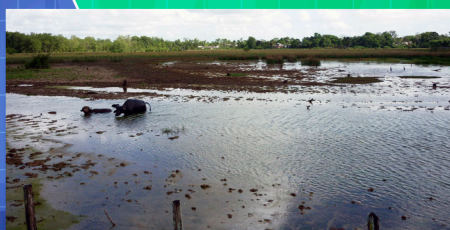


# GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE



2016





# **GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ**

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

**CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

Ministro-Chefe Eliseu Padilha

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO  
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

**MINISTRO DE ESTADO**

Fernando Coelho Filho

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Paulo Pedrosa

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

Vicente Humberto Lôbo Cruz

**CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

**Presidente**

Carlos Nogueira da Costa Júnior

**Vice-Presidente**

Eduardo Jorge Ledsham

**Conselheiros**

Eduardo Carvalho Nepomuceno Alencar

Ladice Pontes Peixoto

Telton Elber Correa

Janaina Gomes Pires da Silva

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Eduardo Jorge Ledsham

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Stênio Petrovich Pereira

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Roberto Ventura Santos

**Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

Antônio Carlos Bacelar Nunes

**Diretor de Administração e Finanças**

Nelson Le Cocq D'Oliveira

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM**

**Superintendente**

Manfredo Ximenes Ponte

**Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial**

João Batista Macedo de Lima

**Supervisor de Gestão Territorial**

Dianne Danielle Farias Fonseca



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

# **GIODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GIODIVERSIDADE

## **ORGANIZAÇÃO**

Xafi Silva Jorge João  
Sheila Gatinho Teixeira

Belém

2016

## CRÉDITOS TÉCNICOS

### LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ

#### COORDENAÇÃO NACIONAL

##### Departamento de Gestão Territorial

Jorge Pimentel

##### Divisão de Gestão Territorial

Edgar Shinzato

#### COORDENAÇÃO TEMÁTICA

##### Coordenação Geral

Maria Angélica Barreto Ramos  
Maria Adelaide Mansini Maia

##### Geodiversidade

Antonio Theodorovicz

##### Geomorfologia

Marcelo Eduardo Dantas

##### Solos

Edgar Shinzato

##### Cenários

Valter José Marques

##### Coordenação de Geoprocessamento e da Base de Dados de Geodiversidade

Maria Angélica Barreto Ramos  
Maria Adelaide Mansini Maia

##### Execução Técnica

Xafi da Silva Jorge João  
Sheila Gatinho Teixeira  
Dianne Danielle Farias Fonseca

##### Organização do Relatório Geodiversidade do Estado do Amapá

Xafi da Silva Jorge João  
Sheila Gatinho Teixeira

##### Sistema de Informação Geográfica e Leiaute do Mapa

Sheila Gatinho Teixeira  
Dianne Danielle Farias Fonseca  
Xafi da Silva Jorge João

##### Banco de Dados e Desenvolvimento da Base Geodiversidade

##### Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)

João Henrique Gonçalves  
Reginaldo Leão Neto  
Leonardo Brandão Araújo  
Elias Bernard da Silva do Espírito Santo  
Gabriela Figueiredo de Castro Simão

##### Colaboração

Adib Leal da Conceição  
Claudio Fabian Szlafstein (NAEA)  
Edgar Shinzato  
Ivete Souza do Nascimento  
Jorge Pimentel  
Marcelo Eduardo Dantas  
Maria Adelaide Mansini Maia  
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff  
Valter José Marques  
Roberta Cavalcante de Azevedo (estagiária)  
Joane de Nazaré Teixeira Cunha (estagiária)  
Izabelle Caroline Góes Serrão (estagiária)

##### Revisão Ortográfica e Gramatical

Homero Coelho Benevides

##### Normalização e Revisão Bibliográfica Divisão de Documentação Técnica (DIDOTE)

(Citações)  
Roberta Silva  
Flasleandro de Oliveira  
Jéssica Gonçalves  
Sylvia Almeida (estagiária)

##### (Referências)

Teresa Rosenhayme

##### Projeto Gráfico/Editoração/Multimídia

##### Departamento de Relações Institucionais (DERID)

##### Divisão de Marketing e Divulgação (DI-MARK)

(padrão capa/embalagem)  
Ernesto Costa Von Sperling de Lima  
José Marcio Henriques Soares  
Washington José Ferreira Santos  
Chá Com Nozes

##### Departamento de Apoio Técnico (DEPAT)

##### Divisão de Editoração Geral (DIEDIG)

##### (projeto de editoração/diagramação)

Valter de Alvarenga Barradas  
Andréia Amado Continentino  
Agmar Alves Lopes

##### (supervisão de editoração)

Andréia Amado Continentino

##### (editoração)

José Luiz Coelho  
Pedro da Silva

##### Superintendência Regional de Manaus (SUREG-MA)

##### Gerência de Relações Institucionais e Desenvolvimento (GERIDE) (projeto de multimídia)

Maria Tereza da Costa Dias

##### (Elaboração do projeto no ArcExibe)

Aldenir Justino de Oliveira

##### Agradecimentos

Departamento Nacional de Produção Mineral – Superintendência - AP  
Defesa Civil – Amapá  
Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá  
Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária/INCRA-AP  
Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá  
Secretaria de Infraestrutura do Estado do Amapá  
Secretaria Executiva de Indústria, Comércio e Mineração do Amapá  
Núcleo de Altos Estudos Amazônicos

#### FOTOS DA CAPA:

1. Afloramento de rocha no rio Araguari no município de Porto Grande – AP, no qual se desenvolvem corredeiras normalmente utilizadas para recreação e lazer.
2. Depósito arenoso às margens da rodovia BR-210, em plena atividade extrativa, utilizado como material de construção civil na região (AP).
3. “Stonehenge brasileiro” - monumento arqueológico composto por placas monolíticas de monzogranito em disposição circular construído há mais de 1.000 anos para fins astronômicos. Situa-se no município de Calçoene, na rodovia que liga a cidade ao rio Cupixi (AP).
4. Criação de búfalos na planície flúvio-marinha nas proximidades da BR-156, no município de Amapá (AP).

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

DIDOTE – Processamento Técnico

João, Xafi da Silva Jorge.

Geodiversidade do estado do Amapá / Organização Xafi da Silva Jorge João [e]  
Sheila Gatinho Teixeira – Belém: CPRM, 2016.  
138 p. ; il., color.; 30 cm + 1 DVD-ROM

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.

1. Geodiversidade – Brasil – Amapá. 2. Meio Ambiente – Brasil – Amapá. 3. Planejamento Territorial – Brasil – Amapá. 4. Geologia Ambiental – Brasil – Amapá. I. Teixeira, Sheila Gatinho (Org.). II. Título.

CDD 551.098116



# APRESENTAÇÃO

O Programa Geodiversidade do Brasil, em desenvolvimento desde 2006, consiste em uma ferramenta consagrada que o Serviço Geológico do Brasil - CPRM, em parceria com a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, coloca à disposição daqueles que buscam ganhar tempo e certeza nas decisões voltadas à gestão e ordenamento territorial. Este estudo do substrato terrestre, com modelagem espacial de cobertura nacional, considera uma reunião de informações contemplando a dimensão física, dentro do âmbito dos objetivos institucionais deste Serviço Geológico (p.e. as drenagens, o relevo, os tipos de solos etc.) em combinação com temas geológicos, ambientais, sociais e econômicos. Aborda o levantamento sobre a geodiversidade dos estados brasileiros, com informações sobre o meio físico, elaborada em ambiente de Sistema de Informações Geográficas. Representa uma tradução dos geossistemas formadores do território brasileiro voltados para as mais diversas aplicações, como: obras de engenharia, agricultura, recursos hídricos, fontes poluidoras, mineração, geoturismo e planejamento e gestão territorial. Agrega informações contemplando a dimensão física, dentro do âmbito dos objetivos institucionais deste Serviço Geológico do Brasil, cuja missão é a de gerar e difundir o conhecimento geológico e hidrológico básico necessário para o desenvolvimento sustentável do Brasil. As representações simplificadas e agregadas dos muitos temas são tratadas através de convenções cartográficas e geológicas, sempre classificatórias, e os produtos oferecidos permitem a todos os usuários entender sua forma narrativa dos resultados, além de permitir, gerar e testar cenários sem comprometer os métodos e a representação espacial das variáveis utilizadas. Nestes aspectos, o Programa é pioneiro e, a um só tempo, aperfeiçoado. Trata-se de um poderoso instrumento de planejamento territorial calcado na avaliação das aptidões e restrições intrínsecas do meio físico elaborada a partir da análise integrada dessas informações. Aos planejadores, sugerimos que a partir das informações de Geodiversidade sejam gerados projetos especiais, políticas públicas, além da tomada de decisões. Considerando a escala do produto apresentado verifica-se o enorme potencial para continuar o desenvolvimento de novas fases. Esperamos ainda neste produto: (i) aumentar os ganhos de eficiência e redução dos riscos de insucesso na interpretação; (ii) aperfeiçoar a inter-relação da multidisciplinariedade e da transdisciplinariedade; também acreditamos que estamos contribuindo com a redução de impactos ambientais dado o resumo do conhecimento geoambiental disponibilizado, e numa melhor adequação da infraestrutura, do licenciamento de atividades produtivas, na mitigação e avaliação de impactos ambientais, e na identificação dos riscos geológicos e da paisagem, dentre outras. As informações técnicas produzidas pelo levantamento da Geodiversidade Estadual – na forma de mapa, SIG e texto explicativo – encontram-se disponíveis no portal da CPRM/SGB (<<http://www.cprm.gov.br>>) para pesquisa e *download*, por meio do GEOBANK, o sistema de bancos de dados geológicos corporativo da Empresa.

STÊNIO PETROVICH PEREIRA  
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial  
CPRM – Serviço Geológico do Brasil





# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff, Xafi da Silva Jorge João	
<b>2. EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E ASPECTOS DO SETOR MINERAL.....</b>	<b>15</b>
Xafi da Silva Jorge João	
<b>3. RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS – PLUVIOMETRIA E CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO .....</b>	<b>23</b>
Andressa Macêdo Silva de Azambuja, João Batista de Lima, David Franco Lopes	
Colaboração: Ivete Souza do Nascimento	
<b>4. RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS – FLUVIOMETRIA .....</b>	<b>43</b>
Victor Hugo da Motta Paca, David Franco Lopes	
<b>5. METODOLOGIA, ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS E ORGANIZAÇÃO EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....</b>	<b>53</b>
Maria Angélica Barreto Ramos, Marcelo Eduardo Dantas, Antônio Theodorovicz, Vallter José Marques, Vitório Orlandi Filho, Maria Adelaide Mansini Maia Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff	
<b>6. GEODIVERSIDADE: ADEQUABILIDADES/POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES FRENTE AO USO E À OCUPAÇÃO .....</b>	<b>69</b>
Xafi da Silva Jorge João	

## APÊNDICES

- I. UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO
  - II. BIBLIOTECA DE RELEVO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO
- NOTA SOBRE OS AUTORES





# 1

## INTRODUÇÃO

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (*pedro.augusto@cprm.gov.br*)  
Xafi da Silva Jorge João (*xafi.joao@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Geodiversidade .....	11
Aplicações .....	12
Referências .....	13



## GEODIVERSIDADE

O planeta Terra se comporta como um sistema vivo, por meio de um conjunto de grandes engrenagens que se movimentam, que se modificam, acolhe e sustenta uma imensidade de seres vivos em sua superfície. A sua “vida” se expressa pelo movimento do planeta no entorno do Sol e de seu eixo de rotação e no movimento interno por meio das correntes de convecção que se desenvolvem abaixo da crosta terrestre. Em decorrência, tem-se, em superfície, a deriva dos continentes, vulcões e terremotos, além do movimento dos ventos e diversos agentes climáticos que atuam na modelagem das paisagens.

Embora seja o sustentáculo para o desenvolvimento da vida na superfície terrestre, o substrato tem recebido menos atenção e estudo do que os seres que se assentam sobre ele. Partindo dessa afirmação, são mais antigos e conhecidos o termo e o conceito de biodiversidade do que os referentes a **geodiversidade**.

O termo “geodiversidade” foi empregado pela primeira vez em 1993, na Conferência de Malvern (Reino Unido) sobre “Conservação Geológica e Paisagística”. Inicialmente, o vocábulo foi aplicado para gestão de áreas de proteção ambiental, como contraponto a “biodiversidade”, já que havia necessidade de um termo que englobasse os elementos não bióticos do meio natural (SERRANO; RUIZ FLAÑO, 2007). Todavia, essa expressão havia sido empregada, na década de 1940, pelo geógrafo argentino Federico Alberto Daus, para diferenciar áreas da superfície terrestre, com uma conotação de Geografia Cultural (ROJAS, apud SERRANO; RUIZ FLAÑO, 2007, p. 81).

Em 1997, Eberhard (apud 1997 SILVA et al., 2008a, p. 12) definiu geodiversidade como *a diversidade natural entre aspectos geológicos, do relevo e dos solos*.

O primeiro livro dedicado exclusivamente à temática da geodiversidade foi lançado em 2004. Trata-se da obra de Murray Gray (professor do Departamento de Geografia da Universidade de Londres) intitulada “Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature”. Sua definição de geodiversidade é bastante similar à de Eberhard.

Owen et al. (2005), em seu livro “Gloucestershire Cotswolds: Geodiversity Audit & Local Geodiversity Action Plan”, consideram que:

- 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 fazem 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 culturas.

Galopim de Carvalho (2007), em seu artigo “Natureza: Biodiversidade e Geodiversidade” assume esta definição:

- 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. Estando assente, e bem, que biodiversidade é parte integrante da natureza, a designação agora decretada para este importante organismo do Estado é, no mínimo, desnecessária e redundante. Esta redundância vem de trás. Ficou consagrada em 2001 na Estratégia Nacional para a Conservação da Natureza e da Biodiversidade, na sequência da Convenção sobre a Diversidade Biológica (Conferência do Rio, 1992).

Geodiversidade, para Brilha et al. (2008), “é a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos activos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra”.

No Brasil, os conceitos de geodiversidade se desenvolveram praticamente de forma simultânea ao pensamento internacional, entretanto, com foco direcionado para o planejamento territorial, embora os estudos voltados para geoconservação não sejam desconsiderados (SILVA et al, 2008a).

Na opinião de Veiga (2002), “a geodiversidade expressa as particularidades do meio físico, abrangendo rochas, relevo, clima, solos e águas, subterrâneas e superficiais”.

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) define geodiversidade como:

- 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 (CPRM, 2006).

Já autores Silva e Carvalho Filho (apud SILVA et al., 2008a, p. 12) apresentam definições diferentes da maioria dos autores nacionais e internacionais, definindo geodiversidade a partir da “variabilidade das características ambientais de uma determinada área geográfica”.

Embora os conceitos de geodiversidade sejam menos conhecidos do grande público que os de biodiversidade, esta é dependente daquela, conforme afirmam Silva et al. (2008a, p. 12):

- A biodiversidade está assentada sobre a geodiversidade e, por conseguinte, é dependente direta desta, pois as rochas, quando intemperizadas, juntamente com o relevo e o clima, contribuem para a formação dos solos, disponibilizando, assim, nutrientes e micronutrientes, os quais são absorvidos pelas plantas, sustentando e desenvolvendo a vida no planeta Terra. Em síntese, pode-se considerar que o conceito de geodiversidade abrange a porção abiótica do geossistema (o qual é constituído pelo tripé que envolve a análise integrada de fatores abióticos, bióticos e antrópicos) (Figura 1.1).

### Relação entre sistemas

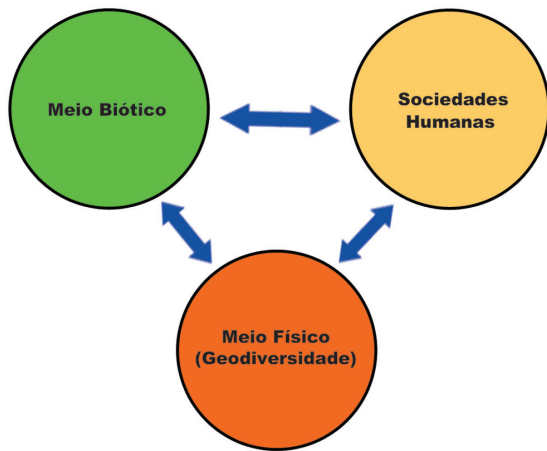


Figura 1.1 - Relação de interdependência entre os meios físico, biótico e a sociedade. Fonte: Elaborado pelo autor.

### APLICAÇÕES

O conhecimento da geodiversidade nos leva a identificar, de maneira melhor, as aptidões e restrições de uso do meio físico de uma área, bem como os impactos advindos de seu uso inadequado. Além disso, ampliam-se as possibilidades de melhor conhecer os recursos minerais, os riscos geológicos e as paisagens naturais inerentes a uma determinada região composta por tipos específicos de rochas, relevo, solos e clima. Dessa forma, obtém-se um diagnóstico do meio físico e de sua capacidade de suporte para subsidiar atividades produtivas sustentáveis (Figura 1.2).

Em uma determinada região, formada por rochas cristalinas, relevo ondulado, solos pouco espessos, clima seco e com poucos cursos d'água perenes, o que seria possível fazer para aproveitamento econômico da região.

O conhecimento da geodiversidade da região implicaria o conhecimento das rochas,



Figura 1.2 - Principais aplicações da geodiversidade. Fonte: SILVA et al. (2008b, p. 182).

portanto, nesse caso específico, a rocha sendo um granito, mostraria aptidões para o aproveitamento do material como brita para construção civil e pavimentação de estradas, em áreas próximas (Figura 1.3). O relevo ondulado e a pequena espessura de solo seriam outros fatores para auxiliar no desenvolvimento dessa atividade. A escassez de água (clima seco, poucos cursos d'água perenes e aquíferos do tipo fraturado) tornaria a área pouco propícia, ou com restrições, à instalação de atividades agrícolas ou assentamentos urbanos.

Em outro exemplo, tem-se uma área plana (planície de inundação de um rio) cujo terreno é constituído por areias e argilas, com possível presença de turfas e argilas moles. Nessa situação, os espessos pacotes de areia viabilizam a exploração desse material para construção civil; as argilas moles e turfas, além da suscetibilidade a inundações peri-



Figura 1.3 - Rocha granítica deformada e fraturada pertencente ao Domínio dos Complexos Granitoides Intensamente Deformados: Ortognaisses, ao longo da BR-156, no município de Diapoque (AP). Fotografia: Acervo institucional (CPRM, 2011).



ódicas, tornam a área inadequada para ocupação urbana ou industrial; a presença de solos mais férteis torna a área propícia à agricultura de ciclo curto. Observa-se, entretanto, que justamente em várzeas e planícies de inundação é que se instalou a maior parte das cidades no Brasil, cuja população sofre periodicamente os danos das cheias dos rios (Figuras 1.4 e 1.5).

Grandes projetos nacionais na área de infraestrutura já se utilizam do conhecimento sobre a geodiversidade da área proposta para sua implantação. Como exemplo, o levantamento ao longo do percurso planejado para as ferrovias Transnordestina, Este-Oeste e Norte-Sul, onde

o conhecimento das características da geodiversidade da região se faz importante para escolha não só dos métodos construtivos do empreendimento, como também para o aproveitamento econômico das regiões no entorno desses projetos.

Convém ressaltar que o conhecimento da geodiversidade implica o conhecimento do meio físico no tocante às suas limitações e potencialidades, possibilitando a planejadores e administradores uma melhor visão do tipo de aproveitamento e do uso mais adequado para uma determinada área ou região.

## REFERÊNCIAS

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

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL.  
**Mapa geodiversidade do Brasil:** escala 1:2.500.000, legenda expandida. Brasília: CPRM, 2006.  
1 CD-ROM.

CARVALHO, A.M. Galopim de. **Natureza:** biodiversidade e geodiversidade. [S.l.], 2007. Disponível em: <<http://terraquegira.blogspot.com/2007/05/natureza-biodiversidade-e.html>>. Acesso em: 25 jan. 2010.

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

OWEN, D.; PRICE, W.; REID, C.  
**Gloucestershire cotswolds:** geodiversity audit & local geodiversity action plan. Gloucester: Gloucestershire Geoconservation Trust, 2005.

SERRANO CAÑADAS, E.; RUIZ FLAÑO, P.  
Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial: el caso de Tiermes-Caracena (Soria). **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, La Rioja, n. 45, p. 79-98, 2007.

SILVA, Cassio Roberto da et al. Começo de tudo. In: \_\_\_\_\_ (Ed.). **Geodiversidade do Brasil:** conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008a. 264 p. il. p. 11-20.

\_\_\_\_\_ et. al. Aplicações múltiplas do conhecimento da geodiversidade. In:



**Figura 1.4** - Cheia atingindo moradias na cidade de Vitória do Jari, 2008 (AP).  
Fotografia: Acervo institucional (CPRM, 2008).



**Figura 1.5** - Inundação na cidade de Laranjal do Jari (AP).  
Fotografia: Acervo institucional (CPRM, 2009).

\_\_\_\_\_ (Ed.). **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008b. 264 p. il. p. 181-202.

SILVA, J. Xavier da; CARVALHO FILHO, L. M. Índice de geodiversidade da restinga da Marambaia (RJ): um

exemplo do geoprocessamento aplicado à geografia física. **Revista de Geografia**, Recife, v. 1, p. 57-64, 2001.

VEIGA, Tadeu. **A geodiversidade do cerrado**. [S.l.], 2002. Disponível em: <<http://www.pequi.org.br/geologia.html>>. Acesso em: 25 jan. 2010.

# 2

## EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E ASPECTOS DO SETOR MINERAL

Xafi da Silva Jorge João (*xafi.joao@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

O Contexto Geológico e as Áreas de Relevante Interesse Mineral .....	17
Referências .....	21

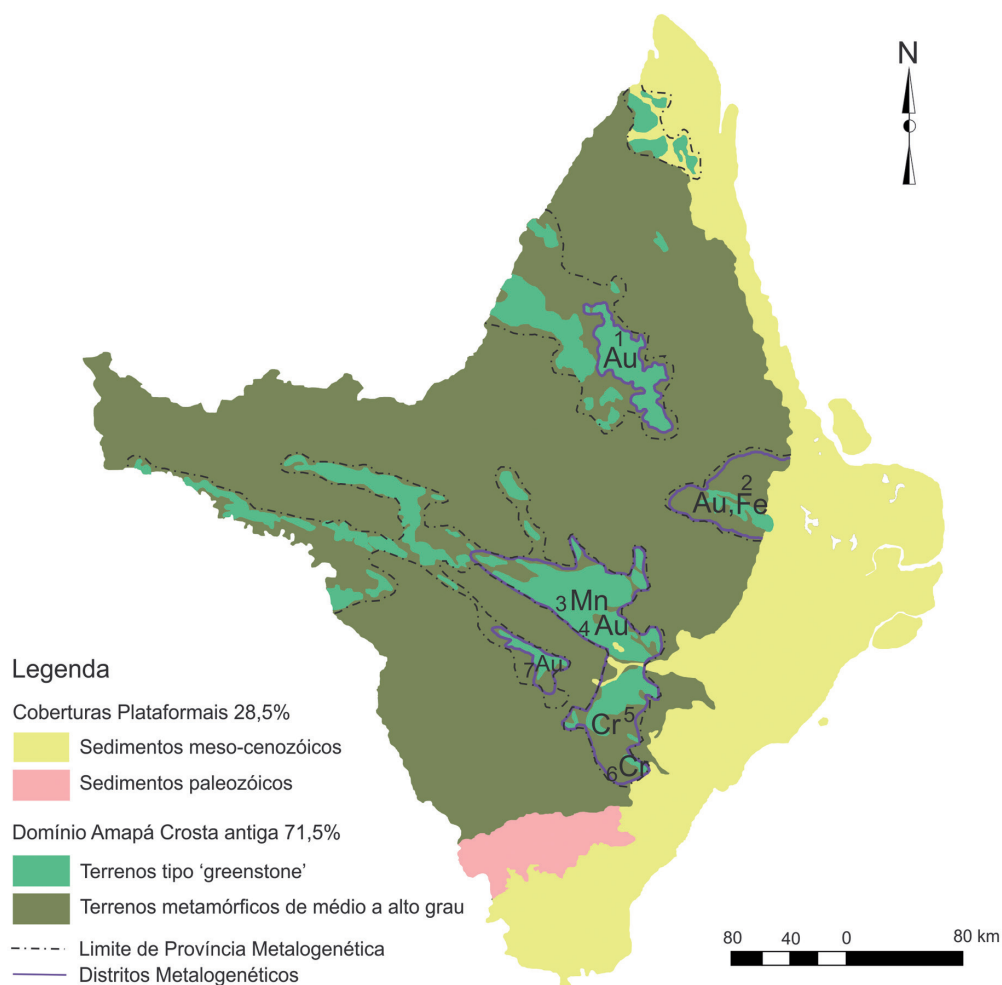


## O CONTEXTO GEOLÓGICO E AS ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL

Lima et al. (1991) identificam, no estado do Amapá, 5 unidades morfoestruturais bem definidas e denominadas de Planície Costeira, Planalto da Bacia do Amazonas, Planalto Rebaixado da Amazônia, Planalto Dissecado Jari-Araguari e Planalto Dissecado do Norte do Amapá e afirmam existir uma correspondência com as unidades geotectônicas definidas no estado. Segundo esses autores a Planície Costeira corresponde à faixa de ocorrência de sedimentos quaternários, de ambiência fluvial, flúvio-lacustre e flúvio-marinha; o Planalto Rebaixado da Amazônia como uma extensa faixa de platôs é constituída pelos sedimentos continentais dos Grupos Barreiras e Alter do Chão, este último tendo uma grande importância econômica pelos seus depósitos de caulim e bauxita. As zonas serranas do domínio Tumucumaque-Iratapuru são integrantes do Planalto Dissecado Jari-Araguari e as litologias do Núcleo Arqueano Oiapoque corresponderiam ao Planalto Dissecado do Norte do Amapá.

Ainda, segundo Lima et al. (1991), na sua sistematização da geologia do estado do Amapá, foram definidos três cinturões de cisalhamento, aos quais estariam associados os principais bens minerais ocorrentes no estado, em especial a mineralização aurífera. Adicionalmente, correlacionam a tectônica e as litoestruturas do estado com a região da serra dos Carajás, com a qual mostra similaridades geocronológicas, embora ainda existam grandes vazios de conhecimento da geologia amapaense, recomendando estudos extensivos de geocronologia para a resolução de problemas litoestratigráficos e de evolução tectônica.

Oliveira (2010) cita o Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (2002), que com base nos trabalhos de Carvalho et al. (1994) e Faraco e Carvalho (1994), apresenta um arcabouço geológico simplificado para o estado do Amapá, caracterizado por duas unidades geotectônicas distintas denominadas de crosta antiga trabalhada ou não e coberturas plataformais (Figura 2.1). A crosta antiga corresponde ao domínio Amapá da província Transamazônica de Santos (2003), ocupando cerca



**Figura 2.1** - Arcabouço geotectônico e distritos metalogenéticos do Amapá: 1-Lourenço (Au), 2- Tartarugalzinho (Au), 3-Serra do Navio (Mn), 4-Serra do Navio/Vila Nova (Au), 5- Bacuri (Cr), 6- Igarapé do Breu (Cr), 7- Cupixi (Au). Fonte: Oliveira, 2010.

de 72% do território estadual nas suas porções norte, oeste e central.

A crosta antiga ou primitiva ocorrente no espaço amapaense resultou da atuação de processos geológico-tectônicos envolvendo fusões parciais e diferenciadas em multiestágio, em escala regional, a partir de uma crosta simática ou mantélica. Nesse processo, ocorrido no Arqueoproterozoico, foi consolidado um conjunto de complexos granítico-gnáissico-migmatítico-granulíticos associados a um conjunto de supracrustais metavulcanossedimentares de natureza máfico-ultramáfica com estratos félsicos e camadas sedimentares pelito-psamíticas. Essa associação

de complexos graníticos e supracrustais construiu um típico terreno granito-greenstone, ao qual foram superimpostas deformações tectônicas em regime de cisalhamento dúctil e rúptil, o que facilitou a fertilidade mineral atualmente existente no território amapaense.

O domínio geotectônico, correspondente às coberturas plataformais que recobrem cerca de 28% do território amapaense, é representado pelo Grupo Barreiras, Depósitos Aluvionares e Depósitos Flúvio-Marinhos, estes últimos, ocorrentes ao longo de canais, planícies de inundação, mangues e cordões litorâneos, como se observa na Figura 2.2. Contudo, de acordo com os mapas produzidos pela

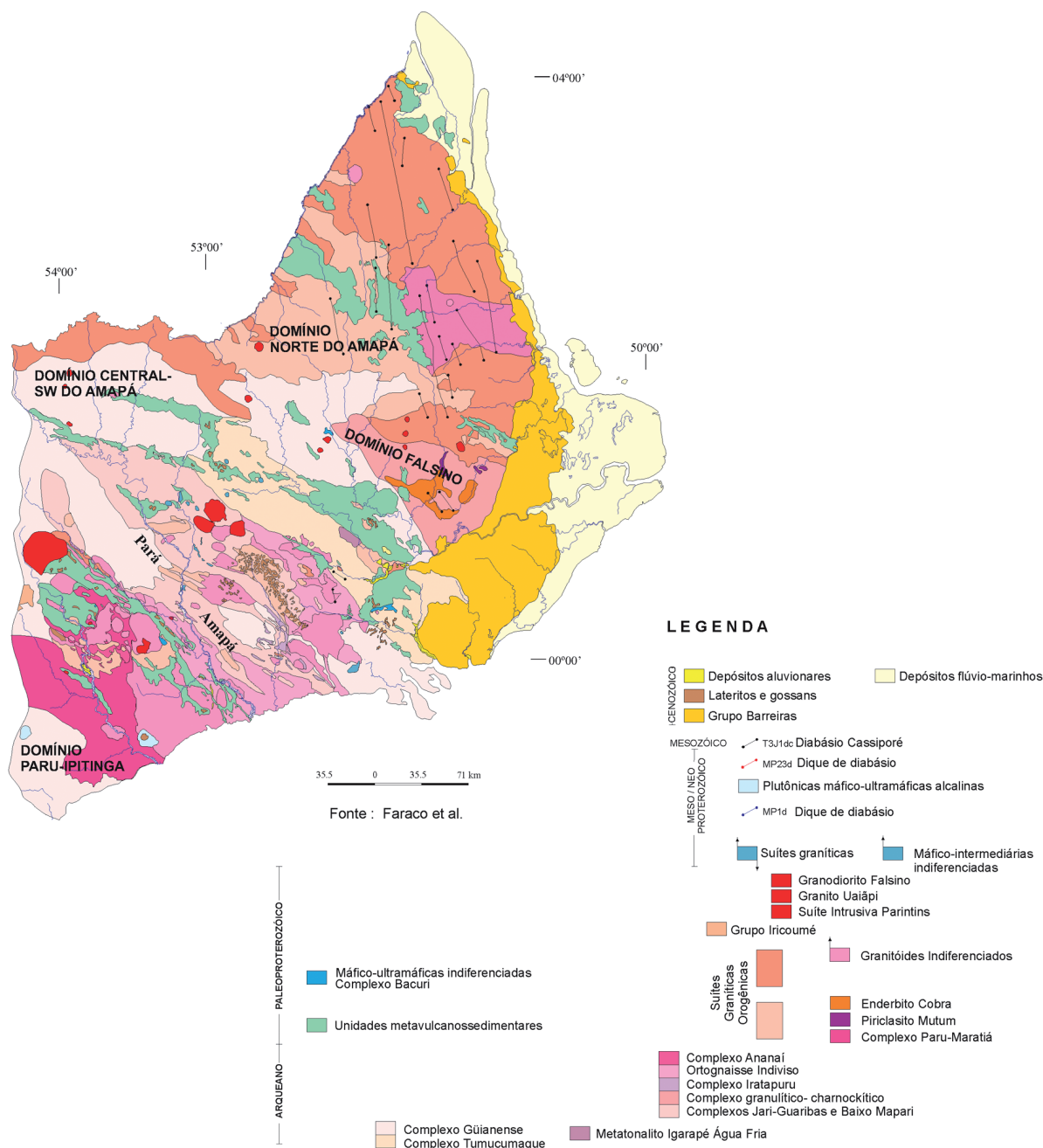


Figura 2.2 - Mapa geológico simplificado do Amapá – NNW do Pará. Fonte: Faraco et al., 2006.



CPRM (2004a e 2004b) e IBGE (2004) e com as informações de campo obtidas pelo Projeto Geodiversidade do Estado do Amapá, parte da porção sul do estado corresponde ao flanco norte da bacia do Amazonas, contemplando sedimentos clásticos a pelíticos do Paleozoico da bacia do Amazonas. Esses sedimentos paleozoicos são representados pela Formações Trombetas, Maecuru, Ererê e Curuá e os sedimentos continentais mesozoicos pela Formação Alter do Chão.

A Figura 2.2 mostra o mapa geológico simplificado do estado do Amapá e de uma pequena porção do NNW do estado do Pará, elaborado por Faraco et al. (2006), o qual mostra a distribuição espacial das unidades litoestratigráficas com suas respectivas eras e períodos geológicos. De um modo geral fica muito evidente, no arcabouço geológico, uma forte e generalizada orientação tectônica preferencial na direção NW/SE, realçada, sobretudo, pela disposição estrutural das sequências metavulcanossedimentares materializadas pelas supracrustais do Paleoproterozoico. Em complemento, reforçam essa orientação tectônica NW/SE, os granito-gnaisses-migmatitos-granulitos, com uma conspícua e generalizada foliação em diferentes estágios do processo milonítico.

No início do Meso-neoproterozoico, após um longo período de quietude tectônica, intrusões graníticas, magmatismo máfico-intermediário indiferenciado e plutônicas máfico-ultramáficas alcalinas se consolidaram na mesocrosta aproveitando grandes zonas de fraquezas geradas por uma intensa tectônica rúptil localizada.

No Mesozoico, o espaço amapaense sofreu uma recorrência da tectônica rúptil atingindo a crosta simática, provocando uma manifestação básica anorogênica intraplaca representada por um enxame de diques básicos com disposição estrutural segundo NNW/SSE, com concentração espacial nas regiões norte e nordeste do estado, nas proximidades da região costeira. Esses diques básicos se estendem por dezenas de quilômetros com uma constante longilinaridade e que receberam a designação formal de Diabásio Cassiporé. Trata-se de um magmatismo associado à ruptura do Pangea e com o estágio pré-rift do oceano Atlântico, no limite Triássico-Jurássico.

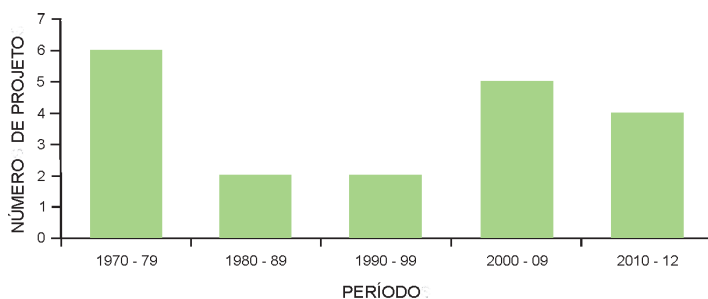
O estado do Amapá tem seu traçado geográfico sobre um trato crustal em que a fenomenologia geológica e a estruturação tectônica possibilitaram a formação de concentrações e reconcentrações metalíferas, refletindo uma fertilidade mineral que o destaca quando comparado a outros segmentos econômicos no espaço amapaense. Com isso, o estado incorporou um portfólio de recursos minerais reais e potenciais, manganesíferos, auríferos, cromitíferos e ferríferos em que os governos estaduais e municipais e a sociedade civil têm ainda dificuldades e limitações na administração e no trato das magnas questões e dos multiaspectos relativos ao seu reino mineral, sobretudo no que diz respeito às

áreas restritivas ou impeditivas ao desenvolvimento mineral.

Com base nessa realidade e potencialidade mineral estadual o governo brasileiro, através do seu órgão operacional para a geologia nacional – a CPRM – tem executado inúmeros trabalhos de levantamento geológico em diferentes escalas de conhecimento, desde o início da década de 70 até o presente, como pode ser visualizado na Figura 2.3 e na Tabela 2.1. Após investimentos maciços no conhecimento da geologia básica, ocorridos na década de 70, houve um considerável declínio, nas duas décadas seguintes, por questões conjunturais e diferentes crises no país. A partir de 2003 houve uma retomada dos levantamentos geológicos básicos, pela reconhecida importância do setor mineral para o desenvolvimento sustentável do país, e o estado do Amapá, por sua geologia favorável, entrou na rota dos investimentos da CPRM.

Com base no contexto geológico, nos inúmeros depósitos e ocorrências minerais, no número e na concentração de títulos minerários e muito por decorrência da fertilidade mineral do estado Amapá, a CPRM, ao executar o Projeto Geodiversidade do Estado do Amapá identificou e individualizou 9 (nove) Áreas de Relevante Interesse Mineral ou áreas com potencial para produção mineral para atendimentos às demandas da sociedade (Figura 2.4). Assim, foram discriminadas as áreas com aproveitamento mineral comprovado; áreas que apresentam indícios de aproveitamento mineral e áreas sem comprovações ou indícios, mas com vocação mineral, utilizando-se da proposta metodológica da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia (2008), baseada em ferramentas avançadas de Sistema de Informações Geográficas.

Em paralelo à elaboração do mapa de Áreas de Relevante Interesse Mineral foi construído um mapa representativo das áreas restritivas e especiais, estando entre as principais restrições legais para a atividade de mineração no estado do Amapá, as Unidades de Conservação de Proteção Integral, Unidades de Conservação de Uso Sustentável e as Terras Indígenas. Considera-se, ainda, como restrição parcial à atividade de mineração, a Área de Fronteira,



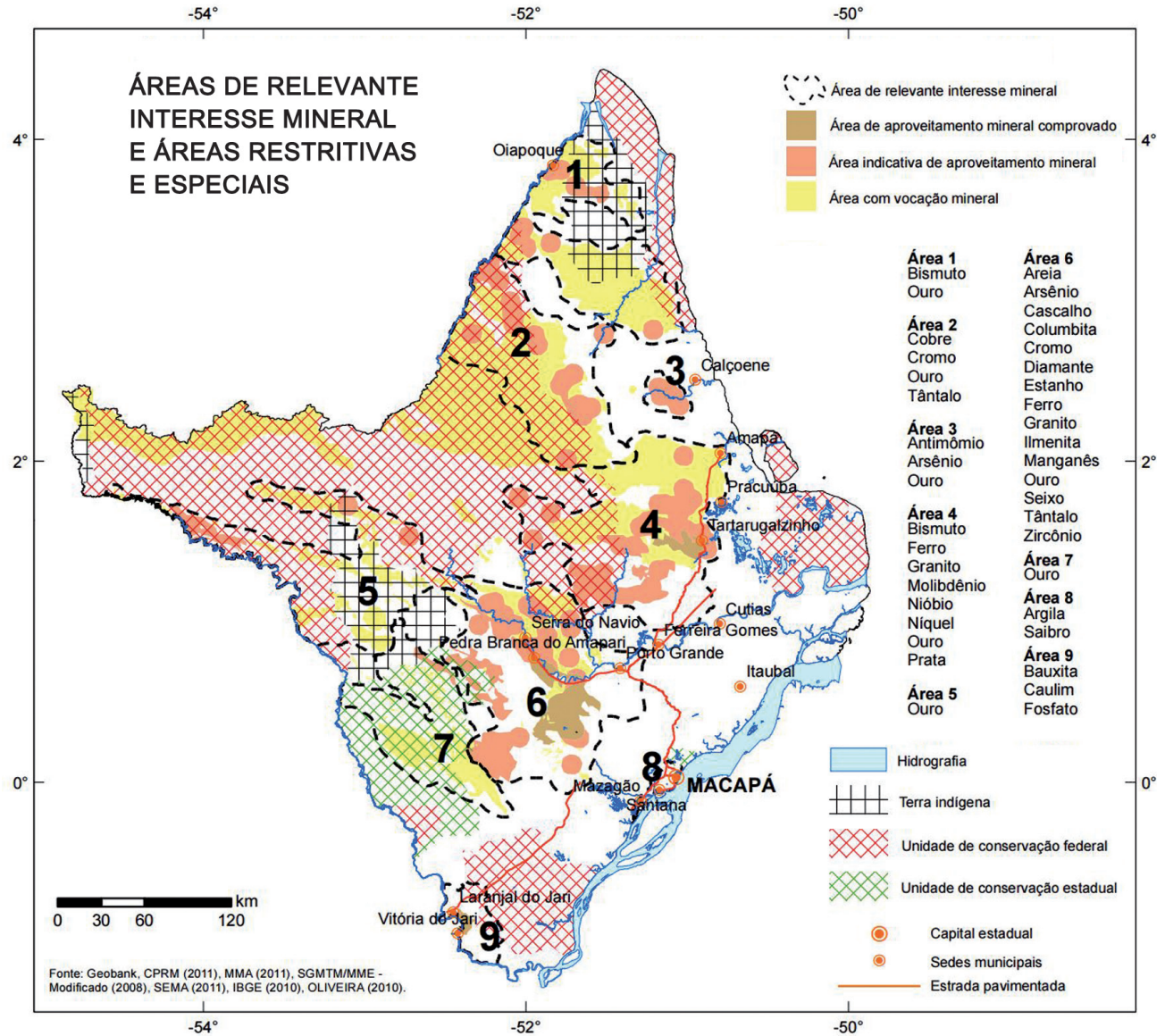
**Figura 2.3** - Número de projetos de mapeamento geológico executados no estado do Amapá, pela CPRM isoladamente ou em parceria com outras Instituições, no período de 1970 a 2012. Fonte: CPRM – <http://geobank.sa.cprm.gov.br>. In: Oliveira, M.J. (2010) (modificado).



