marapanim, costa nordeste do Pará.  
Foto: Sheila Gatinho Teixeira, 2019.

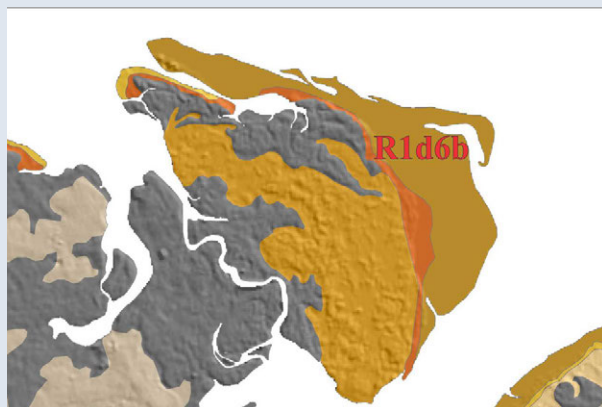
## R1d6b – PLANÍCIES MARÉ ARENOSAS (*barras arenosas*)

### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies planas constituídas de barras arenosas quartzosas, que se posicionam na linha de costa à frente da praia ou na desembocadura dos estuários. Frequentes em costas rasas de ambientes de macromaré de zona equatorial, consistem de terrenos submersos durante o período de maré alta. Deste modo, estes sedimentos afloram apenas na maré baixa e são desprovidos de qualquer cobertura vegetal. Essas feições apresentam grande mobilidade em ambiente costeiro de alta atividade morfodinâmica, caracterizada por uma intercalação de barras arenosas e canais de maré.

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** plano (0°)



**R1d6b** – Planícies de maré arenosa que ocorrem na frente das praias de macromaré, que ficam submersos durante a preamar.

Município de Salinópolis – Costa Nordeste do Pará– escala original 1:60.000).



**R1d6b** – Planície de maré arenosa em Marapanim, costa nordeste do Pará.

Foto: Sheila Gatinho Teixeira, 2019.

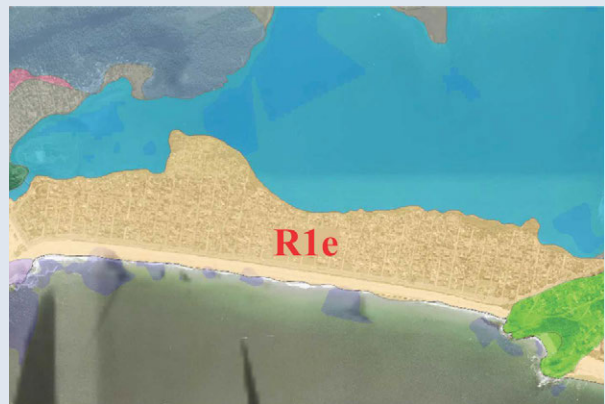
## R1e – PLANÍCIES MARINHAS (*restingas*)

### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, apresentando microrrelevo ondulado, geradas por processos de sedimentação marinha. Terrenos bem drenados e não inundáveis elaborados sobre terraços marinhos e cordões arenosos.

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** 0°-5°



**R1e** – Cordão arenoso francamente urbanizado da praia e restinga de Piratininga (em cor laranja), isolando a laguna homônima do oceano. Este cordão arenoso encontra-se ancorado por cabos rochosos. A leste, pelo promontório da Praia do Sossego (em cor verde-clara) e, a oeste, pela laje (em cor lilás) e pela ponta do Tibau (em cor verde-escura).

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de baixa suscetibilidade a eventos de inundação, devido à alta permeabilidade dos solos (Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos).

Região Oceânica de Niterói (município de Niterói – escala original 1:15.000).



**R1e** – Planície costeira urbanizada do bairro Cambinhas, Niterói (a). Cordão arenoso transgressivo em Quissamã (b).

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2013 e 2018, respectivamente.

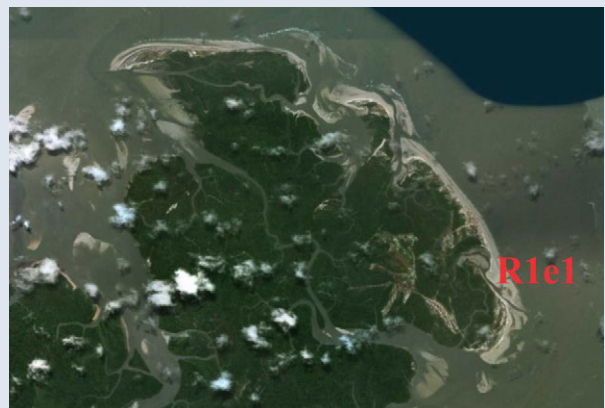
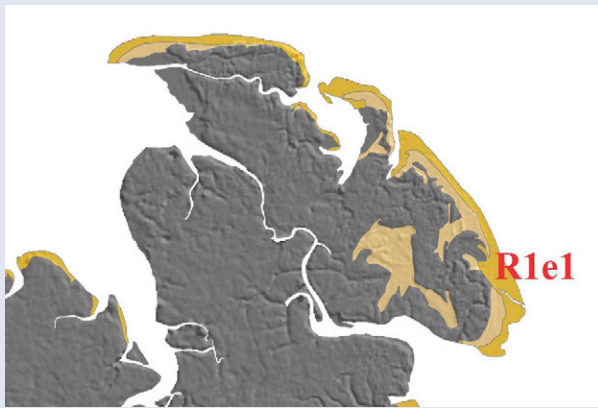


**R1e1 – PLANÍCIES MARINHAS (*praias*)****Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.**

As praias representam um subambiente das planícies marinhas (R1e). Também consistem de superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, geradas por processos de sedimentação marinha. Em costas rasas de ambiente de macromaré das zonas equatoriais, as praias são facilmente mapeáveis, apresentando zonas de estirâncio de centenas de metros de largura. Terrenos bem drenados, porém sujeitos à variação de maré, sendo elaborados sobre terraços marinhos e cordões arenosos.

**Amplitude de relevo:** 2 a 5 m.

**Inclinação das vertentes:** 0°-5°



**R1e1** – Praias com zona de estirâncio de centenas de metros em região de macromaré, Praia de Ajuruteua - Bragança – Costa Nordeste do Pará– escala original 1:80.000.



**R1e1** – Praia de macromaré – Salinópolis – costa nordeste do Pará (a). Praia de micromaré de alta energia no Cabo de São Tomé (b) delimitado por falésias em terraço marinho.

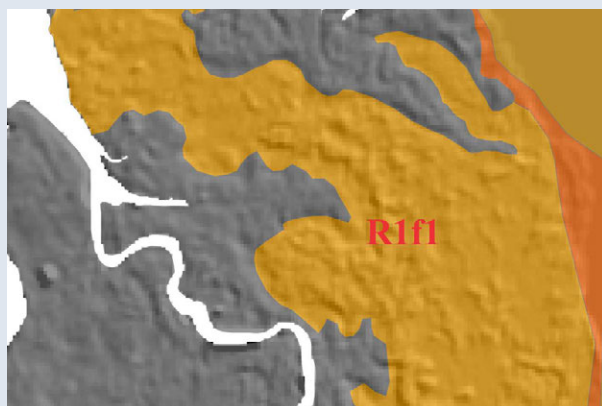
Foto: (a) Sheila Gatinho Teixeira, 2019 e (b) Marcelo Eduardo Dantas, 2018.

**R1f1 – CAMPOS DE DUNAS (*dunas fixas*)****Relevo de agradção. Zona de acumulação atual ou subatual.**

Superfícies de relevo ondulado, constituídas de depósitos areno-quartzosos bem selecionados, depositados por ação eólica longitudinalmente à linha de costa, podendo também se desenvolver em zonas interioranas. As dunas fixas caracterizam-se, preferencialmente, por dunas do tipo parabólica, *hairpin* ou *nebka* e recebem esse nome em função da fixação, por conta da vegetação pioneira que recobre os depósitos de areia, que às vezes é do tipo arbustiva e outras do tipo rasteira, o que diminui a ação do vento sobre estes depósitos levando a estabilização dos mesmos. São constituídos por areia fina a muito fina, de coloração amarelada a esbranquiçada.

**Amplitude de relevo:** 2 a 40 m.

**Inclinação das vertentes:** 3°-30°



**R1f1** – Campos de dunas fixas, facilmente identificados nas imagens de satélite, Município de Salinópolis – Costa nordeste do Pará– escala original 1:80.000.



**R1f1** – Campo de dunas fixas da restinga de Massambaba, Arraial do Cabo, RJ (a).

Campo de dunas fixas – Marapanim – Costa nordeste do Pará (b).

Fotos: (a) Marcelo Eduardo Dantas, 2018 e (b) Sheila Gatinho Teixeira, 2019.

**R1f2 – CAMPOS DE DUNAS (*dunas móveis*)****Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.**

Superfícies de relevo ondulado, constituídas de depósitos arenoquartzosos bem selecionados, depositados por ação eólica longitudinalmente à linha de costa. As dunas móveis caracterizam-se, preferencialmente, por dunas do tipo barcana e são constituídas, essencialmente, por depósitos de areia de granulometria fina a média, bem selecionados de coloração esbranquiçada e encontram-se desprovidos de vegetação apresentando, portanto, de expressiva mobilidade.

**Amplitude de relevo:** 2 a 40 m.

**Inclinação das vertentes:** 3°-30°



**R1f2** – Formação isolada de duna (em cor abóbora), junto à praia e planície costeira de Itaipu. Duna Grande de Itaipu. Região Oceânica de Niterói (município de Niterói – escala original 1:8.000).



**R1f2** –Sítio arqueológico (sambaqui) da Duna Grande de Itaipu (a). Duna megaparabólica de Cabo Frio, RJ (b). Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2013 e 2018, respectivamente.

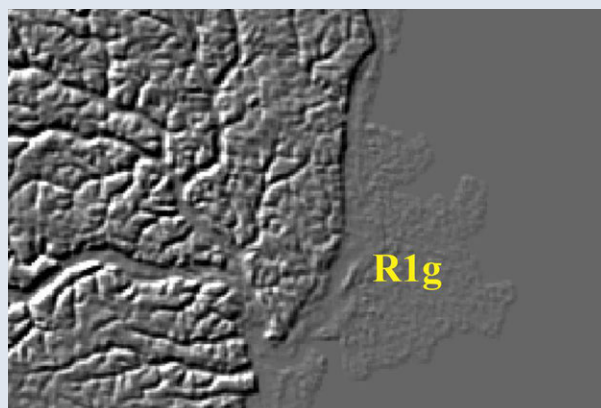
## R1g – RECIFES

### Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Os recifes situam-se na plataforma continental interna em posição de linha de arrebentação ou *off-shore*, podendo ser distinguidos dois tipos principais: RECIFES DE ARENITO DE PRAIA, que consistem de antigos cordões arenosos (*beach-rocks*), sob forma de ilhas-barreiras paralelas à linha de costa, que foram consolidados por cimentação ferruginosa e/ou carbonática; RECIFES DE BANCOS DE CORAIS, que consistem de bancos de recifes ou formações peculiares denominadas “chapeirões”, submersos ou parcialmente emersos durante os períodos de maré baixa. Estes são produzidos por acumulação carbonática, devido à atividade biogênica (corais).

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** plano (0°)



R1g – Santa Cruz Cabralia (sul do estado da Bahia).

**R1h1 – DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS (aterros sobre corpos d'água)****Relevo produzido pela ação antrópica.**

Superfícies planas, resultantes de aterramento de antigas planícies fluviomarinhas (mangues ou brejos), ou mesmo, de parte do espelho d'água em áreas urbanas valorizadas pela intervenção do estado e pelo capital imobiliário.

Unidade geotécnica singular apresentando suscetibilidade nula a movimentos de massa e inundação.

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** plano (0°)



**R1h1** – Aterro sobre a Baía de Guanabara (em cor marrom).

Campus da UFF – bairro São Domingos. (município de Niterói – escala original 1:5.000).



**R1h1** – Aterro do Campus da UFF, Niterói, RJ.

Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2013.

## R1h2 – DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS (*aterros sanitários*)

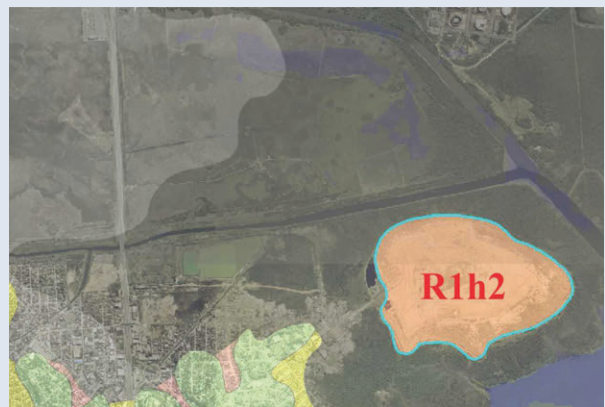
### Relevo produzido pela ação antrópica.

Os aterros sanitários produzem “elevações artificiais” que requerem rígido controle e monitoramento ambiental.

Unidade geotécnica singular apresentando risco muito alto de combustão e de contaminação das águas (superficial e subterrânea) e dos solos, podendo apresentar alta suscetibilidade de deslizamento de lixo e solo (vide tragédia do Morro do Bumba em Niterói, 2010).

**Amplitude de relevo:** variável.

**Inclinação das vertentes:** variável.



**R1h2** – Aterro sanitário (em cor rósea) implantado em local totalmente inadequado sob terrenos alagadiços de planície fluvio-marinha (mangues) (em cor cinza-escuro), às margens do Rio Sarapuí, no recôncavo da Baía de Guanabara. Aterro Sanitário de Gramacho. (município de Duque de Caxias – escala original 1:24.000).



**R1h2** – Aterro Sanitário de Morro do Céu, Niterói, RJ.  
Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2013.

### R1h3 – FORMAÇÕES TECNOGÊNICAS (*terrenos alterados pela atividade de mineração*)

#### Relevo produzido pela ação antrópica.

Terrenos submetidos à intensa intervenção antrópica descaracterizando a morfologia original da paisagem física e sua rede de drenagem. Caracteriza-se por uma forte degradação ambiental produzida pela atividade mineral, resultando num cenário de áreas terraplenadas; sucessão de cavas a céu aberto; pilhas de estéril; túneis e escavações; e lagoas de decantação, associado com a remoção completa da cobertura vegetal.

Unidade geotécnica singular apresentando risco muito alto de quedas de blocos em frente de lavra, colapsos do terreno, combustão espontânea (em lavras de carvão) e de contaminação das águas superficial e subterrânea.

**Amplitude de relevo:** variável.

**Inclinação das vertentes:** variável.



**R1h3** – Área de extração de argilitos (sem cor) em cabeceira de drenagem sob domínio colinoso da Depressão Periférica Paulista.

Polo cerâmico do município de Santa Gertrudes – escala original 1:12.000.



**R1h3** – Cavas de mineração, pilhas de rejeito (a) e drenagem ácida (b) na Bacia Carbonífera de Criciúma, SC.

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2002.

## R1h4 – FORMAÇÕES TECNOGÊNICAS (*esplanadas de desmonte de morros*)

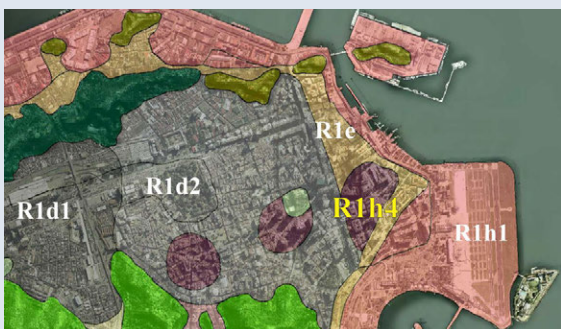
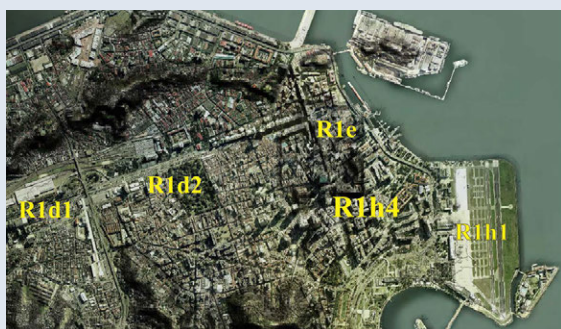
### Relevo produzido pela ação antrópica.

As esplanadas representam extensos terrenos planos, resultantes do desmonte de morros em áreas urbanas que experimentam forte valorização imobiliária. Tais formações tecnogênicas são comuns no centro do Rio de Janeiro e desempenham um papel fundamental na ocupação histórica da cidade no século XX, tanto através da criação artificial de espaços para expansão da malha urbana, como também por meio de criação de novos espaços de ocupação via aterramento de antigas zonas de brejo e mangue, assim como de porções da Baía de Guanabara.

Unidade geotécnica singular apresentando excelentes condições de urbanização, estando embasada diretamente em rocha alterada ou sã. No centro do Rio de Janeiro, as esplanadas foram modeladas poucos metros acima das planícies fluviomarinhas circunjacentes.

**Amplitude de relevo:** zero.

**Inclinação das vertentes:** plano (0°).



**R1h4** – Localização da Esplanada do Castelo (R1h4 - em cor púrpura) em área urbana verticalizada, ladeada por antigas áreas de mangues e brejos (R1d1 e R1d2 – cores acinzentadas) e feixes de cordões de praia (R1e – cor laranja). Tais ambientes deposicionais configuram o sítio original do centro da cidade do Rio de Janeiro. Destacam-se, ainda, os extensos aterros sobre a Baía da Guanabara (R1h1 – cor rósea), como o Aeroporto Santos Dumont e a Zona Portuária, cujos materiais foram provenientes do desmonte dos morros da zona central da cidade (escala original 1:13.000).



**R1h4** – Fotografia da Esplanada do Morro do Castelo em 1930, poucos anos após seu desmonte, onde se destaca o imenso vazio urbano em meio ao casario do século XIX e início do século XX. Essa esplanada posiciona-se entre 5 a 8 metros acima do nível de base das planícies em seu entorno. Observa-se, à esquerda, uma extensa área recém-aterrada junto à Baía de Guanabara. \*



**R1h4** – Prédios monumentais da Esplanada do Castelo (tal como o Ministério do Trabalho), erigidos em estilo Neoclássico durante a Era Vargas (décadas de 30 e 40). Ao fundo, a pequena Igreja de Santa Luzia que, outrora, situava-se no sopé do Morro do Castelo, junto à praia.

Na segunda foto, nota-se o contraste entre a ampla av. Antônio Carlos (criada no século XX) e a estreita rua 1º de Março (oriunda da antiga rua Direita, surgida ainda no século XVI), onde se destaca construções históricas (terceira foto) que remontam ao período colonial, como o Convento do Carmo, o Paço Imperial e a Catedral da Sé.

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2017.

\*Fonte: Holland, S.H. Esplanada do Castello, Mercado Municipal, Baía de Guanabara etc. Rio de Janeiro: [s.n.], [1930?]. 1 fotografia, p&b. Disponível em: <<http://brasilianafotografica.bn.br/brasiliana/handle/bras/2855>>. Acesso em: 04 maio 2016.



## 2

# DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES POUCO LITIFICADAS

### R2a1 – TABULEIROS

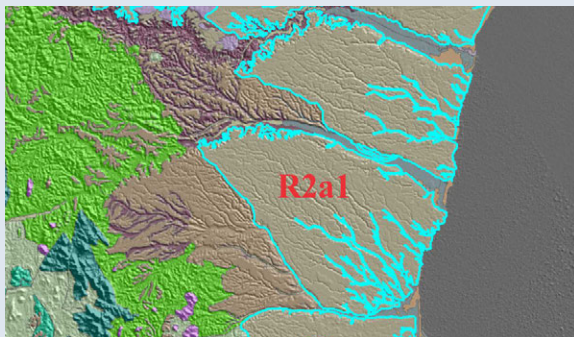
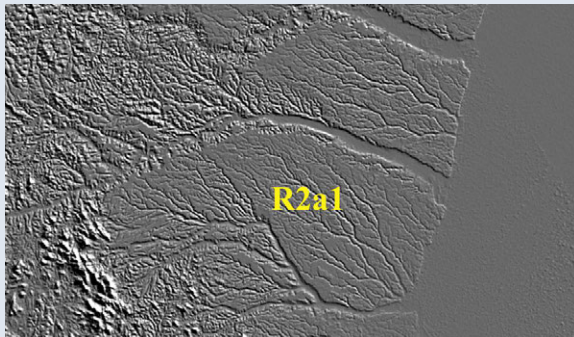
#### Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Formas de relevo suavemente dissecadas, com extensas superfícies de gradientes extremamente suaves, com topos planos e alongados e vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de “U”, resultantes de dissecação fluvial recente.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar

**Amplitude de relevo:** 20 a 50 m.

**Inclinação das vertentes:** topo plano: 0°-3° (localmente, ressaltam-se vertentes acentuadas: 10°-25°).



**R2a1** – Vastas superfícies tabulares, planas a suave onduladas, sulcadas por uma rede de canais de baixa densidade de drenagem. Tabuleiros da Bacia Sedimentar de Macacu (em cor marrom-clara). Extração de argila evidenciada na análise da imagem.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de muito baixa suscetibilidade a eventos de movimentos de massa. Apenas nas vertentes declivosas dos vales encaixados pode-se sugerir uma suscetibilidade baixa a média a eventos de movimentos de massa.

Loteamentos periurbanos implantados entre as localidades de Itambi e Porto das Caixas (município de Itaboraí – escala original 1:20.000).



**R2a1** – Terrenos praticamente planos dos topos dos tabuleiros da Bacia Macacu nas cercanias de Itaboraí (a) e de Itambi (b) (Latosolos Amarelos).  
Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2013.

## R2a2 – TABULEIROS DISSECADOS

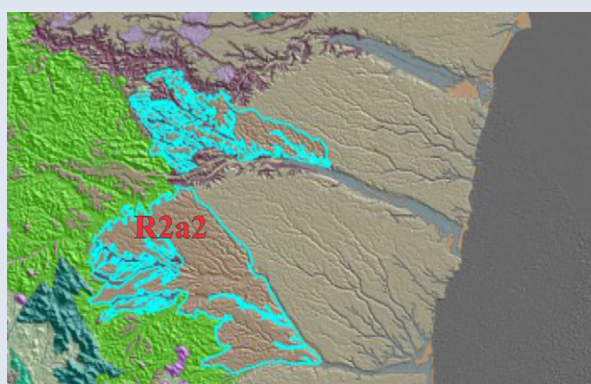
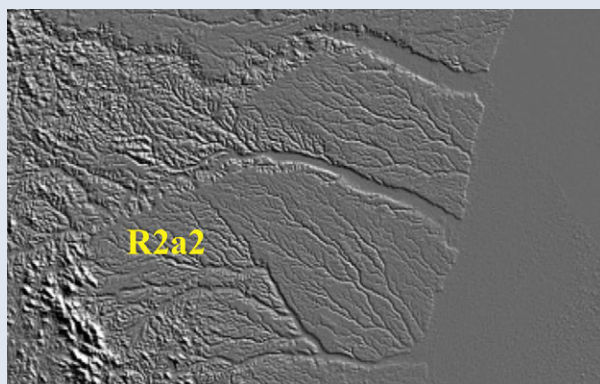
### Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Formas de relevo tabulares, dissecadas por uma rede de canais com alta densidade de drenagem, apresentando relevo movimentado de colinas com topos tabulares ou alongados e vertentes retilíneas e declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecação fluvial recente.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrência de processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).