**Tabela 2.2** - Projetos de mapeamento geológico e prospecção mineral executados ou em execução no estado do Amapá, no período de 1972 a 2012, com suas respectivas escalas.

Ano	Nome do Projeto	Executor	Escala
1972	Paru-Jari	DNPM/CPRM	1:500.000
1972	Macapá-Calçoene	DNPM/CPRM	1:500.000
1974	Norte da Amazônia – Oiapoque Jari	DNPM/CPRM	1:500.000
1974	RADAM-Folha NA/NB.22-Macapá	DNPM	1:1.000.000
1978	SW do Amapá	DNPM/CPRM	1:100.000
1979	Falsino	DNPM/CPRM	1:100.000
1982-85	GEBAM – Iratapuru, Cupixi	CPRM	1:100.000
1985	Mapas Metalogenéticos – Folha Rio Araguari	CPRM	1:250.000
1997	Programa Nacional de Prospecção de Ouro-Vila Nova, Iratapuru	CPRM	1:250.000
1999	Promin – RENCA – Cupixi	CPRM	1:250.000/1:100.000
1996/06/08	Projeto GeoOiapoque – Folha Oiapoque	CPRM/BRGM	1:250.000
2001	Província Mineral da RENCA e Distrito Mineral do Ipitinga	CPRM	1:100.000/1:250.000
2007 – 2012*	Folha Araguari	CPRM	1:250.000
2007 – 2012*	Folha Lourenço	CPRM	1:250.000
2007 – 2012*	Folha Macapá	CPRM	1:250.000
2011	Geologia da Porção Brasileira da Folha Oiapoque NA.22-V-B	CPRM/BRGM	1:250.000
2012*	Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de Macapá	CPRM	1:250.000

Fonte: CPRM, <http://geobank.sa.cprm.gov.br/> In: Oliveira, M.J. (2010) (modificado).



**Figura 2.4** - Áreas de Relevante Interesse Mineral com respectivas mineralizações e suas interseções com as Áreas Restritivas e Especiais, no estado do Amapá. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

delimitada pela largura de 150 km, paralela à divisória terrestre do território nacional. A legislação brasileira permite a atividade de mineração na Faixa de Fronteira, mediante autorização ou concessão da União, no interesse nacional, por brasileiros ou empresa constituída sob as leis brasileiras e que tenha sua sede e administração no país. A Figura 2.4 mostra a interseção das Áreas de Relevante Interesse Mineral com as Áreas Restritivas e Especiais, permitindo conhecer os locais de possíveis conflitos de uso e ocupação, e assim fornecer subsídios para políticas públicas antecipativas.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, J.M.A.; SILVA NETO, C.S.; KLEIN, E.L.; FARACO, M.T.L. Características das principais

mineralizações auríferas no Pará e Amapá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Camboriú. **Anais...** Camboriú: SBG, 1994.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: folha NA.22 (Macapá). Brasília, 2004a.1 CD-ROM. Sistema de Informações Geográficas.

\_\_\_\_\_. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: folha SA.22 (Belém). Brasília, 2004b. 1 CD-ROM. FARACO, M.T.L.; CARVALHO, J.M.A. Metalogenia preliminar nos estados do Pará e Amapá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., 1994, Belém. **Anais...** Belém: SBG Núcleo Norte, 1994.

\_\_\_\_\_; THÉVENIAUT, H. **Geologia da porção brasileira da folha Oiapoque NA.22-V-B, estado do Amapá, escala 1:250.000**, Belém, PA: CPRM, 2011. 112 p.

\_\_\_\_\_, et al. **Mapa geológico simplificado do Amapá**: NNW do Pará. Belém: [s.n.], 2006. IBGE. **Mapa geológico do estado do Amapá**. Macapá, 2004.

LIMA, M.I.C.; BEZERRA, P.E.L.; ARAÚJO, H.J.T. **Sistematização da geologia do estado do Amapá**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., 1991, Belém, PA, Anais... Belém, PA: SBG, 1991. p. 322-335.

OLIVEIRA, Marcelo José de (Coord.). **Diagnóstico do setor mineral do estado do Amapá**. Macapá: Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, 2010. 148 p.

# 3

## RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS – PLUVIOMETRIA E CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO

Andressa Macêdo Silva de Azambuja (*andressa.azambuja@cprm.gov.br*)

João Batista Marcelo de Lima (*joão.marcelo@cprm.gov.br*)

David Franco Lopes (*david.lopes@cprm.gov.br*)

Colaboração: Ivete Souza do Nascimento (*ivete.nascimento@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Caracterização Geral .....	25
Rede de Monitoramento Hidrológico .....	26
Características e Aspectos Operacionais .....	26
Rede Pluviométrica e Pluviográfica .....	27
Pluviometria e Climatologia da Precipitação .....	28
Pluviometria .....	28
Climatologia da Precipitação e Caracterização Espaço-Temporal .....	29
Representação Espaço-Temporal .....	30
Representação Mensal .....	30
Representação Trimestral .....	37
Representação Anual .....	42
Considerações Finais e Sugestões .....	42
Referências .....	44
Bibliografia Consultada.....	44



## CARACTERIZAÇÃO GERAL

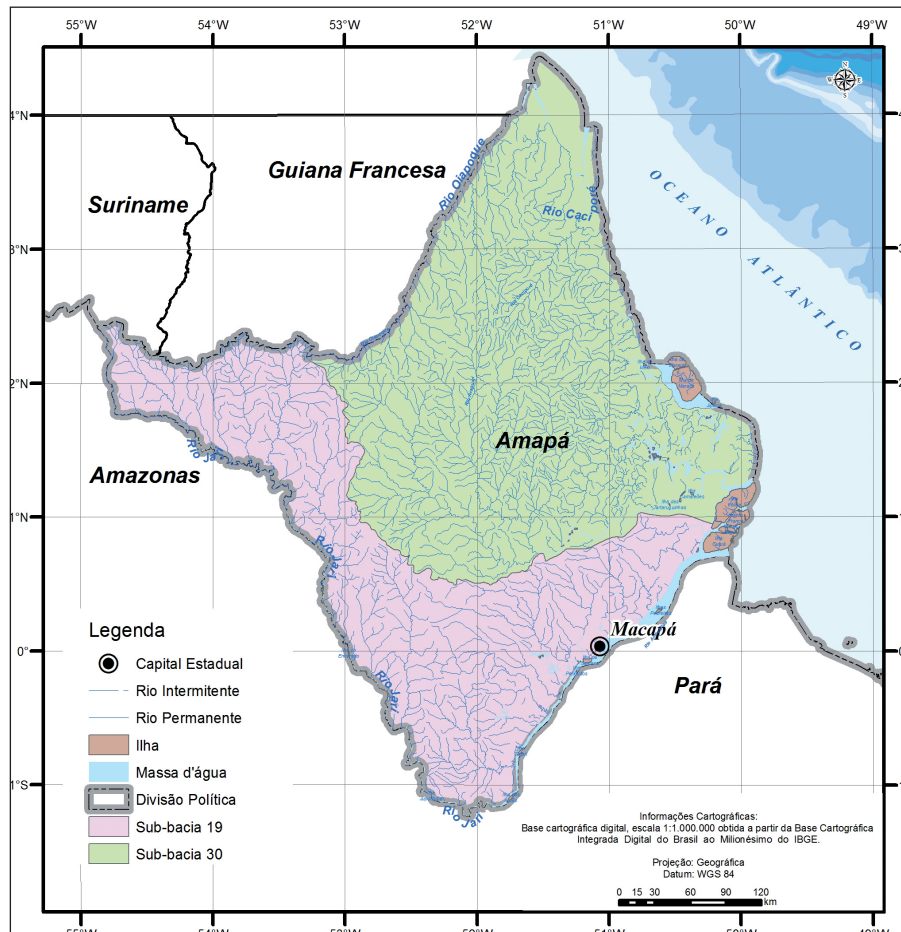
Localizado na região Norte, o estado do Amapá possui extensão territorial de 142.828,521 km<sup>2</sup> e população de 734.996 habitantes (IBGE, 2010). O estado tem como limites a Guiana Francesa ao norte (655 km), o Oceano Atlântico a leste (598 km), o Pará a sul e oeste (1.093 km) e o Suriname a noroeste (52 km).

A cobertura vegetal no estado é bastante diversificada e abrange floresta de terra firme (ecossistema que ocupa 75% das terras do Amapá), floresta de várzea, mata de igapó, manguezal, cerrado e campos.

O estado do Amapá apresenta basicamente três modalidades de relevo: Planície Litorânea, caracterizada por ambientes propícios a inundações, pois a superfície é muito plana e dificulta a drenagem das águas; Baixo Planalto Terciário, que se refere a planaltos levemente elevados, e Planalto Cristalino, unidade de relevo que predomina no estado, ocupando grande parte do território, onde há concentração de diversas serras, colinas e morros. Destaca-se dentre as serras, a do Navio, onde está localizada a maior

jazida de manganês do Brasil. Já o relevo do estado onde é predominantemente plano, isto é, com baixas altitudes, faz-se presente nas proximidades da foz do rio Amazonas, litoral e bacia do Oiapoque.

A rede hidrográfica é formada por rios que desempenham importante papel econômico na região desde a atividade pesqueira até o transporte hidroviário. Alguns se destacam como o Amazonas (foz), Oiapoque (fronteira natural entre o Brasil e a Guiana Francesa), Jari (fronteira natural entre o Amapá e o Pará), Araguari (deságua no oceano e tem 36 cachoeiras), e rios Gurijuba e Cassiporé (conhecidos pela grande quantidade de peixes), dentre outros. Pouco mais de 40% da área do estado é parte constituinte da Bacia Hidrográfica do Amazonas e tem como principal afluente o rio Jari em sua margem esquerda (Sub-bacia 19). A capital Macapá é um dos centros urbanos que mais se destacam dentre os 304 municípios da Região Hidrográfica Amazônica<sup>1</sup> (BRASIL, 2003). O restante da área do Amapá constitui a sub-bacia 30, com uma área de 81.038,83 km<sup>2</sup> sendo formada pelos rios Oiapoque, Araguari, Cassiporé e outros, conforme a figura 3.1.



**Figura 3.1-** Identificação dos principais cursos d'água do estado do Amapá.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

<sup>1</sup> A Região Hidrográfica Amazônica é constituída pela bacia hidrográfica do rio Amazonas (Bacia 01) situada no território nacional, pelas bacias hidrográficas dos rios existentes na ilha de Marajó, além das bacias hidrográficas dos rios situados no estado do Amapá que deságuam no Atlântico norte (Bacia 03), perfazendo um total de 3.870.000 km<sup>2</sup>.

## REDE DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

### Características e Aspectos Operacionais

A CPRM/SGB instala, opera e dá manutenção à rede hidrometeorológica nacional da Agência Nacional de Águas – ANA e no estado do Amapá, através da Superintendência Regional de Belém, é responsável por 27 estações distribuídas entre as sub-bacias 19 e 30.

As estações que compõem a rede no Amapá são pluviométricas, pluviográficas, fluviométricas, fluviográficas, sedimentométricas, de qualidade da água, estações meteorológicas automáticas e telemétricas. Desse modo, a distribuição das estações, por tipo, está apresentada no quadro a seguir (Quadro 3.1):

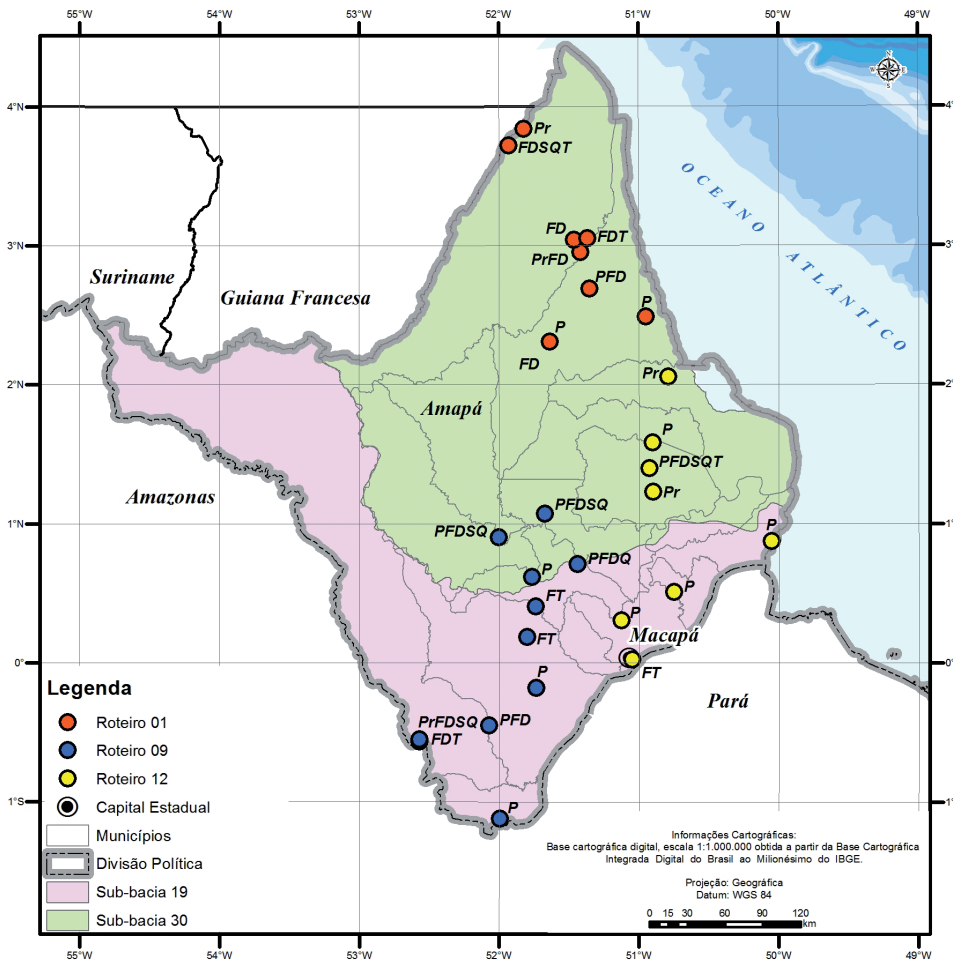
A rede na área de abrangência da SUREG-BE está dividida em 13 roteiros, sendo que destes, 3 são no Amapá. A operação destes roteiros (identificados como 01, 09 e 12) é feita por via fluvial e terrestre.

As informações hidrometeorológicas são obtidas através das visitas trimestrais dos técnicos da CPRM aos locais apresentados na Figura 3.2, ou através dos correios (somente boletins pluviométricos e fluviométricos), quando

**Quadro 3.1** - Estações hidrometeorológicas no Amapá operadas pela CPRM/ANA.

Estações hidrometeorológicas da rede CPRM/ANA no Amapá	
Estações Pluviométricas	18
Estações Fluviométricas	15
Estações Telemétricas	8
Estações com Medição de Descarga Líquida	11
Estações com Medição de Descarga Sólida	6
Estações com Levantamento de Parâmetros de Qualidade de Água	11
Total de estações	27

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.



**Figura 3.2** - Estações que compõem a rede hidrometeorológica no estado do Amapá operada pela CPRM/ANA. Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

<sup>2</sup> Telemetria: sistema de coleta de dados que consiste no uso de sensores para detecção dos dados, plataforma de coleta de dados (PCD), com módulos de memória para armazenamento, e transmissão via satélite.

<sup>3</sup> Data-Logger: sistema em que os dados são coletados em intervalos previamente programados e armazenados em módulos de memória para recolhimento em campo através do notebook ou substituição da mídia de armazenamento. As estações automáticas, com sensores de precipitação, também possuem sensores conjugados de temperatura e umidade do ar, sensor de pressão, radiação solar e de velocidade e direção do vento.



os observadores hidrológicos têm acesso a esse serviço. Outra forma de coleta desses dados é através da telemetria ou *data-logger's*. As demais informações, tais como: medição de descarga líquida (vazão), medição de descarga sólida (sedimentos) e levantamento dos parâmetros de qualidade das águas são obtidas somente “*in loco*” durante as viagens de campo.

Todas as informações oriundas desse monitoramento são remetidas à ANA e encontram-se disponíveis para a sociedade no Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb e no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH. Os dados coletados pelas estações telemétricas também ficam disponíveis através do Sistema de Dados Hidrológicos em Tempo Real.

### Rede Pluviométrica e Pluviográfica

Com base nas recomendações da Organização Meteorológica Mundialw (OMM, 1994), uma rede básica de estações hidrométricas deve ser projetada de maneira que possam ser fornecidos dados e informações necessários para fazer uma avaliação abrangente dos recursos hídricos, a fim de evitar qualquer erro grave nas tomadas de decisão. A rede básica tem um propósito geral e para atender objetivos mais específicos, seriam necessárias redes para fins operacionais, com estações de referência e bacias representativas.

Segundo a OMM a primeira etapa na criação de uma rede hidrológica deve ser o estabelecimento de uma rede mínima. Note-se que a rede mínima não permite a formulação de planos de desenvolvimento detalhado, mas deve ser composta por estações que sejam indicadas como necessárias para iniciar o planejamento do desenvolvimento econômico dos recursos hídricos do lugar. Uma rede mínima é necessária no sentido de se evitar deficiências no desenvolvimento e exploração dos recursos hídricos em uma escala proporcional ao nível de desenvolvimento econômico da região.

Para uma rede pluviométrica, se forem seguidos certos princípios de instalação e utilização, o pequeno número de estações da rede mínima pode atender à maioria das necessidades mais imediatas. Portanto, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial, tem-se a avaliação da densidade de estações pluviométricas no estado do

Amapá, conforme o Quadro 3.2. Nessa avaliação, foram consideradas as sub-bacias 19 (restrita à área do estado) e 30 (Quadro 3.3).

O Quadro 3.3 apresenta os resultados obtidos em relação à densidade da rede pluviométrica nas sub-bacias do Amapá.

Considerando as recomendações da OMM (1994), para regiões Planas e interiores, Montanhosas/onduladas, Sem registrador e Com registrador, verifica-se que nenhuma das sub-bacias atende aos critérios estabelecidos e que, portanto, o estado do Amapá apresenta um déficit na densidade da rede pluviométrica e pluviográfica atual.

Em geral, os pluviômetros deveriam estar distribuídos o mais uniformemente possível, tendo em vista as necessidades práticas da informação e a localização de observadores, no entanto isto não ocorre devido ao fato de que, apesar dos constantes esforços para melhoria deste cenário no estado do Amapá, ainda existem as dificuldades em termos de acessibilidade, viabilidade de observadores em condições recomendadas e recursos necessários para operação e/ou manutenção das estações.

**Quadro 3.2** - Modelo revisado para densidades mínimas das redes pluviométricas.

Unidades fisiográficas	Densidades mínimas por estações (área em km <sup>2</sup> por estação)	
	Sem registrador	Com registrador
Costeira	900	9.000
Montanhosa	250	2.500
Planas e interiores	575	5.750
Montanhosas/onduladas	575	5.750
Pequenas ilhas	25	250
Áreas urbanas	-	10-20
Polares/áridas	10.000	100.000

Fonte: Organisation Météorologique Mondiale (OMM), 1994

**Quadro 3.3** - Densidade da rede pluviométrica por sub-bacia.

Sub-Bacia	Nº de Estações		Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Densidade sem registrador (km <sup>2</sup> / estação)	Densidade com registrador (km <sup>2</sup> / estação)
	P	Pr			
19	6	1	60.166,29	10.027,71	60.166,29
30	7	4	81.038,83	11.576,98	20.259,71

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

## PLUVIOMETRIA E CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO

### Pluviometria

A precipitação é definida como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície da Terra. A disponibilidade de precipitação numa bacia é o fator predominante para quantificar, por exemplo, a necessidade de irrigação, abastecimento de água doméstico ou industrial (TUCCI et al., 1993).

Existem diferentes processos que desencadeiam as chuvas, variando de acordo com o local, formas de relevo e temperatura do ambiente. De acordo com a maneira que o ar eleva-se, a chuva pode ser classificada em três tipos principais (KOBAYAMA et al., 2006):

- *Chuva convectiva*: está relacionada com instabilidade convectiva, ou seja, o movimento vertical do ar resulta do processo de aquecimento da superfície terrestre pelo Sol, ocasionando colunas de ar ascendentes (ar que sobe para a troposfera superior). Este processo resulta na formação de nuvens do tipo cumulonimbus, que possuem um elevado desenvolvimento vertical e formato típico de um cogumelo. Geralmente essas chuvas são intensas e de curta duração, ocorrendo com mais frequência no verão, no período vespertino;
- *Chuva orográfica*: ocorre quando a elevação do ar úmido é causada inteira ou principalmente por um terreno elevado, dando início a um processo de convecção forçada (efeito orográfico). O ar é forçado a subir, expandindo-se, formando nuvens e na sequência a chuva orográfica. Essa precipitação ocorre praticamente a barlavento da encosta, enquanto que a sotavento geralmente não recebe chuva. É desse processo que surge a grande incidência de nebulosidade e chuva próxima às altas encostas das montanhas;
- *Chuva frontal*: são precipitações provenientes da circulação associada aos sistemas frontais. As frentes frias podem ocasionar chuvas intensas, podendo ser acompanhadas de trovoadas, granizos, vendavais e tornados. As frentes quentes provocam chuva contínua de menor intensidade.

Os dados de precipitação observados pela CPRM são medições pontuais, provenientes de dois tipos de equipamentos: pluviômetro e pluviógrafo. O **pluviômetro** consiste em um cilindro com um receptor de água adaptado ao topo (Figura 3.3). No fim do período considerado, geralmente 24hs, a água coletada é despejada, através

de uma torneira, para uma proveta graduada, na qual se faz leitura. Essa leitura representa em milímetros (mm) a chuva ocorrida nas últimas 24 horas. A proveta tem capacidade total de 10 milímetros, graduada de milímetro em milímetro. Se a precipitação exceder os 10 milímetros, somam-se os valores lidos. A leitura é realizada às 7:00 horas, diariamente. O mais utilizado, o pluviômetro Ville de Paris, possui uma área de captação de 400 cm<sup>2</sup>, onde 1 mm de chuva corresponde a 40 ml. A altura pluviométrica em milímetros também indica o volume em litros de água que caíram em um metro quadrado de área, assim uma chuva de 20 mm corresponderá à precipitação de 20 litros de água por metro quadrado.

Em muitos estudos hidrológicos é indispensável conhecer não somente a altura total de precipitação, mas também sua intensidade por unidade de tempo ao longo de um período, daí a importância dos **pluviógrafos**, que são aparelhos que registram de forma contínua no tempo em um diagrama as informações de precipitação durante 24 horas. O registro no diagrama informa a duração e a altura da chuva. Este diagrama é denominado pluviograma.

Existem ainda instaladas no estado do Amapá duas estações meteorológicas automáticas (sistema Data-Logger) e uma telemétrica.

Após a coleta e análise de consistência dos dados de chuva é possível obter séries de dados de melhor qualidade e com maior grau de confiabilidade, possibilitando um adequado gerenciamento dos recursos hídricos em diversos estudos e projetos, evitando desperdício de recursos financeiros e contribuindo para maior segurança nas tomadas de decisão.



**Figura 3.3** - Estação pluviométrica de Porto Ariri – AP (Código CPRM/ANA – 08051010). Fonte: Acervo institucional (CPRM, 2011).

## Climatologia da precipitação e Caracterização espaço-temporal

Para melhor compreensão da variabilidade da precipitação foi feita uma caracterização espaço-temporal no estado do Amapá. Além da pluviometria, o entendimento básico da climatologia da precipitação permite um melhor entendimento das causas da precipitação e sua variabilidade espacial e temporal que influenciam, por exemplo, o comportamento da disponibilidade hídrica de uma bacia, estudos de previsões climáticas e simulação de cenários hidrológicos e socioambientais.

Na Amazônia, situada inteiramente dentro da região tropical da América do Sul, as variáveis climatológicas mais importantes são a atividade convectiva (formação de nuvens) e a precipitação pluviométrica.

A variabilidade da chuva sazonal durante a estação chuvosa é diretamente dependente dos mecanismos climáticos de grande escala que se processam nos dois oceanos tropicais adjacentes: o oceano Pacífico e o oceano Atlântico (SOUZA et al., 2004 apud SOUZA; CUNHA, 2010).

No oceano Pacífico, o mecanismo climático dominante é o conhecido fenômeno *El Niño*/Oscilação Sul (ENOS) que possui duas fases extremas: *El Niño* e *La Niña*. As condições de *El Niño* (*La Niña*) associam-se ao aquecimento (resfriamento) anômalo das águas oceânicas sobre o Pacífico tropical, perdurando no mínimo cinco meses entre o verão e o outono (TRENBERTH, 1997 apud SOUZA; CUNHA, 2010).

No oceano Atlântico, o principal mecanismo climático denomina-se Padrão de Dipolo, conforme Hastenrath, Heller (1977); Moura, Shukla (1981); Nobre, Shukla (1996); Souza, Nobre (1998) apud Souza, Cunha (2010)

ou atualmente denominado de Gradiente de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico intertropical (SOUZA et al., 2004; SOUZA et al., 2005 apud SOUZA; CUNHA, 2010). Este modo climático caracteriza-se pela manifestação simultânea de anomalias de TSM configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre as bacias norte e sul do Atlântico tropical. Este padrão térmico inverso gera, conseqüentemente, o aparecimento de um gradiente térmico meridional e inter-hemisférico na região intertropical. Assim sendo, este mecanismo apresenta duas fases opostas: o Dipolo positivo e o Dipolo negativo. A fase do Dipolo positivo caracteriza-se pela presença simultânea de anomalias positivas/negativas de TSM configurando-se sobre a bacia norte/sul do oceano Atlântico tropical. A fase do Dipolo negativo apresenta a configuração essencialmente oposta. Vários trabalhos observacionais evidenciaram que a fase do Dipolo interfere diretamente na migração norte-sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é o principal sistema meteorológico indutor de chuva na Amazônia oriental, especialmente no Amapá e no Pará, quando da sua posição climatológica mais austral (SOUZA et al., 2000 apud SOUZA; CUNHA, 2010).

Os dados de precipitação coletados para esta caracterização, são de estações convencionais pluviométricas com série histórica a partir de 20 anos de dados, dentro do período 1977 a 2006, o que permite um conhecimento minimamente representativo da variabilidade natural de chuva no estado (Tabela 3.1) e Figuras 3.5 a 3.16. As demais estações pluviométricas operadas pela rede ANA/CPRM que não constam nesta tabela têm entre 8 e 18 anos de dados, a saber, Bailique (1999), Cupixi (1989), Lourenço (1989), Ponte Cassiporé, São Pedro, Tartarugal Grande e Vila do Maracá (1997).

**Tabela 3.1** - Estações usadas para caracterização espaço-temporal do regime pluviométrico no Estado do Amapá (CPRM/ANA).

Estação	Região hidrográfica	Bacia	Sub-bacia	Tamanho da série (anos)	UF	Município
SAO FRANCISCO	Região Hidrográfica Amazônica	1	19	30	AP	Laranjal do Jari
JARILANDIA	Região Hidrográfica Amazônica	1	19	26	AP	Vitória do Jari
PORTO ARIRI	Região Hidrográfica Amazônica	1	19	22	AP	Macapá
CARMO	Região Hidrográfica Amazônica	1	19	22	AP	Itaubal
SERRA DO NAVIO	Região Hidrográfica Amazônica	3	30	30	AP	Serra do Navio
APOREMA	Região Hidrográfica Amazônica	3	30	30	AP	Tartarugalzinho
ITAUBAL DO AMAPÁ	Região Hidrográfica Amazônica	3	30	22	AP	Tartarugalzinho
AMAPÁ	Região Hidrográfica Amazônica	3	30	29	AP	Amapá
CALCOENE	Região Hidrográfica Amazônica	3	30	30	AP	Calçoene
CUNANI	Região Hidrográfica Amazônica	3	30	22	AP	Calçoene
OIAPOQUE	Região Hidrográfica Amazônica	3	30	26	AP	Oiapoque

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

## REPRESENTAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL

### Representação Mensal

A variação da precipitação no tempo é expressa pelo hietograma (Figura 3.4) e observa-se que a distribuição ao longo dos meses é caracterizada pela ocorrência de máximos durante os meses do verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e outono (março, abril e maio), sendo que os mínimos ocorrem durante os meses de inverno (junho, julho e agosto) e primavera (setembro, outubro e novembro).

Observa-se que o início do período chuvoso se dá no mês de novembro, intensificando significativamente nos meses durante o verão e o outono, coincidindo com o ápice da atividade convectiva (formação de nuvens tropicais) na Amazônia Oriental. Destacam-se as estações Calçoene e Itaubal do Amapá, localizadas nos municípios

de Calçoene e Tartarugalzinho. Já nos meses de inverno e primavera, sobretudo setembro e outubro, as estações Carmo (Itaubal) e Porto Ariri (Macapá) são as que registram as menores precipitações pluviométricas no estado durante esses meses. Neste período, setembro-outubro-novembro, a banda de nebulosidade associada à ZCIT encontra-se em sua posição mais ao norte sobre o oceano Atlântico, em torno de 10° N, cuja posição é coincidente com a presença de TSM acima de 27° C e convergência dos ventos alísios. Na ausência de sistemas meteorológicos de grande escala, o Amapá está sujeito basicamente à ação única de forçantes termodinâmicas, que provocam apenas pancadas de chuva de curta duração e não proporcionam grandes volumes de precipitação (SOUZA; CUNHA, 2010). As alturas médias de máximas e mínimas variam entre 682,1 mm (maio) em Calçoene e 12,3 mm (setembro) no município de Itaubal (Tabela 3.2).

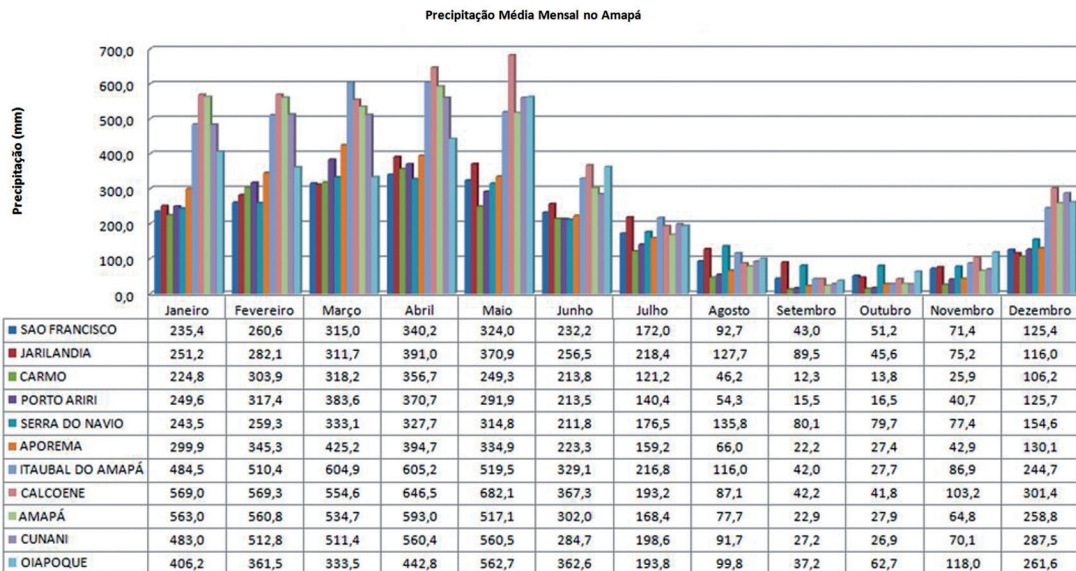


Figura 3.4 - Comportamento mensal de cada estação da rede CPRM/ANA no estado do Amapá. Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

Tabela 3.2 - Máximas e mínimas mensais no estado do Amapá.

Estação	Máximo	Mês	Mínimo	Mês
SAO FRANCISCO	340,2	ABRIL	43,0	SETEMBRO
JARILANDIA	391,0	ABRIL	45,6	OUTUBRO
CARMO	356,7	ABRIL	12,3	SETEMBRO
PORTO ARIRI	383,6	MARÇO	15,5	SETEMBRO
SERRA DO NAVIO	333,1	MARÇO	77,4	NOVEMBRO
APOREMA	425,2	MARÇO	22,2	SETEMBRO
ITAUBAL DO AMAPÁ	605,2	ABRIL	27,7	OUTUBRO
CALÇOENE	682,1	MAIO	41,8	OUTUBRO
AMAPÁ	593,0	ABRIL	22,9	SETEMBRO
CUNANI	560,5	MAIO	26,9	OUTUBRO
OIAPOQUE	562,7	MAIO	37,2	SETEMBRO

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.



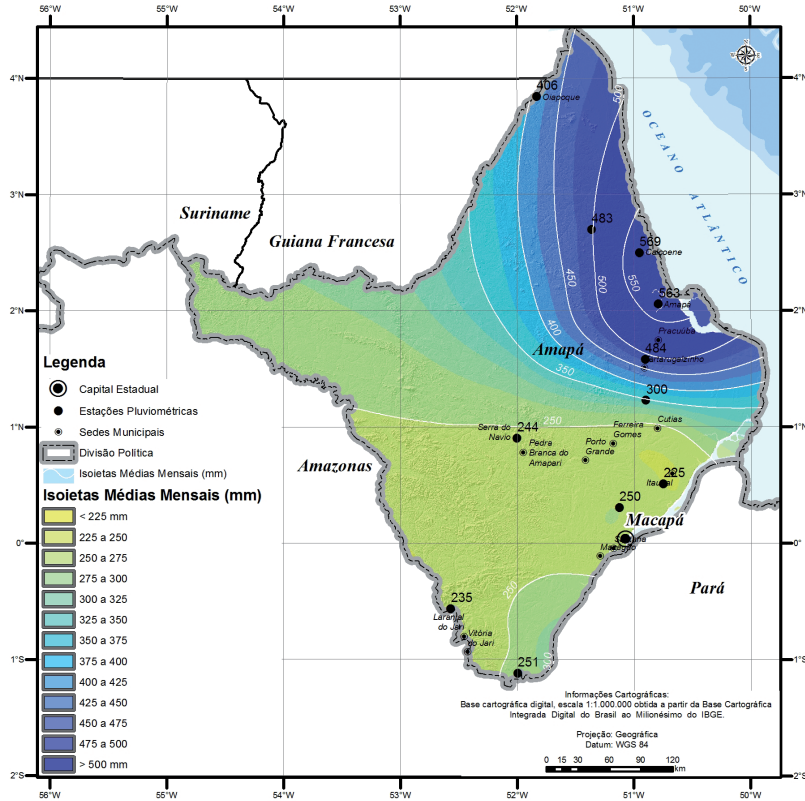


Figura 3.5 - Isoietas Médias Mensais de Janeiro no estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.

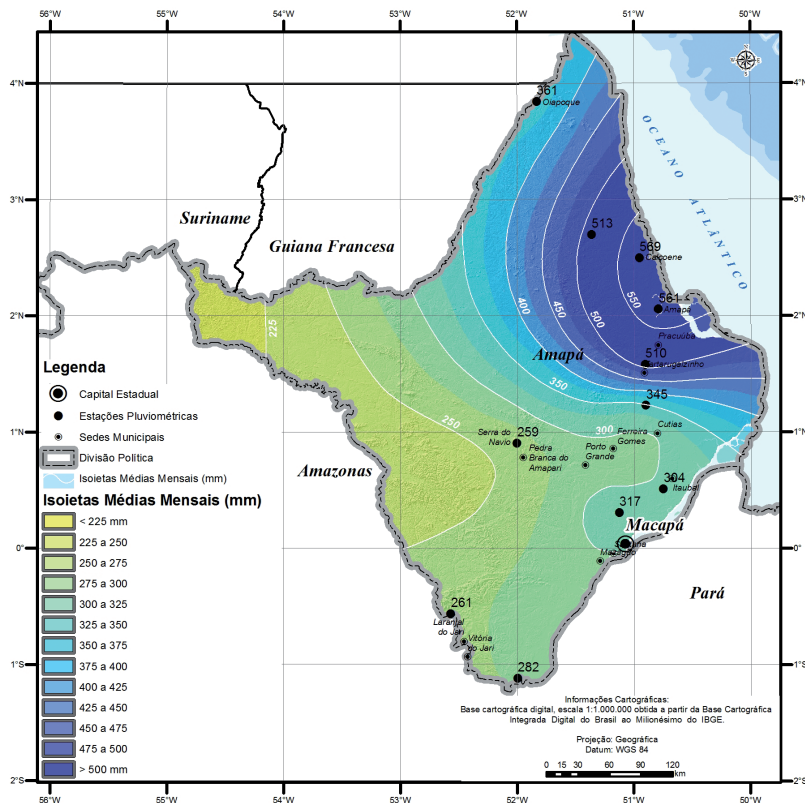


Figura 3.6 - Isoietas Médias Mensais de Fevereiro no estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.