**Amplitude de relevo:** 20 a 50 m.

**Inclinação das vertentes:** topos planos restritos: 0°-3° (localmente, ressaltam-se vertentes acentuadas: 10°-25°).



R2a2 – Porto Seguro (sul do estado da Bahia).



R2a2 – Tabuleiros dissecados em São Francisco do Itabapoana, RJ.

Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 1998.

# 3

## DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES LITIFICADAS

### R2b1 – BAIXOS PLATÔS

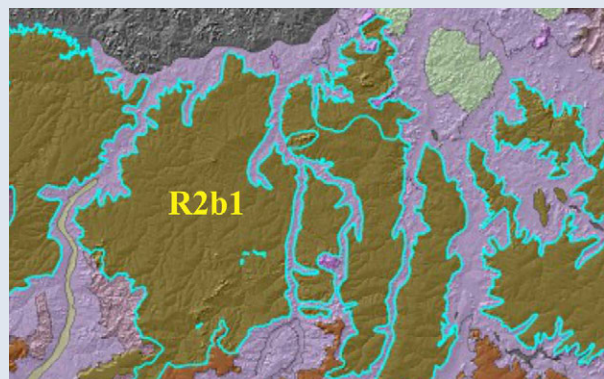
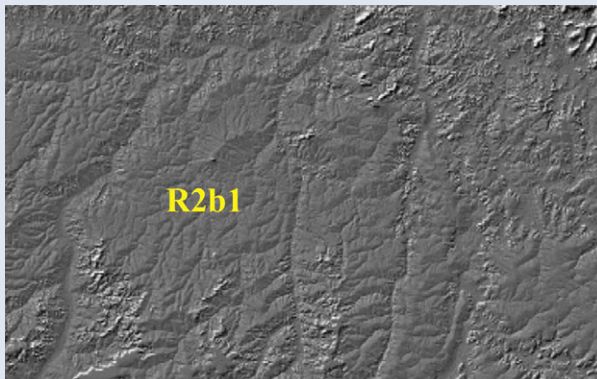
#### Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Superfícies ligeiramente mais elevadas que os terrenos adjacentes, pouco dissecadas em formas tabulares. Sistema de drenagem principal com fraco entalhamento.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização. Caracterizam-se por superfícies planas de modestas altitudes em antigas bacias sedimentares, como os patamares mais baixos da Bacia do Parnaíba (Piauí) ou a Chapada do Apodi, na Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte).

**Amplitude de relevo:** 0 a 20 m.

**Inclinação das vertentes:** topo plano a suavemente ondulado: 2°-5°.



R2b1 – Centro-sul do estado do Piauí.



R2b1 – Baixos platôs não dissecados da Bacia do Parnaíba.  
Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2010.

## R2b2 – BAIXOS PLATÔS DISSECADOS

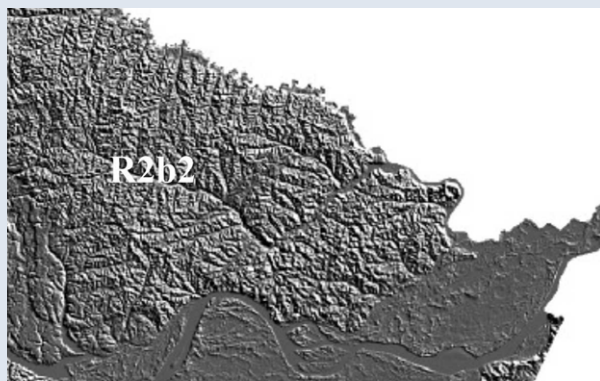
### Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Superfícies ligeiramente mais elevadas que os terrenos adjacentes, francamente dissecadas em forma de colinas tabulares. Sistema de drenagem constituído por uma rede de canais com alta densidade de drenagem, que gera um relevo dissecado em vertentes retilíneas e declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecção fluvial recente. Deposição de planícies aluviais restritas em vales fechados.

Equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados, com moderada suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas). Situação típica encontrada nos baixos platôs embasados pela Formação Alter do Chão, ao norte de Manaus.

**Amplitude de relevo:** 20 a 50 m.

**Inclinação das vertentes:** topo plano a suavemente ondulado: 2°-5°, excetuando-se os eixos dos vales fluviais, onde se registram vertentes com declividades mais acentuadas (10°-25°).



R2b2 – Interflúvio entre os rios Uatumã e Nhamundá (nordeste do estado do Amazonas).



R2b2 – Baixos platôs dissecados, em Presidente Figueiredo, AM.

Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2001.

## R2b3 – PLANALTOS

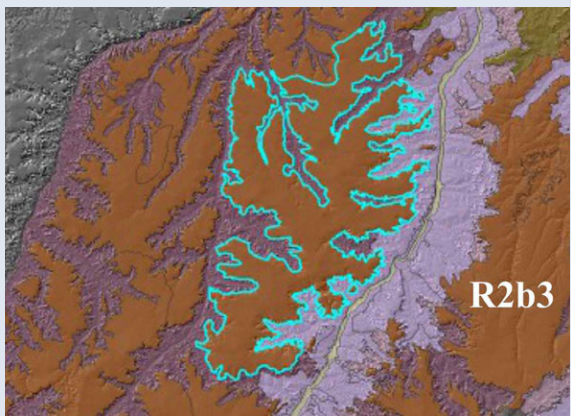
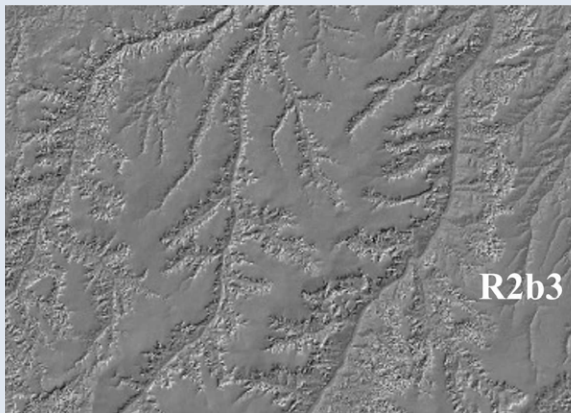
### Relevo de degradação predominantemente em rochas sedimentares, mas também sobre rochas cristalinas.

Superfícies mais elevadas que os terrenos adjacentes, pouco dissecadas em formas tabulares ou colinas muito amplas. Sistema de drenagem principal com fraco entalhamento e deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados.

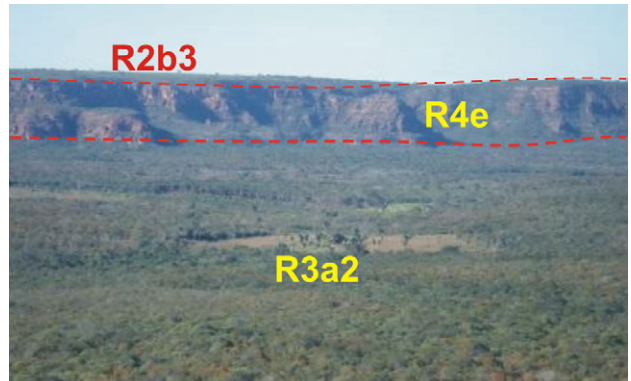
Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

**Amplitude de relevo:** 20 a 50 m.

**Inclinação das vertentes:** topo plano a suavemente ondulado: 2°-5°, excetuando-se os eixos dos vales fluviais.



**R2b3** – Planalto de Uruçuí (sul do estado do Piauí).



**R2b3** – Escarpa erosiva do Planalto de Uruçuí (sudoeste do Piauí).

Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2010.



**R2b3** – Topo de planalto no sul do Maranhão convertido para agricultura.

Foto: Edgar Shinzato, 2019.



**R2b3** – Topo do Planalto da Borborema, em Garanhuns, PE.

Foto: Rogério Valença Ferreira, 2011.

## R2b4 – PLANALTOS DISSECADOS

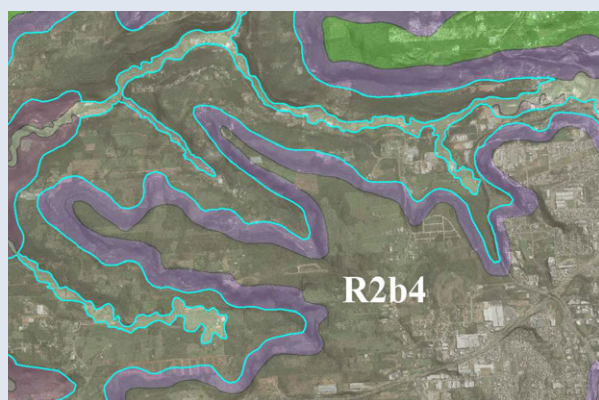
**Relevo de degradação, predominantemente, em rochas sedimentares ou em bacias vulcanossedimentares, mas também sobre rochas cristalinas.**

Superfícies mais elevadas que os terrenos adjacentes, francamente dissecadas por canais incisos e aprofundados gerando superfícies planálticas fragmentadas e morros de topos planos. Sistema de drenagem principal com forte entalhamento e esparsa e episódica deposição de planícies aluviais confinadas em vales incisos.

Predomínio de processos de morfogênese com aprofundamento da rede de canais em processo de reajuste com o nível de base regional devido a soerguimento tectônico epirogenético de vastas superfícies.

**Amplitude de relevo:** 20 a 200 m.

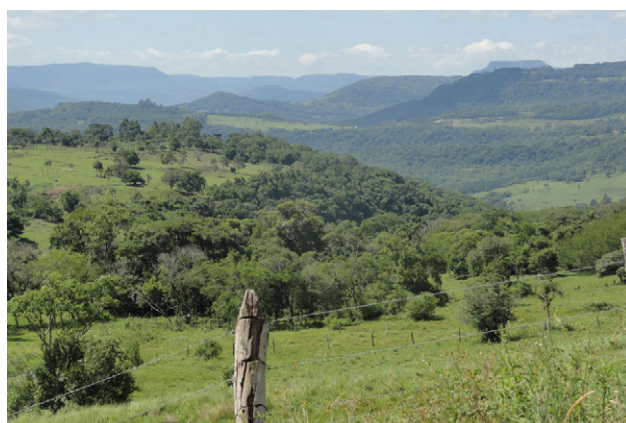
**Inclinação das vertentes:** relevo de topo plano a suavemente ondulado: 3°-10°, intercalado com vertentes declivosas: 20°-45°.



**R2b4** – Planalto dissecado em uma sucessão de degraus e patamares e vales incisos esculpidos sob espessos derrames de rochas vulcânicas da Bacia do Paraná no Planalto Meridional. Município de Caxias do Sul/ RS.



**R2b4** – Planalto dissecado em derrames basálticos.  
Alto Feliz, RS.  
Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2015.



**R2b4** – Planalto dissecado em escarpa arenítico-basáltica.  
Igrejinha, RS.  
Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2015.

## R2b5 – PATAMARES LITOESTRUTURAIS

### Relevo de degradação, predominantemente, em rochas sedimentares ou em bacias vulcanossedimentares, mas também sobre rochas cristalinas.