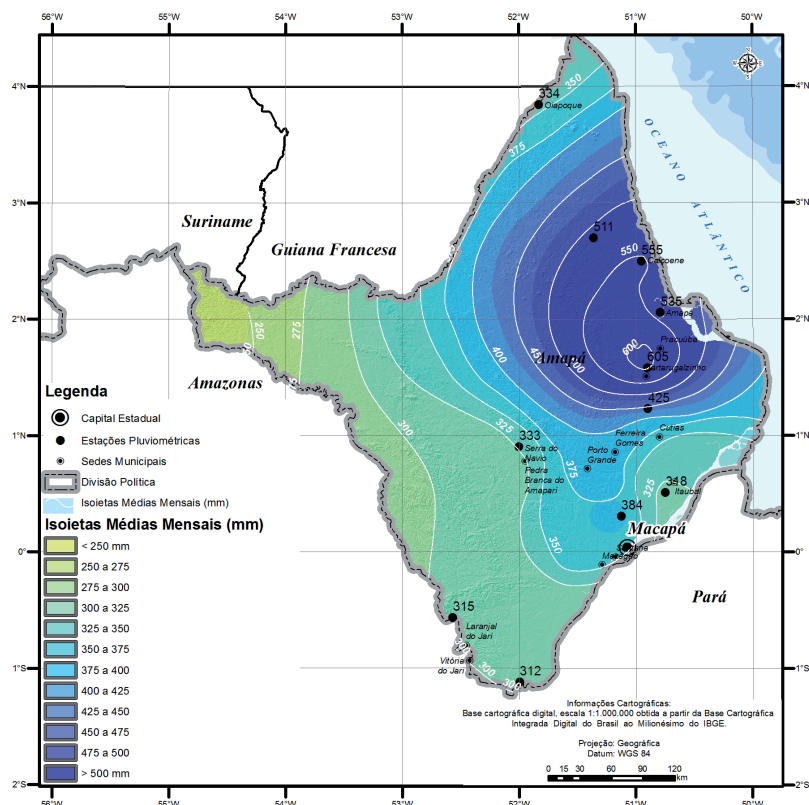


Figura 3.7 - Isoietas Médias Mensais de Março no estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.

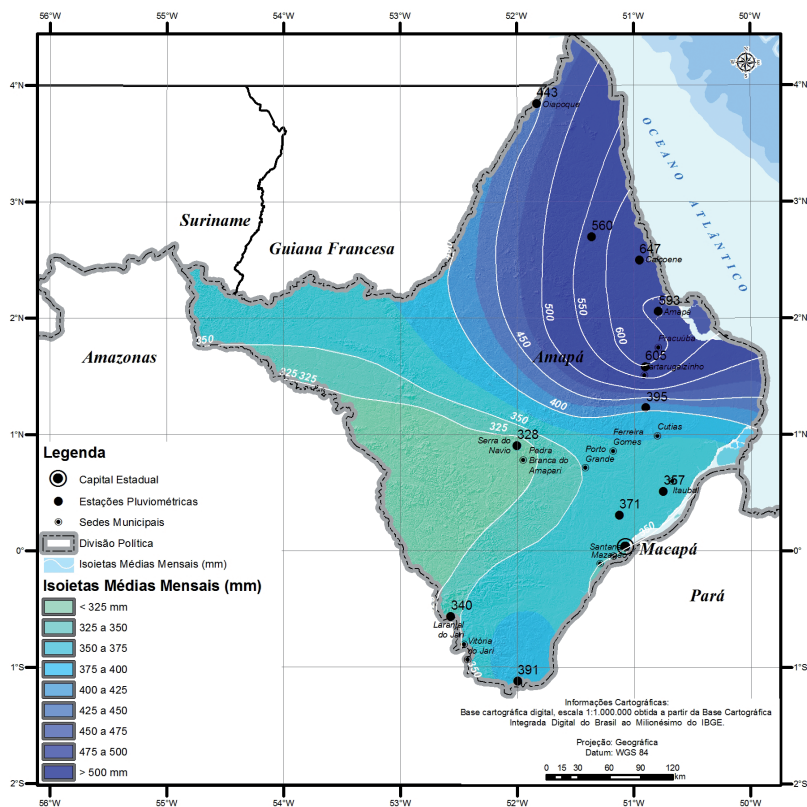


Figura 3.8 - Isoietas Médias Mensais de Abril no estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.

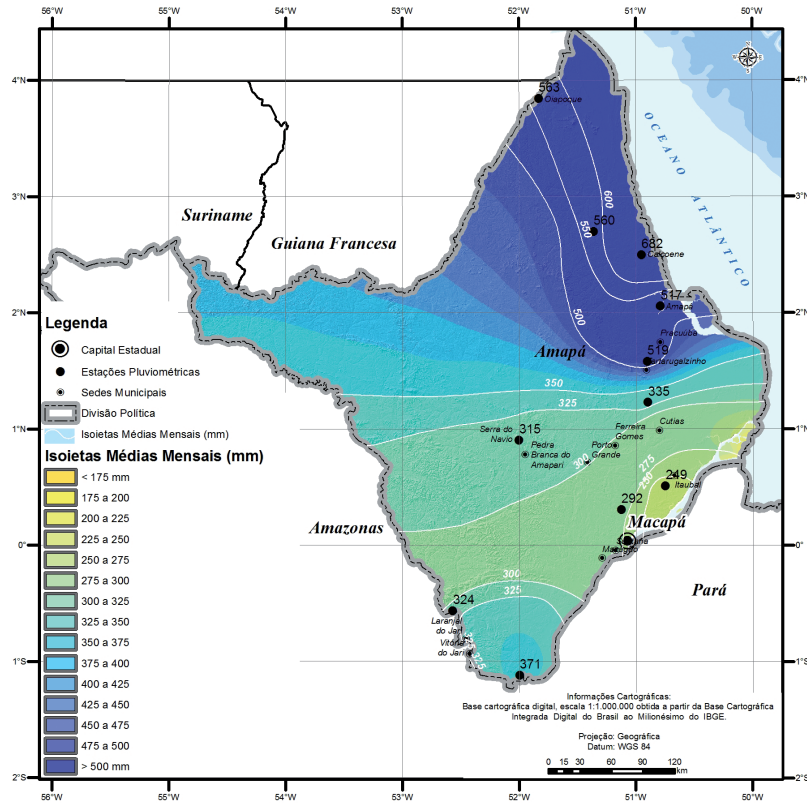


Figura 3.9 - Isoietas Médias Mensais de Maio no estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.

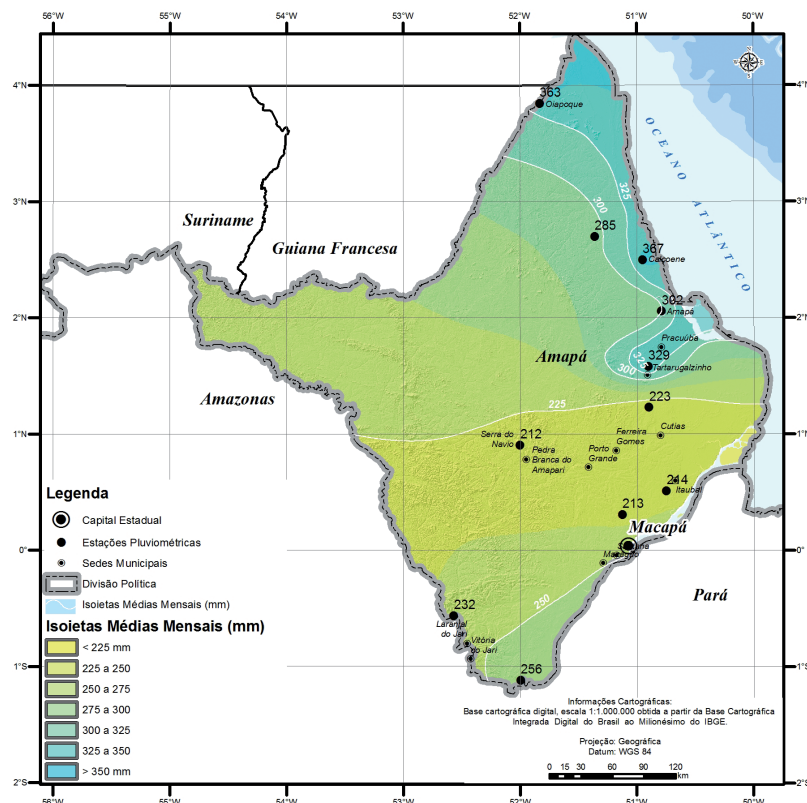


Figura 3.10 - Isoietas Médias Mensais de Junho no Estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.



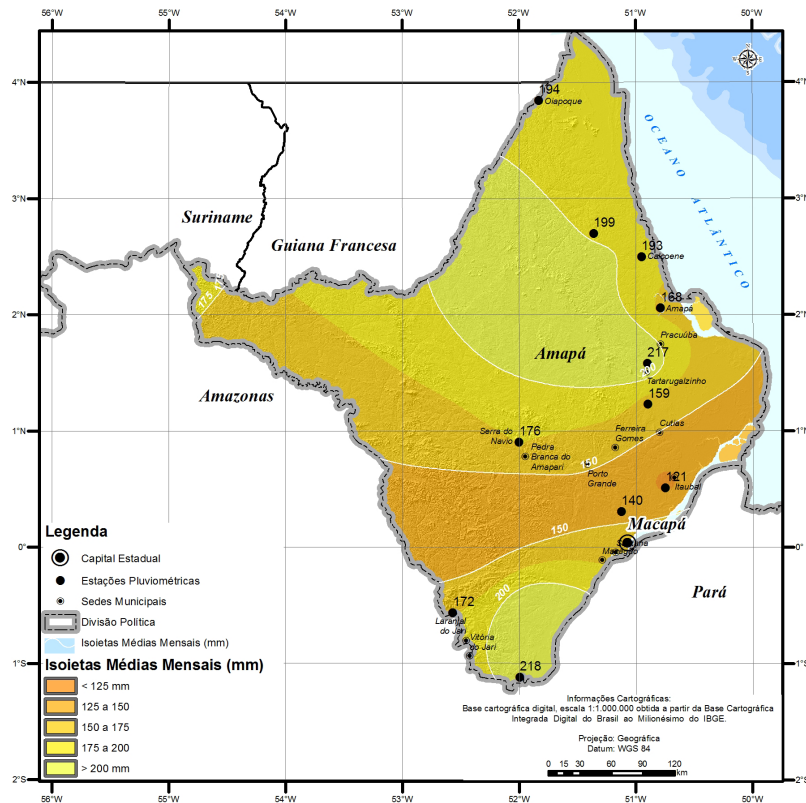


Figura 3.11 - Isoietas Médias Mensais de Julho do estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.

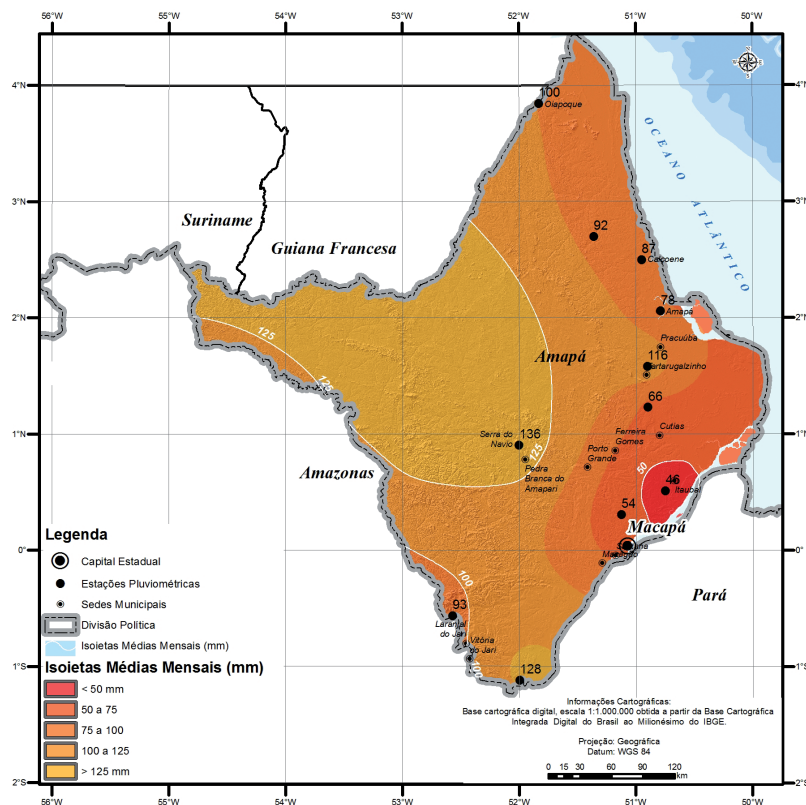


Figura 3.12 - Isoietas Médias Mensais de Agosto do estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.

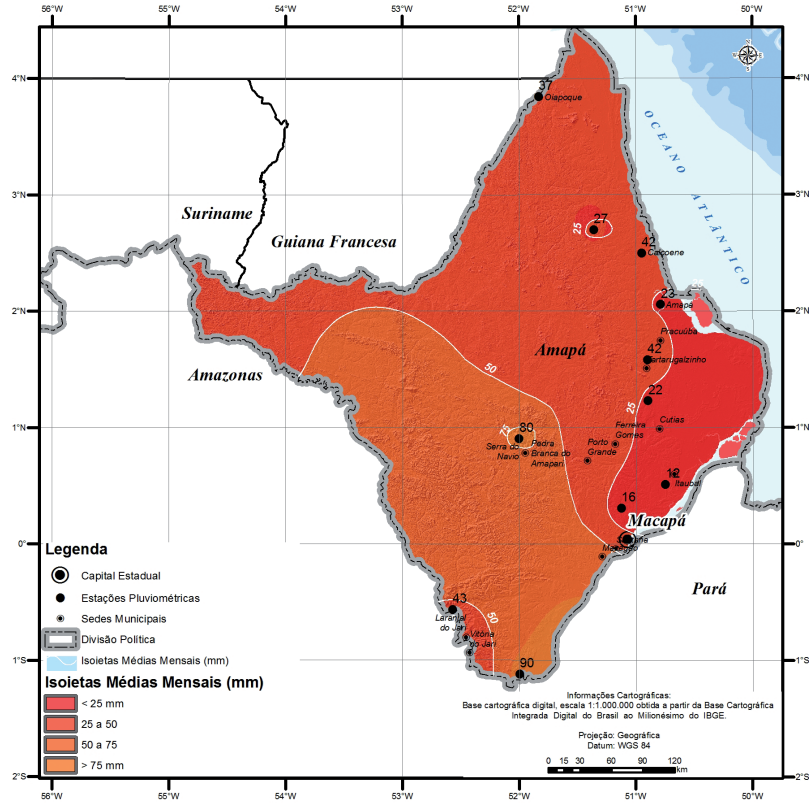


Figura 3.13 - Isoietas Médias Mensais de Setembro no estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.

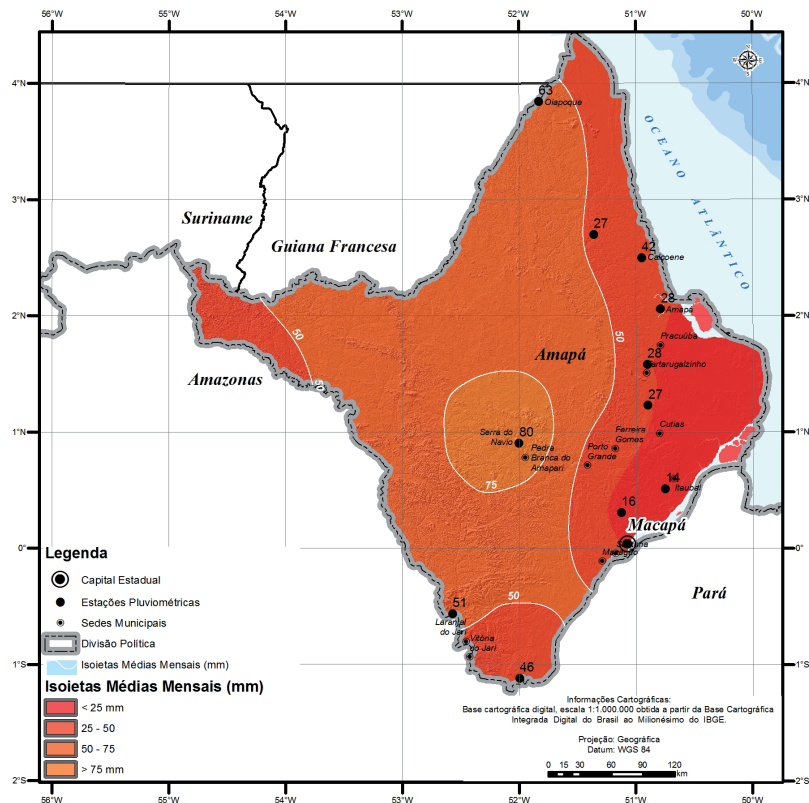


Figura 3.14 - Isoietas Médias Mensais de Outubro no estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.

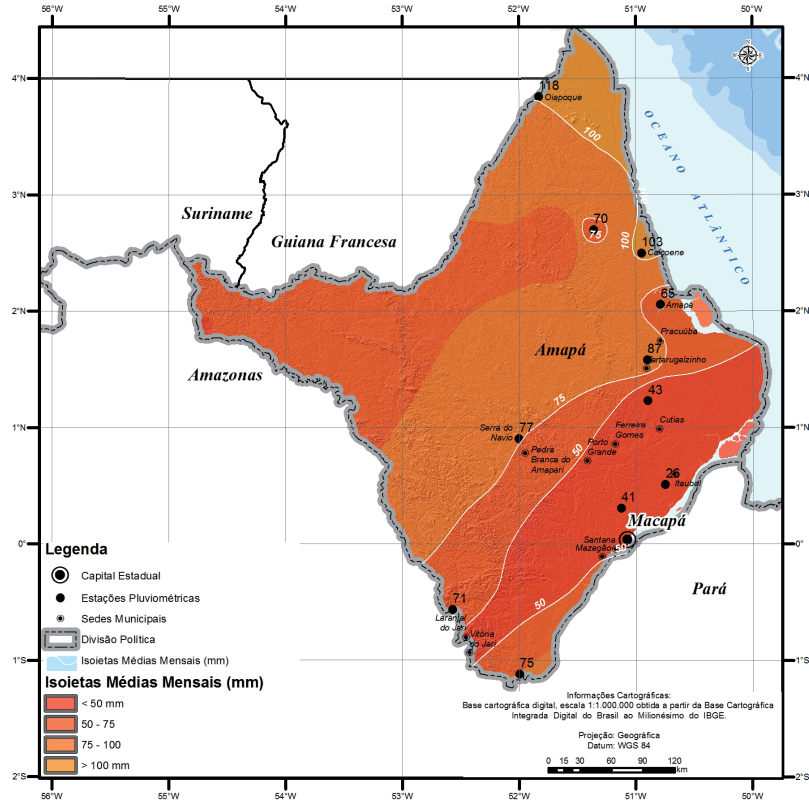


Figura 3.15 - Isoietas Médias Mensais de Novembro no estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.

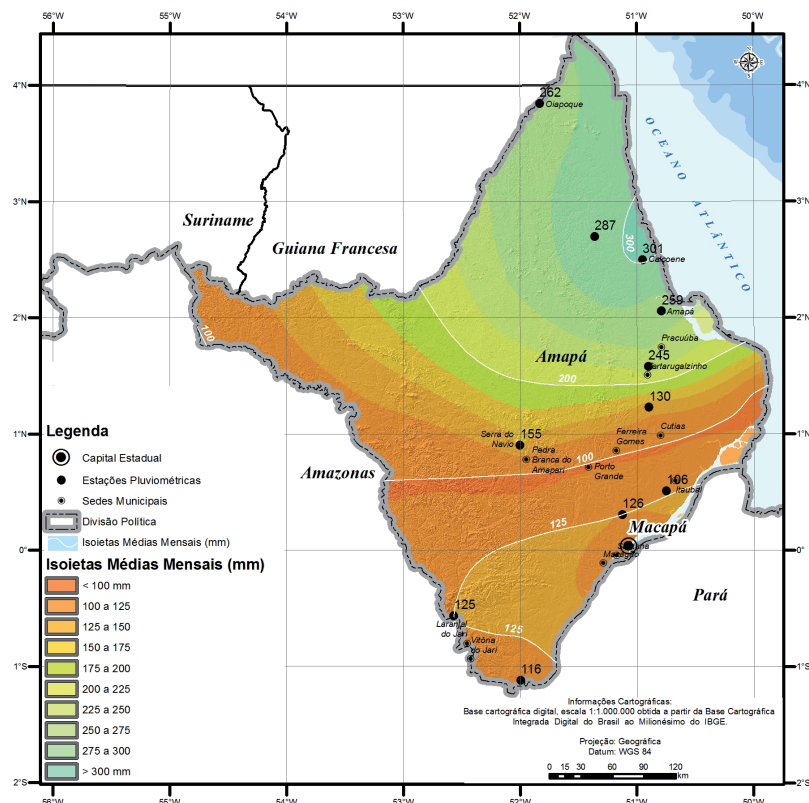


Figura 3.16 - Isoietas Médias Mensais de Dezembro no estado do Amapá (1977-2006). Fonte: PINTO et al., 2011.

## Representação Trimestral

Além da análise trimestral do ano civil (Figuras 3.17 a 3.20), o gráfico mostra ainda uma configuração das chuvas para as quatro estações do ano: primavera (SON), verão (DJF), outono (MAM) e inverno (JJA), a fim de representar a sazonalidade das chuvas e evidenciar seu comportamento anômalo ao longo no ano, conforme as figuras 3.22 a 3.25. A partir desta representação temporal destacam-se conforme também mostrado nas Figuras 3.17 a 3.20 como os meses mais chuvosos, março, abril e maio, em 6 das 11 estações analisadas no estado do Amapá, com destaque para a estação Calçoene, com uma altura pluviométrica média de 1.883,3 mm para o período. O outono (MAM) é sem dúvida o período mais chuvoso do ano no estado do Amapá (Tabela 3.3 e Figura 3.21).

Essa intensificação da precipitação deve-se à atuação direta da ZCIT atingindo sua posição climatológica mais

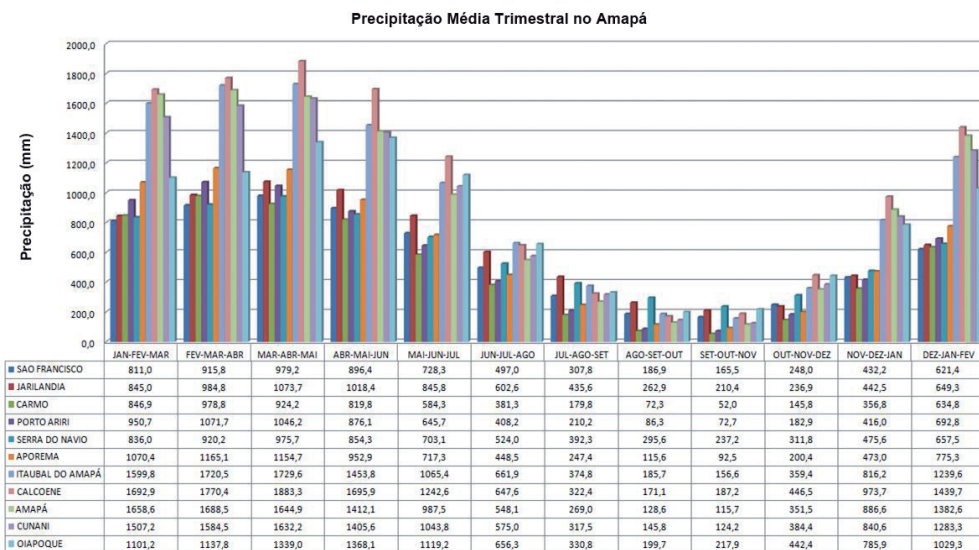
austral em março (NOBRE; SHUKLA, 1996; SOUZA; NOBRE, 1998 apud SOUZA; CUNHA, 2010), sendo, portanto, o principal sistema meteorológico indutor de chuva na Amazônia oriental durante o pico da estação chuvosa (SOUZA; ROCHA, 2006 apud SOUZA; CUNHA, 2010). Na sequência, os meses do inverno (JJA) caracterizam-se pela diminuição abrupta do volume de chuva no estado. Porém as chuvas de inverno ainda são maiores quando comparadas com as chuvas da primavera (Figura 3.21), quando os meses de setembro a novembro caracterizam o trimestre mais seco em 7 estações. O valor mínimo para o período foi de 52,0 mm na estação Carmo (Itaubal/AP).

Essa diminuição nos volumes pluviométricos associa-se à migração sazonal da ZCIT de volta ao Atlântico norte, seguindo o movimento aparente do sol em direção ao hemisfério Norte, a qual se posiciona em torno de 10° N sobre as regiões contendo convergência dos alísios em superfície e TSM mais quentes.

**Tabela 3.3** - Máximas e mínimas trimestrais no estado do Amapá (1977-2006).

Estação	Máximo	Trimestre	Mínimo	Trimestre
SAO FRANCISCO	979,2	MARÇO-ABRIL-MAIO	165,5	SETEMBRO-OUTUBRO-NOVEMBRO
JARILANDIA	1073,7	MARÇO-ABRIL-MAIO	210,4	SETEMBRO-OUTUBRO-NOVEMBRO
CARMO	978,8	FEVEREIRO-MARÇO-ABRIL	52,0	SETEMBRO-OUTUBRO-NOVEMBRO
PORTO ARIRI	1071,7	FEVEREIRO-MARÇO-ABRIL	72,7	SETEMBRO-OUTUBRO-NOVEMBRO
SERRA DO NAVIO	975,7	MARÇO-ABRIL-MAIO	237,2	SETEMBRO-OUTUBRO-NOVEMBRO
APOREMA	1165,1	FEVEREIRO-MARÇO-ABRIL	92,5	SETEMBRO-OUTUBRO-NOVEMBRO
ITAUBAL DO AMAPÁ	1729,6	MARÇO-ABRIL-MAIO	156,6	SETEMBRO-OUTUBRO-NOVEMBRO
CALCOENE	1883,3	MARÇO-ABRIL-MAIO	171,1	AGOSTO-SETEMBRO-OUTUBRO
AMAPÁ	1688,5	FEVEREIRO-MARÇO-ABRIL	115,7	SETEMBRO-OUTUBRO-NOVEMBRO
CUNANI	1632,2	MARÇO-ABRIL-MAIO	124,2	SETEMBRO-OUTUBRO-NOVEMBRO
OIAPOQUE	1368,1	ABRIL-MAIO-JUNHO	199,7	AGOSTO-SETEMBRO-OUTUBRO

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.



**Figura 3.21** - Comportamento trimestral de cada estação da rede CPRM/ANA no estado do Amapá. Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.



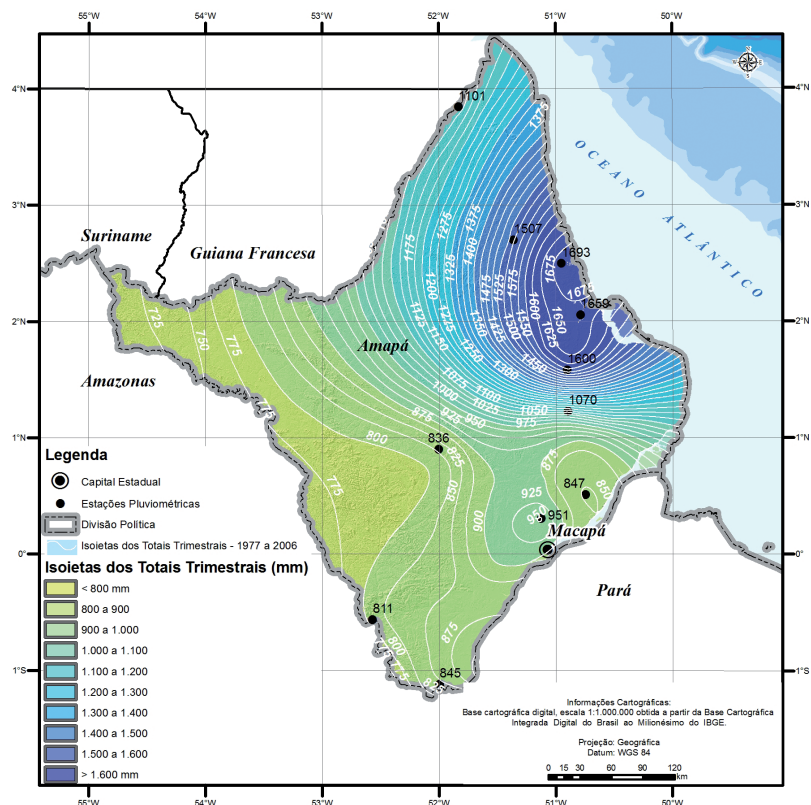


Figura 3.17 - Isoietas Trimestrais do ano civil (JAN-FEV-MAR) no estado do Amapá Fonte: PINTO et al., 2011.

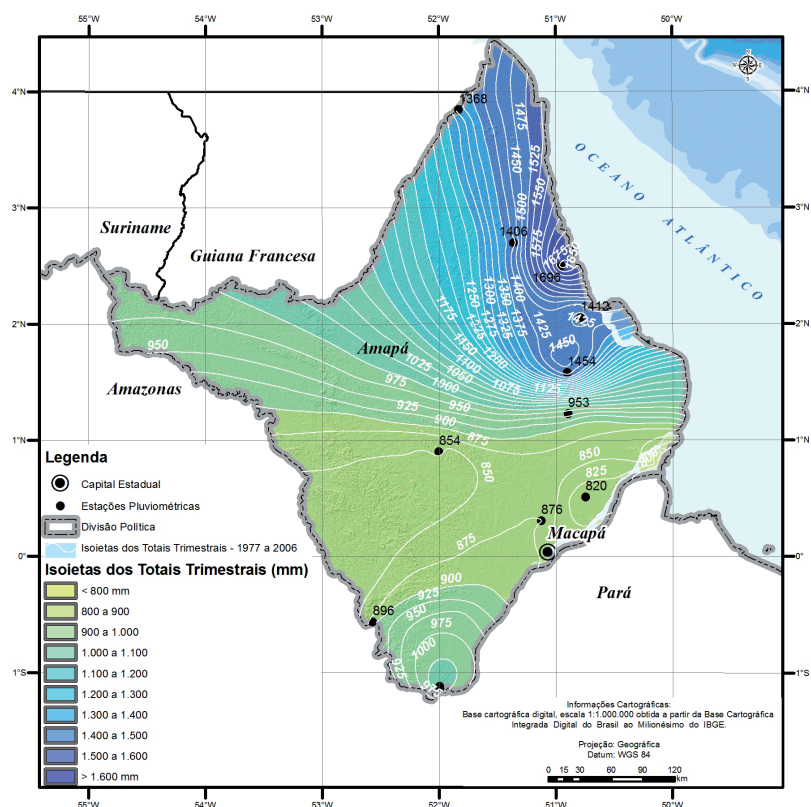


Figura 3.18 - Isoietas Trimestrais do ano civil (ABR-MAI-JUN) no estado do Amapá Fonte: PINTO et al., 2011.

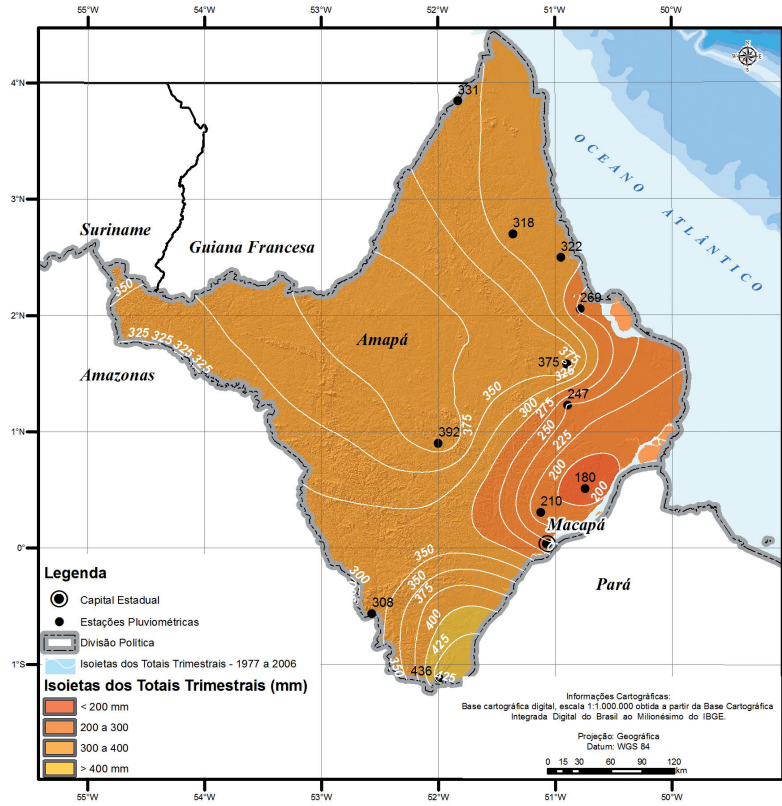


Figura 3.19 - Isoietas Trimestrais do ano civil (JUL-AGO-SET) no estado do Amapá Fonte: PINTO et al., 2011.

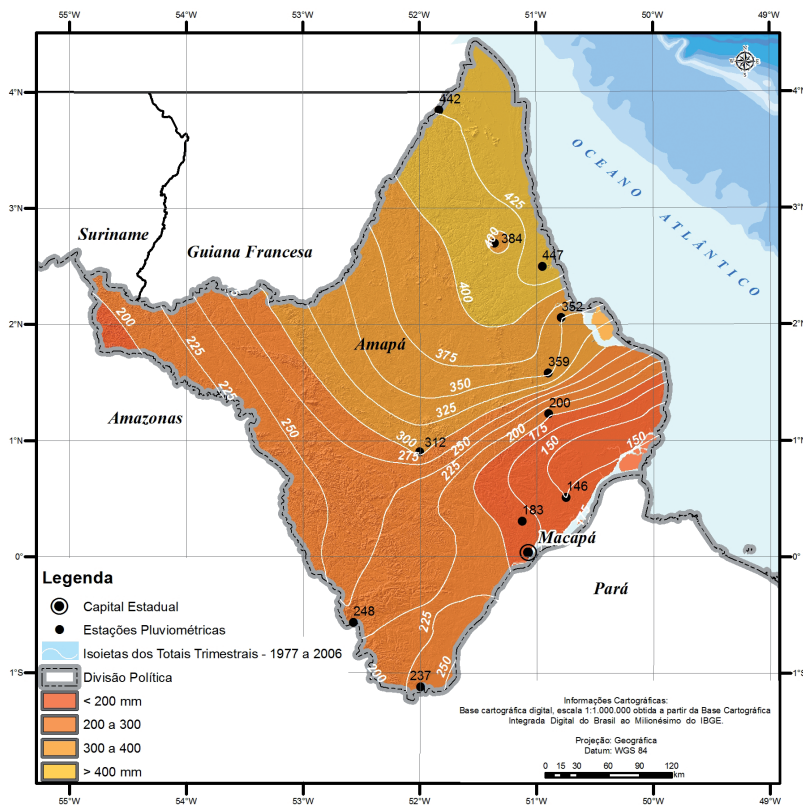


Figura 3.20 - Isoietas Trimestrais do ano civil (OUT-NOV-DEZ) no estado do Amapá Fonte: PINTO et al., 2011.

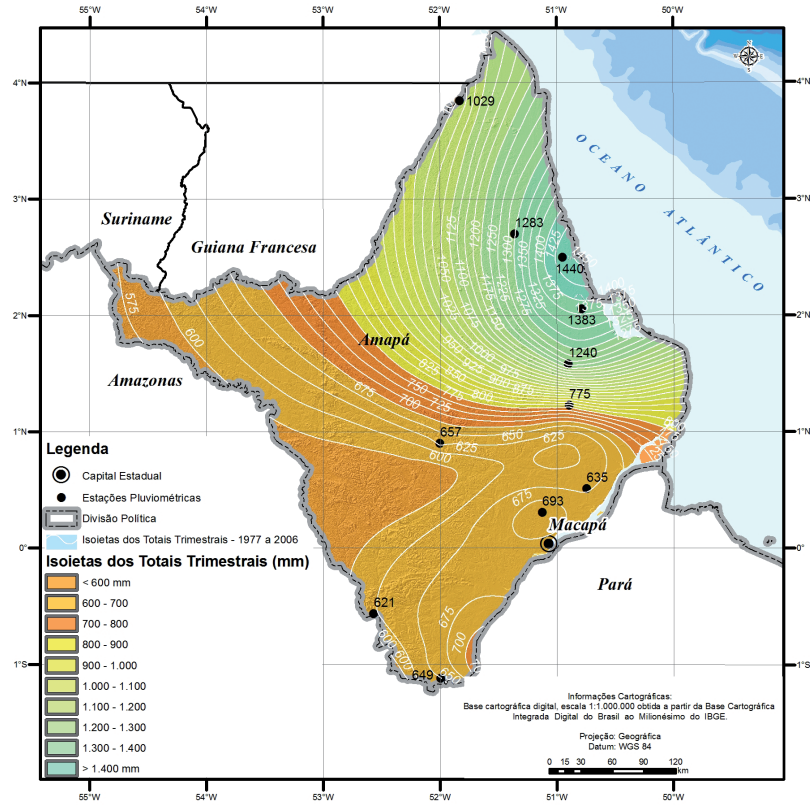


Figura 3.22 - Isoietas Trimestrais Sazonais-Verão (DEZ-JAN-FEV) no estado do Amapá. Fonte: PINTO et al., 2011.

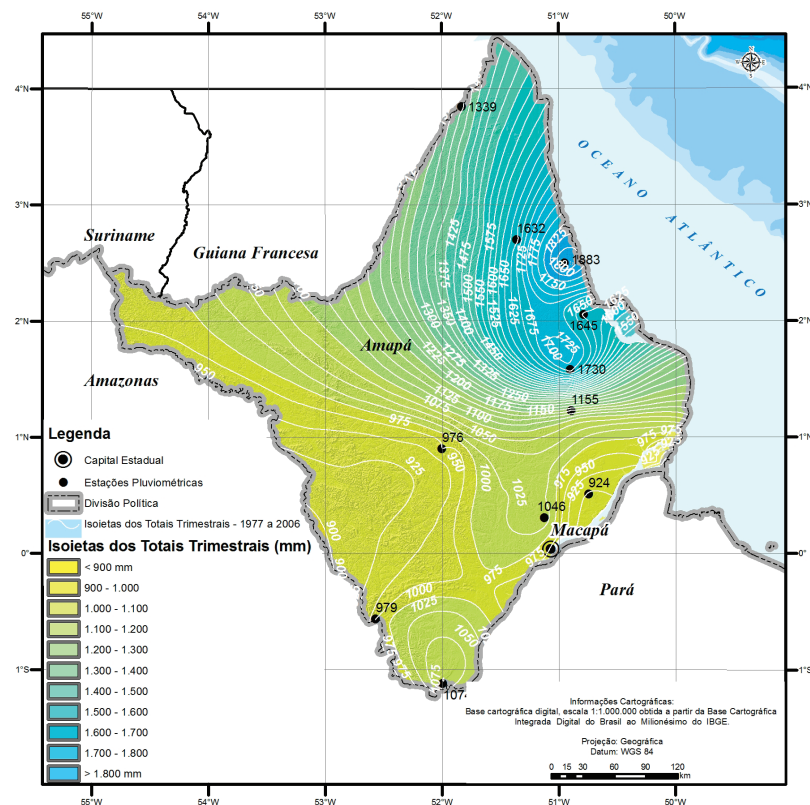


Figura 3.23 - Isoietas Trimestrais Sazonais-Outono (MAR-ABR-MAI) no estado do Amapá. Fonte: PINTO et al., 2011.