Superfícies em cotas intermediárias embutidas entre duas vertentes situadas abaixo dos topos dos planaltos ou das cristas serranas e acima dos fundos de vales encaixados ou depressões circunjacentes. Consistem de superfícies aplainadas modeladas por processos de esculturação e recuo erosivo sobre rochas mais brandas quanto ao intemperismo e erosão, quando comparadas com as litologias adjacentes.

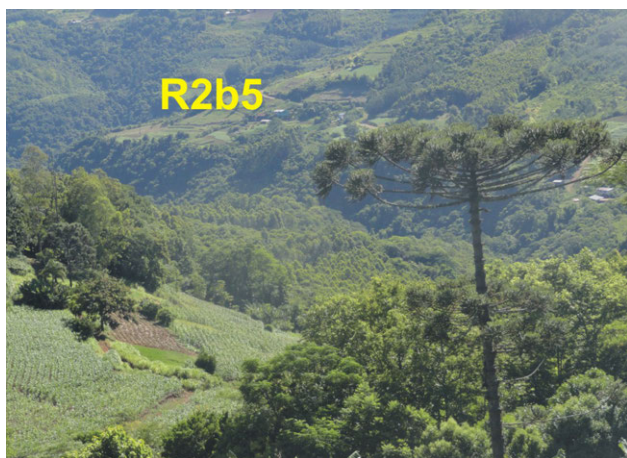
Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

**Amplitude de relevo:** 10 a 50 m.

**Inclinação das vertentes:** topo plano a suavemente ondulado: 3°-10°.



**R2b5** – Patamar litoestrutural resultante da dissecação diferencial dos derrames de rochas vulcânicas junto ao vale encaixado do Rio Caí. Município de Caxias do Sul/RS.



**R2b5** – Patamar em vale encaixado. Alto Feliz, RS.  
Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2015.



**R2b5** – Patamar litoestrutural na vertente norte da Serra do Curral, Belo Horizonte, MG.  
Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2001.

## R2c – CHAPADAS E PLATÔS (superfícies cimeiras)

### Relevo de degradação em rochas sedimentares.

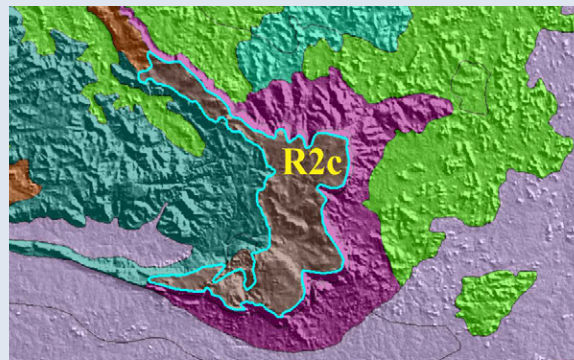
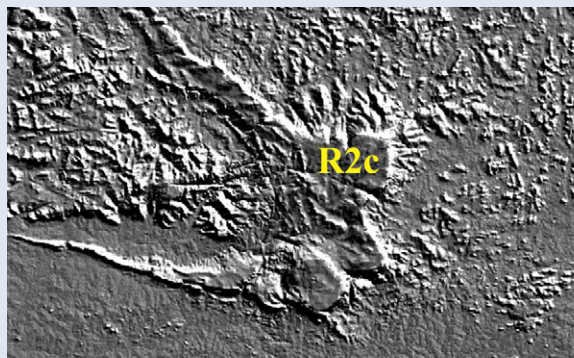
Superfícies tabulares alçadas, ou relevos soerguidos, planos ou aplainados, não ou incipientemente pouco dissecados. Os rebordos dessas superfícies, posicionados em cotas elevadas, são delimitados, em geral, por vertentes íngremes a escarpadas. Representam algumas das principais ocorrências das superfícies cimeiras do território brasileiro.

Franco predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão).

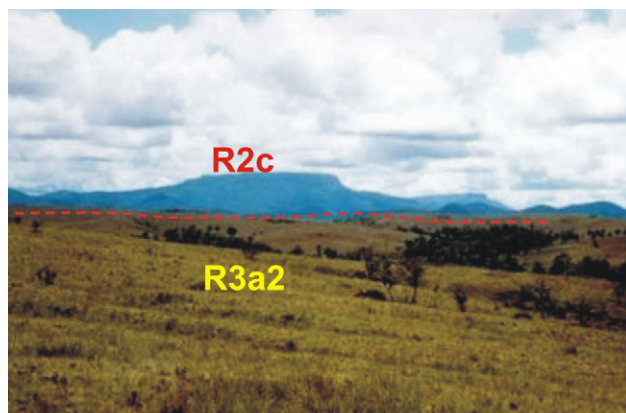
Processos significativos de morfogênese nos rebordos das escarpas erosivas, via recuo lateral das vertentes. Frequente atuação de processos de laterização. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

**Amplitude de relevo:** 2 a 20 m.

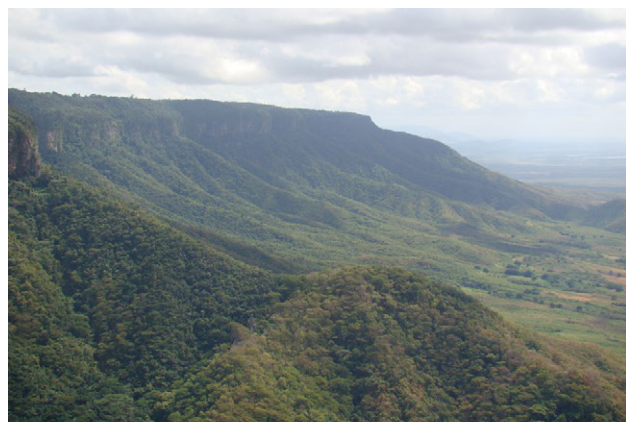
**Inclinação das vertentes:** topo plano, excetuando-se os eixos dos vales fluviais.



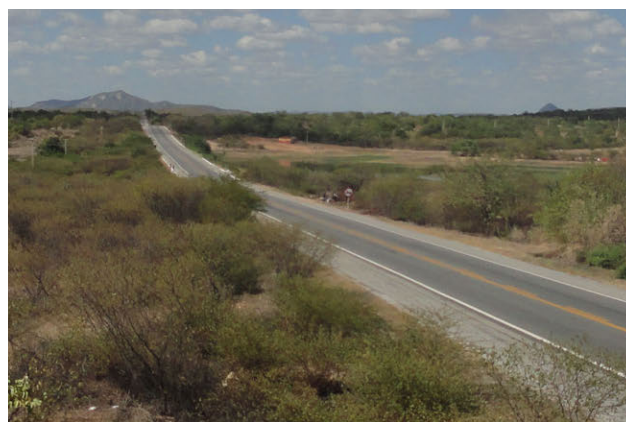
**R2c** – Borda leste da Chapada dos Pacaás Novos (região central do estado de Rondônia).



**R2c** – *Tepuy* do Tepequém, norte de Roraima.  
Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2002



**R2c** – Cornija e escarpa da Chapada da Ibiapaba (divisa CE-PI).  
Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2010.



**R3a2** – Aspecto da superfície aplainada da Depressão Sertaneja em Patos, Paraíba.  
Foto: Marcelo Eduardo Dantas, 2012.



# 4

## DOMÍNIO DOS RELEVOS DE APLAINAMENTO

### R3a1 – SUPERFÍCIES APLAINADAS CONSERVADAS

#### Relevo de aplainamento.

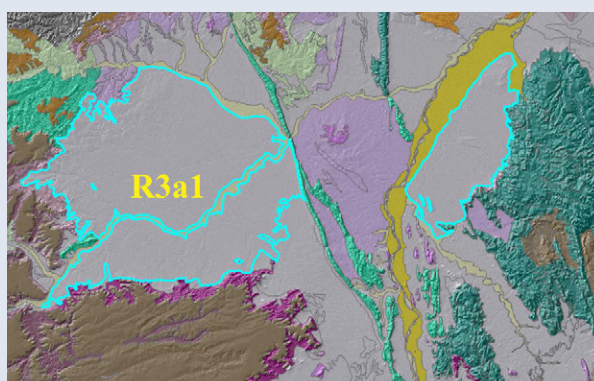
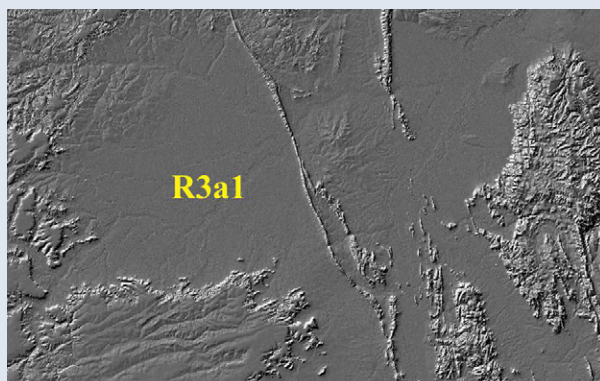
Superfícies planas a levemente onduladas, promovidas pelo arrasamento geral dos terrenos, representando, em linhas gerais, grandes extensões das depressões interplanálticas do território brasileiro.

No bioma da Floresta Amazônica: franco predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização.

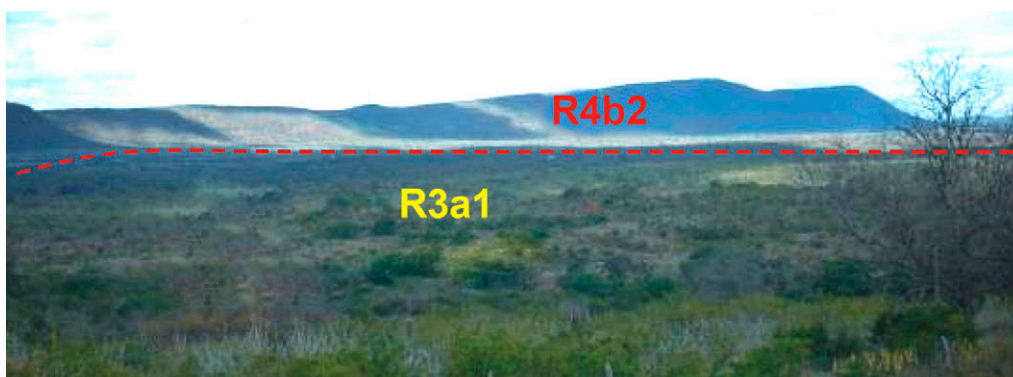
Nos biomas de Cerrado e Caatinga: equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (a despeito das baixas declividades, prevalece o desenvolvimento de solos rasos e pedregosos e os processos de erosão laminar são significativos).

**Amplitude de relevo:** 0 a 10 m.

**Inclinação das vertentes:** 2°-5°.



R3a1 – Médio Vale do Rio São Francisco (estado da Bahia).



R3a1 – Superfície aplainada, delimitada por cristas de quartzitos (Canudos, Bahia).

Foto: Rogério Valença Ferreira, 2009.

## R3a2 – SUPERFÍCIES APLAINADAS RETOCADAS OU DEGRADADAS

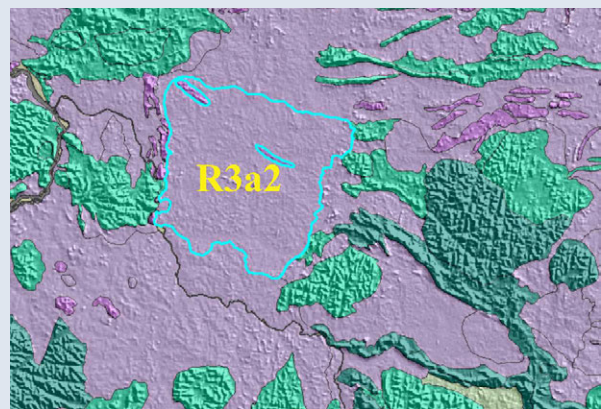
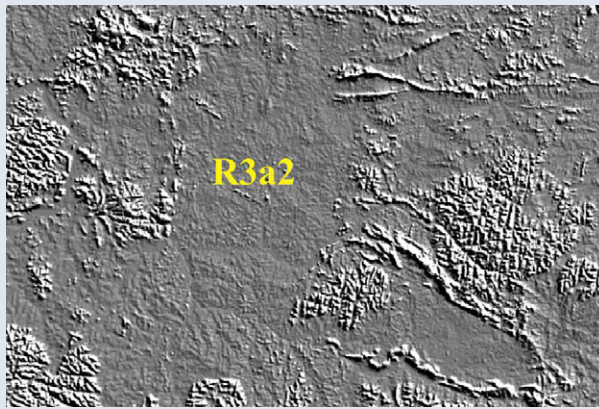
### Relevo de aplainamento.

Superfícies suavemente onduladas, promovidas pelo arrasamento geral dos terrenos e posterior retomada erosiva proporcionada pela incisão suave de uma rede de drenagem incipiente. Inserem-se, também, no contexto das grandes depressões interplanálticas do território brasileiro.

Caracteriza-se por extenso e monótono relevo suave ondulado sem, contudo, caracterizar ambiente colinoso, devido às suas amplitudes de relevo muito baixas e longas rampas de muito baixa declividade.

**Amplitude de relevo:** 10 a 30 m.

**Inclinação das vertentes:** 0°-5°.



R3a2 – Médio Vale do Rio Xingu (estado do Pará).



R3a2 – Superfície aplainada levemente ondulada da Depressão Sertaneja no Rio Grande do Norte (a) e no Ceará (b).  
Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2009 e 2012, respectivamente.

## R3a3 – LAJES, LAJEDÕES E PLATAFORMAS DE ABRASÃO

### Relevo de aplainamento.

Superfícies rochosas, quase planas, promovidas por processos de erosão severa e generalizada, e remoção da cobertura de solos. A formação dos campos de lajedões consiste num dos mecanismos de desertificação no Nordeste semiárido, como visto no Cariri Potiguar.

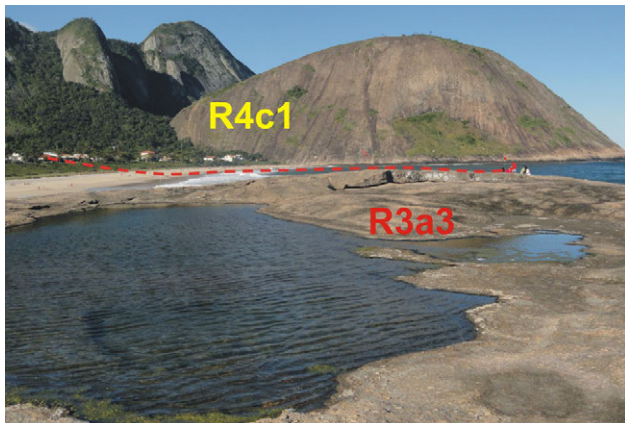
No litoral de promontórios rochosos do litoral sudeste brasileiro, ressaltam-se a ocorrência de lajes, afloramentos rochosos e plataformas de abrasão junto à linha de costa.

**Amplitude de relevo:** 0 a 10 m.

**Inclinação das vertentes:** 0°-10°.



**R3a3** – Laje de Itacoatiara (em cor lilás), situado junto à praia e planície costeira homônima (em cor laranja). Região Oceânica de Niterói. (município de Niterói – escala original 1:10.000).



**R3a3** – Laje de Itacoatiara. Ao fundo, a pedra do Elefante (Niterói, RJ) (a).  
Lajedão com marmitas e tanques fossilíferos em Itapipoca, CE (b).  
Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2013 e Ricardo de Lima Brandão, 2012, respectivamente.

**R3b – INSELBERGS E OUTROS RELEVOS RESIDUAIS (PICOS ISOLADOS, MORROS RESIDUAIS, PONTÕES, MONOLITOS)**

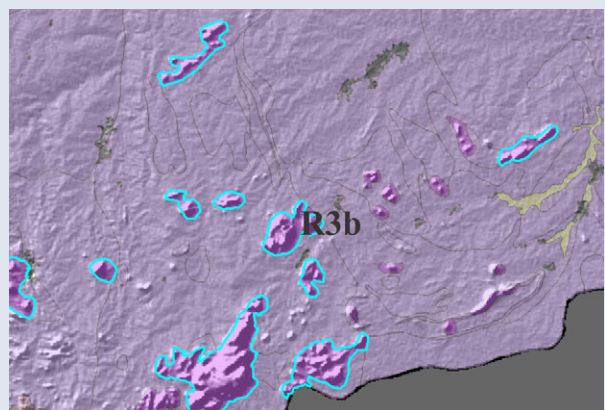
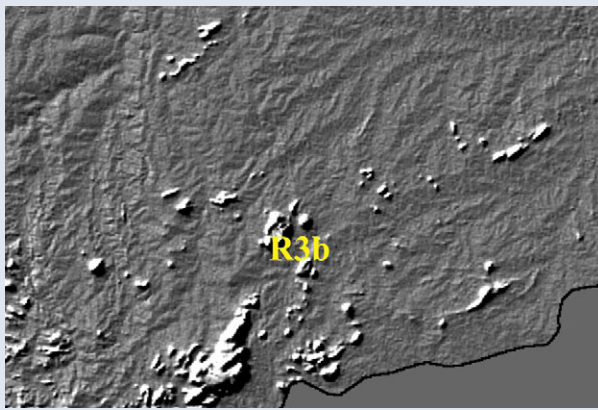
**Relevo de aplainamento.**

Relevos residuais isolados, destacados na paisagem aplainada, remanescentes do arrasamento geral dos terrenos.

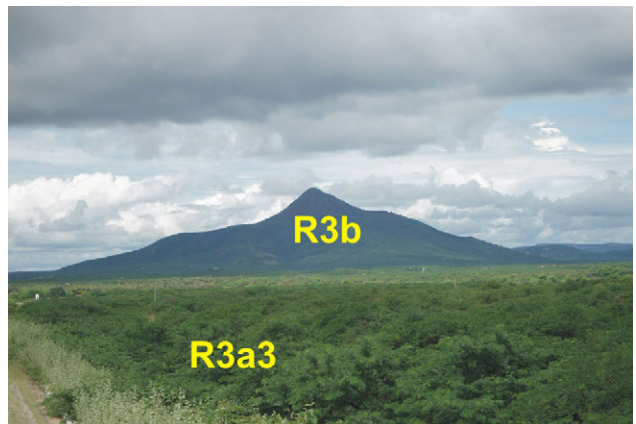
No domínio morfoclimático de mares de morros do Sudeste brasileiro, é frequente a ocorrência de pontões graníticos de topos rochosos e arredondados, gerados por erosão diferencial de rochas mais resistentes ao intemperismo e à erosão

**Amplitude de relevo:** 50 a 500 m.

**Inclinação das vertentes:** 25°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60o-90o).



**R3b** – Agrupamentos de inselbergs em meio à Depressão Sertaneja do sul do estado do Rio Grande Norte (escala original 1:200.000).



**R3b** – Inselberg granítico em Quixadá, Ceará (a).  
 Pico do Cabugi. Neck vulcânico em meio a superfícies aplainadas no Rio Grande do Norte (b).  
 Fotos: Luís Carlos Freitas, 2012 e Rogério Valença Ferreira, 2009, respectivamente.

# 5

## DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS CRISTALINAS OU SEDIMENTARES

### R4a1 – COLINAS

#### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo constituído de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas ou convexo-côncavas e topos amplos, de morfologia alongada ou arredondada, com vertentes de gradiente suave e baixas amplitudes de relevo inferiores a 50m. Apresenta baixa a média densidade de drenagem com padrão predominantemente dendrítico. Atuação dominante de processos de pedogênese (formação de solos muito profundos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais relativamente amplas. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar. Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

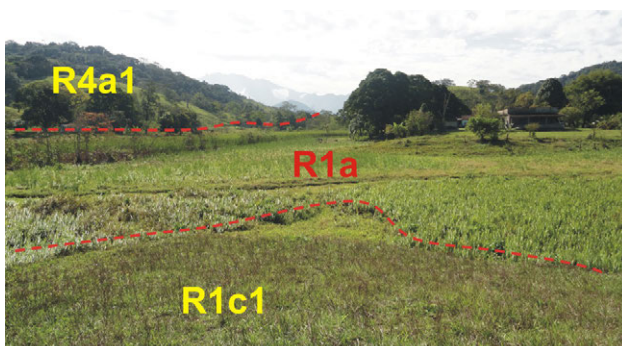
**Amplitude de relevo:** 20 a 50 m.

**Inclinação das vertentes:** 3°-10°.



**R4a1** – Relevo de colinas baixas e convexas (em cor verde-clara), isoladas pelo afogamento generalizado produzido pela sedimentação fluvial ou fluviomarinha (em cor amarela) ocorrida nas baixadas litorâneas.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de baixa suscetibilidade a eventos de movimentos de massa. Baixada Fluminense (município de Guapimirim – escala original 1:10.000).



**R4a1** – Colinas amplas e baixas entremeadas por rampas de alúvio-colúvios (**R1c1**) e planícies fluviais (**R1a**), Guapimirim, RJ (a, b).

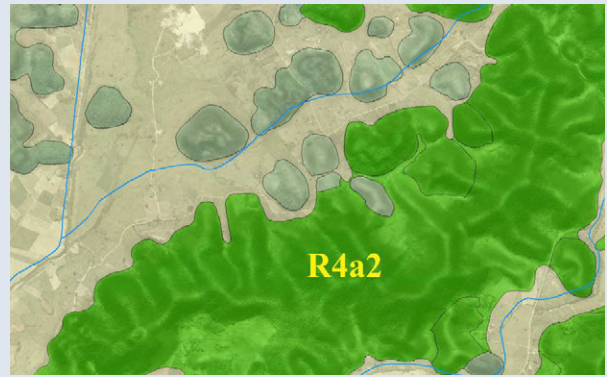
Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2013.

**R4a2 – MORROS BAIXOS****Relevo de degradação em qualquer litologia.**

Relevo típico do domínio de mares de morros, constituído de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados, com vertentes de gradiente suave a moderado, apresentando moderada densidade de drenagem com padrão dendrítico ou subdendrítico. Atuação concomitante de processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos muito profundos e bem drenados, em geral, todavia com moderada a alta suscetibilidade à erosão). Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados. Ocorrências de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

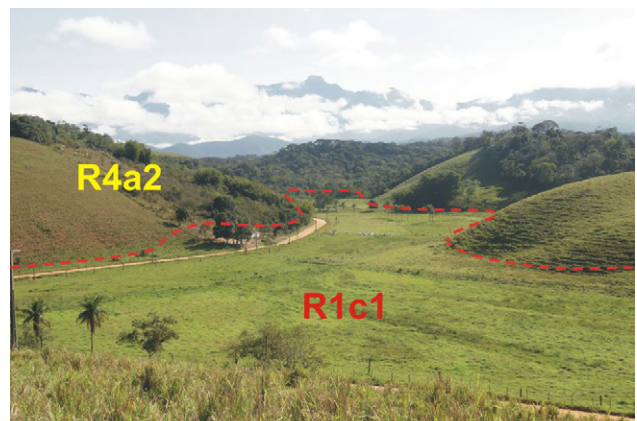
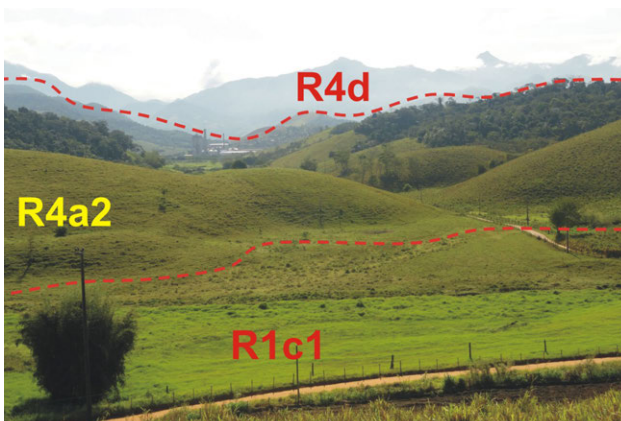
**Amplitude de relevo:** 50 a 120 m.