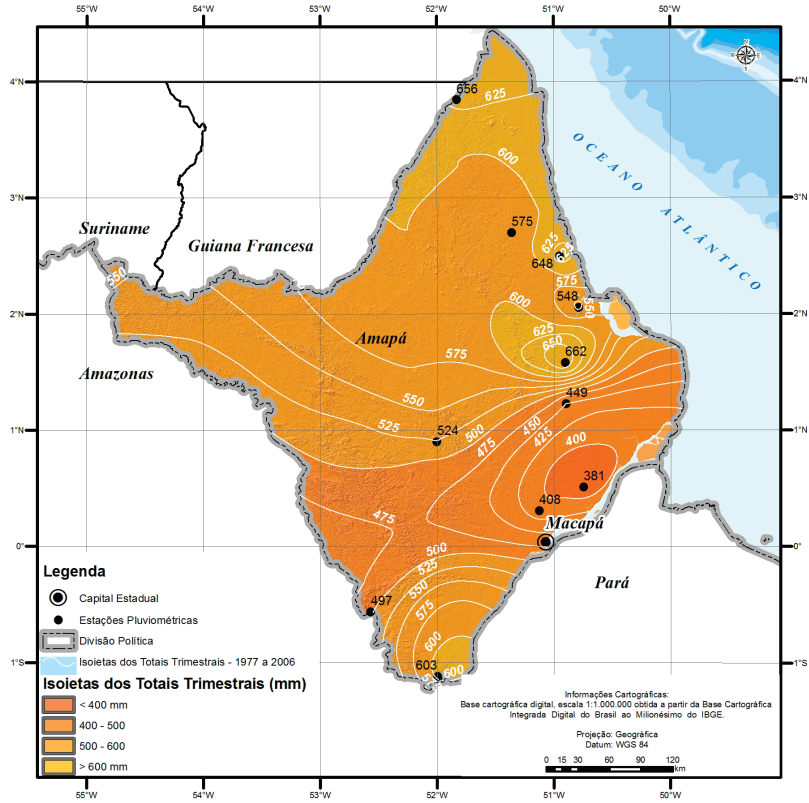


Figura 3.24 - Isoietas Trimestrais Sazonais-Inverno (JUN-JUL-AGO) no estado do Amapá. Fonte: PINTO et al., 2011.

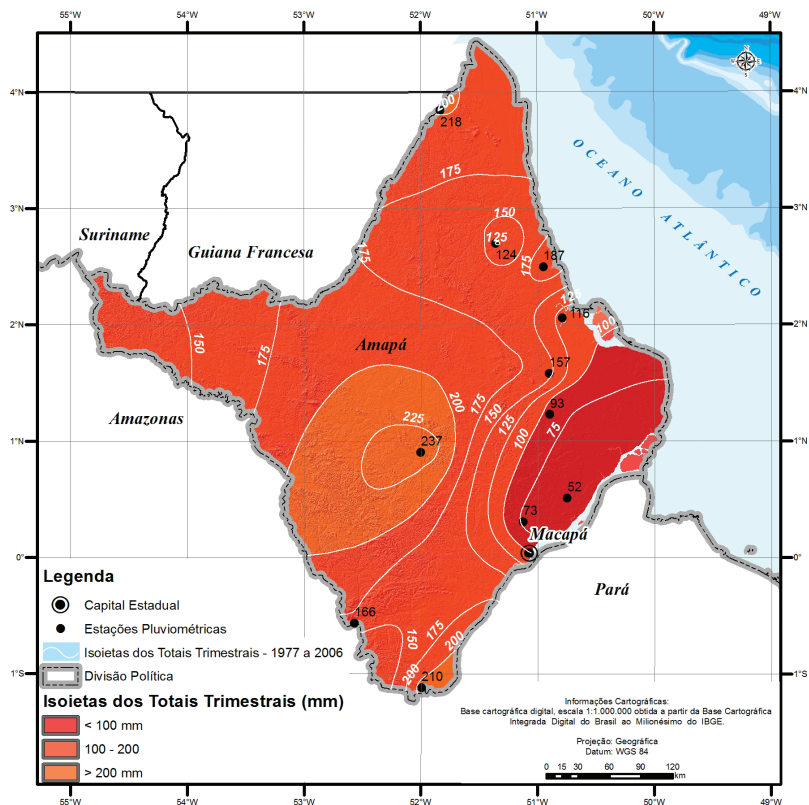


Figura 3.25 - Isoietas Trimestrais Sazonais-Primavera (SET-OUT-NOV) no estado do Amapá. Fonte: PINTO et al., 2011.

## Representação Anual

Após caracterizar a sazonalidade a análise da PMA – Precipitação Média Anual – caracteriza a série de longo período de chuvas no Amapá e demonstra, confirmando as demais análises temporais, que o estado é a região de maior pluviosidade do Brasil (Figura 3.26), e Calçoene, o município mais chuvoso do país. A estação, de mesmo nome, continua com o maior registro de chuva, com uma precipitação média anual de 4.157,8 mm (Figura 3.27).

Nos municípios de Tartarugalzinho (Itaubal do Amapá) e Amapá (Amapá) as estações com precipitação média anual de 3.787,8 mm e 3.691,2 mm seriam, respectivamente, os locais mais chuvosos do estado após Calçoene de acordo com a Figura 3.26.

Além da grande concentração de umidade no litoral amapaense, conforme pode ser visto na representação temporal e nos mapas da representação espacial, há uma relação entre a latitude e a precipitação, em que as estações mais ao norte foram as que obtiveram maior média pluviométrica anual, a saber, Itaubal do Amapá, Calçoene, Amapá, Cunani e Oiapoque.

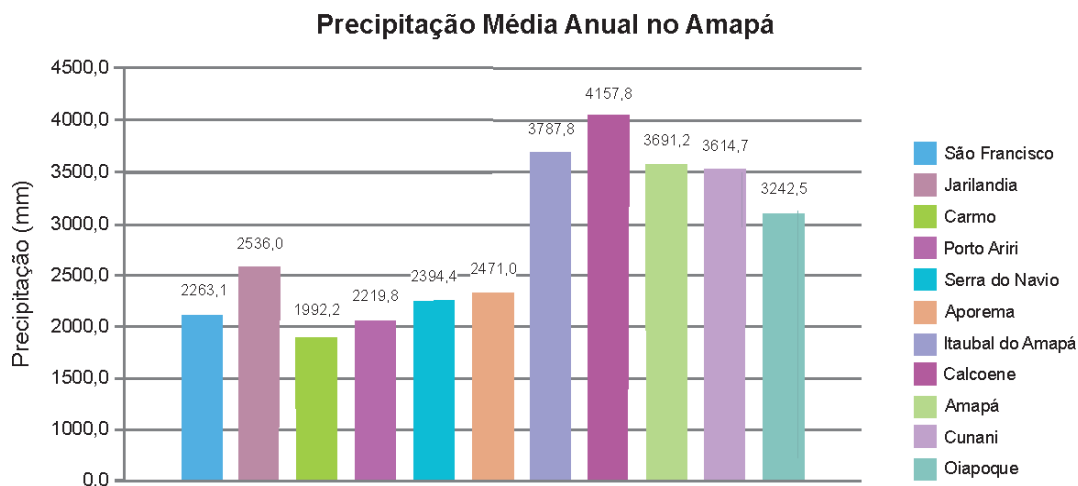
Portanto o Amapá apresenta caracteristicamente uma grande região contendo máximos de precipitação anual situada na Mesorregião Norte do Amapá (Microrregiões Amapá e Oiapoque). Nestas regiões, que abrangem os municípios de Amapá, Pracuuba, Tartarugalzinho, Calçoene e Oiapoque, a média da precipitação anual fica em torno de 3.699 mm (Média da Mesorregião Norte) (Figura 3.28). Segundo Souza e Cunha (2010) a região de confluência dos ventos próxima à superfície ocorre numa faixa zonal em torno da linha do Equador. Coincidente com esta posição de vento convergindo em superfície verifica-se uma região contendo águas oceânicas com TSM superiores ao valor de 27°C. Essas condições favorecem a formação de nuvens convectivas sobre o oceano Atlântico equatorial, as quais podem se propagar em direção à Amazônia pelo escoamento de leste, ou seja, os ventos alísios. A posição da ZCIT ocorre

sobre o Atlântico numa faixa zonal em torno de 5°N e essa posição climatológica da ZCIT explica os máximos de chuva anual na porção norte do Amapá (Figuras 3.26 e 3.28). Comparativamente, nas áreas situadas na Mesorregião Sul do Amapá (Microrregiões Macapá e Mazagão) (Figura 3.29), e um pouco além até a estação de Aporema, no município de Tartarugalzinho, verificam-se mínimos de chuva anual, com uma média das estações localizadas nesta Mesorregião de 2.313 mm (Média da Mesorregião Sul) (Figuras 3.26 e 3.29).

## Considerações Finais e Sugestões

O Amapá, rico pelos aspectos faunísticos e florísticos, é também um estado caracterizado por um regime climático muito específico, tanto pela sua posição geográfica quanto pela composição de relevo, proximidade do rio Amazonas e do oceano Atlântico. Além disso, o estado ainda compreende o município mais chuvoso do Brasil: Calçoene. Portanto a necessidade de investimentos em pesquisa científica multidisciplinar, integrando áreas como hidrologia, geografia, meteorologia e agronomia, faz-se cada vez mais imprescindível.

Sugere-se intensificar o monitoramento com novas instalações de estações telemétricas na região, sobretudo em áreas sujeitas à incidência de chuvas orográficas e a partir de um banco de dados pluviométrico mais abrangente, desenvolver, dentre outros, um estudo sobre processos de intensificação orográfica da precipitação a fim de avaliar a influência das barreiras topográficas sobre a distribuição espacial da precipitação no Amapá (estudo sobre chuvas orográficas). Outro estudo indispensável é o estudo sobre chuvas intensas para avaliação da variação conjunta da intensidade, da duração e da frequência (tempo de retorno) de eventos chuvosos intensos, de duração igual ou inferior a 24 horas, geralmente relacionados a precipitações convectivas de grande intensidade. Este estudo é de extrema importância para fomentar outros relacionados a eventos extremos e obras hidráulicas, garantindo segurança pública e otimização do uso de recursos financeiros.



**Figura.3.26** - Comportamento anual de cada estação da rede CPRM/ANA no estado do Amapá. Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

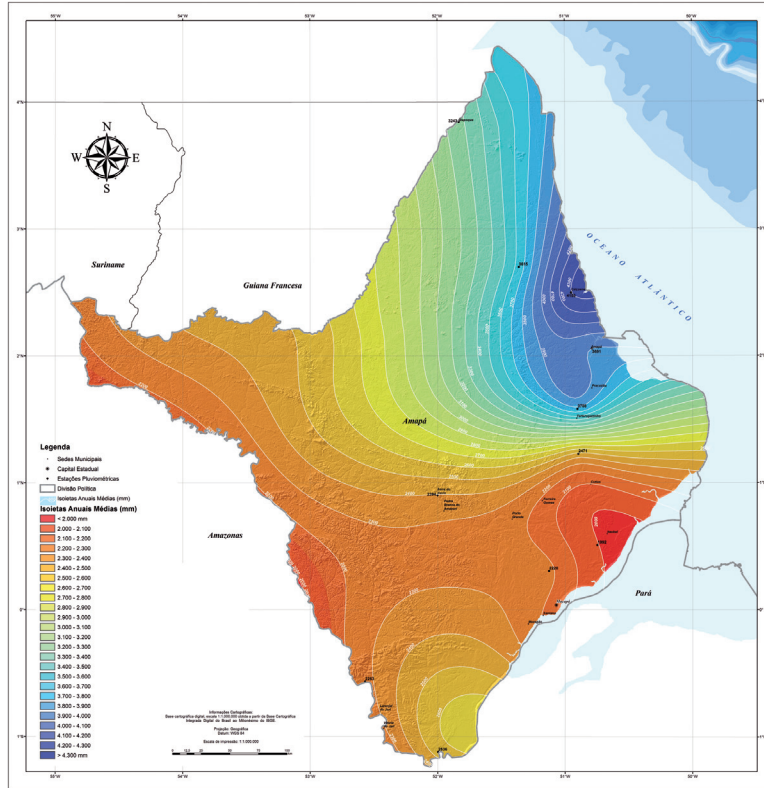


Figura 3.27 - Distribuição das Precipitações Médias Anuais no estado do Amapá. Fonte: PINTO et al., 2011.

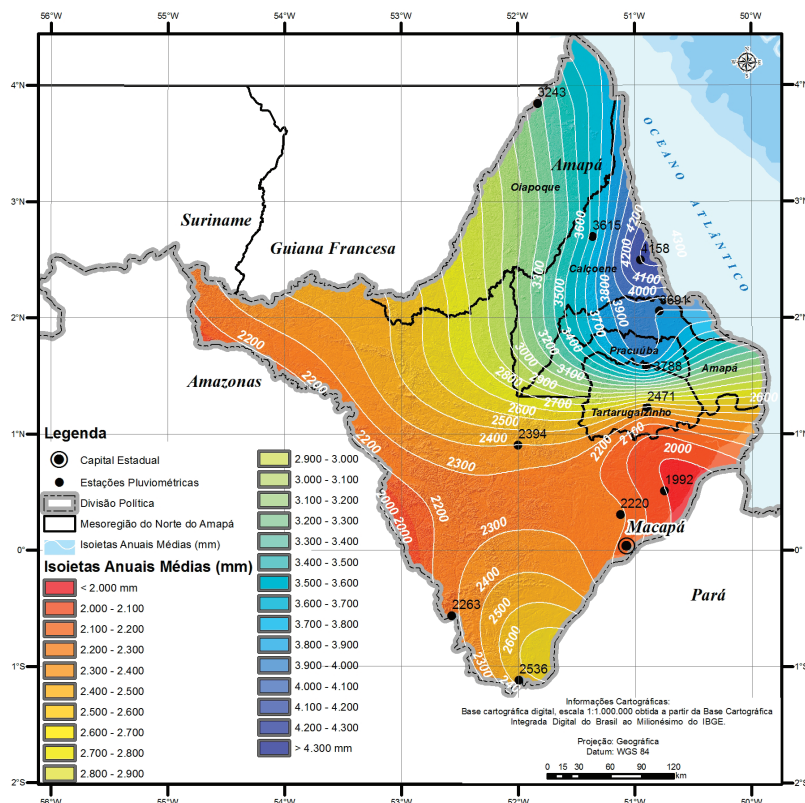


Figura 3.28 - Distribuição das Precipitações Médias Anuais no Norte do Amapá. Fonte: PINTO et al., 2011.

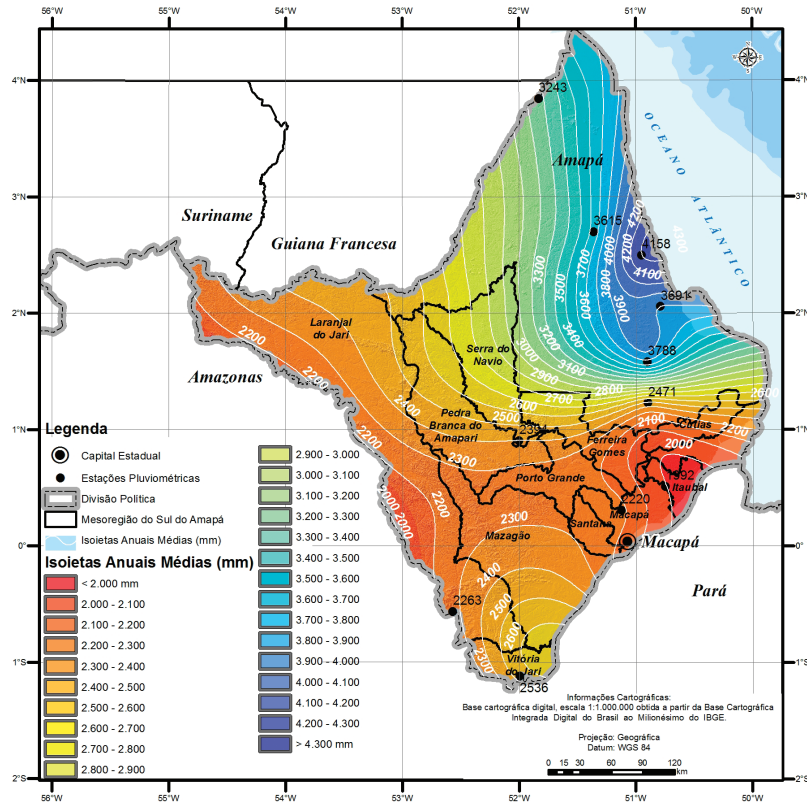


Figura 3.29 - Distribuição das Precipitações Médias Anuais no Sul do Amapá. Fonte: PINTO et al., 2011.

**REFERÊNCIAS**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com\_content&view=article&id=14>. Acesso em: dez. 2011. Publicado no DOU em 17 de dezembro de 2003.

IBGE. **Censo brasileiro 2010**. Disponível em: http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados\_divulgados/index.php?uf=16. Acesso em: dez. 2011.

KOBIYAMA, Masato et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109 p.

ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE. **Guide des pratiques hydrologiques: acquisition et traitement des données, analyses, prévision et autres applications**. 5. ed. [Genève], 1994. (OMM-Nº 168).

PINTO, E. J. A. et al. (Coord.). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2011. 1 DVD. Escala 1:5.000.000. Sistema de

Informação Geográfica-SIG - versão 2.0 – atualizada em novembro/2011. Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade.

SOUZA, E. B.; CUNHA, A. C. Climatologia de precipitação no Amapá e mecanismos climáticos de grande escala. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. (Org.). **Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do projeto REMETAP no estado do Amapá**. Macapá: IEPA, 2010. p. 177-195.

TUCCI, C. E. M. et al. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 1993.

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

GUIMARÃES, D. P. Identificação do local mais chuvoso do Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, Macaé, RJ, v. 31, n. 2-3, ago.-dez., 2007. A meteorologia se organiza na Amazônia.

IBGE. **Resolução Nº 05**, de 10 de outubro de 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\_terr\_t\_area.shtm>. Acesso em: jan. 2012. Área territorial oficial.

MORAIS, Paulo Dias. **O Amapá em perspectiva: geografia do Amapá**. Macapá: JM, 2009. 80 p.

# 4

## RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS – FLUVIOMETRIA

Víctor Hugo da Motta Paca (*victor.paca@cprm.gov.br*)

David Franco Lopes (*david.lopes@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	47
Medição de cheias nas estações do Amapá nos meses de abril e maio de 2011 .....	48
Série histórica de cotas, vazão, curva-chave, perfil transversal e levantamento de campo .....	50
Levantamento aéreo do oeste do estado do Amapá, nas pistas do Carecuru e Molocopote em novembro de 2010 .....	53
Observações finais .....	53
Referências .....	53





## INTRODUÇÃO

O estado do Amapá, no extremo norte do Brasil, tem duas bacias hidrográficas principais: as sub-bacias 19 e 30, conforme Resolução nº32/2003 do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos. A sub-bacia 30, exclusiva do estado, tem como curso d'água predominante o rio Araguari. A sub-bacia 19 tem o rio Jari como rio principal e é compartilhada com o estado do Pará (Figura 4.1).

Os rios principais da sub-bacia 19 no estado amapaense são o Jari, Iratapuru, Cajari, Vila Nova e Matapi. E os da sub-bacia 30 são o Araguari, Amapari, Caciporé, Cunani, Flexal, Calçoene e Oiapoque, na divisa com a Guiana Francesa (Figura 4.2).

A capital do estado, Macapá, é banhada pelo rio Amazonas em seu curso final, próximo a sua foz, tendo forte influência dos efeitos das marés oceânicas. Inclusive ocorrendo inversão de fluxo de descarga incidindo vazões negativas (PACA, 2013).

São três os roteiros que cobrem o estado pela Superintendência Regional de Belém; 01, 09 e 12. Atualmente, todos os roteiros são feitos de carro, utilizando as duas rodovias principais do estado do Amapá, a BR-210, ou Perimetral Norte que é trafegável até a área indígena dos Waiãpis, após a serra do Navio; e a BR-156, que vai até o município de Oiapoque, com ligação por ponte até São Jorge na Guiana Francesa.

Os roteiros são:

- Roteiro 01: estações de Estirão do Cricou (rio Oiapoque); Ponte Cassiporé (rio Cassiporé); Cunani (rio Cunani); e Cooperativa 1º Braço (rio Varador).
- Roteiro 09: estações de Iratapuru (rio Iratapuru); Acampamento Bacuri (rio Vila Nova); Laranjal do Jari e São Francisco (rio Jari); Capivara e Porto Platon (rio Araguari); Pancada (rio Maracá); e Serra do Navio (rio Amapari).
- Roteiro 12: estações de Tartarugal Grande (rio Tartarugal); e Macapá (rio Amazonas).

As estações fluviométricas da Rede Hidrometeorológica Nacional, geridas pela Agência Nacional de Águas (ANA) e operadas pela CPRM, são mostradas na Figura 4.1 e identificadas nas tabelas 4.1 e 4.2, com suas respectivas vazões (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012).

As **vazões calculadas** apresentadas como as máximas e mínimas são obtidas a partir da relação "cota x descarga", conhecida também como curva-chave (Figura 4.7) (JACCON; CUDO, 1989). Já as **vazões observadas** são aquelas efetivamente

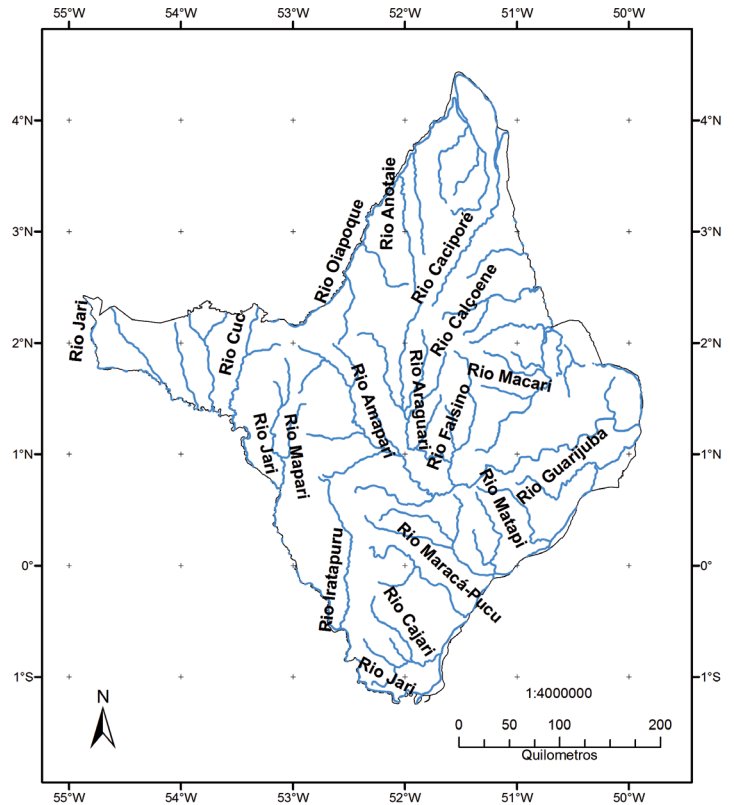


Figura 4.1 - Principais rios do Amapá. Fonte: SEMA/AP 2014.

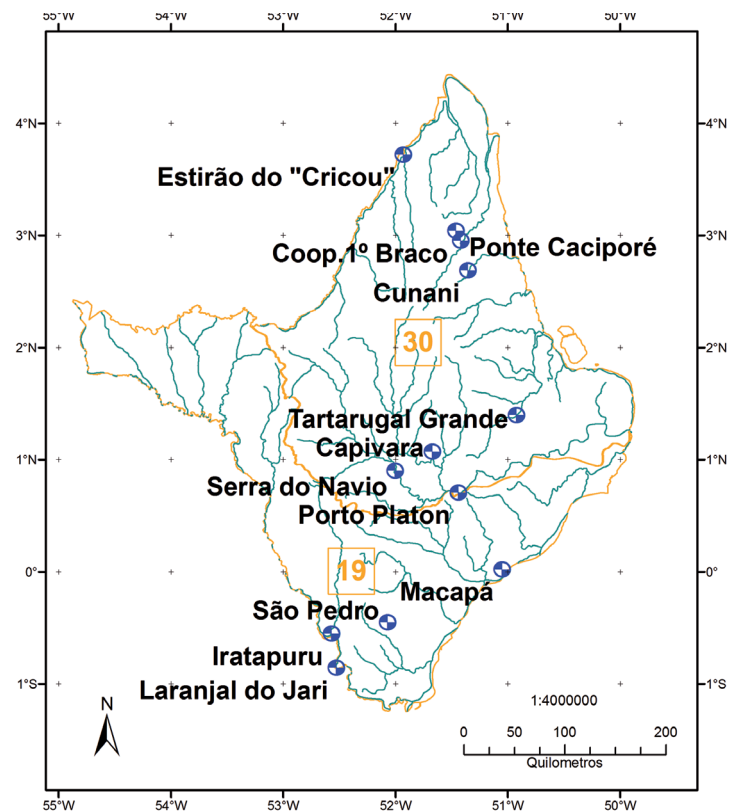


Figura 4.2 - Estações Hidrológicas da Rede Hidrometeorológica Nacional operadas pela CPRM e bacias hidrográficas do Amapá. Fonte: elaborado pelos autores, 2015.

**Tabela 4.1** - Estações da sub-bacia 19 e suas informações hidrológicas básicas.

Código	Estação – Nome	Vazão máxima calculada (m³/s)	Vazão máxima medida (m³/s)	Vazão média (m³/s)	Vazão mínima calculada (m³/s)	Vazão mínima medida (m³/s)
19100000	Iratapuru	757,0 (maio de 2000)	347,0 (junho de 1996)	71,6	1,98 (outubro de 1983)	2,75 (dezembro de 1983)
19150000	São Francisco	5.545,0 (maio de 2000)	3867,0 (maio de 2011)	1098	18,6 (dezembro de 1987)	52,0 (dezembro de 1980)
19200000	São Pedro	140,0 (maio de 2000)	71,2 (abril de 2010)	19,2	0,018 (janeiro de 2002)	0,0 (dezembro de 1998)
19300000	Pancada	223,0 (maio de 1989)	187,0 (maio de 1988)	47,4	2,19 (novembro de 1983)	4,4 (novembro de 1992)
19400000	Acampamento Bacuri	94,3 (fevereiro de 1995)	94,0 (julho de 1996)	33,9	4,2 (novembro de 1994)	7,08 (dezembro de 1992)
19500000	Macapá	Na estação de Macapá não há medições de vazão. São registradas as cotas do local em função da influência de maré oceânica.				

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012.

**Tabela 4.2** - Estações da sub-bacia 30 e suas informações hidrológicas básicas.

Código	Estação – Nome	Vazão máxima calculada (m³/s)	Vazão máxima medida (m³/s)	Vazão média (m³/s)	Vazão mínima calculada (m³/s)	Vazão mínima medida (m³/s)
30050000	Estirão do Cricou	3.110 (maio de 2004)	2.790 (março de 1995)	680,0	32,3 (dezembro de 2004)	25,1 (outubro de 1983)
30055000	Ponte Cassiporé	1.140 (abril de 2000)	6,62 novembro 1997)	179,0	2,02 (outubro de 2008)	763,0 (abril de 2000)
30058000	Cooperativa 1º Braço	438 (abril de 2000)	140,0 (abril de 2000)	31,6	0,50 (dezembro de 2009)	0,0 (dezembro de 2004)
30060000	Retiro Santa Izabel	941 (maio de 1988)	689,0 (maio de 1994)	213,0	12,8 (janeiro de 1985)	24,5 (outubro de 1987)
30070000	Cunani	152 (maio de 2000)	79,9 (maio de 2011)	17,8	0,029 (dezembro de 2009)	0,0 (novembro de 1997)
30075000	Tartarugal Grande	504 (abril de 2005)	300 (maio de 2011)	79,9	0,126 (dezembro de 1997)	0,0 (dezembro de 2004)
30080000	Capivara	1.680 (maio de 1995)	1.564 (abril de 2011)	307,0	1,18 (dezembro de 1983)	3,92 (outubro de 1983)
30300000	Serra do Navio	1.187 (abril de 2002)	1.220 (abril de 2011)	346,0	6,6 (dezembro de 2004)	35,3 (outubro de 1983)
30400000	Porto Platon	3.802 (abril de 1974)	4.015 (abril de 2011)	952,0	35,2 (dezembro de 1987)	57,4 (dezembro de 1998)

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012.

medidas nas visitas de campo. A **vazão média** foi baseada em todo o período da série histórica das estações.

### Medição de cheias nas estações do Amapá nos meses de abril e maio de 2011

No convênio de operação da rede hidrometeorológica estabelecido entre ANA e CPRM, em abril e maio de 2011, mediu-se as cheias dos rios do Amapá, onde existiam estações. Esta operação foi feita inicialmente em abril pelo

Engº Victor Hugo da Motta Paca, com a colaboração dos técnicos Edson Souza Costa e Manoel Raimundo Araújo de Souza. Em maio de 2011, foi feita a segunda parte da operação, que devido à cheia elevada não havia trafegabilidade rodoviária e os acessos ficaram restritos, mas ainda assim foram registradas as maiores vazões medidas e observadas nos respectivos rios operados ao longo da rodovia BR-156. As medições foram realizadas pelo mesmo engenheiro, com a colaboração dos técnicos Mario Lima de Andrade e Roberval Muniz Oliveira.

Os resultados foram obtidos com uso do equipamento ADCP (*Acoustic Doppler Current Profile*) - *WorkHorse* Rio Grande 600KHz, utilizado nas medições. Este aparelho mede de forma acústica, a partir do princípio do efeito Doppler, o deslocamento das partículas e sedimentos em suspensão na água e calcula o valor da velocidade da água. A partir do rastreamento de fundo do rio, o sistema determina a área da seção transversal (de margem a margem) (GAMARO, 2012). E usando a equação da continuidade, determina-se a vazão. A equação é definida por  $Q = S \cdot v$ , onde Q é a vazão, S é a área da seção transversal e v é a velocidade do rio.

Devido os riscos envolvidos nesta operação em que a vazão dos rios monitorados estava muito alta, o que impossibilitava de esticar o cabo nas margens, o uso do equipamento acústico foi de grande valia, pois não se perdeu as medições no ramo superior da curva-chave (níveis e vazões elevados).

Para aquisição dos dados foi usado o modo *default* dos comandos do *software* WinRiver 2.05, baseado na configuração inicial de cada estação. As medições alternaram-se basicamente entre os **Modos 1 e 12** (modo normal e modo para rios rasos e rápidos, respectivamente), que fundamentado nas condições dos locais de medição foram observados quais os mais adequados para cada situação como profundidade, turbulência, deslocamento e velocidade do fluxo da descarga líquida dos respectivos rios. Os referenciais de velocidade basearam-se no uso do *bottom tracking*.

Uma medição realizada na estação Capivara (rio Araguari) é apresentada na Figura 4.3, onde se visualiza no software WinRiver II os elementos medidos pelo ADCP.

A tela do programa de gerenciamento da medição é composta de diversas janelas selecionáveis. Na Figura anterior, foram escolhidos os campos *Velocity Contour*, que mostra o gráfico da variação de velocidade do rio de uma margem a outra; *Composite Tabular*, que demonstra os dados numéricos da medição realizada (vazão, largura, profundidade etc.); *Heading, Pitch & Roll Time Series*, com a variação da direção, arfagem e inclinação lateral durante a medição de vazão; *Intensity Profile*, a intensidade do retorno do eco de cada feixe do ADCP e; *Stick Ship*, o trajeto do M9 (vermelho) percorrido durante a medição e os vetores da velocidade (azul).

Os resumos das medições são apresentados nas Tabela 4.3 e 4.4.

As medições com ADCP nestas estações vieram a confirmar a extrapolação no ramo superior da curva-chave destas estações, com uma leve tendência para direita no gráfico, no eixo de vazões, indicando valores maiores do que os medidos com molinetes em cotas altas. Para esta situação é aconselhável que se estabeleça uma continuidade nas determinações de vazões para esta época do ano.

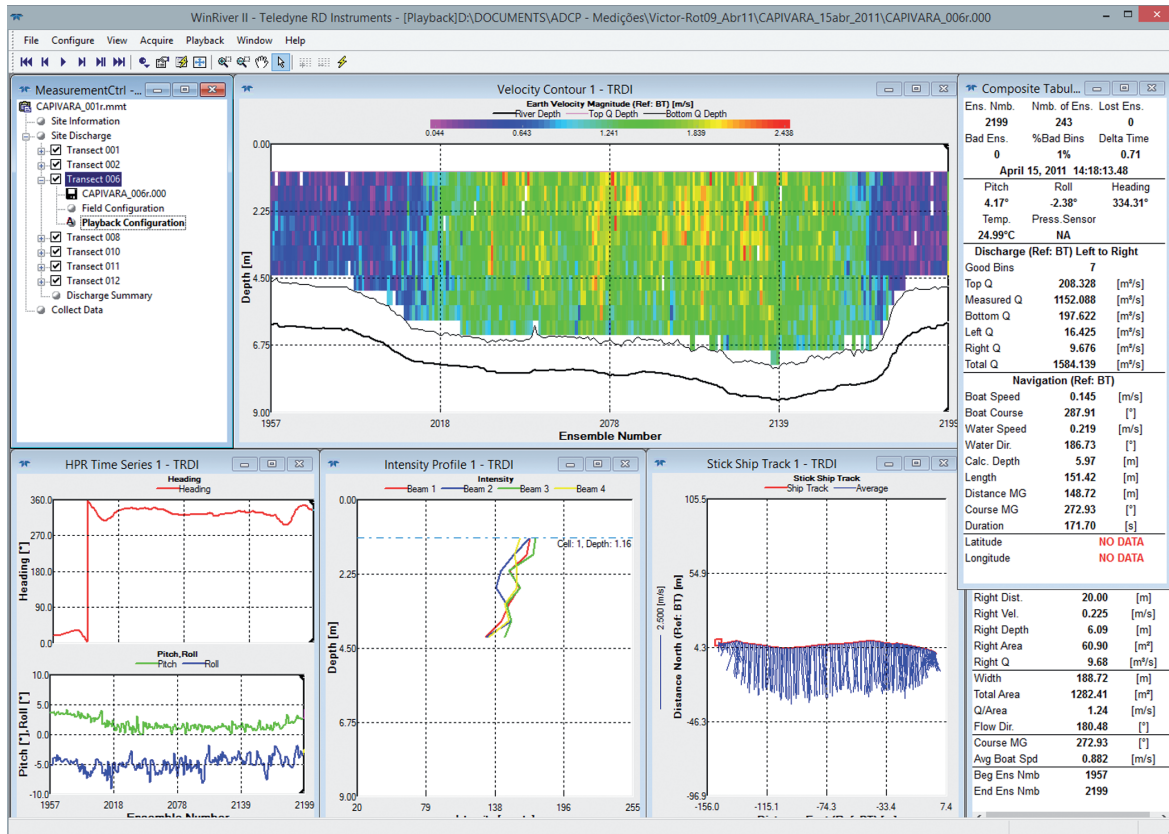


Figura 4.3 - WinRiver II: Programa de gerenciamento da ADCP apresentando a medição de vazão da estação de Capivara (Rio Araguari-AP). Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

**Tabela 4.3** - Sumário das medições de vazão com ADCP.

Estação	Transversal	Número de Verticais	Largura (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )	Q/Área (m/s)
Porto Platon	Média	243	277,57	2.732,25	1,426
Serra do Navio	Média	189	179,93	1.098,95	1,103
São Francisco	Média	406	433,88	3259,6	1,188
Estirão do Cricou	Média	319	296,81	2.168,22	0,897
Cunani	Média	95	52,43	167,05	0,479
Caciporé	Média	177	129,34	867,04	0,676
Capivara	Média	293	191,17	1285,21	1,215
Tartarugal Grande	Média	143	99,17	463,93	0,647

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

**Tabela 4.4** - Sumário das medições de vazão com ADCP.

Estação	Vazão (m <sup>3</sup> /s)					
	Total	Medida	Superfície	Fundo	Esquerda	Direita
Porto Platon	<b>3.895,033</b>	3.050,863	380,526	449,368	6,478	7,799
Serra do Navio	<b>1.211,973</b>	167,7	868,28	160,898	1,023	14,073
São Francisco	<b>3.872,06</b>	534,648	2.737,984	598,164	-0,293	1,556
Estirão do Cricou	<b>1.945,63</b>	324,017	1.333,991	275,146	9,403	3,074
Cunani	<b>79,958</b>	18,246	46,584	15,157	-0,189	0,16
Caciporé	<b>586,171</b>	106,1	366,514	110,349	2,65	0,559
Capivara	<b>1.561,191</b>	207,67	1.144,924	197,31	7,865	3,423
Tartarugal Grande	<b>300,149</b>	62,474	158,964	72,213	1,549	4,949

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

Inicialmente estas curvas-chave foram obtidas de forma gráfica em papel bilogarítmico e transformadas em tabela para com a relação cota x descarga. Determina-se a partir de uma cota lida e registrada o valor da vazão para aquela data e estação, pois é inviável operacionalmente manter as medições de vazões diariamente num posto hidrológico. Dessa forma, realiza-se três visitas ao ano, sendo uma medição na época de chuva, uma em época de estiagem e outra em período intermediário, para obter a curva-chave do referido posto.

Em algumas circunstâncias o ADCP capta a vazão de retorno, ou remanso no rio, resultando em situação de vazão negativa principalmente próximo às margens.

Para análise das medições foi levado em conta a relação percentual entre o que foi medido e o que foi ex-

trapulado pelo equipamento em percentual de good bins (pulsos de ultrassom recebidos corretamente) e *ensembles* (verticais), ou seja, o que o equipamento realmente captou e o que foi calculado (Tabela 4.4), sendo que a vazão total é obtida pela somatória de diversas parcelas:

$$Q_{total} = Q_{medido} + Q_{superfície} + Q_{fundo} + Q_{margem}$$

### Série histórica de cotas, vazão, curva-chave, perfil transversal e levantamento de campo

Fundamentado nas observações da estação de São Francisco no rio Jari e de Cunani, no rio de mesmo nome, é feita a abordagem de como é o procedimento para obtenção dos dados hidrológicos para serem repassados



aos usuários de recursos hídricos, conforme as Normas e Recomendações Hidrológicas do DNAEE (BRASIL, 1967).

As informações sobre as vazões de um rio são definidas para uma determinada seção em que é instalado um posto hidrológico para leitura de níveis do rio. Neste local, é prioritário que seja escolhido um ponto com margens bem definidas, trecho retilíneo em que as linhas de fluxo d'água sejam dentro das condições naturais e pelas com o mínimo de turbulência, preferencialmente paralelas e não ocorrendo o efeito de remanso no lugar, seja por barramentos ou por um rio a jusante. Na Figura 4.4, é apresentada a seção de medição do rio Araguari, na estação de Capivara.



**Figura 4.4** - Seção de Medição da estação de Capivara (Rio Araguari -AP).  
Fotografia: acervo da CPRM, 2015.



**Figura 4.5** - Conjunto de Régua da estação de Capivara (Rio Araguari-AP).  
Fotografia: acervo da CPRM, 2015.

Na instalação do conjunto de régua (Figura 4.5), onde são feitas as leituras do nível do rio, é definido o local da seção de medição de descarga líquida (também chamada de vazão), onde é obtida a relação que para uma vazão medida há um nível da linha d'água, ou cota, para esta localidade. Com isto, obtém-se o par ordenado "cota x descarga", como o da estação de São Francisco no rio Jari. A partir desses dados, calcula-se a curva-chave da estação, conforme visualizado na Figura 4.7. As curvas-chave podem ser obtidas gráfica ou analiticamente, como exemplificada na estação Cunani, do rio Cunani e mostrada na Tabela 4.6.

A medição de vazão não é realizada continuamente, obtida apenas com as visitas técnicas, sendo um dado discreto. Já as cotas lidas na régua podem ser consideradas um dado contínuo, por sua leitura diária. A partir da curva-chave é possível calcular as vazões diárias da estação (SANTOS et al., 2001). Na Tabela 4.5 é apresentada a tabela de calibração da estação São Francisco, onde é possível visualizar os dados extrapolados, além da última medição de vazão, justamente para se adequar à máxima cota anotada.

**Tabela 4.5** - Relação cota x descarga tabelada a partir do gráfico de vazões da estação de São Francisco no rio Jari (AP).

Cota (cm)	Vazão (m³/s)	Cota (cm)	Vazão (m³/s)
110	41.68	397	2634.31
130	129.53	417	2884.31
150	241.35	437	3140.89
157	285.00	457	3403.83
177	420.75	477	3672.93
197	571.02	487	3809.72
217	734.07	<b>496</b>	<b>3950.23</b>
237	908.66	<b>506</b>	<b>4093.16</b>
257	1093.81	<b>516</b>	<b>4237.78</b>
277	1288.75	<b>526</b>	<b>4384.05</b>
297	1492.85	<b>536</b>	<b>4531.95</b>
317	1705.56	<b>546</b>	<b>4681.46</b>
337	1926.44	<b>556</b>	<b>4832.54</b>
357	2155.08	<b>566</b>	<b>4985.16</b>
377	2391.14	<b>570</b>	<b>5046.64</b>

Cotas Extrapoladas

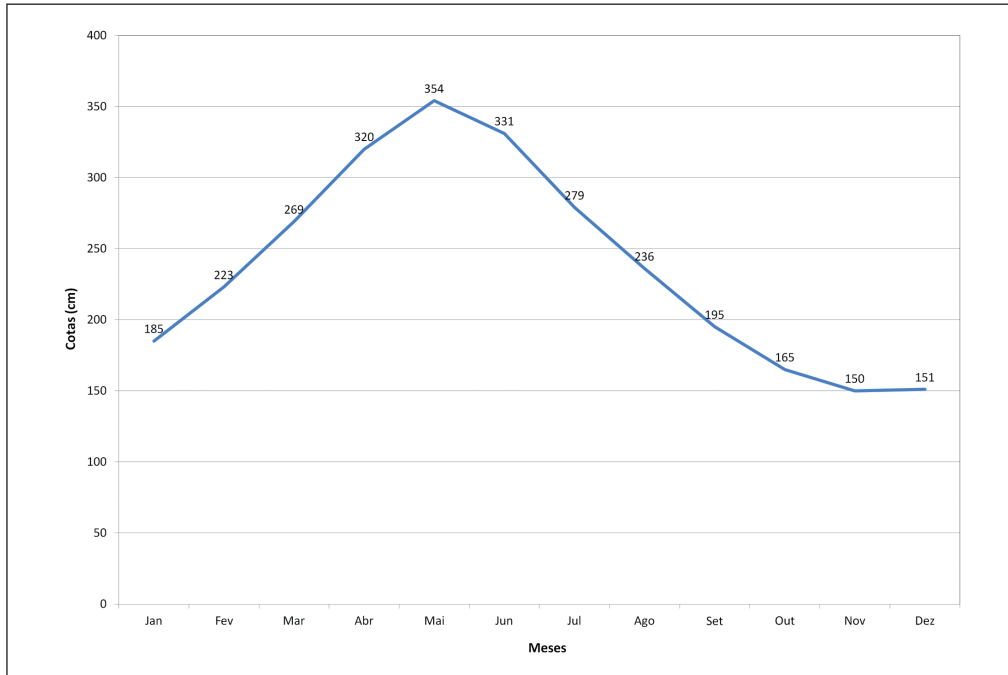
Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

A seção do rio é representada semelhantemente a um canal vertedouro onde a relação curva de descarga, ou curva-chave, em relação às cotas lidas diariamente às 7 e às 17 horas, estabelece a relação biunívoca que para uma determinada cota há uma vazão (BRASIL, 1989).

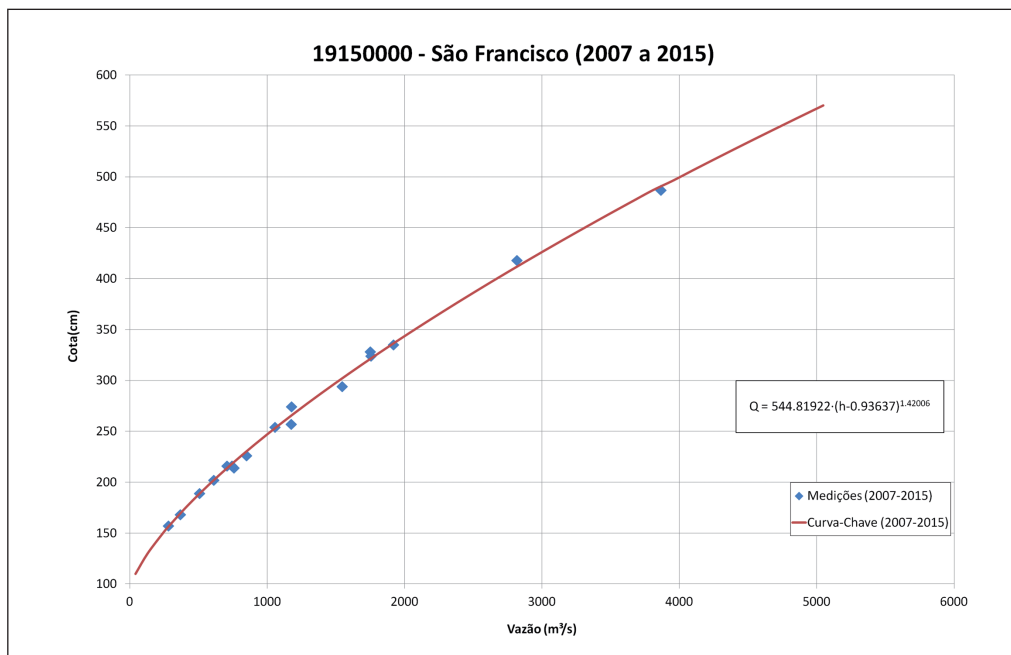
A Figura 4.6 apresenta a média histórica das cotas da estação São Francisco, obtida entre os anos de 1956 e

2014, onde se observa que as maiores cotas ocorrem nos meses de abril, maio e junho. Já os níveis mais baixos são em novembro e dezembro.

A figura 4.7 mostra as medições na estação de São Francisco no rio Jari empregadas para o cálculo da curva-chave (pontos azuis). Dependendo do comportamento das cotas da estação, uma curva-chave pode apresentar



**Figura 4.6** - Média histórica de cotas (cm) da estação fluviométrica de São Francisco (AP), entre 1956 e 2014. Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.



**Figura 4.7** - Curva-chave da estação de São Francisco no rio Jari. Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.



diferentes validades, seja **temporal** - variando de um ano para outro - ou **espacial** - curvas-chave diferentes para intervalos de nível. Dessa forma, apresentou-se a curva-chave mais recente, para o período de 2007-2014, desde a cota mais baixa até a mais elevada.

**Tabela 4.6** - Equação e parâmetros da curva-chave da estação de Cunani no rio Cunani(AP).

Estação 30070000 - Cunani Parâmetros da Equação	
K	7.95
$h_0$	230
M	2
<b>Equação</b>	<b><math>Q=k*(h-h_0)^m</math></b>

Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

Onde K e n são parâmetros de ajuste adimensionais;  $h_0$  também é parâmetro de ajuste, mas definido pela cota onde a vazão é nula (metros); h é o nível do rio (metros) e Q é a vazão calculada ( $m^3/s$ ).

Com esta relação, as leituras do observador e a curva-chave válida para o período em que a estação não sofra mudança significativa, obtém-se a vazão calculada. É importante verificar nesta relação a escavação ou deposição de materiais na seção transversal, pois com estes efeitos altera-se a relação cota x descarga da seção. Quanto menos alterações ocorrerem no local mais segurança tem-se para admitir que para aquela determinada cota lida e obtida *in loco* tem-se a vazão calculada.

Nas estações monitoradas no estado do Amapá não ocorreram muitas alterações em suas seções de medição, excetuando-se em situações em que foi necessário mudar o local de medição que também alteraria a curva-chave.

### Levantamento aéreo do oeste do estado do Amapá, nas pistas do Carecuru e Molocopote em novembro de 2010

O oeste do estado do Amapá não tem um adequado monitoramento hidrológico, sendo quase que desprovido de estações. Em 2010 realizou-se um levantamento sobre as condições das pistas de pouso no oeste do estado, no rio Jari, onde já houve estações operadas pela CPRM anteriormente e foram desativadas ou pela falta de moradores ou pelas más condições dos locais e acessos. A pista do Carecuru (00052001), próximo ao rio Pitinga, estava sem condições de pouso na data da visita. Para reativá-la seria necessário ir com helicóptero ou aeronave menor do que o monomotor EMB 720 Minuano que foi usado para operação de levantamento. Seria adequado a limpeza e reinstalação da seção de medição e equipamentos de telemetria para operá-la. Os equipamentos de telemetria deverão estar bem protegidos, de preferência com proteção

de cerca ou engaiolados, devido o roubo do painel solar e as visitas serem regulares de forma a coibir a depredação dos locais.

Na pista do Molocopote (19050000), no alto rio Jari, garimpeiros que tinham suas atividades na região abandonaram o local poucos anos antes deste levantamento. No local foi observado que a pista foi desativada por provável ação de órgão oficial, já que existiam 5 intervenções por explosão.

Com a criação do Parque Nacional do Tumucumaque, os órgãos oficiais fizeram também um estudo a ser divulgado sobre as condições locais que serviram de base para este levantamento. Nas condições à época do estudo, coordenado pelo IBAMA, a pista do Molocopote ainda se encontrava em operação em 2006. Já em novembro de 2010, época do voo, não foram encontrados moradores e nem condições de pouso. Sugere-se o contato com a Polícia Federal, Aeronáutica e ICMBio para verificar a possibilidade de reativar a operação na estação do Molocopote, da mesma forma que foi sugerida para a pista do Carecuru.

A pista de São Domingos do Jari (19070000), no rio Jari, próxima à foz do rio Cuc não foi sobrevoada devido ao tempo de permanência de voo e quantidade de combustível utilizado na operação, pois o trajeto iniciou em Santarém; e também pelas informações coletadas diretamente com pilotos da região que desconheciam a pista, mesmo informando as coordenadas dos locais. Pelos relatórios de operação de época foi verificado que esta pista era curta. De posse destes dados e riscos inerentes, optou-se por não se dirigir a esse local, sendo necessário agendar uma próxima oportunidade para verificação desta estação.

### Observações finais

A equipe da CPRM busca sempre a melhoria da cobertura da Rede Hidrometeorológica Nacional e condições de sua operação, acessibilidade, difusão das informações e do conhecimento hidrológico, mas devido às realidades amazônicas, como observado e atentado no texto, nem sempre é possível. Nosso sonho maior é atender à demanda dos usuários dos recursos hídricos, a capacitação profissional, aos atuais e futuros comitês de bacias, e ao preconizado pela OMM – Organização Mundial de Meteorologia (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2008) para o monitoramento hidrológico.

### REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **HidroWeb**: sistema de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: jun. 2012.

BRASIL. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Normas e recomendações hidrológicas**. Brasília, 1967. 8 v.

\_\_\_\_\_. **Cartilha do observador de fluviometria.** Brasília, 1989.

GAMARO, Paulo Everardo. **Medidores acústicos Doppler de vazão.** Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2012. 164 p.

JACCON, Gilbert; CUDO, Kazimierz Josef. **Curva-chave: análise e traçado.** Brasília: DNAEE; CNPq; ORSTROM, 1989. 273 p.

PACA, Victor Hugo da Motta et al. **Medições hidrológicas com uso de ADCP sob efeito de maré ao**

longo dos principais tributários da bacia do baixo rio Amazonas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 13., 22-26 set. 2013, Belém. **Anais...** Belém: SBG - Núcleo Norte, 2013. 1 CD-ROM.

SANTOS, Irani dos et al. **Hidrometria aplicada.** Curitiba: LACTEC, 2001. 372 p. il., color.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to hydrological practices:** volume I: hydrology – from measurement to hydrological information. 6th ed. Geneva: WMO, 2008. v. 1. (WMO, No. 168).

# 5

## METODOLOGIA, ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS E ORGANIZAÇÃO EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Maria Angélica Barreto Ramos (*angélica.barreto@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

Marcelo Eduardo Dantas (*marcelo.dantas@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

Antônio Theodorovicz (*antonio.theodorovicz@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

Valter José Marques (*valter.marques@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

Vitório Orlandi Filho (*vitórioorlandi@gmail.com*)<sup>2</sup>

Maria Adelaide Mansini Maia (*adelaide.maia@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

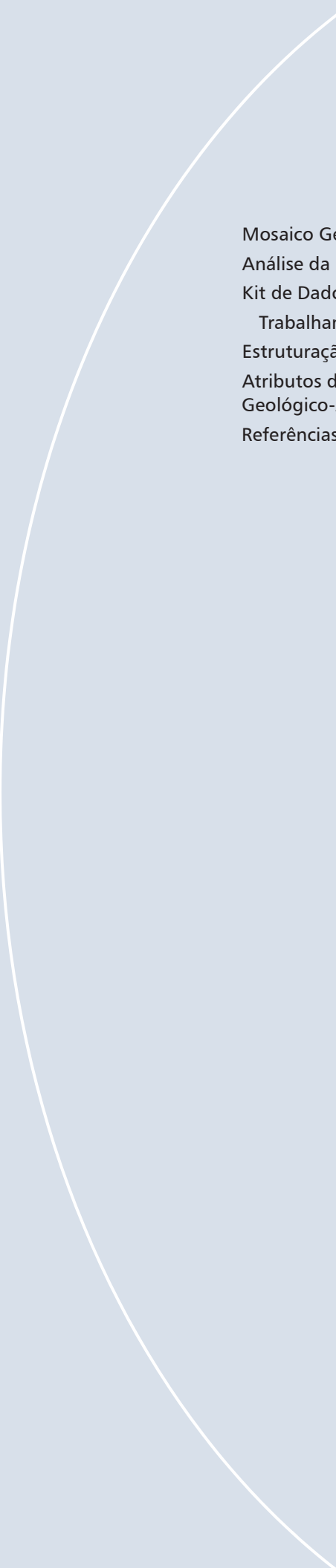
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (*pedro.augusto@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CPRM – Serviço Geológico do Brasil

<sup>2</sup>Consultor

### SUMÁRIO

Introdução .....	57
Procedimentos Metodológicos .....	57
Definição dos Domínios E Unidades Geológico-Ambientais .....	57
Atributos da Geologia .....	57
Deformação .....	58
Tectônica: dobramentos .....	58
Tectônica: Fraturamento (juntas e falhas)/cisalhamento .....	58
Estruturas .....	58
Resistência ao Intemperismo Físico.....	58
Resistência ao Intemperismo Químico .....	58
Grau de Coerência .....	59
Características do Manto de Alteração Potencial (Solo Residual) .....	59
Porosidade Primária.....	60
Característica da Unidade Lito-Hidrogeológica .....	61
Atributos do Relevo .....	61
Modelo Digital de Terreno – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).....	62



Mosaico Geocover 2000 .....	62
Análise da Drenagem.....	62
Kit de Dados Digitais.....	63
Trabalhando com o Kit de Dados Digitais .....	63
Estruturação da Base de Dados: GEOBANK.....	65
Atributos dos Campos do Arquivo das Unidades Geológico-Ambientais: Dicionário de Dados.....	66
Referências .....	69

## INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as diversas etapas que envolveram o tratamento digital dos dados no desenvolvimento do SIG Mapa Geodiversidade do Estado do Amapá, do Programa Geologia do Brasil (PGB) da CPRM/SGB, integrante do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC 2011), que tem como objetivo a geração de produtos voltados para o ordenamento territorial e o planejamento dos setores mineral, transportes, agricultura, turismo e meio ambiente.

As informações produzidas estão alojadas no GEOBANK (sistema de banco de dados geológicos corporativo da CPRM/SGB), a partir das informações geológicas multiescalares contidas em suas bases Litoestratigrafia e Recursos Minerais, além da utilização de sensores como o Modelo Digital de Terreno SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), do Mosaico GeoCover 2000 e das informações de estruturas e drenagem (CPRM, 2004; RAMOS et al., 2005; THEODOROVICZ et al., 1994, 2001, 2002, 2005; TRAININI e ORLANDI, 2003; TRAININI et al., 2001).

Do mesmo modo que na elaboração do Mapa Geodiversidade do Brasil (escala 1:2.500.000), também foram utilizadas, para o Mapa Geodiversidade do Estado do Amapá, informações temáticas de infraestrutura, recursos minerais, unidades de conservação, terras indígenas e áreas de proteção integral e de desenvolvimento sustentável estaduais e federais, dados da rede hidrológica e de água subterrânea, áreas oneradas pela mineração, gasodutos e oleodutos, e dados geoturísticos e paleontológicos.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Assim como para o Mapa Geodiversidade do Brasil e do SIG Geodiversidade ao Milionésimo, os levantamentos estaduais foram elaborados seguindo as orientações contidas em roteiro metodológico preparado para essa fase, apoiados em *kits* digitais personalizados para cada estado, que contêm todo o material digital (imagens, arquivos vetoriais, etc.) necessário ao bom desempenho da tarefa.

A sistemática de trabalho adotada permitiu a continuação da organização dos dados na Base Geodiversidade inserida no GEOBANK, desde a fase do recorte ao milionésimo até os estaduais e, sucessivamente, em escalas de maior detalhe (em trabalhos futuros), de forma a possibilitar a conexão dos dados vetoriais aos dados alfanuméricos. Em uma primeira fase, com auxílio dos elementos-chave descritos nas tabelas dos dados vetoriais, é possível vincular facilmente mapas digitais ao GEOBANK, como na montagem de SIGs, em que as tabelas dos *shapefiles* (arquivos vetoriais) são produtos da consulta sistemática ao banco de dados.

## DEFINIÇÃO DOS DOMÍNIOS E UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS

O estabelecimento de domínios geológico-ambientais e suas subdivisões para o estado do Amapá inserem-se nos

critérios adotados para a definição dos domínios e unidades geológico-ambientais do Brasil, com o objetivo de se agrupar conjuntos estratigráficos de comportamento semelhante frente ao uso e ocupação dos terrenos. Da mesma forma, o resultado obtido não foi um mapa geológico ou tectônico, mas sim um novo produto, denominado Mapa Geodiversidade do Estado do Amapá, no qual foram inseridas informações de cunho ambiental, muito embora a matéria-prima para as análises e agrupamentos tenha sido proveniente das informações contidas nas bases de dados de Litoestratigrafia e Recursos Minerais do GEOBANK, bem como na larga experiência em mapeamento e em projetos de ordenamento e gestão do território dos profissionais da CPRM/SGB.

Em alguns casos foram agrupadas, em um mesmo domínio, unidades estratigráficas com idades diferentes, desde que a elas se aplicasse um conjunto de critérios classificatórios, como: posicionamento tectônico, nível crustal, classe da rocha (ígnea, sedimentar ou metamórfica), grau de coesão, textura, composição, tipos e graus de deformação, expressividade do corpo rochoso, tipos de metamorfismo, expressão geomorfológica ou litotipos especiais. Se, por um lado agruparam-se, por exemplo, quartzitos friáveis e arenitos friáveis, por outro foram separadas formações sedimentares muito semelhantes em sua composição, estrutura e textura, quando a geometria do corpo rochoso apontava no sentido da importância em distinguir uma situação de extensa cobertura de uma situação de pacote restrito, limitado em *rifts*.

O principal objetivo para tal compartimentação é atender a uma ampla gama de usos e usuários interessados em conhecer as implicações ambientais decorrentes do embasamento geológico. Para a elaboração do Mapa Geodiversidade do Brasil (escala 1:2.500.000), analisaram-se somente as implicações ambientais provenientes de características físico-químicas, geométricas e genéticas dos corpos rochosos. Na escala 1:1.000.000, do recorte ao milionésimo e dos estados, foram selecionados atributos aplicáveis ao planejamento e dos compartimentos de relevo, reservando-se para as escalas de maior detalhe o cruzamento com informações sobre clima, solo e vegetação.

Como a base geodiversidade é fruto da reclassificação das unidades litoestratigráficas contidas na Base multiescalar Litoestratigrafia, compondo conjuntos estratigráficos de comportamento semelhante frente ao uso e ocupação, atualmente essa base possui a estruturação em domínios e unidades geológico-ambientais apresentada no Apêndice I. Tal estruturação é dinâmica e, na medida do detalhamento das escalas, novos domínios e unidades podem ser inseridos.

## ATRIBUTOS DA GEOLOGIA

Desde a etapa do recorte ao milionésimo, para melhor caracterizar as unidades geológico-ambientais foram selecionados atributos da geologia que permitem uma série de interpretações na análise ambiental, os quais são descritos a seguir.



## Deformação

Relacionada à dinâmica interna do planeta. Procede-se à interpretação a partir da ambiência tectônica, litológica e análise de estruturas refletidas nos sistemas de relevo e drenagem.

### Tectônica: dobramentos

- Ausente: sedimentos inconsolidados (aluviões, dunas, terraços etc.).
- Não dobrada: seqüências sedimentares, vulcanosedimentares e rochas ígneas não dobradas e não metamorfozadas.
- Pouco a moderadamente dobrada: a exemplo das seqüências sedimentares ou vulcanosedimentares.
- Intensamente dobrada: a exemplo das seqüências sedimentares ou vulcanosedimentares complexa e intensamente dobradas e das rochas granito-gnaiss-migmatíticas.

### Tectônica: Fraturamento (juntas e falhas)/cisalhamento

- Não fraturada: caso das coberturas sedimentares inconsolidadas.
- Pouco a moderadamente fraturada: seqüências sedimentares moderadamente consolidadas.
- Intensamente fraturada: caso das coberturas protezoicas e vulcânicas mesozoicas.
- Zonas de cisalhamento: caso das faixas de concentração de deformação dúctil (cinturões de deformação).

### Estruturas

De acordo com Oliveira e Brito (1998) as rochas podem apresentar as seguintes características reológicas (comportamento frente a esforços mecânicos):

- Isotrópica: aplica-se quando as propriedades das rochas são constantes, independentemente da direção observada.
- Anisotrópica: as propriedades variam de acordo com a direção considerada.
- As bibliotecas para o atributo "Estruturas" são:
  - Isotrópica
  - Anisotrópica Indefinida
  - Anisotrópica Estratificada
  - Anisotrópica Estratificada/Biogênica
  - Anisotrópica Maciça/Vesicular
  - Anisotrópica Maciça/Acamadada
  - Anisotrópica Maciça/ Laminada
  - Anisotrópica Acamadada
  - Anisotrópica Acamadada/Filitosa
  - Anisotrópica Acamadada/Xistosa
  - Anisotrópica Xistosa/ Maciça

- Anisotrópica Filitosa/Xistosa
- Anisotrópica Acamadamento Magmático
- Anisotrópica Gnáissica
- Anisotrópica Bandada
- Anisotrópica Concrecional
- Anisotrópica Concrecional/Nodular
- Anisotrópica Biogênica
- Anisotrópica com Estruturas de Dissolução
- Anisotrópica com Estruturas de Colapso

### Resistência ao Intemperismo Físico

Procede-se à dedução a partir da análise da composição mineral da rocha ou das rochas que sustentam a unidade geológico-ambiental.

Se for apenas um tipo de litologia que sustenta a unidade ou se forem complexos plutônicos de várias litologias, são definidas as seguintes classificações para esse atributo:

**Baixa:** rochas ricas em minerais ferromagnesianos, arenitos, siltitos, metassedimentos argilosos, rochas ígneas ricas em micas, calcários, lateritas e rochas ígneas básico-ultrabásico-alcálicas efusivas.

**Moderada a alta:** ortoquartzitos, arenitos silicificados, leucogranitos e outras rochas pobres em micas e em minerais ferromagnesianos, formações ferríferas, quartzitos e arenitos impuros.

**Não se aplica:** sedimentos inconsolidados.

Se forem várias litologias que sustentam a unidade, a classificação será:

**Baixa a moderada na vertical:** caso de coberturas pouco a moderadamente consolidadas.

**Baixa a alta na vertical:** unidades em que o substrato rochoso é formado por empilhamento de camadas horizontalizadas, não dobradas, de composição mineral e com grau de consolidação muito diferentes, como as intercalações irregulares de calcários, arenitos, siltitos, argilitos etc.

**Baixa a alta na horizontal e na vertical:** seqüências sedimentares e vulcanosedimentares dobradas e compostas de várias litologias; rochas gnáissico-migmatíticas e outras que se caracterizam por apresentar grande heterogeneidade composicional, textural e deformacional lateral e vertical.

### Resistência ao Intemperismo Químico

Procede-se à dedução a partir da análise da composição mineral da rocha ou das rochas que sustentam a unidade geológico-ambiental.

Se for só um tipo de litologia que sustenta a unidade geológico-ambiental ou se forem complexos plutônicos de várias litologias, são definidas as seguintes classificações para esse atributo:

**Baixa:** calcários, rochas básicas, ultrabásicas, alcalinas etc.

**Moderada a alta:** ortoquartzitos, leucogranitos e outras rochas pobres em micas e em minerais ferromagnesianos, quartzitos e arenitos impuros.

**Não se aplica:** aluviões.

Entretanto, se forem várias litologias que sustentam a unidade, a classificação será:

**Baixa a moderada na vertical:** unidades em que o substrato rochoso é formado por empilhamento de camadas horizontalizadas, não dobradas, de composição mineral e grau de consolidação semelhantes a ligeiramente diferentes e mesma composição mineralógica.

**Baixa a alta na vertical:** unidades em que o substrato rochoso é formado por empilhamento de camadas horizontalizadas, não dobradas, de composição mineral e grau de consolidação muito diferentes, como as intercalações irregulares de calcários, arenitos, siltitos, argilitos etc.

**Baixa a alta na horizontal e na vertical:** sequências sedimentares e vulcanossedimentares dobradas e compostas de várias litologias; rochas gnáissico-migmatíticas e outras que se caracterizam por apresentarem grande heterogeneidade composicional, textural e deformacional lateral e vertical.

### Grau de Coerência

Refere-se à resistência ao corte e à penetração. Mesmo se tratando de uma única litologia, deve-se prever a combinação dos vários tipos de grau de coerência, a exemplo dos arenitos e siltitos (Figura 2.1). Para o caso de complexos plutônicos com várias litologias, todas podem estar enquadradas em um único grau de coerência.

As classificações utilizadas neste atributo são:

- Muito brandas
- Brandas
- Médias
- Duras
- Muito brandas a duras
- Entretanto, se forem várias litologias, esta será a classificação:
- Variável na horizontal
- Variável na vertical
- Variável na horizontal e vertical
- Não se aplica

### Características do Manto de Alteração Potencial (Solo Residual)

Procede-se à dedução a partir da análise da composição mineral das rochas. Por exemplo, independentemente de outras variáveis que influenciam as características do solo, como clima e relevo, o manto de alteração de um basalto será argiloso e o de um granito, argilo-siltico-arenoso.

- Predominantemente arenoso: substrato rochoso sustentado por espessos e amplos pacotes de rochas predominantemente arenoquartzosas.
- Predominantemente argiloso: predominância de rochas que se alteram para argilominerais, a exemplo de derrames basálticos, complexos básico-ultrabásico-alcálinos, terrenos em que predominam rochas calcárias etc.

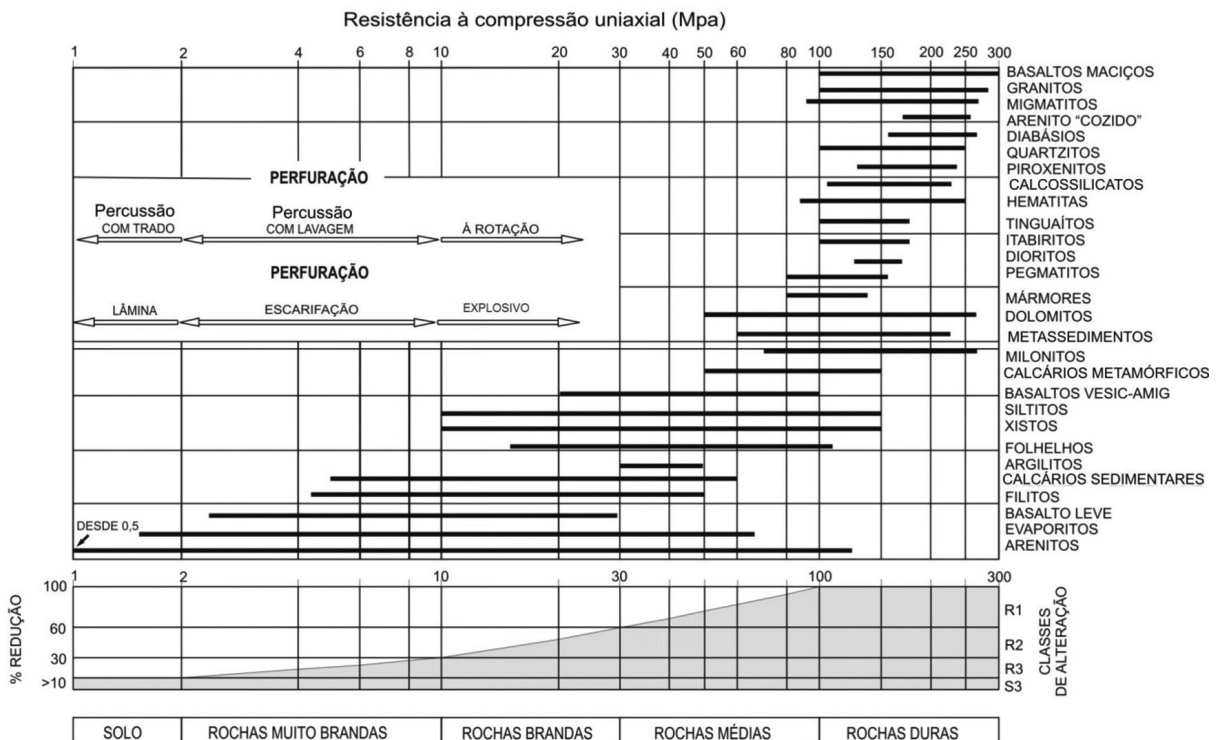


Figura 5.1 - Resistência à compressão uniaxial e classes de alteração para diferentes tipos de rochas. Fonte: Modificado de VAZ (1996).

- Predominantemente argilossiltoso: siltitos, folhelhos, filitos e xistos.
- Predominantemente argilo-siltico-arenoso: rochas granitoides e gnáissico-migmatíticas ortoderivadas.
- Variável de arenoso a argilossiltoso: sequências sedimentares e vulcanossedimentares compostas por alternâncias irregulares de camadas pouco espessas, interdigitadas e de composição mineral muito contrastante, a exemplo das sequências em que se alternam, irregularmente, entre si, camadas de arenitos quartzosos com pelitos, com calcários ou com rochas vulcânicas.
- Predominantemente siltoso: siltitos e folhelhos.
- Não se aplica.

### Porosidade Primária

Relacionada ao volume de vazios em relação ao volume total da rocha. O preenchimento deverá seguir os procedimentos descritos na Tabela 5.1.

Caso seja apenas um tipo de litologia que sustenta a unidade geológico-ambiental, observar o campo “Descrição”, da Tabela 5.1. Entretanto, se forem complexos plutônicos de várias litologias, a porosidade é baixa.

- Baixa: 0 a 15%
- Moderada: de 15 a 30%
- Alta: >30%

Para os casos em que várias litologias sustentam a unidade geológico-ambiental, observar o campo “Tipo”, da Tabela 5.1.

**Tabela 5.1** - Tabela de porosidade total dos diversos materiais rochosos.

Material		Porosidade Total % m					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 tufas	30	50	10	60	5	<5	20	0,0	C, E
	Escórias	25	80	10			20	50	1	C, E
	Pedra-pomes	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)	Pizarras sedimentares	5	15	2	30	0,5	<2	5	0,0	E
	Arenitos	15	25	3	30	0,5	10	20	0,0	F
	Creta blanda	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	
	Loesse	45	55	40			<5	10	0,1	E
	Areias	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 precauções, 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 pode aumentar me com o tempo;
- E** = me muito variável segundo as circunstâncias do tempo;
- F** = Varia segundo o grau de cimentação e solubilidade.

**Variável (0 a >30%):** a exemplo das unidades em que o substrato rochoso é formado por um empilhamento irregular de camadas horizontalizadas porosas e não porosas.

### Característica da Unidade Lito-Hidrogeológica

São utilizadas as seguintes classificações:

- Granular: dunas, depósitos sedimentares inconsolidados, planícies aluviais, coberturas sedimentares etc.
- Fissural
- Granular/fissural
- Cárstico
- Não se aplica

### ATRIBUTOS DO RELEVO

Com o objetivo de conferir uma informação geomorfológica clara e aplicada ao mapeamento da geodiversidade do território brasileiro e dos estados federativos em escalas de análise muito reduzidas (1:500.000 a 1:1.000.000), procurou-se identificar os grandes conjuntos morfológicos passíveis de serem delimitados em tal tipo de escala, sem muitas preocupações quanto à gênese e evolução morfodinâmica das unidades em análise, assim como aos processos geomorfológicos atuantes. Tais avaliações e controvérsias, de âmbito exclusivamente geomorfológico, seriam de pouca valia para atender aos propósitos deste estudo. Portanto, termos como: depressões, cristas, patamares, platôs, *cuestas*, *hog-backs*, pediplanos, peneplanos, etchplanos, escarpas, serras e maciços, dentre tantos outros, foram englobados em um reduzido número de conjuntos morfológicos.

Portanto, esta proposta difere substancialmente das metodologias de mapeamento geomorfológico presentes na literatura, tais como: a análise integrada entre a compartimentação morfológica dos terrenos, a estrutura subsuperficial dos terrenos e a fisiologia da paisagem, proposta por Ab'Saber (1969); as abordagens descritivas em base morfométrica, como as elaboradas por Barbosa et al. (1977) para o Projeto RadamBrasil, e Ponçano et al. (1979) e Ross e Moroz (1996) para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT); as abordagens sistêmicas, com base na compartimentação topográfica em bacias de drenagem (MEIS et al., 1982); ou a reconstituição de superfícies regionais de aplainamento (LATRUBESSE et al., 1998).

O mapeamento de padrões de relevo é, essencialmente, uma análise morfológica do relevo com base em fotointerpretação da textura e rugosidade dos terrenos a partir de diversos sensores remotos.

Nesse sentido é de fundamental importância esclarecer que não se pretendeu produzir um mapa geomorfológico, mas um mapeamento dos padrões de relevo em consonância com os objetivos e as necessidades de um mapeamento da geodiversidade do território nacional em escala continental.

Com esse enfoque, foram selecionados 27 padrões de relevo para os terrenos existentes no território brasileiro (Tabela 5.2), levando-se, essencialmente, em consideração:

- Parâmetros morfológicos e morfométricos que pudessem ser avaliados pelo instrumental tecnológico disponível nos kits digitais (imagens LandSat GeoCo-

**Tabela 5.2** - Atributos e biblioteca de padrões de relevo do território brasileiro.

Símbolo	Tipo de Relevo	Declividade (graus)	Amplitude Topográfica (m)
R1a	Planícies Fluviais ou Fluvioacustres	0 a 3	zero
R1b1	Terraços Fluviais	0 a 3	2 a 20
R1b2	Terraços Marinhos	0 a 3	2 a 20
R1b3	Terraços Lagunares	0 a 3	2 a 20
R1c1	Vertentes recobertas por depósitos de encosta	5 a 45	Variável
R1c2	Leques Aluviais	0 a 3	2 a 20
R1d	Planícies Fluvio marinhas	0 (plano)	zero
R1e	Planícies Costeiras	0 a 5	2 a 20
R1f1	Campos de Dunas	3 a 30	2 a 40
R1f2	Campos de Loesse	0 a 5	2 a 20
R1g	Recifes	0	zero
R2a1	Tabuleiros	0 a 3	20 a 50
R2a2	Tabuleiros Dissecados	0 a 3	20 a 50
R2b1	Baixos Platôs	0 a 5	0 a 20
R2b2	Baixos Platôs Dissecados	0 a 5	20 a 50
R2b3	Planaltos	0 a 5	20 a 50
R2c	Chapadas e Platôs	0 a 5	0 a 20
R3a1	Superfícies Aplainadas Conservadas	0 a 5	0 a 10
R3a2	Superfícies Aplainadas Degradadas	0 a 5	10 a 30
R3b	Inselbergs	25 a 60	50 a 500
R4a1	Domínio de Colinas Amplas e Suaves	3 a 10	20 a 50
R4a2	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	5 a 20	30 a 80
R4a3	Domos em Estrutura Elevada	3 a 10	50 a 200
R4b	Domínio de Morros e de Serras Baixas	15 a 35	80 a 200
R4c	Domínio Montanhoso	25 a 60	300 a 2000
R4d	Escarpas Serranas	25 a 60	300 a 2000
R4e	Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	10 a 45	50 a 200
R4f	Vales Encaixados	10 a 45	100 a 300

Fonte: Elaborado por Dantas, 2014.

ver e Modelo Digital de Terreno e Relevo Sombreado (SRTM); mapa de classes de hipsometria; mapa de classes de declividade).

- Reinterpretação das informações existentes nos mapas geomorfológicos produzidos por instituições diversas, em especial os mapas desenvolvidos no âmbito do Projeto RadamBrasil, em escala 1:1.000.000.
- Execução de uma série de perfis de campo, com o objetivo de aferir a classificação executada.

Para cada um dos atributos de relevo, com suas respectivas bibliotecas, há uma legenda explicativa (Apêndice II – Biblioteca de Relevo do Território Brasileiro) que agrupa características morfológicas e morfométricas gerais, assim como informações muito elementares e generalizadas quanto à sua gênese e vulnerabilidade frente aos processos geomorfológicos (intempéricos, erosivos e deposicionais).

Evidentemente, considerando a vastidão e a enorme geodiversidade do território brasileiro, assim como seu conjunto diversificado de paisagens bioclimáticas e condicionantes geológico-geomorfológicas singulares, as informações de amplitude de relevo e declividade, dentre outras, devem ser reconhecidas como valores-padrão, não aplicáveis indiscriminadamente a todas as regiões. Não se descartam sugestões de ajuste e aprimoramento da Tabela 5.2 e do Apêndice II apresentados nesse modelo, as quais serão bem-vindas.

### MODELO DIGITAL DE TERRENO – SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM)

A utilização do Modelo Digital de Terreno ou Modelo Digital de Elevação ou Modelo Numérico de Terreno, no contexto do Mapa Geodiversidade do Estado do Amapá, justifica-se por sua grande utilidade em estudos de análise ambiental.

Um Modelo Digital de Terreno (MDT) é um modelo contínuo da superfície terrestre, ao nível do solo, representado por uma malha digital de matriz cartográfica encadeada, ou *raster*, onde cada célula da malha retém um valor de elevação (altitude) do terreno. Assim, a utilização do MDT em estudos geoambientais se torna imprescindível, uma vez que esse modelo tem a vantagem de fornecer uma visão tridimensional do terreno e suas inter-relações com as formas de relevo e da drenagem e seus padrões de forma direta. Isso permite a determinação do grau de dissecação do relevo, informando também o grau de declividade e altimetria, o que auxilia grandemente na análise ambiental, como, por exemplo, na determinação de áreas de proteção permanente, projetos de estradas e barragens, trabalhos de mapeamento de vegetação etc.

A escolha do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [missão espacial liderada pela NASA, realizada durante 11 dias do mês de fevereiro de 2000, visando à geração de um modelo digital de elevação quase global]

foi devida ao fato de os MDTs disponibilizados por esse sensor já se encontrarem disponíveis para toda a América do Sul, com resolução espacial de aproximadamente 90 x 90 m, apresentando alta acurácia e confiabilidade, além da gratuidade (CCRS, 2004 apud BARROS et al., 2004).

Durante a realização dos trabalhos de levantamento da geodiversidade do território brasileiro, apesar de todos os pontos positivos apresentados, os dados SRTM, em algumas regiões, acusaram problemas, tais como: valores espúrios (positivos e negativos) nas proximidades do mar e áreas onde não são encontrados valores. Tais problemas são descritos em diversos trabalhos do SRTM (BARROS et al., 2004), sendo que essas áreas recebem o valor -32768, indicando que não há dado disponível.

A literatura do tema apresenta diversas possibilidades de correção desses problemas, desde substituição de tais áreas por dados oriundos de outros produtos – o GTOPO30 aparece como proposta para substituição em diversos textos – ao uso de programas que objetivam diminuir tais incorreções por meio de edição de dados (BARROS et al., 2004). Neste estudo, foi utilizado o *software* ENVI 4.1 para solucionar o citado problema.