**Inclinação das vertentes:** 5°-20°.



**R4a2** – Relevo de morros baixos (em cor verde), em meio a vasta sedimentação aluvionar (em cor amarela) ocorrida nas baixadas litorâneas.

Em termos gerais, esse padrão de relevo representa zonas de média suscetibilidade a eventos de movimentos de massa. Vale do Rio Guapiaçu (município de Cachoeiras de Macacu – escala original 1:20.000).



**R4a2** – Relevo ondulado de morros baixos em meio a planícies aluviais (**R1a**) e rampas de alúvio-colúvio (**R1c1**) na Bacia do Rio Macacu (a, b).

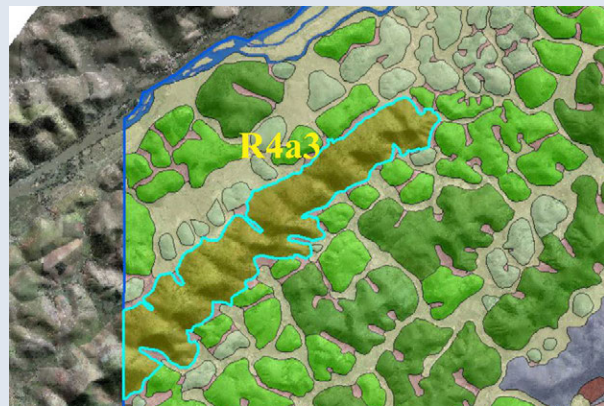
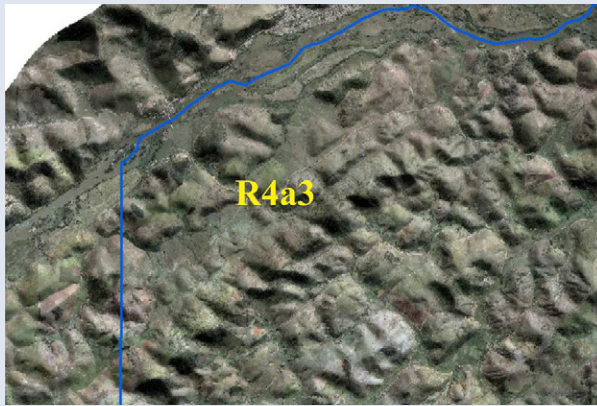
Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2013.

**R4a3 – MORROTOS****Relevo de degradação em qualquer litologia.**

Relevo constituído de pequenos morros francamente dissecados, com vertentes retilíneas ou retilíneo-côncavas e topos arredondados a aguçados, por vezes, alinhados em cristas. Apresenta vertentes de gradiente moderado a alto, com moderada densidade de drenagem e padrão subdendrítico a treliça, com notável controle estrutural. Atuação preponderante de processos de morfogênese (formação de solos pouco profundos e bem drenados, com alta suscetibilidade à erosão). Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados. Ocorrência frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas), além de movimentos de massa de pequenas dimensões. Frequentemente, tais feições de relevo estão associadas às largas faixas de zonas de cisalhamento de idade brasileira.

**Amplitude de relevo:** 40 a 100 m.

**Inclinação das vertentes:** 10°-30°.



**R4a3** – Notável alinhamento de morrotos da Serra da Portela (em cor verde-musgo), com marcante direção estrutural WSW-ENE.

Municípios de Itaocara e São Fidélis – escala original 1:25.000.



**R4a3** – Morrotos dissecados com declivosas vertentes retilíneas e topos arredondados ou aguçados em cristas.

Sopé da Serra das Araras (Piraí, RJ) (a). Extenso alinhamento de morrotos da Serra Vermelha ou da Portela, que atravessa parte dos municípios de Itaocara e São Fidélis (RJ) (b).

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2016 e 2019, respectivamente.

**R4b1 – MORROS ALTOS****Relevo de degradação em qualquer litologia.**

Relevo de morros de geometria convexo-côncava, francamente dissecados e com topos arredondados ou aguçados, apresentando sedimentação de colúvios, alúvios e, subordinadamente, depósitos de tálus. Caracteriza-se por um relevo movimentado com vertentes de gradientes médios a elevados e topos arredondados a aguçados. Densidade de drenagem moderada a alta, com padrão subdendrítico a treliça. Atuação dominante de processos de morfogênese (formação de solos pouco profundos em terrenos declivosos, em geral, com moderada a alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas) e ocorrência esporádica de processos de movimentos de massa. Sistema de drenagem principal com restritas planícies aluviais. Geração de colúvios e, subordinadamente, depósitos de tálus nas baixas vertentes.

**Amplitude de relevo:** 80 a 250 m.

**Inclinação das vertentes:** 10°-35°.



**R4b1** – Relevo de morros dissecados com vertentes íngremes (em cor verde-escura) isolados pela sedimentação fluvial que preenche os fundos dos vales dos rios do Imbé e Braço Rio do Norte. Contrafortes da escarpa da Serra do Desengano.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de média a alta suscetibilidade a eventos de movimentos de massa.

Cercanias da localidade de Sossego (município de Santa Maria Madalena – escala original 1:18.000).



**R4b1** – Relevo movimentado de morros amplos a dissecados com vales profundos em Santa Maria Madalena (a) e São José do Vale do Rio Preto (b).

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2012 e 2017, respectivamente.



## R4b2 – CRISTAS ISOLADAS E SERRAS BAIXAS

### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo constituído por pequenas serras isoladas, com vertentes predominantemente retilíneas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, que se destacam topograficamente do relevo circunjacente. Amplitudes de relevo elevadas e gradientes muito elevados, com ocorrência frequente de vertentes muito íngremes com gradientes muito elevados (superiores a 45°) e paredões rochosos subverticais (60 a 90°). Rede de drenagem incipiente, com nítido controle estrutural. Atuação dominante de processos de morfogênese (formação de solos pouco profundos em terrenos declivosos, em geral, com moderada a alta susceptibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas) e ocorrência esporádica de processos de movimentos de massa. Geração de colúvios e depósitos de tálus nas baixas vertentes.

**Amplitude de relevo:** 100 a 300 m.

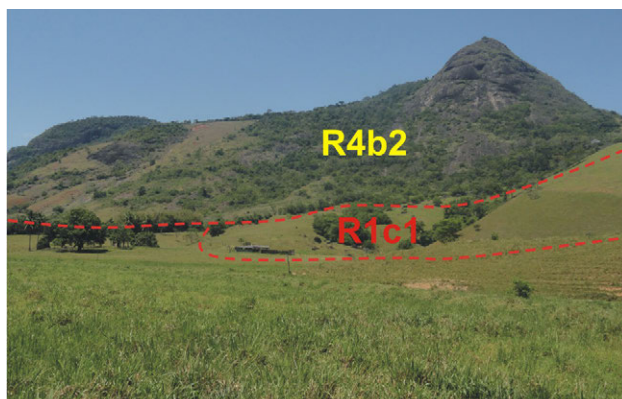
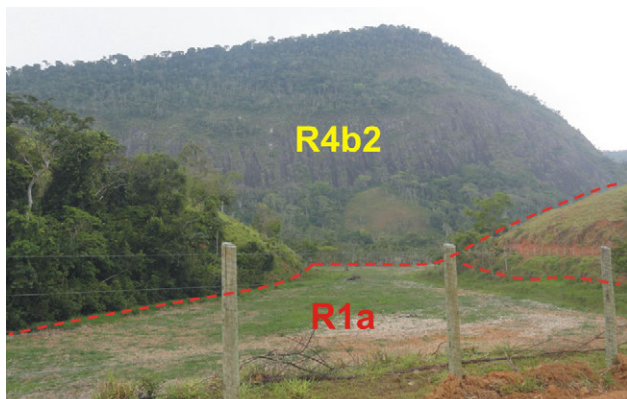
**Inclinação das vertentes:** 20°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).



**R4b2** – Relevo de serras isoladas com vertentes muito íngremes (em cor verde-azulada) e topos em crista (Serra da Lama Preta).

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de alta a muito alta susceptibilidade a eventos de movimentos de massa.

Vale do Córrego da Lama Preta (município de Santa Maria Madalena – escala original 1:15.000).



**R4b2** – Vertentes íngremes e paredões rochosos da Serra da Lama Preta (a) e da Serra da Pedra Branca (b), ambas situadas na Bacia do Rio Macabu.

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2012.

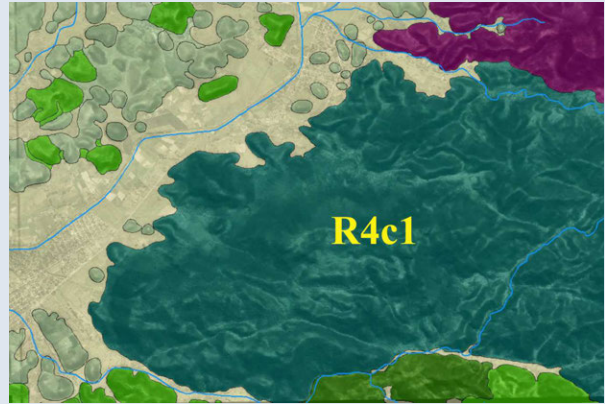
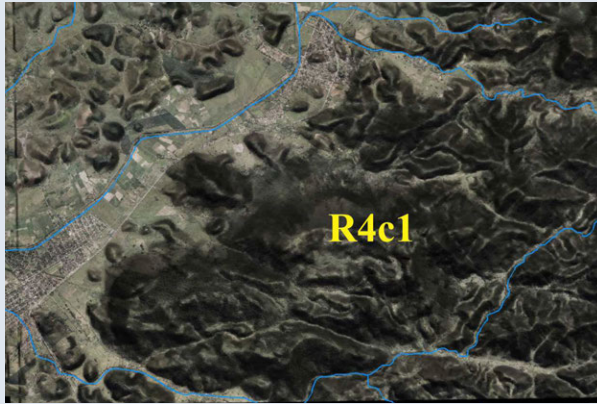
## R4c1 – DOMÍNIO SERRANO

### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de aspecto montanhoso, muito acidentado, apresentando vertentes predominantemente retilíneas a côncavas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Predominam vertentes de gradientes elevados com ocorrência esporádica de paredões rochosos subverticais e pães-de-açúcar. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Amplitude de relevo muito elevadas e densidade de drenagem moderada a alta com padrão treliça a retangular, sob forte controle estrutural. Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

**Amplitude de relevo:** acima de 300 m.

**Inclinação das vertentes:** 20°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).



**R4c1** – Maciço intrusivo alcalino (em cor verde-azulada) com vertentes muito íngremes e conformação dômica adjacente ao Vale do Rio Macacu.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de alta a muito alta suscetibilidade a eventos de movimentos de massa.