### MOSAICO GEOCOVER 2000

A justificativa para a utilização do Mosaico GeoCover 2000 é o fato de este se constituir em um mosaico ortoretilizado de imagens ETM+ do sensor LandSat 7, resultante do *sharpening* das bandas 7, 4, 2 e 8. Esse processamento realiza a transformação RGB-IHS (canais de cores RGB-IHS / vermelho, verde e azul – Matiz, Saturação e Intensidade), utilizando as bandas 7, 4 e 2 com resolução espacial de 30 m e, posteriormente, a transformação IHS-RGB utilizando a banda 8 na Intensidade (I) para aproveitar a resolução espacial de 15 m. Tal procedimento junta as características espaciais da imagem com resolução de 15 m às características espectrais das imagens com resolução de 30 m, resultando em uma imagem mais “aguçada”. As imagens do Mosaico GeoCover LandSat 7 foram coletadas no período de 1999/2000 e apresentam resolução espacial de 14,25 m.

Além da exatidão cartográfica, o Mosaico GeoCover possui outras vantagens, como: facilidade de aquisição dos dados sem ônus, âncora de posicionamento, boa acurácia e abrangência mundial, o que, juntamente com o MDT, torna-o imprescindível aos estudos de análise ambiental (ALBUQUERQUE et al., 2005; CREPANI; MEDEIROS, 2005).

### ANÁLISE DA DRENAGEM

Segundo Guerra e Cunha (2001), o reconhecimento, a localização e a quantificação das drenagens de uma determinada região são de fundamental importância ao entendimento dos processos geomorfológicos que governam as transformações do relevo sob as mais diversas condições



climáticas e geológicas. Nesse sentido, a utilização das informações espaciais extraídas do traçado e da forma das drenagens é indispensável na análise geológico-ambiental, uma vez que são respostas/resultados das características ligadas a aspectos geológicos, estruturais e a processos geomorfológicos, os quais atuam como agentes modeladores da paisagem e das formas de relevo.

Dessa forma, a integração de atributos ligados às redes de drenagem, como tipos de canais de escoamento, hierarquia da rede fluvial e configuração dos padrões de drenagem, a outros temas trouxe respostas a várias questões relacionadas ao comportamento dos diferentes ambientes geológicos e climáticos locais, processos fluviais dominantes e disposição de camadas geológicas, dentre outros.

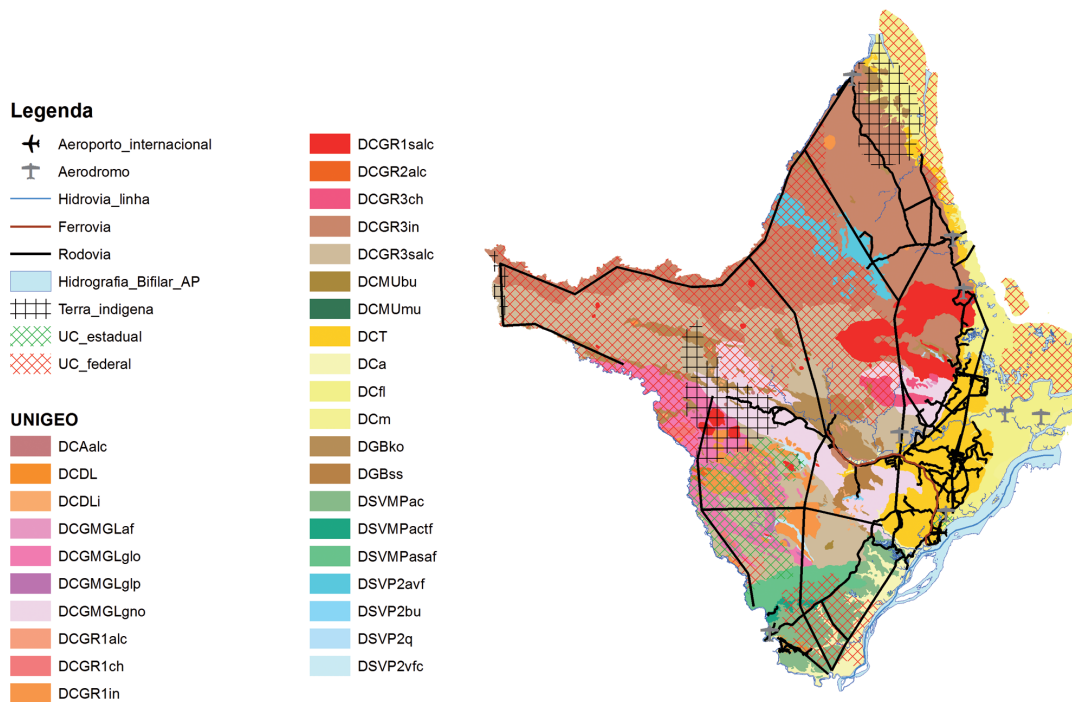
### KIT DE DADOS DIGITAIS

Na fase de execução dos mapas de geodiversidade estaduais, o *kit* de dados digitais constou, de acordo com o disponível para cada estado, dos seguintes temas:

- Geodiversidade: arquivo dos domínios e unidades geológico-ambientais
- Estruturas: arquivo das estruturas geológicas
- Planimetria: cidades, vilas, povoados, rodovias etc.
- Áreas Restritivas: áreas de parques estaduais e federais, terras indígenas, estações ecológicas etc.
- Hidrografia: drenagens bifilar e unifilar
- Bacias Hidrográficas: recorte das bacias e sub-bacias de drenagem
- Altimetria: curvas de nível espaçadas de 100 m

- Campos de óleo: campos de óleo e gás
- Gasodutos e Oleodutos: arquivos de gasodutos, refinarias etc.
- Pontos Geoturísticos: sítios geológicos, paleontológicos etc.
- Quilombolas: áreas de quilombolas
- Recursos Minerais: dados de recursos minerais
- Assentamento: arquivo das áreas de assentamento agrícola
- Áreas de Desertificação: arquivo das áreas de desertificação
- Paleontologia: dados de paleontologia
- Poços: dados de poços cadastrados pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) criado pela CPRM/SGB
- MDT\_SRTM: arquivo *Grid* pelo recorte do estado
- Declividade: arquivo *Grid* pelo recorte do estado
- GeoCover: arquivo *Grid* pelo recorte do estado
- Simbologias ESRI: fontes e arquivos *\*style* (arquivo de cores e simbologias utilizadas pelo programa ArcGis).
- As figuras 5.2 a 5.4 ilustram parte dos dados do *kit* digital para o Mapa Geodiversidade do Estado do Amapá.

Os procedimentos de tratamento digital e processamento das imagens *geotiff* e *MrSid* (SRTM e GeoCover, respectivamente), dos *Grids* (declividade e hipsométrico), bem como dos recortes e *reclass* dos arquivos vetoriais (litologia, planimetria, curvas de nível, recursos minerais etc.) contidos no *kit* digital foram realizados em ambiente SIG, utilizando os *softwares* ArcGis9 e ENVI 4.4.



**Figura 5.2** - Exemplo de dados do *kit* digital para o estado do Amapá: unidades geológico-ambientais versus infraestrutura, recursos minerais e áreas de proteção ambiental. Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

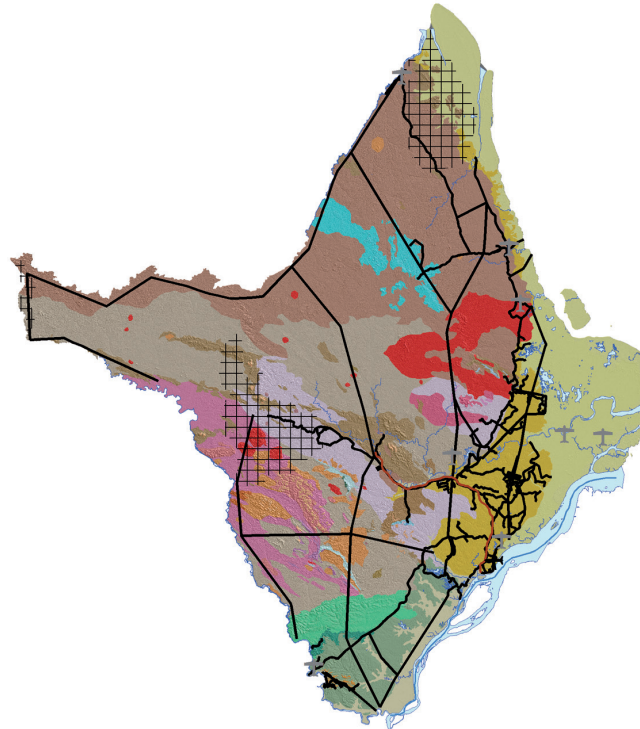
**Legenda**

- Aeroporto\_internacional
- Aerodromo
- Hidrovia\_linha
- Ferrovia
- Rodovia
- Hidrografia\_Bifilar\_AP

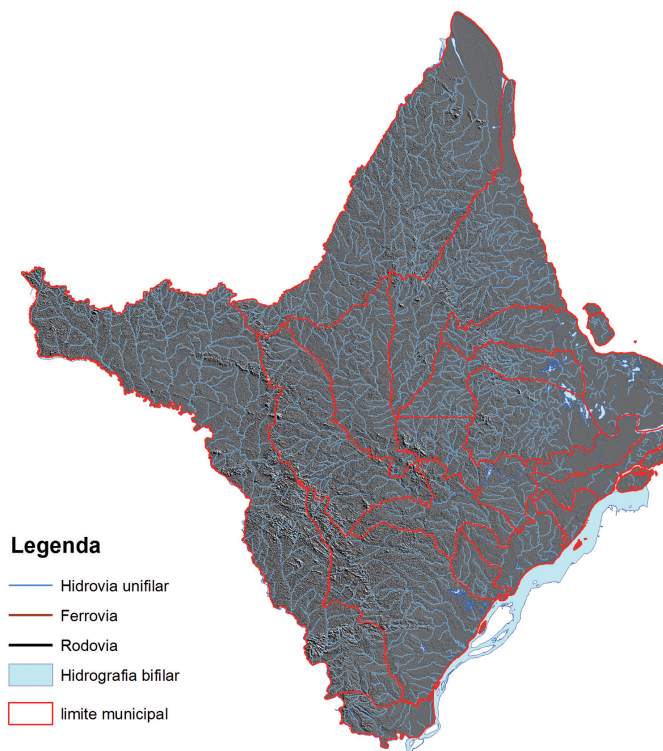
**UNIGEO**

- DCAalc
- DCDL
- DCDLi
- DCGMGLaf
- DCGMGLglo
- DCGMGLgp
- DCGMGLgno
- DCGR1alc
- DCGR1ch
- DCGR1in

- DCGR1salc
- DCGR2alc
- DCGR3ch
- DCGR3in
- DCGR3salc
- DCMUbu
- DCMUmu
- DCT
- DCa
- DCfl
- DCm
- DGBko
- DGBss
- DSVMPac
- DSVMPactf
- DSVMPasaf
- DSV2avf
- DSV2bu
- DSV2q
- DSV2vfc



**Figura 5.3** - Exemplo de dados do *kit* digital para o estado do Amapá: unidades geológico-ambientais versus relevo sombreado (MDT\_SRTM). Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.



**Legenda**

- Hidrovia unifilar
- Ferrovia
- Rodovia
- Hidrografia bifilar
- limite municipal

**Figura 5.4** - Exemplo de dados do *kit* digital para o estado do Amapá: modelo digital de elevação (SRTM) versus drenagem e divisão municipal. Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

## Trabalhando com o *Kit* de Dados Digitais

Na metodologia adotada, a unidade geológico-ambiental, fruto da reclassificação das unidades geológicas (*reclass*) presentes no Mapa Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amapá ao Milionésimo (CPRM, 2006), é a unidade fundamental de análise, na qual foram agregadas todas as informações da geologia possíveis de serem obtidas a partir dos produtos gerados pela atualização da cartografia geológica dos estados, pelo SRTM, mosaico GeoCover 2000 e drenagem.

Com a utilização dos dados digitais contidos em cada DVD-ROM foram estruturados, para cada folha ou mapa estadual, um **Projeto.mxd** (conjunto de *shapes* e *leiaute*) organizado no *software* ArcGis9.

No diretório de trabalho havia um arquivo *shapefile*, denominado **geodiversidade\_estado.shp**, que correspondia ao arquivo da geologia onde deveria ser aplicada a reclassificação da geodiversidade.

Após a implantação dos domínios e unidades geológico-ambientais, procedia-se ao preenchimento dos parâmetros da geologia e, posteriormente, ao preenchimento dos campos com os atributos do relevo.

As informações do relevo serviram para melhor caracterizar a *unidade geológico-ambiental* e também para subdividi-la. Porém, essa subdivisão, em sua maior parte, alcançou o nível de polígonos individuais.

Quando houve necessidade de subdivisão do polígono, ou seja, quando as variações fisiográficas eram muito contrastantes, evidenciando comportamentos hidrológicos e erosivos muito distintos, esse procedimento foi realizado. Nessa etapa, considerou-se o relevo como um atributo para subdividir a unidade, propiciando novas deduções na análise ambiental.

Assim, a nova unidade geológico-ambiental resultou da interação da unidade geológico-ambiental com o relevo.

Finalizado o trabalho de implementação dos parâmetros da geologia e do relevo pela equipe responsável, o material foi enviado para a Coordenação de Geoprocessamento, que procedeu à auditoria do arquivo digital da geodiversidade para retirada de polígonos espúrios, superposição e vazios, gerados durante o processo de edição. Paralelamente, iniciou-se a carga dos dados na Base Geodiversidade – APLICATIVO GEODIV (VISUAL BASIC) com posterior migração dos dados para o GEOBANK.

## ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS: GEOBANK

A implantação dos projetos de levantamento da geodiversidade do Brasil teve como objetivo principal oferecer aos diversos segmentos da sociedade brasileira uma tradução do conhecimento geológico-científico, com vistas a sua aplicação ao uso adequado para o ordenamento territorial e planejamento dos setores mineral, transportes, agricultura, turismo e meio ambiente, tendo como base as informações geológicas presentes no SIG da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo (CPRM, 2004).

Com essa premissa, a Coordenação de Geoprocessamento da Geodiversidade, após uma série de reuniões com as Coordenações Temáticas e com as equipes locais da CPRM/SGB, estabeleceu normas e procedimentos básicos a serem utilizados nas diversas atividades dos levantamentos estaduais, com destaque para:

- Definição dos domínios e unidades geológico-ambientais com base em parâmetros geológicos de interesse na análise ambiental, em escalas 1:2.500.000, 1:1.000.000 e mapas estaduais.
- A partir da escala 1:1.000.000 criação de atributos geológicos aplicáveis ao planejamento e informações dos compartimentos do relevo.
- Acuidade cartográfica compatível com as escalas adotadas.
- Estruturação de um modelo conceitual de base para o planejamento, com dados padronizados por meio de bibliotecas.
- Elaboração da legenda para compor os *leiautes* dos mapas de geodiversidade estaduais.
- Criação de um aplicativo de entrada de dados local desenvolvido em Visual Basic 6.0 Aplicativo GEODIV.
- Implementação do modelo de dados no GEOBANK (Oracle) e migração dos dados do Aplicativo GEODIV para a Base Geodiversidade.
- Entrada de dados de acordo com a escala e fase (mapas estaduais).
- Montagem de SIGs.
- Disponibilização dos mapas na Internet, por meio do módulo Web Map do GEOBANK (<<http://geobank.sa.cprm.gov.br>>), onde o usuário tem acesso a informações relacionadas às unidades geológico-ambientais (Base Geodiversidade) e suas respectivas unidades litológicas (Base Litoestratigrafia).

A necessidade de prover o SIG Geodiversidade com tabelas de atributos referentes às unidades geológico-ambientais, dotadas de informações para o planejamento, implicou a modelagem de uma Base Geodiversidade, intrinsecamente relacionada à Base Litoestratigrafia, uma vez que as unidades geológico-ambientais são produto de reclassificação das unidades litoestratigráficas.

Esse modelo de dados foi implantado em um aplicativo de entrada de dados local desenvolvido em Visual Basic 6.0, denominado GEODIV. O modelo do aplicativo apresenta seis telas de entrada de dados armazenados em três tabelas de dados e 16 tabelas de bibliotecas. A primeira tela recupera, por escala e fase, todas as unidades geológico-ambientais cadastradas, filtrando, para cada uma delas, as letras-símbolos das unidades litoestratigráficas (Base Litoestratigrafia) (Figura 5.5).

Posteriormente, de acordo com a escala adotada, o usuário cadastra todos os atributos da geologia de interesse para o planejamento (Figura 5.6).

Na última tela o usuário cadastra os compartimentos de relevo (Figura 5.7).

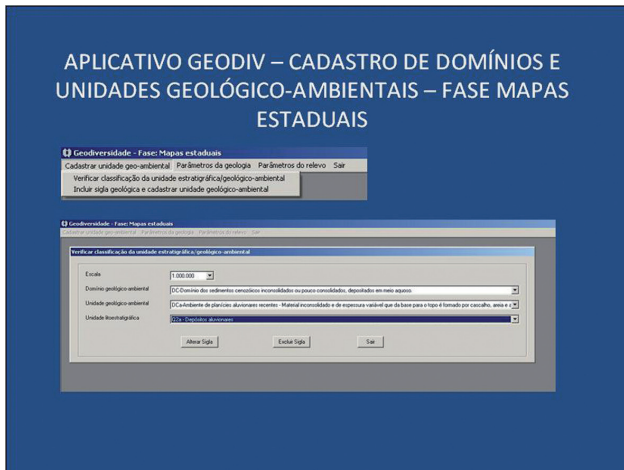


Figura 5.5 - Tela de cadastro das unidades geológico-ambientais para os mapas estaduais de geodiversidade (aplicativo GEODIV). Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

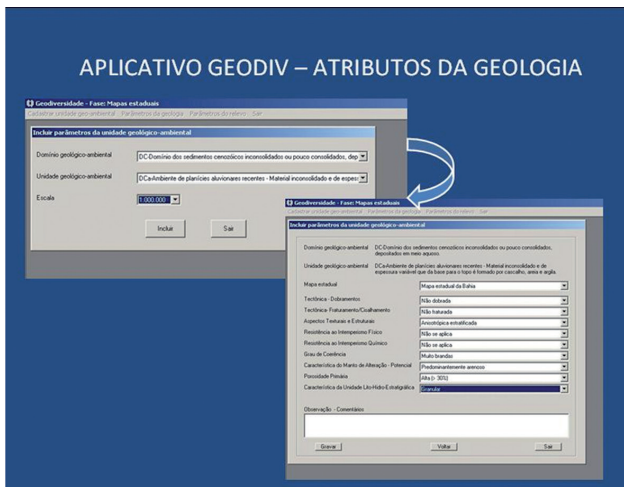


Figura 5.6 - Tela de cadastro dos atributos da geologia (aplicativo GEODIV). Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

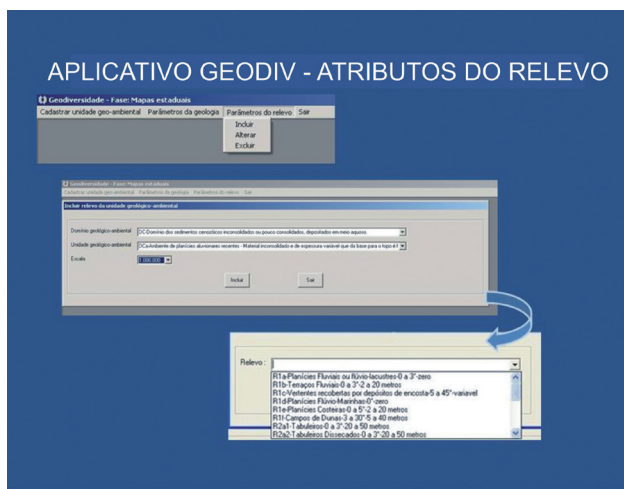


Figura 5.7 - Tela de cadastro dos atributos do relevo (aplicativo GEODIV). Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

Todos os dados foram preenchidos pela equipe da Coordenação de Geoprocessamento e inseridos no aplicativo que possibilita o armazenamento das informações no GEOBANK (Oracle), formando, assim, a Base Geodiversidade (Figura 5.8).

O módulo da Base Geodiversidade, suportado por bibliotecas, recupera, também por escala e por fase (quadrícula ao milionésimo, mapas estaduais), todas as informações das unidades geológico-ambientais, permitindo a organização dos dados no GEOBANK de forma a possibilitar a conexão dos dados vetoriais com os dados alfanuméricos. Em uma primeira fase, com auxílio dos elementos-chave descritos nas tabelas, é possível vincular, facilmente, mapas digitais ao GEOBANK, como na montagem de SIGs, em que as tabelas são produtos da consulta sistemática ao banco de dados.

Outra importante ferramenta de visualização dos mapas geoambientais é o módulo Web Map do GEOBANK, onde o usuário tem acesso a informações relacionadas às unidades geológico-ambientais (Base Geodiversidade) e suas respectivas unidades litológicas (Base Litoestratigrafia), podendo recuperar as informações dos atributos relacionados à geologia e ao relevo diretamente no mapa (Figura 5.9).

### ATRIBUTOS DOS CAMPOS DO ARQUIVO DAS UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS: DICIONÁRIO DE DADOS

São descritos, a seguir, os atributos dos campos que constam no arquivo *shapefile* da unidade geológico-ambiental.

**COD\_DOM (CÓDIGO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL)** – Sigla dos domínios geológico-ambientais.

**DOM\_GEO (DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL)** – Reclassificação da geologia pelos grandes domínios geológicos.

**COD\_UNIGEO (CÓDIGO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL)** – Sigla da unidade geológico-ambiental.

**UNIGEO (DESCRIÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL)** – As unidades geológico-ambientais foram agrupadas com características semelhantes do ponto de vista da resposta ambiental a partir da subdivisão dos domínios geológico-ambientais e por critérios-chaves descritos anteriormente.

**DEF\_TEC (DEFORMAÇÃO TECTÔNICA/DOBRAMENTOS)** – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

**CIS\_FRAT (TECTÔNICA FRATURAMENTO/CISLHAMENTO)** – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

**ASPECTO (ASPECTO TEXTURAIIS E ESTRUTURAIIS)** – Relacionado às rochas ígneas e/ou metamórficas que compõem a unidade geológico-ambiental.

**INTEMP\_F (RESISTÊNCIA AO INTEMPERISMO FÍSICO)** – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas sãs que compõe a unidade geológico-ambiental.



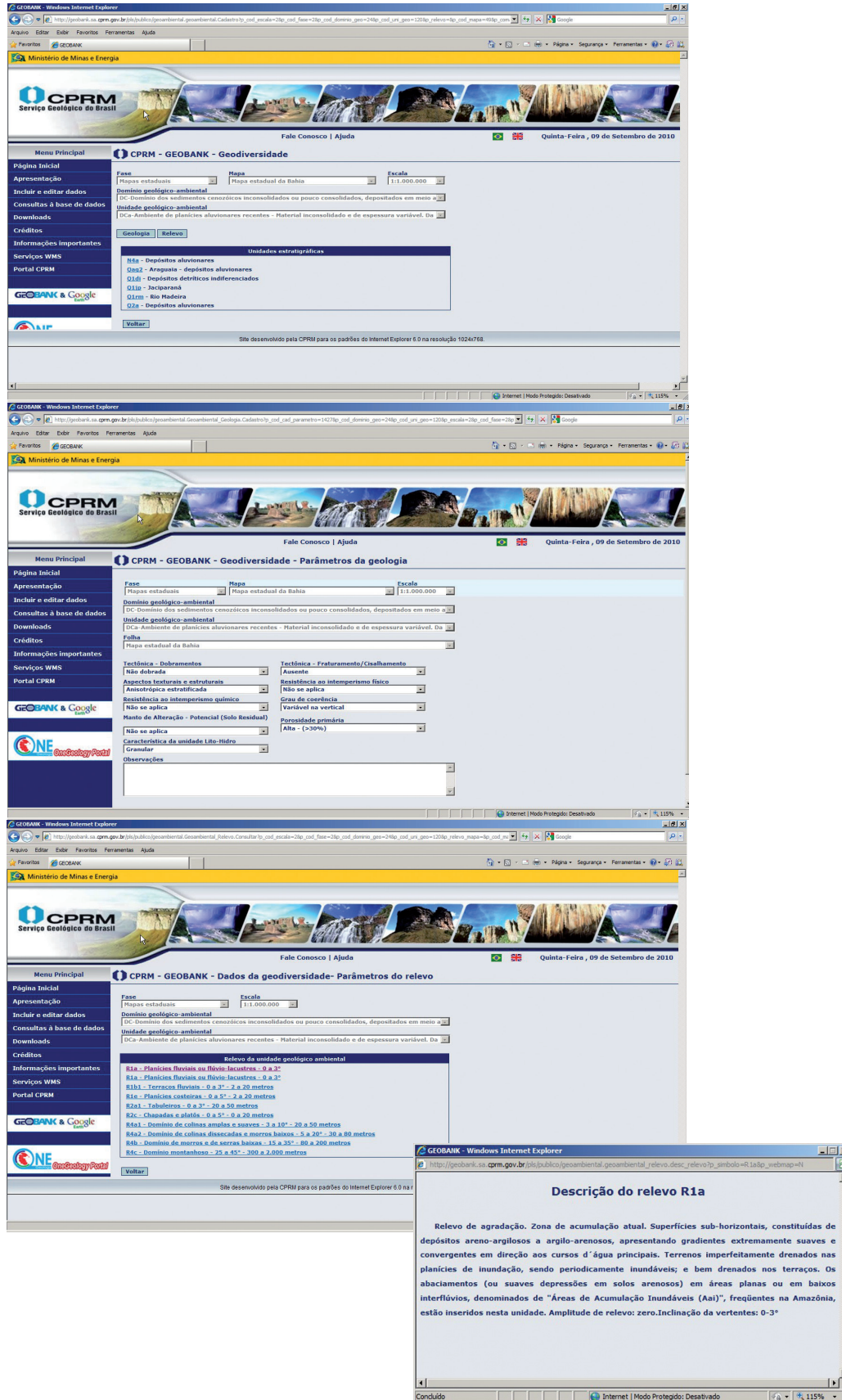


Figura 5.8 - Fluxograma simplificado da base Geodiversidade (GEObank). Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.



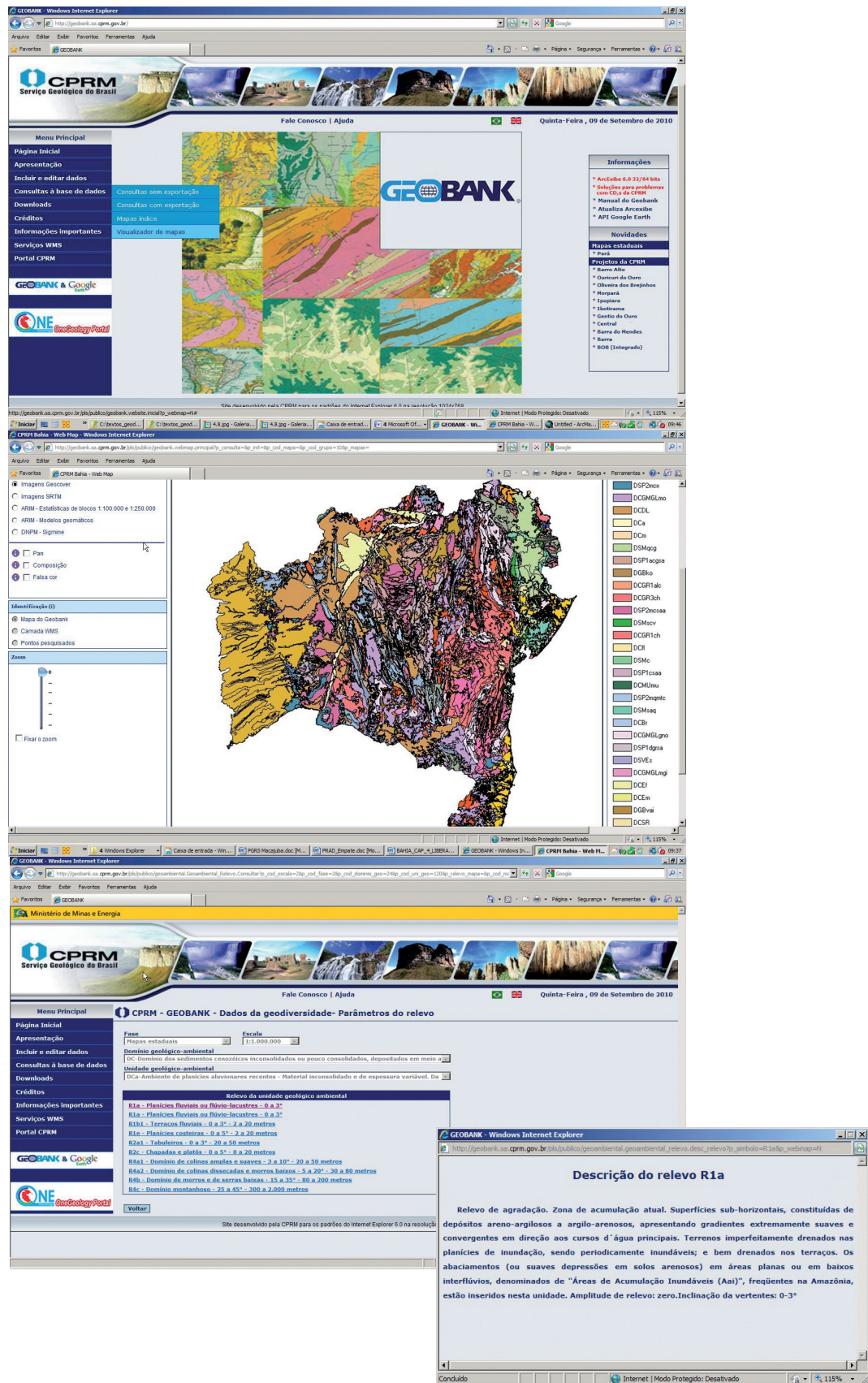


Figura 5.9 - Módulo Web Map de visualização dos arquivos vetoriais/base de dados (GEOBANK).  
Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

**INTEMP\_Q (RESISTÊNCIA AO INTEMPERISMO QUÍMICO)** – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas sãs que compõe a unidade geológico-ambiental.

**GR\_COER (GRAU DE COERÊNCIA DA(S) ROCHA(S) FRESCA(S))** – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

**TEXTURA (TEXTURA DO MANTO DE ALTERAÇÃO)**  
– Relacionado ao padrão textural de alteração da rocha ou ao grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

**PORO\_PRI (POROSIDADE PRIMÁRIA)** – Relacionado à porosidade primária da rocha ou do grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

**AQUÍFERO (TIPO DE AQUÍFERO)** – Relacionado ao tipo de aquífero que compõe a unidade geológico-ambiental.

**COD\_REL (CÓDIGO DOS COMPARTIMENTOS DO RELEVO)** – Siglas para a divisão dos macrocompartimentos de relevo.

**RELEVO (MACROCOMPARTIMENTOS DO RELEVO)**  
– Descrição dos macrocompartimentos de relevo.

**GEO\_REL (CÓDIGO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL + CÓDIGO DO RELEVO)** – Sigla da nova unidade geológico-ambiental, fruto da composição da unidade geológica com o relevo. Na escala 1:1.000.000 é o campo indexador que liga a tabela aos polígonos do mapa e ao banco de dados (é formada pelo campo **COD\_UNIGEO + COD\_REL**).

**OBS (CAMPO DE OBSERVAÇÕES)** – Campo-texto onde são descritas todas as observações consideradas relevantes na análise da unidade geológico-ambiental.

## 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.

ALBUQUERQUE, P. C. G.; SANTOS, C. C.; MEDEIROS, J. S. **Avaliação de mosaicos com imagens LandSat TM para utilização em documentos cartográficos em escalas menores que 1.50.000**. São José dos Campos: INPE, 2005. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/09.28.16.52/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2009.

BARBOSA, G. V.; FRANCO, E. M. S.; MOREIRA, M. M. A. Mapas geomorfológicos elaborados a partir do sensor radar. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 17, n. 33, p. 137-152, jun. 1977.

BARROS, R. S. et al. Avaliação do modelo digital de elevação da SRTM na ortorretificação de imagens Spot 4: estudo de caso: Angra dos Reis, RJ. In: SIMPÓSIO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIA DA

GEOINFORMAÇÃO, 1., 2004, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2004. 1 CD-ROM.

CANADÁ. Natural Resources Canada. **Natural resources Canada**, 2004. Disponível em: <[http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/index\\_e.php](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/index_e.php)>. Acesso em: 21 dez. 2009.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: sistema de informações geográficas (SIG). Brasília: CPRM, 2004. 41 CD-ROMs. Programa Geologia do Brasil.

\_\_\_\_\_. **Geologia e recursos minerais do estado do Pará**: sistema de informações geográficas (SIG). Escala 1: 1:000.000. Rio de Janeiro: CPRM, 2006. 1CD-ROM. Programa Geologia do Brasil: integração, atualização e difusão de dados da geologia do Brasil. Mapas geológicos estaduais.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. Imagens CBERS + imagens SRTM + mosaicos GeoCover Landsat. Ambiente Spring e TerraView: sensoriamento remoto e geoprocessamento gratuitos aplicados ao desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. 1 CD-ROM.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrología subterránea**. 2 ed. Corrigida. Barcelona: Omega, 1983. Tomo I. 1157 p. il.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

LATRUBESSE, E.; RODRIGUES, S.; MAMEDE, L. Sistema de classificação e mapeamento geomorfológico: uma nova proposta. **GEOSUL**, Florianópolis, v. 14, n. 27, p. 682-687, 1998.

MEIS, M. R. M.; MIRANDA, L. H. G; FERNANDES, N. F. Desnívelamento de altitude como parâmetros para a compartimentação do relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982. **Anais...** Salvador: SGB, 1982, v. 4, p. 1459-1503.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Ed). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. 587 p.

PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA M. A.; PIRES NETO, A. G.; ALMEIDA, F. F. M. O conceito de sistemas de relevo aplicado ao mapeamento geomorfológico do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. **Atas...** Rio Claro: SBG Núcleo Sul, 1979, v. 2, p. 253-262.

RAMOS, M. A. B. et al. Proposta para determinação de atributos do meio físico relacionados às unidades geológicas, aplicado à análise geoambiental. In: OFICINA INTERNACIONAL DE ORDENAMENTO TERRITORIAL E MINEIRO: subsídios ao mapeamento geoambiental, no contexto do LGB e do patrimônio geomineiro, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CPRM, 2005. 1 CD-ROM.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP**, São Paulo, v. 10, p. 41-59, 1996.

THEODOROVICZ, Antonio; THEODOROVICZ, Angela Maria de Godoy; CANTARINO, Sonia da Cruz. **Estudos geoambientais e geoquímicos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo**. São Paulo: CPRM, 2002. 1 CD-ROM.

THEODOROVICZ, A. et al. **Projeto paisagens geoquímicas e geoambientais do vale do**

**Ribeira**. São Paulo: CPRM; UNICAMP; FAPESP, 2005.

THEODOROVICZ, A. et al. **Projeto médio Pardo**. São Paulo: CPRM, 2001.

THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, A. M. de G.; CANTARINO, S. da C. **Projeto Curitiba**: informações básicas sobre o meio físico: subsídios para o planejamento territorial. Curitiba: CPRM, 1994. 109 p. 1 mapa color. Escala 1:100.000.

TRAININI D. R. et al. **Carta geoambiental da região hidrográfica do Guaíba**. Porto Alegre: CPRM; FEPAM; PRÓ-GUAÍBA, 2001.

TRAININI, D.R.; ORLANDI FILHO, V. **Mapa geoambiental de Brasília e entorno**: ZEE-RIDE. Porto Alegre: CPRM; EMBRAPA; Consórcio ZEE Brasil; Ministério da Integração, 2003.

# 6

## GEODIVERSIDADE: ADEQUABILIDADES/ POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES FRENTE AO USO E À OCUPAÇÃO

Xafi da Silva Jorge João (*xafi.joao@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	73
Leitura do Mapa das Unidades Geológico-Ambientais .....	73
Adequabilidades e Limitações ao Uso e Ocupação das Unidades Geológico-Ambientais .....	74
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados, Depositados em Meio Aquoso (DC) .....	74
Unidade Planície Aluvionar Recente (DCA) .....	75
Unidade Depósitos Mistos Marinho-Continentais (DCM) .....	76
Unidade Depósitos Flúvio-Lacustres (DCFL) .....	77
Domínio das coberturas cenozoicas detrito-lateríticas (DCDL) .....	78
Unidade dos Depósitos detrito-lateríticos (DCDL).....	78
Unidade do horizonte laterítico in situ (DCDLI).....	79
Domínio dos sedimentos cenozoicos pouco a moderadamente consolidados associados a tabuleiros (DCT) .....	80
Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversa (arenito, siltito, argilito e cascalho) (DCT) .....	80
Domínio das coberturas sedimentares e vulcanossedimentares mesozoicas e paleozoicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise – ambientes deposicionais: continental, marinho, desértico, glacial e vulcânico (DSVMP) .....	81
Predomínio de arenitos a arenitos caulíníticos (DSVMPac) .....	81
Intercalações de sedimentos arenosos, síltico-argilosos e folhelhos. (DSVMPasaf).....	82

Arenitos, conglomerados, tilitos e folhelhos (DSVMPactf) .....	83
Domínio dos complexos alcalinos intrusivos e extrusivos, diferenciados do terciário, mesozoico e proterozoico (DCA).....	84
Série alcalina saturada e alcalina subsaturada (sienitos, quartzossienitos, traquitos, nefelina sienitos, sodalita sienitos etc.) (DCAalc) .....	84
Sequências vulcanossedimentares proterozoicas dobradas metamorfizadas de baixo a alto grau (DSVP2).....	85
Predomínio de Quartzito (DSVP2q).....	86
<i>Metacherts</i> , metavulcânicas, formações ferríferas e/ou formações manganésíferas, metacalcários, metassedimentos arenosos e síltico-argilosos (DSVP2vfc); Predomínio de rochas metabásicas e metaultramáficas (DSVP2bu); Metarenitos, <i>metacherts</i> , metavulcânicas ácidas a intermediárias, formações ferríferas e/ou manganésíferas (DSVP2avf).....	87
Domínio das sequências vulcanossedimentares tipo <i>greenstone belt</i> , arqueano até o mesoproterozoico (DGB).....	86
Sequência vulcânica komatiítica, associadas a talco-xistos, anfibolitos, <i>cherts</i> , formações ferríferas e metaultrabasitos (DGBko) e Predomínio de sequência sedimentar (DGBss).....	89
Domínio dos corpos máficos-ultramáficos (DCMU) .....	90
Série básica e ultrabásica (Gabro e anortosito etc) (DCMUbu); Série máfico-ultramáfica (Dunito, peridotito etc) (DCMUmu) .....	90
Complexos granitoides não deformados (DCGR1) .....	91
Séries graníticas alcalinas (DCGR1alc), Associações Charnockiíticas (DCGR1ch), Indeterminado (DCGR1in) e Séries graníticas sub-alcalinas (DCGR1salc) .....	91
Complexos granitoides deformados (DCGR2) .....	93
Séries graníticas alcalinas (DCGR2alc).....	93
Complexos granitoides intensamente deformados: ortognaisses (DCGR3).....	94
Associações charnoquíticas (DCGR3ch), Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas (DCGR3salc) e Indeterminado (DCGR3in).....	94
Complexo granito-gnaiss-migmatítico e granulitos (DCGMGL) .....	96
Gnaiss-granulito paraderivado. Podem conter porções migmatíticas (DCGMGLglp), Gnaiss granulítico ortoderivado. Podem conter porções migmatíticas (DCGMGLglo), Predomínio de gnaisses ortoderivados. Podem conter porções migmatíticas (DCGMGLgno) e Anfibolitos (DCGMGLlaf) .....	96
Referências.....	98



## INTRODUÇÃO

O conceito de Geodiversidade é relativamente recente e segundo a CPRM (2006) é o estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composições, 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 geoturístico.

Pela proposta da CPRM em 2006 (CPRM, op. cit.) a base de informação para o entendimento da geodiversidade está fundamentada na divisão do território em geossistemas ou Domínios Geológico-Ambientais. Estes domínios foram subdivididos em Unidades Geológico-Ambientais que buscam reunir unidades litológicas ou litoestratigráficas que apresentam características semelhantes frente ao uso e ocupação do terreno.

Para o estado do Amapá foi proposta uma divisão de seu território em 12 Domínios e 30 Unidades Geológico-ambientais, sendo descritas em função de suas adequabilidades e limitações frente a obras de engenharia, ao uso para agricultura, fontes poluidoras, potencialidade mineral e para água subterrânea e sítios favoráveis ao geoturismo. Os critérios utilizados para classificar os geossistemas do território estadual em domínios geológico-ambientais e suas subdivisões se basearam no agrupamento de conjuntos litoestratigráficos – a partir do Mapa Geológico ao Milionésimo do Estado do Amapá (no prelo) – de com-

portamento semelhante nas questões relativas ao uso e ocupação do meio físico.

Com seu conteúdo, o Mapa Geodiversidade do Estado do Amapá disponibiliza informações para políticas macrorregionais visando o planejamento, a gestão e o ordenamento do território, em que os aspectos ambientais traduzem a influência da diversidade geológica nas adequabilidades e limitações dos terrenos. O texto a seguir apresenta os geossistemas formadores do território amapaense (Domínios e Unidades Geoambientais) numa sequência ao longo do tempo geocronológico registrado no substrato crustal do estado do Amapá, destacando seus aspectos relevantes sobre a potencialidade e limitações de cada unidade geoambiental, para serem consideradas nas políticas e planejamentos macrorregionais.

## LEITURA DO MAPA DAS UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS

No Mapa Geodiversidade do Estado do Amapá cada unidade geológico-ambiental tem sua representação gráfica materializada por uma determinada composição de cor. Foram utilizadas variações de tonalidade de uma cor para representar unidades que pertençam a um mesmo domínio geológico-ambiental. Por exemplo: variação na tonalidade amarela representam unidades pertencentes ao DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS, OU POUCO CONSOLIDADOS, DEPOSITADA EM MEIO AQUOSO – DC (Figura 6.1).

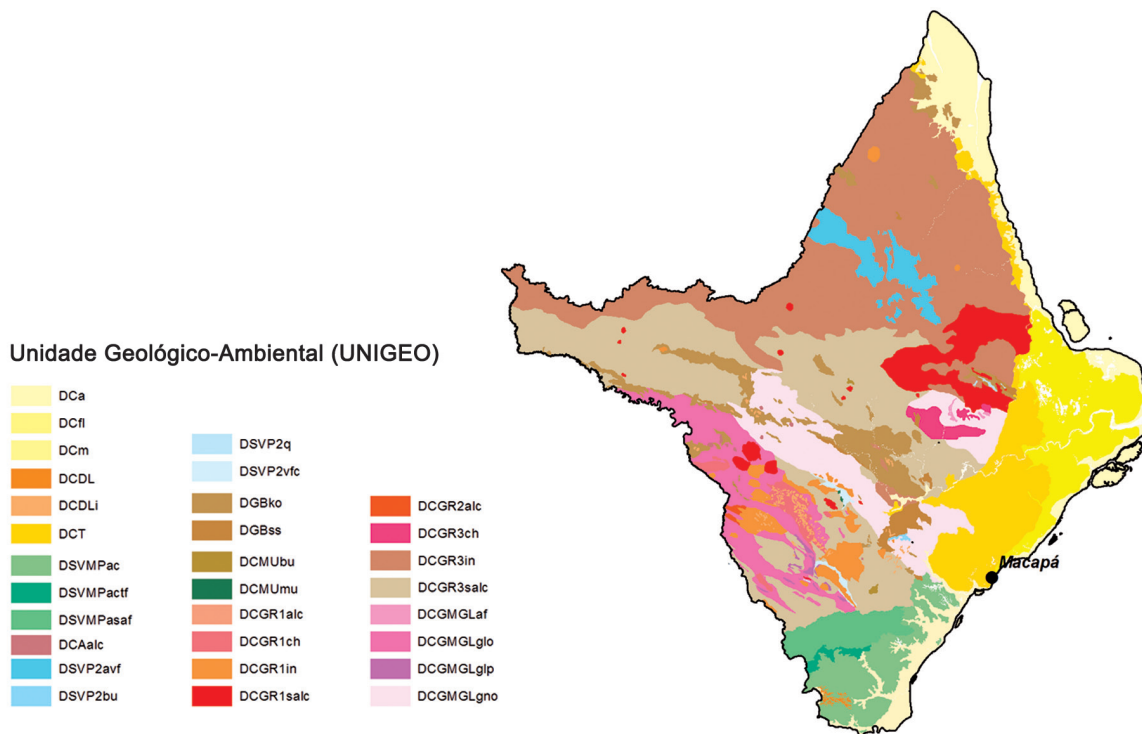


Figura 6.1 - Unidades Geológico-Ambientais do estado do Amapá. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Cada unidade geológico-ambiental está representada no mapa através de uma sigla composta por números e letras, onde os números correspondem às unidades geológico-ambientais, e as letras aos diversos padrões de relevo presentes na unidade geológico-ambiental (Figura 6.2). Desta forma temos, por exemplo: sigla 1a, onde o numeral “1” corresponde à unidade geológico-ambiental Planície aluvionar recente (ver Apêndice 1) e a letra “a” corresponde à forma de relevo Planícies fluviais ou flúvio-lacustres (ver Apêndice II).

Cada unidade geológico-ambiental foi descrita em função das suas limitações e adequabilidades frente ao uso e ocupação em relação às obras de engenharia, agricultura, recursos hídricos, fontes poluidoras e potencial mineral e geoturístico.

### ADEQUABILIDADES E LIMITAÇÕES AO USO E OCUPAÇÃO DAS UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS

#### Domínio dos sedimentos cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquoso (DC)

É representado pelos terrenos mais recentes constituídos por sedimentos inconsolidados de idade quaternária depositados pelo sistema fluvial em diferentes contextos

deposicionais, com destaque para o ambiente flúvio-lacustre e para a formação de grandes e extensivas áreas de várzeas.

Este domínio contempla as unidades geológico-ambientais planícies aluvionares recentes (DCa), depósitos mistos marinho- continentais (DCm) e depósitos flúvio-lacustres (DCfl) que ocupam a maior parte do extremo oriental do estado do Amapá (Figura 6.3).

As planícies aluvionares representadas pelos depósitos alúvio-coluvionares constituem terrenos ocupando as áreas topograficamente mais depressivas, dispendo-se por grandes extensões, decorrente do adensamento da hidrografia estadual. Os pacotes de sedimentos inconsolidados são representados, principalmente, por camadas de areia, silte, argila e cascalho, não muito espessos e com grande distribuição areal, atingindo dezenas de quilômetros de largura e extensão, principalmente ao longo dos rios que integram o sistema de tributários de primeira e segunda ordens da bacia do Amazonas (Figura 6.4).

Os depósitos mistos marinho-continentais são representados por sedimentos arenosos como intercalações irregulares associadas a outras intercalações de sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica como exemplificados pelas áreas de manguezais (Figura 6.5).

Os depósitos flúvio-lacustres, representados pelos depósitos litorâneos, precedem a deposição das planícies e terraços aluvionares e ocorrem com expressividade na

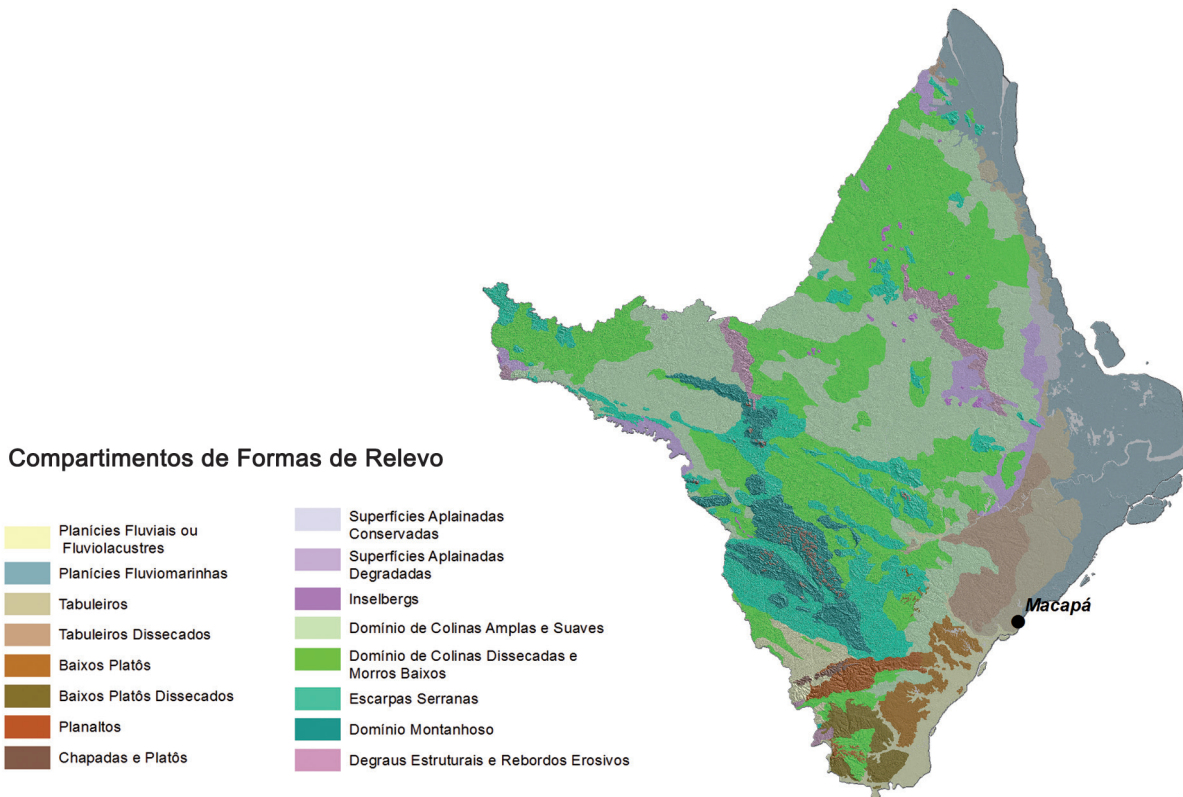
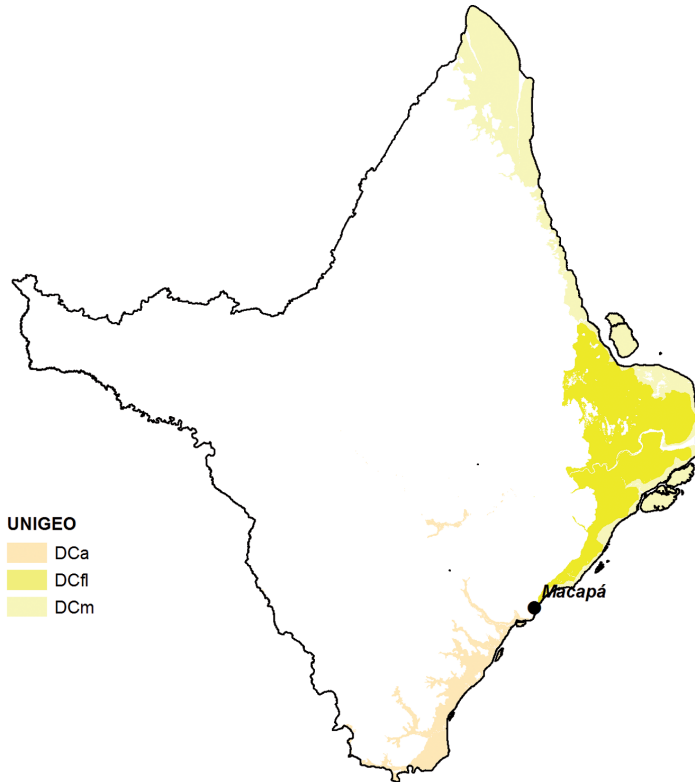


Figura 6.2- Formas de relevo presentes no estado do Amapá sobre relevo sombreado elaborado a partir de dados do SRTM. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

região nordeste do estado, construindo um espesso pacote sedimentar associado à bacia do Marajó.

Em relação a adequabilidade e limitações de seu uso são influenciáveis pela dinâmica fluvial, com destaque para as várzeas extremamente férteis para a agricultura, porém periodicamente inundáveis. Neste domínio destacam-se,



**Figura 6.3** - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DC. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

também, os recursos minerais, sobretudo os relacionados à construção civil; o potencial hidrogeológico; inúmeros trechos com problemas de risco hidrológico ou de suscetibilidade a desastres naturais, tais como as enchentes, as inundações, alagamentos e erosões, que afetam um grande número dos municípios amapaenses, além de inúmeras áreas de grande beleza cênica com a formação de praias fluviais e marinhas. Incorporam, ainda, importantes registros arqueológicos e áreas consideradas como de relevante interesse mineral.

### Unidade Planície Aluvionar Recente (DCa)

- Obras de engenharia

Terrenos com predominância, em toda a sua extensão, de solos e sedimentos inconsolidados, horizontalizados com boa homogeneidade mecânica e hidráulica lateral. Relevo suavizado e estabilizado com muito baixa suscetibilidade à erosão e nulo potencial de movimentos naturais de massas. Terrenos planos representados por uma sucessão de camadas ou níveis dispostos horizontalmente, de natureza arenosa, argilosa e com leitos de cascalho nas porções mais basais. Trata-se de pacotes não muito espessos constituídos por materiais de baixa resistência ao corte e à penetração, de fácil remoção por maquinário de médio porte. As camadas argilosas quando submetidas à saturação hídrica apresentam baixa capacidade de suporte de carga do solo, sendo vulneráveis a rupturas em fundações e pavimentos viários. Com baixo grau de coerên-



**Figura 6.4** - Planícies flúvio-marinha do rio Amazonas em seu estuário com inúmeras ilhas flúvias. Extensa áreas de desenvolvimento de mangues, centro de Macapá (AP).  
Fotografia: Acervo do projeto, 2011.



**Figura 6.5** - Sítio urbano da cidade de Apapá sobre superfície dos tabuleiros no contato com a vasta planície flúvio-marinha do leste do Estado. Ambiente de macro-marés da planície lamosa (mud-flat) do rio Apapá Grande. Vegetação típica de mangue (Macapá – AP).  
Fotografia: Acervo do projeto, 2011.



cia e litificação, o empilhamento dessas camadas mostra sedimentos inconsolidados com características mineralógicas distintas e com comportamentos geométricos e hidráulicos moderadamente contrastantes, com comportamento de alta desestabilização em paredes laterais expostas por erosão e/ou escavação. Anualmente, entre os meses de dezembro a junho, essas planícies são inundáveis em função do período de cheias dos rios, ocorrendo, comumente, o assoreamento dos canais fluviais pelos processos erosivos. Dificuldades de escavação pela baixa coesão do material e nível d'água raso. Frequentes solapamentos, alagamentos, inundações e enchentes cíclicas de longa duração, nas áreas próximas das margens dos rios. Solos e sedimentos ricos em matéria orgânica, mantendo-se excessivamente encharcados em grande parte do ano, propiciando a formação de ácidos bastante corrosivos, danificando os materiais de obras enterradas, sobretudo quando associados a lençóis freáticos rasos. Áreas que mostram a existência de cascalhos, blocos e matacões de rochas duras e abrasivas, são inadequadas à execução de escavações, à colocação de estacas e à perfuração com sondas rotativas. As camadas de argila saturadas em água, quando descompressionadas durante as escavações, podem provocar colapsos às suas proximidades. Como esses terrenos são quase planos com baixíssima declividade, os escoamentos superficiais e subsuperficiais são precários, com lenta circulação das águas, e consequente alto potencial de alagamentos e poças d'água.

- Agricultura

O padrão de relevo predominante nesta unidade é plano com baixa densidade de canais de drenagem e baixo potencial de erosão hídrica, ocorrendo acúmulo de água nas cotas mais baixas. Os solos desenvolvidos sobre esta unidade – por sua morfoestrutura – são periodicamente inundáveis e mal drenados, ricos em matéria orgânica, bastante porosos, com boa fertilidade natural e alta capacidade de reter e fixar nutrientes. Esses solos se mostram inadequados ao plantio de culturas perenes ou espécies de raízes profundas e difíceis de serem mecanizados nas épocas mais chuvosas.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável com reservatórios de grande importância para a região, de exploração fácil e barata, mas pouco espessos. Sedimentos com excelentes características hidrodinâmicas, de boa homogeneidade lateral, formando aquíferos sedimentares porosos, com grande expressividade areal, expostos muito próximos à superfície, sendo uma excelente fonte de água doce de fácil exploração. Esse domínio apresenta bom potencial para aproveitamento de água subterrânea, pela facilidade de perfuração e escavação, com investigações de baixo custo e em menor tempo. Aquíferos situados em áreas de alta favorabilidade à recarga pela proximidade de rios, riachos e lagos e com grande capacidade de infiltração. Essas pla-

nícies aluvionares recentes, conhecidas como várzeas dos rios são compostas por terrenos de grande importância hídrica, recarregando as águas subterrâneas. Presença de camadas argilosas funcionando como barreira à propagação e disseminação de eventuais contaminantes. Em algumas situações ou localizações as águas apresentam-se com alto teor em matéria orgânica ou com características salobras, impróprias ao consumo humano.

- Fontes poluidoras

Constituído por empilhamentos de sedimentos inconsolidados porosos e com um lençol freático sub-afflorante, o terreno torna-se bastante suscetível a contaminantes superficiais e à infiltração de poluentes no lençol freático. O material argiloso quando presente sob a forma de lentes e camadas atua como excelente barreira à propagação dos contaminantes, impedindo muitas vezes a dispersão dos elementos no subsolo, garantindo proteção ao lençol freático. Presença de sedimentos ricos em matéria orgânica que podem conferir alteração no odor e sabor da água.

- Potencial mineral

As planícies aluvionares recentes representam um ambiente metalogenético favorável à acumulação de areia, seixo e argila, utilizados como substâncias de emprego imediato na construção civil. A extração geralmente rudimentar e sem preocupação ambiental ocorre nos igarapés e nas proximidades das sedes municipais ou ao longo de rios como Macapá, Porto Grande, Ferreira Gomes, Araguari e tributários.

Localmente, existência de turfeiras de baixo poder calorífero, inviável para o aproveitamento energético, porém utilizável no setor agrícola. Potencial à acumulação e à concentração mecânica aluvionar de ouro, cassiterita, tantalita-columbita e demais minerais pesados e algumas gemas (ametista, turmalina, água-marinha, diamante e topázio).

- Potencial geoturístico

Atrativos geoturísticos representados pelo ambiente dos arquipélagos, rios e de transição entre ecossistemas aquáticos e terrestres. Presença de lagos, paranás e igarapés e inúmeros ambientes praianos, fluviais e marinhos, sobretudo na época de verão.

### Unidade Depósitos Mistos Marinho-Continentais (DCm)

- Obras de engenharia

Solos e sedimentos inconsolidados de baixa resistência ao corte e à penetração. Camadas horizontalizadas com boa homogeneidade geomecânica e hidráulica lateral. Relevo suavizado e estabilizado com muito baixa suscetibilidade à erosão e nulo potencial de movimentos naturais de massa.

Existência de espessos depósitos de areia muito friável, sujeita ao fenômeno da liquefação (tipo areia movediça).

Dificuldades de escavação pela baixa coesão do material e nível d'água raso. Configuração morfoestrutural favorável a que o sistema de drenagem seja de baixa energia em que os rios estão mais depositando do que escavando. Franco e acelerado processo de assoreamento. Terrenos planos com baixa declividade e baixo escoamento superficial e subsuperficial favorecendo a formação de poças d'água e alagamentos.

- Agricultura

Terras mecanizáveis com maquinário motorizado nas áreas mais planas e nas épocas secas, aptas para culturas adaptadas às condições de textura arenosa. Boa potencialidade para culturas de ciclo curto ou adaptadas ao alagamento. Manguezais extensivos para cata artesanal. Ambientes de deposição de solos e matéria orgânica transportados pelas enchentes dos rios. Solos com fertilidade natural renovada periodicamente. Solos geralmente ricos em matéria orgânica, bastante porosos, de boa fertilidade natural e com alta capacidade de reter e fixar nutrientes, respondendo bem à adubação.

Os solos com predomínio de coberturas arenosas friáveis são bastante erosivos e excessivamente permeáveis com baixa fertilidade natural e baixa capacidade de reter e fixar nutrientes. Esses solos arenosos respondem mal à adubação e são excessivamente ácidos. Ambiente situado na região costeira e próximo à linha de costa, onde os solos podem apresentar problemas de salinidade elevada. Solos mal drenados, inadequados para o plantio de culturas perenes ou espécies de raízes profundas, sendo periodicamente inundáveis. Drenabilidade superficial e subsuperficial deficientes.

- Recursos hídricos

Relevo horizontalizado, em nível topográfico mais elevado, preservado das cheias periódicas e com o lençol freático pouco mais rebaixado. Existência de camadas de sedimentos arenosos e cascalhos bastante permeáveis e porosos intercalados com sedimentos argilosos. Camadas de bom potencial armazenador e circulador de água com boa homogeneidade e expressividade hidrodinâmica lateral. Aquíferos superficiais compostos por sedimentos inconsolidados de fácil e barata exploração. Camadas sedimentares arenosas e inconsolidadas expõem aquíferos porosos ou muito próximos da superfície e suscetíveis à incorporação de matéria orgânica, emprestando odor desagradável às águas. Por sua localização na região costeira, as águas subterrâneas podem ser salobras como decorrência da interferência da água do mar.

- Fontes poluidoras

Considerando que na maior parte desses terrenos, o lençol freático pode ser aflorante ou situar-se muito próximo da superfície, tendo como consequência uma alta vulnerabilidade aos contaminantes superficiais. Ambiente marcado pela existência de grandes parcelas permanente-

mente encharcadas e de solos e sedimentos orgânicos que liberam ácidos corrosivos.

- Potencial mineral

Ambiente favorável para a extração de areia, argila e turfa para fins industriais e para a construção civil, cuja exploração, contudo, é restrita, podendo estar incorporado às Unidades de Conservação.

- Potencial geoturístico

Possibilidade da existência de água lamosa com propriedades medicinais dermatológicas.

### Unidade Depósitos Flúvio-Lacustres (DCfl)

- Obras de engenharia

Terrenos com boa homogeneidade mecânica e hidráulica lateral. Baixa a moderada resistência ao corte e à penetração. Solo e manto de alteração espesso. Nas áreas em que o padrão de relevo mostra amplitude e declividade suavizadas, o potencial erosivo é baixo com reduzidas probabilidades da ocorrência de movimentos naturais de massa.

Predomínio de solos de baixa capacidade de suporte e de sedimentos inconsolidados em que as edificações podem apresentar problemas de trincamentos e abatimentos. Sedimentos pouco consolidados com alta friabilidade vulneráveis à formação de depressões e ravinamentos, com taludes instáveis. Sedimentos empilhados com características granulométricas e composicionais diferentes resultando em descontinuidades geomecânicas e hidráulicas verticais contrastantes. Baixa capacidade de suporte com saturação em água. Alta deformação quando submetidos a cargas elevadas, sujeita a abatimentos. Plintitos e petroplintitos com diferentes resistências físico-mecânicas ao corte e à penetração.

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas planas e/ou sub-horizontalizadas com baixo conteúdo de componentes arenosos. Agrícolas pela aplicação de substâncias corretivas e de insumos fertilizantes. Boa potencialidade para culturas de ciclo curto. Pastagens adaptadas ao encharcamento.

Solos mal drenados (Gleissolos Háplicos eutróficos) com baixa fertilidade natural e com excesso de sais (Gleissolos Salinos). Solos com baixa fertilidade natural. Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais quartzo-arenosas. Baixa capacidade de suporte (solos moles). Terrenos sujeitos a prolongados períodos de inundação. Obras enterradas sujeitas à corrosão devido à ocorrência de solos salinos ou sulfurosos (Gleissolos Tiomórficos). Ocorrência de vastas áreas de mangues, que consistem em APPs.

- Recursos hídricos

Pacotes sedimentares pouco a moderadamente consolidados contendo estratos arenosos, argilosos e de cascalhos com grande potencial armazenador e circulador de águas, possuindo boa homogeneidade e hidrodinâmica lateral. Ge-



omorfologia favorável à existência de aquíferos subsuperficiais. Águas com bom volume e de boa qualidade, quando não captadas dos níveis ricos em matéria orgânica ou ferro.

- Fontes poluidoras

Moderada a baixa vulnerabilidade à contaminação hídrica. Aquíferos porosos e permeáveis, resultantes da intercalação de estratos arenosos e conglomeráticos semiconsolidados aumentam o grau de vulnerabilidade à contaminação. Materiais argilo-arenosos provocam variadas taxas de infiltração.

- Potencial mineral

Camadas de argila utilizadas na confecção de tijolos e com potencial para cerâmica branca. Uso das concreções ferruginosas como substrato de estradas e na construção civil local.

Potencial geoturístico – Nas margens de alguns rios são observados sítios arqueológicos contendo objetos cerâmicos como o Stonehenge de Calçoene. Nos períodos menos chuvosos, formam-se áreas praianas de grande beleza cênica.

### Domínio das coberturas cenozoicas detrítico-lateríticas (DCDL)

Representa depósitos ou camadas de sedimentos semiconsolidados com moderada litificação oriundos de uma fase de retrabalhamento erosivo de rochas subjacentes com pequeno transporte fluvial. São coberturas geralmente horizontalizadas a sub-horizontalizadas, resultantes do forte intemperismo químico ocorrente em todo o estado do Amapá, e provocados pelas grandes variações climáticas regionais. Esses processos de lateritização como extensas coberturas paleógenas, litificadas ou não, desenvolveram-se sobre os mais variados tipos litológicos que constroem o substrato litológico amapaense. Exposições expressivas são ocorrentes ao longo da rodovia Macapá-Oiapoque, Porto Grande-Serra do Navio e Macapá-Laranjal do Jari em que morros e platôs são topograficamente sustentados por essas coberturas lateríticas (Figura 6.6). Incorpora as unidades geológico-ambientais Depósitos detrítico-lateríticos (DCDL), o qual representa a cobertura laterítica imatura, e o Horizonte laterítico in situ (DCDLi), que representa a cobertura laterítica madura.

#### Unidade dos Depósitos detrítico-lateríticos (DCDL)

- Obras de engenharia

Superfícies aplainadas a suavemente onduladas, variando nas características geomecânicas em espessura e laterali-

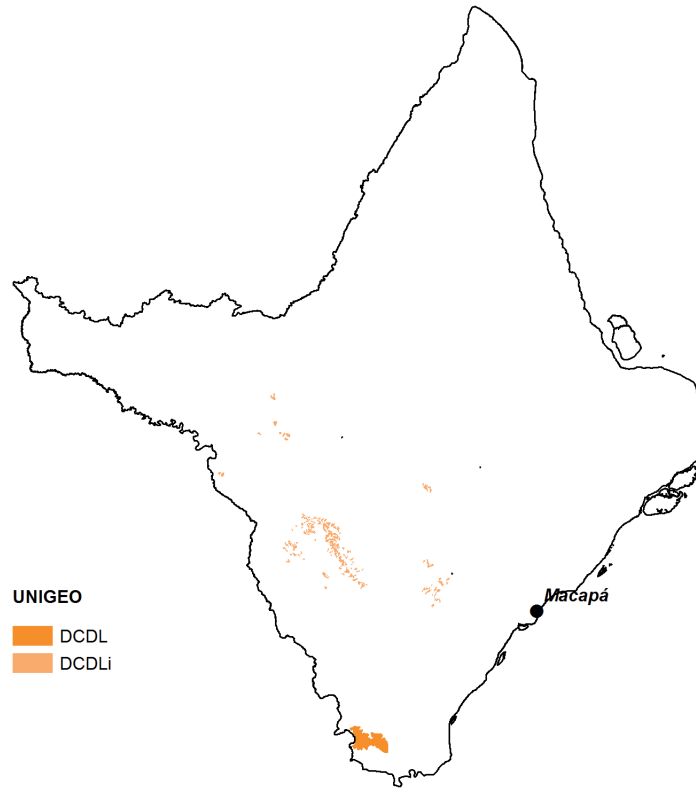


Figura 6.6 - localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DCDL. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

dade, em grau de consolidação e em dureza com moderada capacidade de suporte e moderada resistência ao corte e à penetração. Geralmente constituem perfis pedológicos representados, da base para o topo, pelos horizontes saprolíticos (rocha alterada), mosqueados, concrecionários e crosta laterítica ferruginosa. Inclusos nesses perfis são frequentes as ocorrências de níveis centimétricos de linhas de pedra. Protocrostas lateríticas iniciam a proteção aos processos erosivos. Afloramentos algo irregulares com seus componentes rochosos distribuídos aleatoriamente, provocando algumas limitações para escavações e sondagem rotativas.

- Agricultura

Áreas planas suscetíveis de mecanização com solo moderadamente espesso, aceitáveis para uso agrícola, quando submetidas a tratamento corretivo e aplicação de fertilizantes. Baixa fertilidade natural com solos moderadamente espessos incorporando protoconcreções ferruginosas com desenvolvimento de incipiente plintossolo pétrico.

- Recursos hídricos

Baixo a moderado potencial hidrogeológico, com águas de baixa qualidade, inadequadas para o consumo humano, geralmente enriquecidas em Fe e Al, provocando alteração no sabor e riscos à saúde.

- Fontes poluidoras

Moderada a alta vulnerabilidade aos processos contaminantes com coberturas pouco consolidadas, favorecendo alguma permeabilidade com pouca dispersão dos poluentes. Necessita de proteção por ser uma área com possibilidades de armazenamento e recarga dos aquíferos subjacentes.

- Potencial mineral

Ocorrências de zonas colunares e esferolíticas concrecionárias ferruginosas (hematita e goethita) incoesas. Linhas de pedras ou paleopavimentos (Figura 6.7) como lateritas alóctones, utilizáveis na construção civil e substrato de estradas. Os horizontes argilosos e mosqueados podem ser utilizados na confecção de tijolos, no preparo de argamassa e na produção de cimento do tipo portland.



**Figura 6.7** - Linhas de pedras formadas por concreções ferruginosas, associadas ao Grupo Barreiras (BR 156, Santana - AP).  
Fotografia: Acervo do projeto, 2011.

- Potencial geoturístico

Esta unidade exibe extensas superfícies aplainadas recobertas por vegetação rasa, onde se destacam na paisagem conjuntos colinosos ou grandes platôs que se destacam no relevo.

#### Unidade do horizonte laterítico in situ (DCDLi)

- Obras de engenharia

Alta capacidade de suporte e alta resistência ao corte e à penetração. Presença de crostas lateríticas são fatores de resistência aos diferentes processos erosivos (Figura 6.8). A crosta laterítica preserva diferentes formas de relevo destacadas na paisagem regional.

Rochas compactadas, com espessuras variáveis com alta coesão mostrando moderada a alta resistência ao corte e à penetração. Baixa a moderada suscetibilidade à erosão com afloramentos em forma de lajeados, blocos, matações e camadas irregularmente distribuídas em subsuperfície, sendo um fator limitativo para escavações e sondagem rotativas.



**Figura 6.8** - Espessas e extensivas concreções ferruginosas formando crosta laterítica e matações (BR 156, Calçoene - AP).  
Fotografia: Acervo do projeto, 2011.

- Agricultura

Áreas horizontalizadas, passíveis de mecanização e aptas para o uso agrícola pela aplicação de elementos corretivos e fertilizantes. Baixa fertilidade natural com plintossolos incorporando concreções lateríticas ferruginosas e, mais raramente, concreções aluminosas.

- Recursos Hídricos

Apresenta baixo a médio potencial hidrogeológico, podendo ser utilizado em localidades onde não existem alternativas de abastecimento. Constituem reservatórios pouco porosos, com o lençol freático aflorante ou próximo da superfície. Águas de baixa qualidade, inadequadas para o consumo humano, geralmente enriquecidas em Fe e Al, provocando alteração no sabor e riscos à saúde.

- Fontes poluidoras

Moderada a baixa vulnerabilidade à contaminação em que as coberturas mais litificadas dificultam a dispersão dos poluentes. Material poroso a coeso, normalmente permeável e com baixa capacidade de reter e eliminar poluentes, favorecendo a infiltração dos contaminantes.

- Potencial mineral

Concreções sílico-alumino-ferruginosas amplamente utilizadas na construção civil e revestimento de rodovias locais (piçarreiras). Horizontes argilosos utilizados na confecção de tijolos e outros produtos oleiro-cerâmicos, no preparo de argamassa e na produção de cimento portland. Potencial para existência de mineralizações de ouro, alumínio, manganês e nióbio associadas às crostas lateríticas.

- Potencial Geoturístico

Esta unidade exibe extensas superfícies aplainadas recobertas por vegetação rasa, onde se destacam na paisagem conjuntos colinosos baixos.

### Domínio dos sedimentos cenozoicos pouco a moderadamente consolidados associados a tabuleiros (DCT)

Camadas sedimentares designadas lito-estratigraficamente na geologia estadual de Grupo Barreiras acham-se bem expostas e de forma continuada, ao longo da faixa nordeste do estado do Amapá (Figura 6.9), onde são representadas por uma variedade de rochas siliciclásticas, sendo sugestiva a sua formação em sistemas de paleovales estuarinos com preenchimentos compostos. Esses estratos rochosos ocorrem em afloramentos extensos expostos, sobretudo ao longo dos cortes de estradas (Figura 6.10), bem como em feições tabuliformes (Figura 6.11).

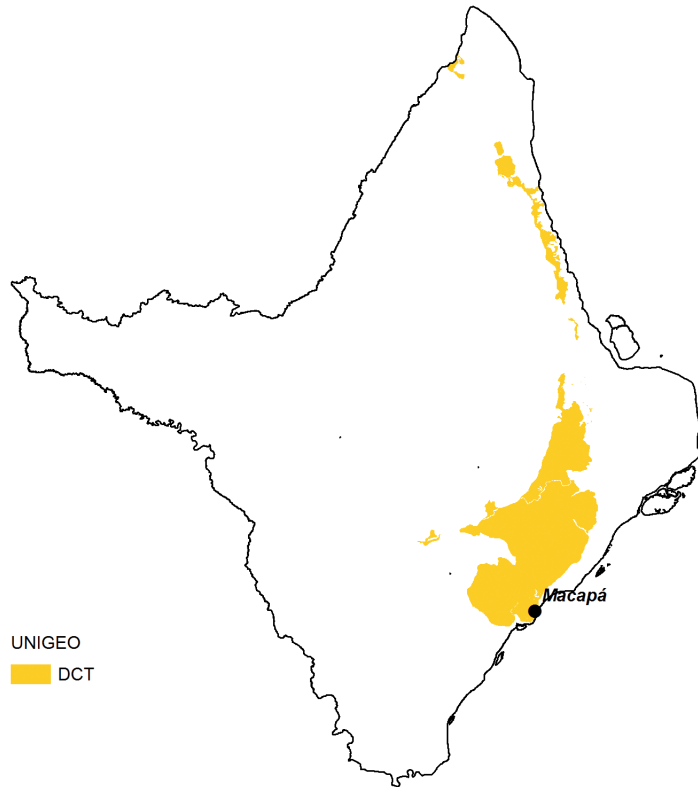
Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversa (arenito, siltito, argilito e cascalho) (DCT)

- Obras de engenharia

Baixa a moderada capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos). Espessas camadas horizontalizadas moderadamente fraturadas. Solos bastante argilosos, compactados e impermeabilizados com tendência a provocar erosão laminar, algo plásticos, bastante aderentes e escorregadios quando molhados.

- Agricultura

Superfícies tabulares de relevo plano ou suavemente ondulado, aptos à mecanização (exceto nos Plintossolos Pétricos). Solos bem drenados (Figura 6.12). Bom potencial



**Figura 6.9** - Localização da unidade geológico-ambiental presente no domínio DCT. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.



**Figura 6.10** - Estrato sedimentar siltico-argiloso com nódulos ferruginosos em leitos horizontalizados, ao longo de corte de estrada, no trecho Macapá-Laranjal do Jari (Santana - AP). Fotografia: Acervo do projeto, 2011.



**Figura 6.11** - Tabuleiros dissecados com plantio de eucalipto em larga escala, no leste do estado (Ferreira Gomes - AP). Fotografia: Acervo do projeto, 2011.

agrícola mediante o emprego de corretivos e fertilizantes. Tabuleiros francamente utilizados para silvicultura.

Solos de baixa fertilidade natural (Latosolos Amarelos distróficos, Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos), por vezes cascalhentos (Plintossolos Pétricos). Ocorrência de solos arenosos com baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes (Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos) (Figura 6.13).





**Figura 6.12** - Sedimento areno-síltico-argiloso como superfície tabular de relevo plano a suavemente ondulado, incorporando nódulos ou concreções ferruginosas, como leitos horizontais (Tartarugalzinho – AP). Fotografia: Acervo do projeto, 2011.



**Figura 6.13** - Campos de areia quartzo-feldspática em área de ocorrência da Fm. Barreiras. Desenvolvimento de Neossolos quartzarênico (Porto Grande – AP). Fotografia: Acervo do projeto, 2011.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica alta representando um aquífero de larga extensão regional com permoporosidade significativa, permitindo a circulação de água em volumes consideráveis. Os reservatórios aquíferos são descontínuos ocorrendo em diferentes profundidades e as águas mais superficiais são do tipo ferruginosa provocando alteração no sabor e riscos à saúde.

- Fontes poluidoras

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação com predomínio de siltitos, argilitos, arenitos, que apresentam moderada permeabilidade, que se alternam com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

- Potencial mineral

Abundantes concreções lateríticas que juntamente com os argilitos hospedeiros podem ser utilizados na construção civil e rodovias. Produção e comercialização de água potável de mesa a partir de aquíferos porosos confinados.

- Potencial geoturístico

Extensas áreas horizontalizadas onde se destacam tabuleiros de baixas cotas, recobertas por floresta ombrófila aberta, provocando uma beleza cênica de ampla visão de planície no horizonte.