Maciço de Soarinho (município de Cachoeiras de Macacu – escala original 1:40.000).



**R4c1** – Maciço costeiro de Cassorotiba, no limite Maricá - Itaboraí (a).  
Ocupação urbana em relevo serrano (b) (Vale do Meudon, Teresópolis, RJ).  
Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2013 e 2014, respectivamente.

## R4c2 – DOMÍNIO ALTO SERRANO

### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de aspecto montanhoso, com destaque para grandes desníveis altimétricos. Terrenos muito acidentados, apresentando vertentes predominantemente retilíneas a côncavas e topos de cristas alinhadas e aguçadas, com espessa e generalizada sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Predominam vertentes de gradientes elevados com ocorrência frequente de paredões rochosos subverticais e pães-de-açúcar. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Amplitude de relevo muito elevadas e densidade de drenagem moderada a alta com padrão treliça a retangular, sob forte controle estrutural. Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa.

A despeito do fato de que a estrutura geológica do território brasileiro apresentar apenas raízes de antigos orógenos de idade brasiliana, movimentos epirogenéticos de idade cenozoica promoveram o soerguimento de cadeias serranas que atingem cotas consideráveis, acima de 2.000 metros de altitude. Destacam-se, neste contexto, as serras do Mar e da Mantiqueira. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

**Amplitude de relevo:** acima de 700 m, cujos picos estão alçados em cotas mínimas de 1.500 metros de altitude.

**Inclinação das vertentes:** 30°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).



**R4c2** – Relevo Alto Serrano da Serra dos Órgãos (em cor azul-clara), adjacente ao núcleo urbano de Teresópolis, embutido na planície aluvial do Rio Paquequer (em cor amarela) e domínio de morros circunjacentes (em cor verde). Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de muito alta suscetibilidade a eventos de movimentos de massa. Alto Vale do Rio Paquequer (município de Teresópolis – escala original 1:40.000).



**R4c2** – Maciço intrusivo alcalino de Itatiaia. Picos entre 2.200 e 2780 m (a).  
Pico da Maria Comprida (1.900 m). Serra do Mar, Petrópolis, RJ (b).  
Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2015 e 2014, respectivamente.

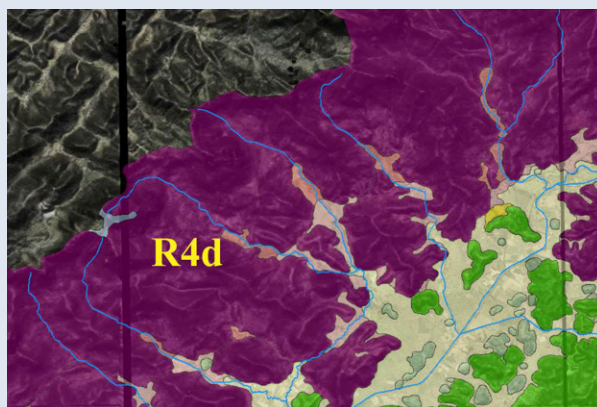
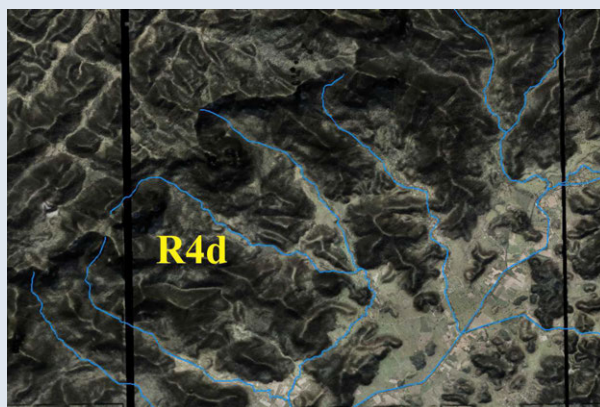
## R4d – ESCARPAS DE BORDA DE PLANALTOS

### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de aspecto montanhoso, muito acidentado, apresentando vertentes predominantemente retilíneas a côncavas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Predominam vertentes de gradientes elevados com ocorrência esporádica de paredões rochosos subverticais e pães-de-açúcar. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Amplitude de relevo muito elevadas e densidade de drenagem moderada a alta com padrão treliça a retangular, sob forte controle estrutural. Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

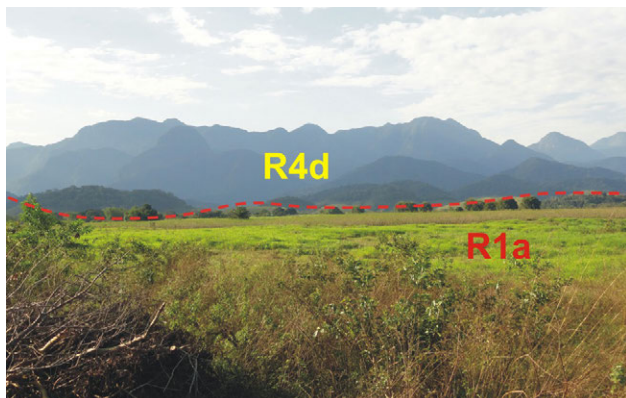
**Amplitude de relevo:** acima de 300 m.

**Inclinação das vertentes:** 20°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).



**R4d** – Vertentes muito íngremes a escarpadas com ocorrência de paredões rochosos das escarpas serranas nas cabeceiras de drenagem da Bacia do Rio Guapiaçu.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de muito alta suscetibilidade a eventos de movimentos de massa. Escarpa da Serra do Mar no Parque Estadual dos Três Picos (município de Cachoeiras de Macacu – escala original 1:60.000).



**R4d** – Vertentes íngremes e paredões rochosos da escarpa da Serra do Mar. Parque Estadual dos Três Picos (a, b). Cachoeiras de Macacu, RJ.

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2013.

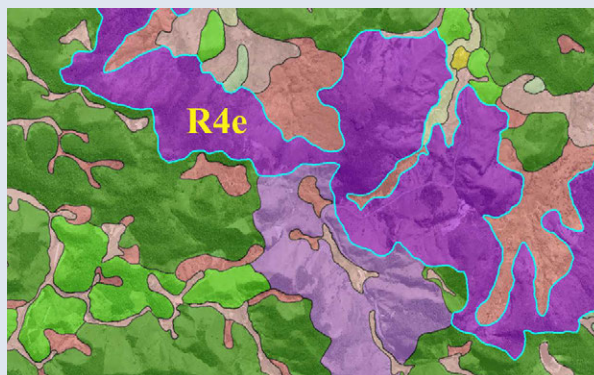
**R4e – ESCARPAS DEGRADADAS, DEGRAUS ESTRUTURAIS E REBORDOS EROSIVOS****Relevo de degradação em qualquer litologia.**

Relevo acidentado, constituído por vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, declivosas e topos levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Representam relevo de transição entre duas superfícies distintas alçadas a diferentes cotas altimétricas. As escarpas serranas degradadas são mais baixas e recuadas que as escarpas frontais, devido a um mais intenso processo de erosão e denudação. Um exemplo marcante é o contraste entre o relevo imponente das vertentes íngremes e muito elevadas da Serra do Mar (Serra do Couto; Serra dos Órgãos) com o relevo adjacente mais rebaixado de vertentes muito dissecadas sob forte controle estrutural da Serra das Araras, que se comporta como típico degrau de borda de planalto.

Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

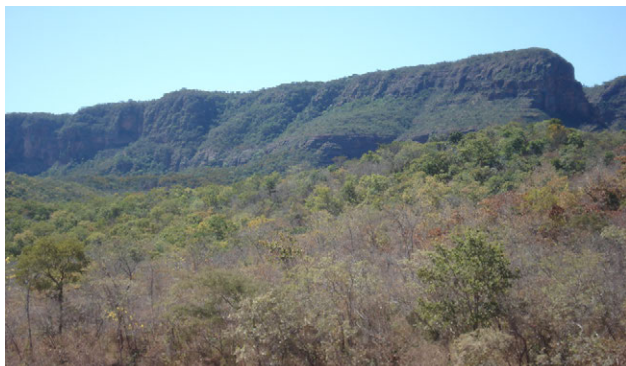
**Amplitude de relevo:** 50 a 200 m.

**Inclinação das vertentes:** 10°-25°, com ocorrência de vertentes muito declivosas (acima de 45°).



**R4e** – Escarpa reversa da Região Serrana (em cor roxa) com vertentes muito íngremes e esporádicos paredões rochosos. Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de alta a muito alta suscetibilidade a eventos de movimentos de massa.

Vale do Rio São Francisco, Serra do Rosa (município de Sapucaia – escala original 1:25.000).



**R4e** – Degrau estrutural da borda sudeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba, situado no sul do Piauí (a).

**R4f1** – Vale inciso da Garganta do Viradouro em área de risco a movimentos de massa, localizado na zona sul do município de Niterói, RJ. (b).

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2009 e 2013, respectivamente.

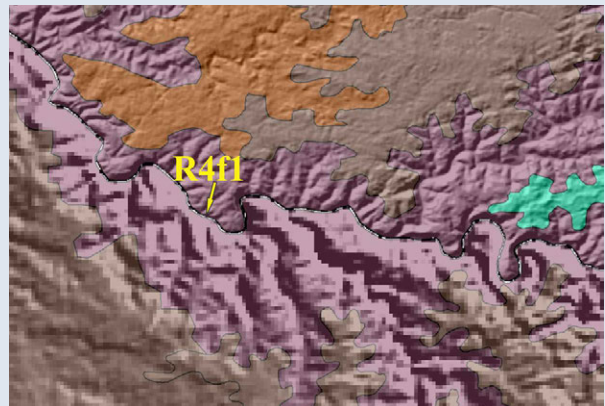
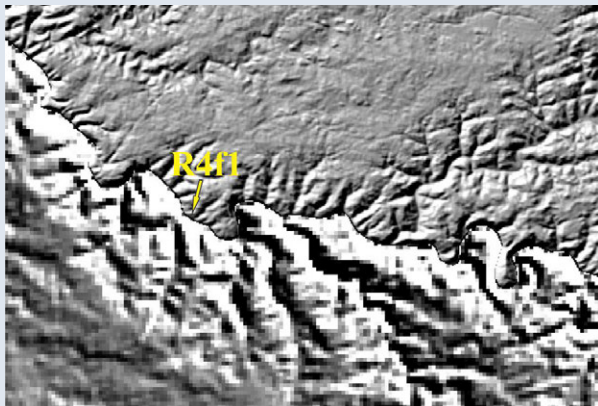
## R4f1 – VALES ENCAIXADOS

### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo muito acidentado, com predomínio de vertentes de gradientes elevados com ocorrência esporádica de paredões rochosos subverticais. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Amplitude de relevo muito elevadas e densidade de drenagem moderada a alta com padrão subdendrítico a treliça, em geral, sob forte controle estrutural. Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de alta a muito alta suscetibilidade a eventos de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

**Amplitude de relevo:** acima de 50 m.

**Inclinação das vertentes:** 20°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).



**R4f1** – Vale encaixado do alto curso do Rio Uruguai (em cor roxa), promovendo uma profunda incisão fluvial sobre o topo do planalto basáltico da denominada Serra Gaúcha. Divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Vale do Rio Uruguai (distrito de Goio-Ên, Chapecó - SC, escala original 1:150.000).



**R4f1** – Vale encaixado do Rio Uruguai, na divisa entre Santa Catarina e Rio Grande do Sul (a).  
Vale do inciso do Rio Urubici, Serra Catarinense (b).

Fotos: (a) Diogo Rodrigues da Silva, 2010 e (b) Ana Cláudia Viero, 2010.

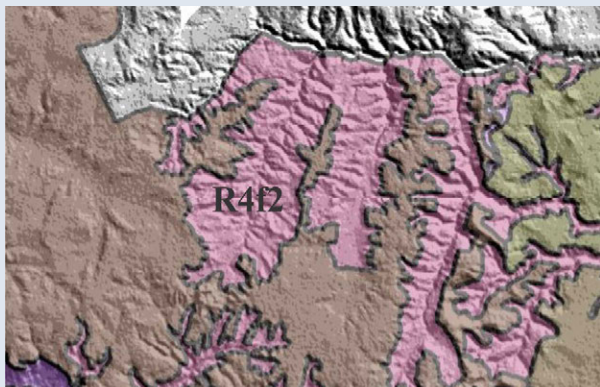
## R4f2 – VALES ABERTOS

### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo acidentado, com predomínio de vertentes de gradientes elevados e amplos fundos de vales com relevo mais suave, ocupados por rampas e colinas em cotas mais baixas. Sistema de drenagem principal ajustado ao nível de base local apresentando um franco processo de recuo de vertentes e alargamento do vale. Trata-se de um processo de evolução geomorfológica elaborado a partir de um vale encaixado. Amplitude de relevo elevada e densidade de drenagem moderada a alta com padrão subdendrítico a treliça, em geral, sob forte controle estrutural. Franco predomínio de processos de morfogênese nas altas vertentes (formação de solos rasos em terrenos acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão e movimentos de massa) e pedogênese nas baixas vertentes e fundos de vales.

**Amplitude de relevo:** acima de 50 m.

**Inclinação das vertentes:** 10°-25°, com ocorrência de vertentes muito declivosas (acima de 45°).



**R4f2** – Vale do Córrego Cotovelo, formador do Ribeirão Silvestre (em cor lilás), promovendo a dissecção dos topos planos da chapada denominada de Serra do Lajeado. Município de Palmas, Tocantins – escala original 1:25.000.



**R4f2** – Vale aberto em meio a um relevo de chapadas da Serra do Lajeado. Município de Palmas, Tocantins (a). Vale do Rio Gurgueia, Piauí (b).

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 2019 e 2009, respectivamente.

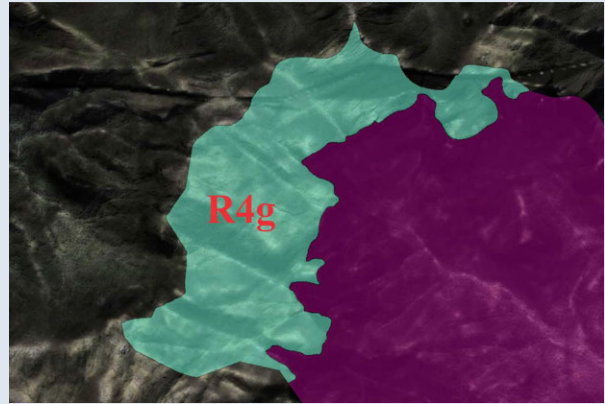
## R4g – ALTOS PLATÔS

### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo amorrado ou aplainado, alçado a cotas superiores a 1.200 metros, representando fragmentos de superfície cimeira. Esta unidade encontra-se delimitada por vertentes muito acidentadas e paredões escarpados subverticais (60° a 90°).

**Amplitude de relevo:** 20 a 50 m.

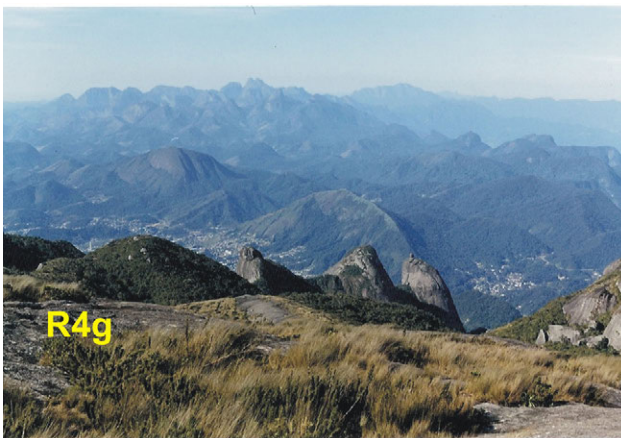
**Inclinação das vertentes:** 3° -10°, bordejado por paredões rochosos subverticais (60° -90°).



**R4g** – Superfície rochosa dos altos platôs (em cor verde-água), alçada a mais de 2.000 metros e revestida por campos de altitude do platô do Morro Açú-Pedra do Sino. Tal superfície cimeira encontra-se abruptamente delimitada por vertentes escarpadas da Serra dos Órgãos.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de baixa a média suscetibilidade a eventos de movimentos de massa.

Parque Nacional da Serra dos Órgãos (municípios de Guapimirim, Magé, Petrópolis e Teresópolis – escala original 1:20.000).



**R4g** – Alto platô do Morro do Açú - Serra dos Órgãos (2.000 – 2.250m) (a).

Alto platô do Pico das Agulhas Negras (2.400 – 2.780m) (b).

Fotos: Marcelo Eduardo Dantas, 1993 e 2017, respectivamente.



## R4h – ILHAS COSTEIRAS

### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Ilhas que despontam ao largo da costa como elevações isoladas constituídas pelo substrato ígneo-metamórfico, comuns no litoral sudeste brasileiro.



**R4h** – Arquipélago alinhado da Enseada de Itaipu (em cor azul) em prolongamento do costão rochoso adjacente, seguindo direção estrutural SW-NE do substrato geológico.

Região Oceânica de Niterói (município de Niterói – escala original 1:25.000).

# 6

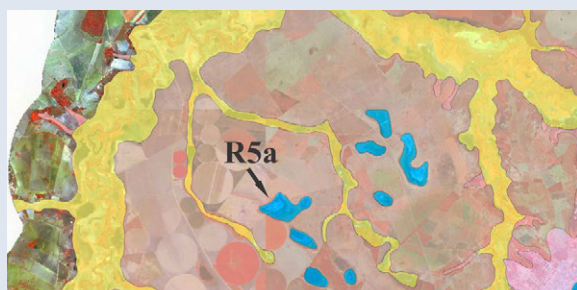
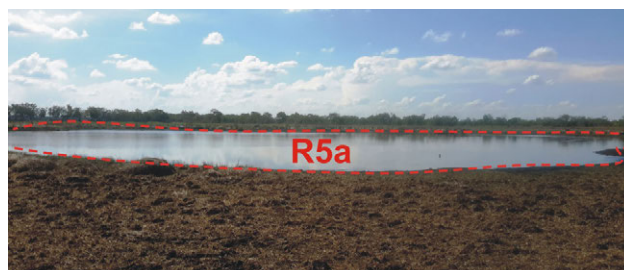
## DOMÍNIO DE FORMAS DE DISSOLUÇÃO EM ROCHAS CARBONÁTICAS

### R5a – FEIÇÕES CÁRSTICAS (*dolinas, uvalas, poljes, sumidouros*)

#### Relevo de degradação sobre rochas carbonáticas.

Relevo caracterizado por uma morfologia e feições peculiares, resultantes do processo intempérico de carbonatação, que consiste na dissolução química do carbonato de cálcio contido no substrato rochoso. Sistema de drenagem principal descontínuo devido à ocorrência de sumidouros e vales cegos. Amplitudes de relevo baixas podendo, contudo, apresentar curtos paredões escarpados, relevos ruiformes e torres calcárias. Predomínio de processos de morfogênese química (formação de solos rasos, exceto em rochas carbonáticas impuras, tais como as margas). Atuação episódica de processos de erosão laminar e colapsos.

Este padrão, na realidade, congrega uma série de formas de relevo típicas de plataformas carbonáticas que seriam melhor relacionadas ao 4º táxon da metodologia de Jurandy Ross. Entretanto, apresenta indiscutível importância na paisagem geomorfológica em semidetalhe, com relevantes implicações de cunhos geotécnico, hidrogeológico e ambiental.



**R5a** – Plataforma carbonática da Bacia Bambuí (noroeste de Minas Gerais), inumada por cobertura detrítico-laterítica de idade neógena. Superfícies aplainadas ou tabulares, pontilhadas por dolinas e francamente convertidas para agricultura irrigada e mecanizada. Município de Lagoa Grande/ MG - escala original 1:40.000.

**R5a** – Ocorrência de dolinas e lagoas cársticas sobre superfícies aplainadas. Feições cársticas em desenvolvimento sobre plataformas carbonáticas do Grupo Bambuí. Unaí, noroeste de Minas Gerais. Fotos: Michele Silva Santana, 2016.

# O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

# Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

## ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



### LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



### AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



### LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



### SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



### AGROGEOLOGIA



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



### RISCO GEOLÓGICO



### GEODIVERSIDADE



### PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



### ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



### GEOLOGIA MÉDICA



### RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



## ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

### GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



### TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



### LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



### MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



### PALEONTOLOGIA



### PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



### REDE DE BIBLIOTECAS



### REDE DE LITOTECAS



### GOVERNANÇA



## ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

### SUSTENTABILIDADE



### PRÓ-EQUIDADE



### COMITÊ DE ÉTICA

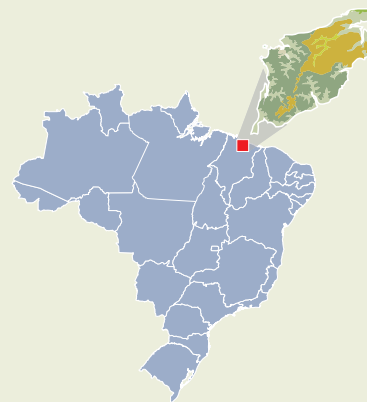


PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

# GEODIVERSIDADE DA ILHA DO MARANHÃO

NOTA EXPLICATIVA

Escala 1:50.000



Geodiversidade da Ilha do Maranhão é um produto concebido para oferecer aos diversos segmentos da sociedade dos quatro municípios da Ilha do Maranhão (São Luís, Raposa, Paço do Lumiar e São José do Ribamar) uma tradução do atual conhecimento geocientífico da região, com vistas ao planejamento, aplicação, gestão e uso adequado de um território complexo e de ocupação desordenada, característico das Regiões Metropolitanas Brasileiras. Destina-se a um público-alvo variado, com foco nos gestores públicos municipais e estadual, mas visando também atender empresas de mineração, comunidade acadêmica, gestores públicos diversos, sociedade civil e ONGs.

Dotado de uma linguagem voltada para múltiplos usuários, o mapa, em escala de semidetalhe, compartimenta o território da Ilha do Maranhão em unidades geológico-ambientais levando em consideração as Formações Superficiais (Manto Intempérico e Coberturas), destacando suas limitações e potencialidades, frente à agricultura, obras civis, utilização dos recursos hídricos, fontes poluidoras, potencial mineral e geoturismo.

Nesse sentido, com foco em fatores estratégicos para a região, são destacados locais de Relevante Interesse Mineral (principalmente voltado para construção civil), Potencial Hidrogeológico e Geoturístico, Riscos Geológicos aos Futuros Empreendimentos, dentre outros temas do meio físico, representando um rico acervo de dados e informações atualizadas e construindo valioso subsídio para tomada de decisão sobre o uso racional e sustentável do território sobre o qual se assenta a metrópole maranhense.

Onde encontrar  
este produto:

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)  
[seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

Mais informações e materiais  
sobre Gestão Territorial  
escaneie o código:



ISBN: 978-65-5664-019-8