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

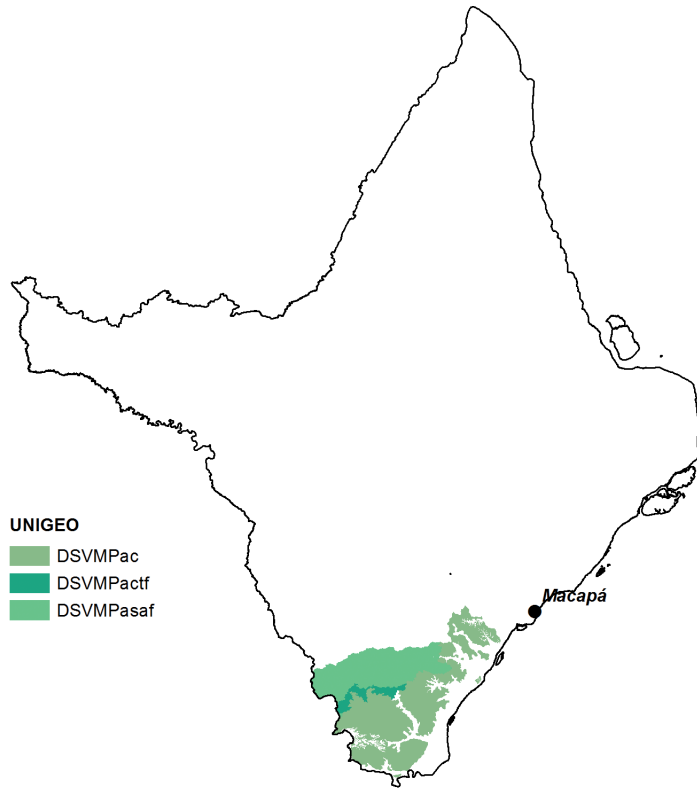
Essas coberturas sedimentares têm suas áreas de ocorrências localizadas quase que totalmente na porção sul estado do Amapá e são resultantes do processo evolutivo da bacia sedimentar do Amazonas. No curso desse processo, uma sequência de camadas rochosas sub-horizontalizadas não dobradas, pouco a moderadamente fraturada, das mais variadas composições foi depositada ao longo Paleo-mesozoico, sendo comum as presenças de arenitos, siltitos, argilitos e folhelhos (Figura 6.14). Essas litologias são agrupadas em conjuntos litoestratigráficos que recebem as designações formais de Formações Alter do Chão, Curiri, Jatapu, Ererê, Trombetas e Curuá. Este domínio é representado no estado do Amapá pelas unidades geológico-ambientais Predomínio de arenitos a arenitos caulíníticos (DSVMPac); Intercalações de sedimentos arenosos, sílticos-argilosos e folhelhos (DSVMPasaf) e Arenitos, conglomerados, tilitos e folhelhos (DSVMPactf).

Merece destaque nesse domínio a elevada favorabilidade hidrogeológica de algumas de suas unidades, constituindo importantes aquíferos da região, com destaque para a Formação Alter do Chão, além da presença de potencial mineral para minerais e agregados empregados como materiais de uso imediato na construção civil, na agricultura e nas indústrias de minerais não metálicos. Processos erosivos superficiais como ravinamentos e voçorocas são bastante comuns em cortes de estrada, provocando com frequência danos à infra-estrutura viária.

**Predomínio de arenitos a arenitos caulíníticos (DSVMPac)**

- Obras de engenharia

Alta capacidade de suporte e baixa a moderada resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos). Presença de crostas lateríticas como fator de proteção à instalação de processos erosivos. Afloramentos de espessas camadas de rochas friáveis, pouco a moderadamente fraturadas, extremamente vulneráveis à erosão. Camadas ou leitos com avançada litificação necessitam de



**Figura 6.14** - Localização da unidade geológico-ambiental presente no domínio DSVMP. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

uso de maquinário e explosivo para a remoção. As porções de vertentes íngremes e declivosas são desaconselhadas à ocupação. Maior favorabilidade à instalação de feições erosivas e movimentos de massa, com abundantes voçorocas, ravinamentos e escorregamentos.

- **Agricultura**

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e com solos mais profundos com exceção das áreas arenosas. Aptas para o uso agrícola condicionada a aplicação de corretivos e fertilizantes. Superfície plana a ondulada e topo de platôs favoráveis à mecanização agrícola. Baixa fertilidade natural, relevo acidentado nas encostas e sujeito a inundações periódicas nas áreas baixas. Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais arenosas. Solos mais suscetíveis aos processos erosivos devido ao elevado gradiente textural, principalmente nas encostas (Argissolos).

- **Recursos hídricos**

Alta favorabilidade hidrogeológica com aquíferos profundos e com grande expressão areal. As águas normalmente apresentam boa qualidade. Está sendo considerado o principal aquífero da região amazônica. Lentes de argilas e litofácies com maior grau de diagênese e litificação diminuem a sua permoporosidade. Níveis

enriquecidos em ferro alteram, localmente, a qualidade das águas subterrâneas.

- **Fonte poluidora**

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação pela presença de arenitos e conglomerados compactados e com porções caulíníticas de baixa permeabilidade e alta capacidade de reter e eliminar poluentes. Lençol freático afastado da superfície. A espessa cobertura de solo funciona como excelente manto depurador. Baixa capacidade de reter e eliminar poluentes, em que a presença de falhas/fraturas conduz mais rapidamente o poluente à água subterrânea. Nas superfícies planas a taxa de infiltração é maior, enquanto nas partes mais fortemente onduladas o lençol freático, normalmente, é mais raso, e o poder de neutralização natural dos poluentes é menor. Áreas de cabeceiras de drenagem com inúmeras nascentes, altamente vulneráveis à contaminação.

- **Potencial mineral**

Área de Relevante interesse mineral em que as litofácies de alta coerência da Formação Alter do Chão têm sido utilizadas como brita e revestimento, próximo das suas áreas de ocorrências. Potencialidade para ocorrências de bauxita e outras jazidas de caulim (em adição à mina da CADAM) relacionadas aos platôs da Formação Alter do Chão, que representa uma unidade potencial para água potável de mesa e/ou mineral. Foi criada em 1974 a CADAM, a empresa que deu início à lavra com a abertura da mina de caulim no Morro do Felipe – município de Vitória do Jari. Depósitos de areia utilizados na construção civil e argila usada para o fabrico de cerâmica vermelha podem estar relacionados à Formação Alter do Chão.

- **Potencial geoturístico**

Área com atrativos geoturísticos em que formas de relevo elevadas sobressaem na paisagem. Nas rochas mais litificadas há a formação de inúmeras corredeiras e cachoeiras.

Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos. (DSVMPasaf)

- **Obras de engenharia**

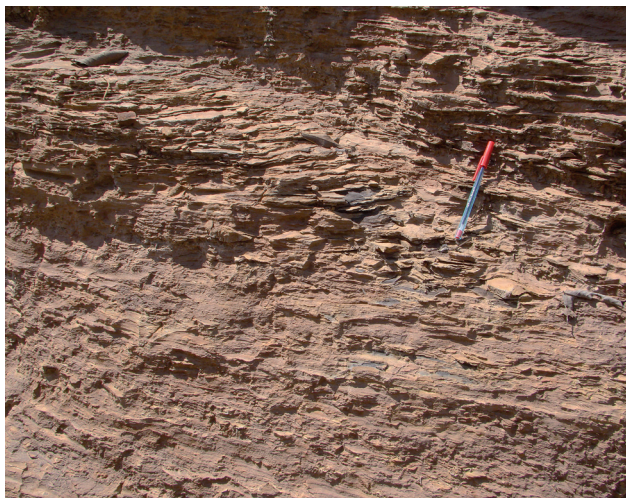
Nas áreas de relevo mais suavizados com superfícies aplainadas e camadas horizontalizadas é frequente uma maior homogeneidade composicional na lateral. Declives e amplitudes muito baixas facilitarão a implantação de infraestruturas sem necessidade de cortes muito profundos em taludes. Potencial de movimentos naturais de massa é



baixo. Relevo mais favorável à pedogênese do que à morfo-  
gênese, facilitando um mais espesso regolito. Moderada a  
alta capacidade de suporte e baixa a moderada resistência  
ao corte e à penetração passíveis de desmonte e escava-  
ções com maquinários de corte. Espessos afloramentos de  
rochas algo litificadas e fraturadas, vulneráveis a erosão  
(Figura 6.15). Alguns tipos litológicos apresentam extrema  
erodibilidade, com desagregação granular. Localmente  
ocorrem blocos e camadas com alta resistência ao corte e  
à penetração. Nos relevos fortemente ondulados a íngre-  
mes há uma maior favorabilidade à instalação de feições  
erosivas e movimentos de massa. Onde os declives são  
muito acentuados haverá necessidade de cortes profundos  
em materiais geotecnicaamente distintos. As voçorocas, as  
ravinas e os escorregamentos são abundantes em taludes  
de corte de materiais que em profundidade apresentam  
comportamentos geomecânicos e hidráulicos contrastan-  
tes. Tipos silticos e argilosos são finamente laminados,  
plásticos e com elevada cerosidade, tornando-se resistentes  
à escavação e à perfuração com sondas rotativas. A alta  
plasticidade e cerosidade podem emplastar ferramentas e  
prender sondas.

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e não  
arenosas, com aptidão agrícola condicionada à aplicação  
de corretivos e fertilizantes. Preservação das áreas mais  
declivosas. Nas áreas siltico-argilosas os solos são poro-  
sos com capacidade hídrica e disponibilidade de água,  
respondendo bem à adubação e com boa capacidade  
de reter e fixar elementos e assimilar matéria orgânica.  
Baixa fertilidade natural, relevo acidentado nas encostas  
e sujeito a inundações periódicas nas áreas baixas. Baixa  
capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas  
mais quartzo-arenosas.



**Figura 6.15** - Intercalações de sedimentos arenosos e siltico-argilosos intensamente fraturados e litificados com moderada a alta capacidade de suporte e moderada a alta resistência ao corte e à penetração (Porto Grande – AP). Fotografia: Acervo do projeto, 2011.

- Recursos Hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável. Nos níveis  
arenosos de elevada razão areia/argila e pouco compac-  
tados/cimentados, o potencial hidrogeológico poderá ser  
bastante expressivo. Fraturas propiciam ao sistema porosi-  
dade e permeabilidade adicional e secundária, permitindo  
acumulação de água em volumes consideráveis. Existência  
de rochas de composição variada, interferindo na taxa de  
infiltração. A presença de falhas, fraturas e outras superfi-  
cies de descontinuidades podem conduzir os poluentes aos  
aquíferos. Nas superfícies onduladas a íngremes o lençol  
freático, normalmente é mais raso, com menor poder de  
neutralização natural dos poluentes.

- Fontes poluidoras

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação  
resultante da presença de arenitos compactos. Quando na  
presença de afloramentos representados por sedimentos  
siltico-argilosos ocorre uma baixa vulnerabilidade decor-  
rente da baixa permeabilidade e taxa de infiltração. Em  
geral, o solo espesso comporta-se como um excelente  
manto depurador, com boa capacidade de reter e eliminar  
poluentes. Existência de rochas de composição variada,  
interferindo na taxa de infiltração. A presença de falhas,  
fraturas e outras superfícies de descontinuidades pode  
conduzir os poluentes aos aquíferos. Nas superfícies  
onduladas a íngremes o lençol freático normalmente é  
mais raso, com menor poder de neutralização natural  
dos poluentes.

- Potencial mineral

Potencial para água potável de mesa e/ou mineral.  
Siltitos podem ser utilizados como pedras de talhe para  
emprego imediato na construção civil.

- Potencial Geoturístico

Ambiente de grande beleza cênica e paisagística, em  
que diversos platôs se sobressaem no relevo regional.

### Arenitos, conglomerados, tilitos e folhelhos (DSVMPactf)

- Obras de engenharia

Moderada a alta capacidade de suporte e baixa resis-  
tência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração  
espessos). As rochas desse domínio, por apresentarem  
grande heterogeneidade litológica e composicional na  
vertical, favorecem os processos de erosão diferenciada,  
quedas e rolagem de blocos e matações em taludes de corte  
muito verticalizados. Camadas horizontalizadas, modera-  
damente fraturadas, com características geomecânicas e  
hidráulicas contrastantes em profundidade, representadas  
dominantemente por psamitos e pelitos. Mudanças brus-  
cas de litologias facilitam as desestabilizações. Nas áreas  
em que predominam rochas areníticas o intemperismo  
forma solos excessivamente arenosos, friáveis, permeáveis

e erosivos. Nas rochas areníticas o poder erosivo das águas superficiais poderá provocar a formação de cavidades subterrâneas. Camadas de argilito maciço, de permeabilidade muito baixa, geralmente rijos e plásticos, mostram cerosidade elevada, limitando a execução de escavações e perfurações. Camadas de folhelhos laminados e portadores de argilominerais expansivos fendilham-se, desagregam-se e desestabilizam-se com facilidade em taludes de corte. Suscetível à colapsividade.

- Agricultura

Esse domínio tem, predominantemente, em sua composição, arenitos com alta participação de argila, produzindo solos residuais com potencial de fertilidade para uso agrícola intensivo e mecanizado. Terrenos aptos para o uso agrícola condicionados às porções menos declivosas e à aplicação de corretivos e fertilizantes. Por serem mais arenosos, os solos desse domínio têm baixa fertilidade natural e são excessivamente permeáveis, com baixa capacidade hídrica pela incapacidade de reterem água. A natureza predominantemente areno-quartzosa favorece a acidez desses solos com baixa capacidade de reter e fixar nutrientes e de assimilar matéria orgânica, resultando em baixa produtividade agrícola. Solos inadequados para práticas agrícolas de ciclo curto, exigindo mecanização frequente.

- Recursos hídricos

Baixa a média favorabilidade hidrogeológica considerando-se a presença de níveis quartzo-arenosos e zonas fraturadas, em que o potencial hidrogeológico poderá ser representativo.

- Fontes poluidoras

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação resultante do predomínio de folhelhos, que apresentam baixa permeabilidade, que se alteram para solos profundos, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes. Possibilidades de água sulfurosa, com restrições ao consumo humano.

- Potencial mineral

Possibilidade da existência de folhelhos carbonosos e de arenitos silicificados que podem ser usados como pedra de revestimento. Área de relevante interesse mineral representada pela possibilidade da existência de uma litofácies do tipo "Black Shale" com especialização metalogênica para urânio, chumbo e zinco, geralmente associada com cobre e bário. Possibilidades de ocorrências da associação U-Mo-ETR-P.

- Potencial geoturístico

Local de difícil acesso, recoberto por floresta ombrófila, cujo potencial precisa ser levantado.

## Domínio dos complexos alcalinos intrusivos e extrusivos, diferenciados do terciário, mesozoico e proterozoico (DCA)

Esse domínio é representado por corpos ígneos intrusivos, de natureza intermediária, consolidados em ambiente de estabilidade tectônica. De um modo geral, essas rochas de composição alcalina são ocorrentes na bacia do rio Mapari, afluente pela margem esquerda do rio Jari (Figura 6.16). Exibem estruturação interna isótropa sem deformações em regime de cisalhamento dúctil e, petrograficamente, são do tipo nefelina sienito, litchfieldito e sodalita sienito. No estado do Amapá, esse conjunto de intrusões alcalinas anorogênicas recebe a designação formal de Alcalinas Carnaipe e Alcalinas Mapari, consolidadas na era mesoproterozoica e correspondem à unidade geológico-ambiental Série alcalina saturada e alcalina subsaturada (sienitos, quartzosienitos, traquitos, nefelina sienitos, sodalita sienitos, etc.) (DCAalc).

Série alcalina saturada e alcalina subsaturada (sienitos, quartzosienitos, traquitos, nefelina sienitos, sodalita sienitos etc.) (DCAalc)

- Obras de engenharia

Litologias com textura e estrutura granular maciça e isótropas com boa homogeneidade geomecânica lateral e

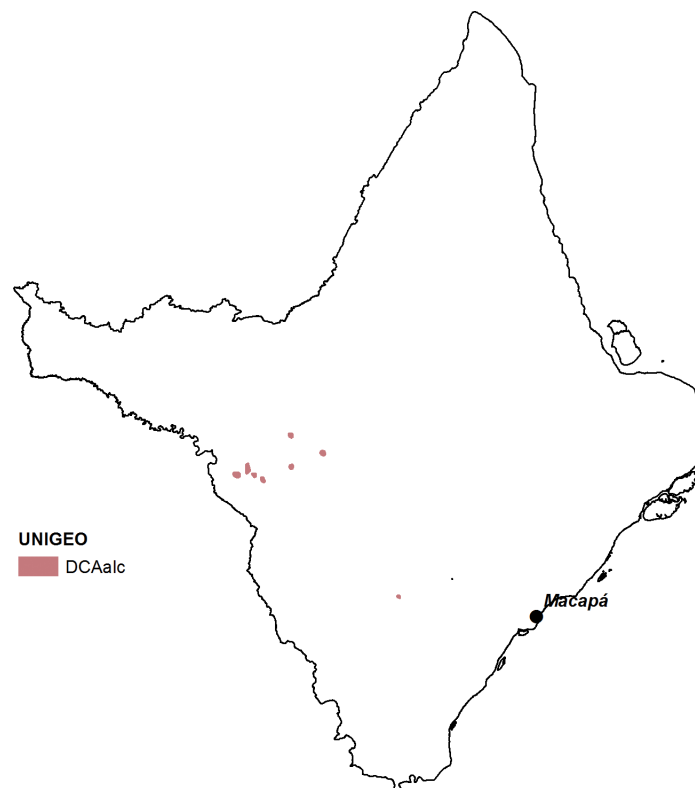


Figura 6.16 - Localização das unidades pertencentes ao domínio DCA. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

vertical. Alta resistência à compressão, alta capacidade de suporte formando pequenos morros de forma circular, com pequena expressão topográfica de topos abaulados. Produção de solos argilosos, com textura plástica e sedosidade acentuada com permeabilidade variando de baixa em solos pouco evoluídos, a moderada em solos bem evoluídos. Áreas íngremes com topografia acidentada associadas a formas circulares onde ocorrem mudanças bruscas de declive, que favorece a instalação de processos erosivos. Áreas desaconselhadas à ocupação, que necessitam de grande intervenção para a estabilização dos taludes de cortes.

Nas encostas declivosas contêm grandes quantidades de blocos e matacões com alto potencial de movimentos de massas. Possibilidades de rolamentos de blocos e matacões com grande capacidade de destruição. Solos profundos com pedogênese avançada podem conter fragmentos ou blocos de rochas provocando instabilizações em pilares ou fundações. São terrenos com limitações à instalação de qualquer tipo de obra civil. Resistência ao corte e à penetração exigindo, em certos casos, o uso de explosivos para escavações e terraplanagem.

- Agricultura

Rochas que alteradas produzem solos argilosos, liberando elementos nutrientes como Na e K e em menor escala, elementos como Fe e Al. Os solos residuais mostram moderada a boa fertilidade natural, capacidade alta de reter e fixar nutrientes, com rápida assimilação de matéria orgânica. Quando esses solos são manejados de forma correta e com técnicas também corretas de adubação, é possível aumentar a produtividade agrícola.

- Recursos hídricos

Faturas irregularmente distribuídas, com planos abertos em várias direções e diferentes ângulos de mergulho, quando interconectadas constituem aquíferos fissurais com potencial armazenador e circulador de águas subterrâneas, porém de exploração irregular e de vazão variável. Em função da composição alcalina dessas rochas, há grande potencial para águas subterrâneas com propriedades medicinais.

- Fontes poluidoras

Grandes fraturas abertas e irregularmente distribuídas são locais de infiltração de poluentes derramados nessas áreas, contaminando os aquíferos subterrâneos. O substrato rochoso fraturado e com manto de intemperismo raso ou inexistente é bastante vulnerável à contaminação dos aquíferos pelos poluentes. Nas bordas dos corpos é comum a presença de falhas e fraturas que facilitam a infiltração dos contaminantes até as águas subterrâneas.

- Potencial mineral

As séries alcalinas saturadas e subsaturadas constituem ambiência geológica favorável com especialização metalogenética em P, Nb, Ti, U e ETR. Dependendo das características físico-químicas, textura, estrutura e colorações favoráveis, podem ser utilizadas como brita, saibro e rocha ornamental.

- Potencial geoturístico

Área de provável beleza cênica, formada por estruturas rochosas circulares com alguma elevação ou relevo positivo destacado na paisagem regional.

### Sequências vulcanossedimentares proterozoicas dobradas metamorfizadas de baixo a alto grau (DSVP2)

Este domínio constitui um conjunto de rochas vulcânicas e sedimentares intimamente relacionadas e superpostas, de baixo a médio grau metamórfico na sequência regional do metamorfismo progressivo (Figura 6.17). Esse conjunto rochoso apresenta fortes evidências de deformações polifásicas em regime de cisalhamento dúctil. Esse domínio é representado no estado do Amapá pelas unidades litoestratigráficas denominadas Grupo Pitinga, Serra Samauma e Serra das Coambas e Grupo Serra Lombarda

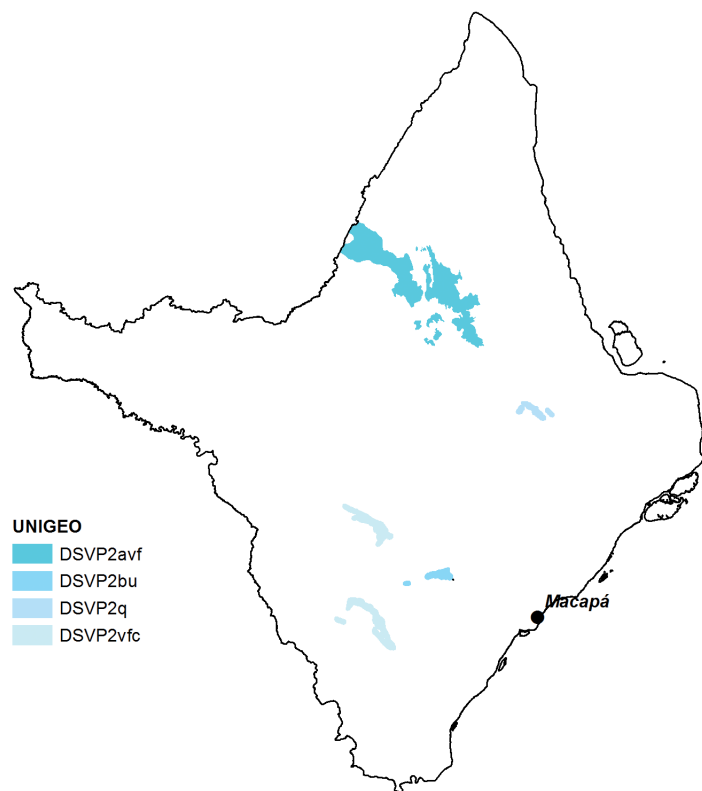


Figura 6.17 - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DSVP2. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

correspondendo às unidades geológico-ambientais Predomínio de quartzito (DSVP2q), metacherts, metavulcânicas, formações ferríferas e/ou formações manganésíferas, metacalcários, metassedimentos arenosos e síltico-argilosos (DSVP2vfc), Predomínio de rochas metabásicas e metaultramáficas (DSVP2bu) e metarenitos, metacherts, metavulcânicas ácidas a intermediárias, formações ferríferas e/ou manganésíferas (DSVP2avf).

Ocorrem de forma extensiva como uma feição geomorfológica orientada segundo NW-SE e como um divisor de águas das bacias dos rios Cassiporé, Oiapoque e Calçoene, na porção norte do estado do Amapá.

### Predomínio de Quartzito (DSVP2q).

- Obras de engenharia

Nas áreas em que as exposições rochosas apresentam relevo suavemente ondulado a aplainado, as declividades, as amplitudes de relevo e a densidade de drenagem são baixas. Nessas áreas os terrenos são relativamente estabilizados, com baixos potenciais para erosão hídrica e movimentos naturais de massa, não exigindo cortes profundos nem obras de transposição de drenagem. Exposições rochosas em relevo forte ondulado com solos rasos a inexistentes. Camadas dobradas de rochas bem litificadas, sendo necessário o uso de explosivos e maquinários para a remoção. Terrenos onde predominam litologias à base de quartzo e quando inalteradas oferecem resistência à escavação e à perfuração por sondas rotativas, por decorrência da natureza dura e abrasiva do mineral quartzo. Este mineral, dominante nessas litologias, tem baixa resistência ao cisalhamento, implicando em quebra ruptural sob tensão, gerando fraturas densas em diferentes direções. Por decorrência, são rochas percolativas que se desestabilizam quando escavadas e expostas em talude de corte. Como variação litológica é comum a presença de níveis mais grosseiros e conglomeráticos, bastante abrasivos, com alto grau de dureza e alta resistência ao corte e à penetração. Por estarem geralmente fraturados, esses quartzitos são suscetíveis à movimentos de massa, especialmente onde cristas estreitas, dobradas e alongadas apresentam vertentes declivosas, com necessidade de execução de altos taludes de cortes para a implantação de obras infraestruturais.

- Agricultura

Terras mecanizáveis e aptas para o uso agrícola condicionado a aplicação de corretivos e fertilizantes. Nessas condições de relevo suavemente ondulado e de declividade baixa a pedogênese é favorecida produzindo um profundo manto de intemperismo de fácil escavabilidade e penetração. Baixo potencial de erosão hídrica, não havendo impedimentos ao uso de implementos agrícolas motorizados. Essa unigee é dominada por metassedimentos à base de quartzo, que tem como característica diferencial a resistência ao intemperismo físico-químico, que varia de

moderada a alta, formando um perfil de alteração com predomínio da fração areno-quartzosa.

Solos areno-quartzosos, liberando poucos nutrientes, com baixa fertilidade natural, excessivamente ácidos e erosivos. Solos de alta permeabilidade, com baixa capacidade para reter e fixar elementos e assimilar matéria orgânica, sendo difíceis de serem corrigidos, não fixando os nutrientes quando adubados. A baixa capacidade hídrica não permite reter a água, tornando esses solos inadequados para culturas de ciclo curto e para plantas de raízes curtas.

- Recursos hídricos

Quando intensamente fraturadas e deformadas apresentam alta porosidade e permeabilidade secundárias, com formação de aquíferos fissurais e fissurais porosos bastante expressivos contendo águas subterrâneas de excelente potabilidade. Rochas bastante afetadas pelo metamorfismo e deformação em que a porosidade primária foi prejudicada pela recristalização metamórfica, desfavoráveis ao acúmulo de águas subterrâneas. Camadas ou lentes diferentemente dobradas e tectonizadas mostram características hidrodinâmicas muito diferentes entre si, formando um sistema hidrológico muito complexo e heterogêneo. Quartzitos intensamente metamorfizados e recristalizados são bastante duros e abrasivos, dificultando a perfuração com quebras das brocas das sondas rotativas.

- Fontes poluidora

Baixa vulnerabilidade à contaminação pela presença de rochas coesas, algo maciças, com baixa densidade de fraturas e de permeabilidade e, igualmente, baixa taxa de infiltração. Metassedimentos à base de quartzo são, geralmente, portadores de alta densidade de fendas abertas, através das quais, os poluentes podem se infiltrar e alcançar, rapidamente, os lençóis subterrâneos. Solos residuais arenosos com baixa capacidade de reter e eliminar poluentes.

- Potencial mineral

Área de relevante interesse mineral pela presença de lentes e veios de quartzo com ambiência propícia a acumulações de ouro. Litologia, essencialmente, de natureza quartzítica, com alta favorabilidade para hospedar depósitos extensos de Formação Ferrífera Bandada e camadas de minério manganésífero associadas. Níveis ou porções da camada quartzítica, submetidos à deformação heterogênea em regime de cisalhamento dútil, podem assumir, localmente, condições de metamorfismo epitermal, criando ambiência metalogeticamente favorável à concentração e reconcentração de mineralização aurífera, em íntima associação com veios de quartzo leitoso, preenchendo descontinuidades planares ou outras descontinuidades estruturais.

- Potencial geoturístico

Relevo bastante diversificado, com o predomínio de áreas serranas. Possibilidades de formação de corredeiras e cachoeiras.



*Metacherts*, metavulcânicas, formações ferríferas e/ou formações manganíferas, metacalcários, metassedimentos arenosos e síltico-argilosos (DSVP2vfc); Predomínio de rochas metabásicas e metaultramáficas (DSVP2bu); Metarenitos, metacherts, metavulcânicas ácidas a intermediárias, formações ferríferas e/ou manganíferas (DSVP2avf)

- Obras de engenharia

As rochas básicas e metaultrabásicas apresentam boa resistência à compressão, boa capacidade de compactação e boa capacidade de suporte. São rochas que se alteram para solos argilosos e quando bem evoluídos, são de baixa erosividade natural. Nas áreas de relevo aplainado as declividades são baixas, assim como o potencial de movimentos naturais de massas e de erosão hídrica é baixo. A expectativa de solo mais profundo e bem evoluído favorecem uma maior escavabilidade. Na implantação de obras viárias e de outras infraestruturas, não será necessário a transposição de muitos canais de drenagem, bem como de executar aterros e altos taludes de corte.

Substrato rochoso formado por diferentes litologias com características geotécnicas e hidráulicas contrastantes formando importantes descontinuidades que facilitam os processos erosivos, as desestabilizações e o aparecimento de surgências de água em taludes de corte. O intenso metamorfismo e tectonismo atuante sobre essas rochas favoreceram a formação de descontinuidades geomecânicas e hidráulicas relacionadas a falhas, fraturas, dobras e xistosidade. O mergulho das camadas pode variar, localmente, de verticalizado a horizontalizado, influenciando na execução de escavações, na medida em que mergulhos desfavoráveis ao corte podem produzir a desestabilização dos taludes. Terrenos onde predominam litologias à base de quartzo e quando inalteradas oferecem resistência à escavação e à perfuração por sondas rotativas, por decorrência da natureza dura e abrasiva do mineral quartzo. Por estarem, geralmente, fraturados, esses quartzitos são suscetíveis a movimentos de massa, especialmente onde cristas estreitas, dobradas e alongadas apresentam vertentes declivosas, com necessidade de execução de altos taludes de cortes para a implantação de obras infra-estruturais. Intercalações de sedimentos síltico-argilosos com características geomecânicas diferentes potencializam as desestabilizações em taludes de corte. Esses sedimentos síltico-argilosos quase sempre são portadores de veios de quartzo com diferentes espessuras, muito duros e abrasivos de difícil escavação. Nos sedimentos portadores de formações ferríferas é grande a possibilidade de que o manto de alteração seja ácido e corrosivo, embora esses sedimentos ferruginosos ocorram em áreas de relevo montanhoso, onde o solo é relativamente raso. As rochas metabásicas e metaultrabásicas exibem texturas diferenciadas, apresentando características geotécnicas variáveis. Apresentam baixa resistência ao intemperismo,

sendo que no início desse processo geram argilominerais com características expansivas. Esse processo de alteração ocorre de forma heterogênea, gerando blocos e matações ao longo do perfil do solo, podendo sofrer movimentação quando expostos nos taludes de corte (Foto 6.18).



**Figura 6.18** - Conjunto litológico representado por uma seqüência metavulcanossedimentar alterado para um espesso manto regolítico. O conjunto por sua variabilidade composicional apresenta descontinuidades geomecânicas e hidráulicas relacionadas a falhas, fraturas, dobras e xistosidade (Porto Grande – AP). Fotografia: Acervo do projeto, 2011.

- Agricultura

As litologias formadoras dessas unidades geoambientais formam solos predominantemente argilosos, que apresentam elevada porosidade, característica hídrica que possibilita o armazenamento de grandes volumes de água, mantendo disponibilidade hídrica para a agricultura nos períodos de baixa pluviosidade. Os solos argilosos têm grande capacidade de reter e fixar nutrientes e de assimilar a matéria orgânica, aumentando a produtividade agrícola, pela boa resposta à adubação. Em áreas de relevo suave a predominância de solos residuais com pedogênese avançada resulta numa baixa erosividade e boa fertilidade natural. As rochas metabásicas e metaultrabásicas geram solos com boa fertilidade natural, com características físico-químicas excelentes para a agricultura. De um modo geral, existem terras mecanizáveis nas áreas planas e/ou sub-horizontalizadas com alto conteúdo de componentes argilo-arenosos. Aceitáveis para utilização na agricultura pela aplicação de substâncias corretivas e de insumos fertilizantes. Sucessões irregulares de camadas dobradas de várias espessuras formam solos com características físico-químicas diferentes. Essas diferenças interferem na qualidade agrícola dos solos residuais, que são variáveis nas áreas de relevo acidentado. Nessas unigeos há o predomínio de litologias, que no seu processo de alteração, liberam uma quantidade excessiva de Al, elemento de alta toxicidade para a agricultura.



• Recursos Hídricos

Nessas unigeos ocorrem terrenos com características morfolitoestruturais favoráveis à existência de armadilhas e barreiras hidrogeológicas relacionadas a falhas, fraturas, dobras e xistosidades, que associadas à variabilidade litológica, apresentam características hidrodinâmicas diferentes. Os metassedimentos quartzosos, geralmente apresentam falhas e fraturas, feições estruturais das rochas que aumentam o potencial armazenador e circulador de água. A grande variação litológica lateral e vertical influencia, de forma direta, no padrão hidrodinâmico dos aquíferos, o que poderá acarretar redução na produtividade dos poços. Predomínio de aquíferos fissurais, com potencial hidrogeológico local bastante irregular. As águas subterrâneas podem conter teor muito elevado de Fe, Mn e Ca, alterando a qualidade hidroquímica da água e inviabilizando o seu uso para consumo humano.

• Fontes poluidoras

Litologias que formam solos essencialmente argilosos, pouco porosos e naturalmente impermeáveis, mostram alta capacidade de fixar e eliminar poluentes. Quando esses solos são profundos o risco de contaminação dos aquíferos será baixo.

Os metassedimentos à base de quartzo são portadores de alta densidade de fraturas abertas em cujos planos percolativos os poluentes se infiltram e alcançam, rapidamente, os lençóis subterrâneos. Os solos residuais de natureza areno-quartzosa têm baixa capacidade de reter e eliminar poluentes. As águas subterrâneas que ocorrem em domínios de rochas metabásicas e metaultrabásicas podem apresentar problemas de qualidade como acidez e dureza elevadas, pelo excesso de Fe e Mn em sua composição hidroquímica.

• Potencial mineral

Áreas de relevante interesse mineral com ocorrências e depósitos de ouro orogênico concentrados em veios de quartzo e disseminados em rochas hidrotermalmente alteradas, geralmente associados a concentrações de sulfetos cupro-ferríferos. Meta-cherts intimamente associados a jaspilitos e formações ferríferas bandadas. Depósitos de manganês representados por gonditos e queluzitos como protominérios e psilomelano, pirolusita e manganita como minerais minérios explorados e já exauridos. Depósitos significativos de cromita associados intimamente aos metaultrabásitos arqueoproterozoicos.

• Potencial Geoturístico

Relevo bastante diversificado, com o predomínio de áreas serranas. Nulo potencial geoturístico por estar esse Domínio situado em áreas protegidas.

**Domínio das sequências vulcanossedimentares tipo greenstone belt, arqueano até o mesoproterozoico (DGB)**

Corresponde a terrenos formados por uma sucessão de rochas ígneas extrusivas arqueoproterozoicas de composição máfica a ultramáfica associada a um processo de sedimentação predominantemente clástica.

Esse domínio é representado no estado do Amapá por uma sucessão vulcanossedimentar metamorfizada em baixo a médio grau, complexamente dobrada e polimetaformizada que recebe a designação litoestratigráfica formal de Grupo Vila Nova. Ocorre como faixas descontínuas, de larguras variáveis e alongadas com direção geral NW-SE ao longo de quase todo o estado do Amapá (Figura 6.19), sendo correspondente às unidades geológico-ambientais Sequência vulcânica komatiítica associada a talco-xistos, anfíbolitos, cherts, formações ferríferas e metaultrabásitos (DGBko) e Predomínio de sequência sedimentar (DGBss).

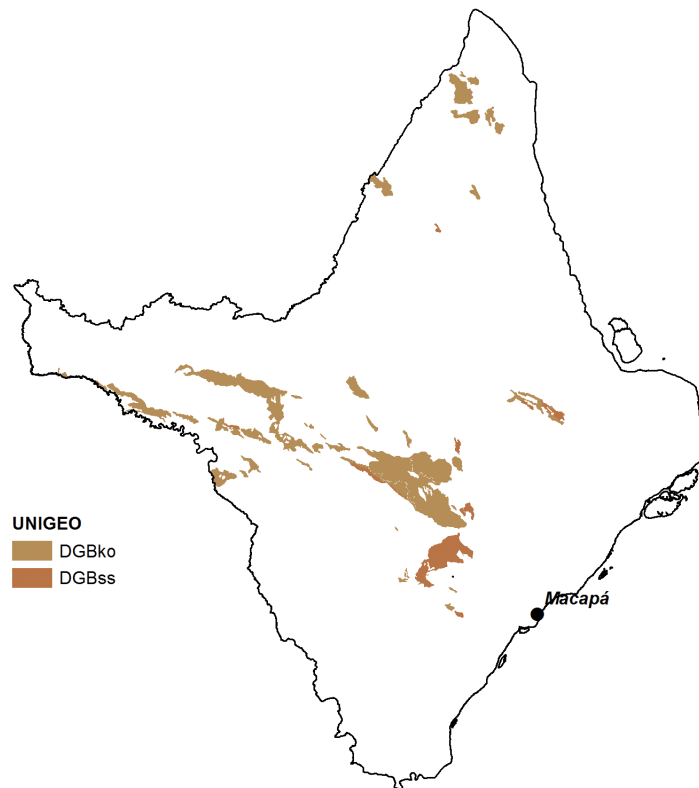


Figura 6.19 - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DGB. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Sequência vulcânica komatiítica, associada a talco-xistos, anfíbolitos, cherts, formações ferríferas e metaultrabásitos (DGBko) e Predomínio de sequência sedimentar (DGBss)

- Obras de engenharia

As rochas básicas e metaultrabásicas apresentam boa resistência à compressão, boa capacidade de compactação e boa capacidade de suporte. São rochas que se alteram para solos argilosos e quando bem evoluídos, são de baixa erosividade natural. Nas áreas de relevo aplainado as declividades são baixas, assim como o potencial de movimentos naturais de massas e de erosão hídrica é baixo. A expectativa de solo mais profundo e bem evoluído favorece uma maior escavabilidade. Na implantação de obras viárias e de outras infraestruturas não será necessário a transposição de muitos canais de drenagem, bem como de executar aterros e altos taludes de corte.

Substrato rochoso formado por diferentes litologias com características geotécnicas e hidráulicas contrastantes, formando importantes descontinuidades que facilitam os processos erosivos, as destabilizações e o aparecimento de surgências de água em taludes de corte. O intenso metamorfismo e tectonismo atuante sobre essas rochas favoreceu a formação de descontinuidades geomecânicas e hidráulicas relacionadas a falhas, fraturas, dobras e xistosidade. O mergulho das camadas pode variar, localmente, de verticalizado a horizontalizado, influenciando na execução de escavações, na medida em que mergulhos desfavoráveis ao corte podem produzir a destabilização dos taludes. Terrenos onde predominam litologias à base de quartzo e quando inalteradas oferecem resistência à escavação e à perfuração por sondas rotativas, por decorrência da natureza dura e abrasiva do mineral quartzo. Por estarem, geralmente, fraturados, esses quartzitos são suscetíveis a movimentos de massa, especialmente onde cristas estreitas, dobradas e alongadas apresentam vertentes declivosas, com necessidade de execução de altos taludes de cortes para a implantação de obras infra-estruturais. Intercalações de sedimentos síltico-argilosos com características geomecânicas diferentes, potencializam as destabilizações em taludes de corte. Esses sedimentos síltico-argilosos quase sempre são portadores de veios de quartzo com diferentes espessuras, muito duros e abrasivos de difícil escavação. Nos sedimentos portadores de formações ferríferas é grande a possibilidade de que o manto de alteração seja ácido e corrosivo, embora esses sedimentos ferruginosos ocorram em áreas de relevo montanhoso, onde o solo é relativamente raso. As rochas metabásicas e metaultrabásicas exibem texturas diferenciadas, apresentando características geotécnicas variáveis. Apresentam baixa resistência ao intemperismo, sendo que no início desse processo geram argilominerais com características expansivas. Esse processo de alteração ocorre de forma heterogênea, gerando blocos e matacões ao longo do perfil do solo, podendo sofrer movimentação quando expostos nos taludes de corte.

- Agricultura

As litologias formadoras dessas unidades geoambientais formam solos predominantemente argilosos, que apresentam elevada porosidade, característica hídrica que possibilita o armazenamento de grandes volumes de água, mantendo disponibilidade hídrica para a agricultura, nos períodos de baixa pluviosidade. Os solos argilosos têm grande capacidade de reter e fixar nutrientes e de assimilar a matéria orgânica, aumentando a produtividade agrícola, pela boa resposta à adubação. Em áreas de relevo suave a predominância de solos residuais com pedogênese avançada resulta numa baixa erosividade e boa fertilidade natural. As rochas metabásicas e metaultrabásicas geram solos com boa fertilidade natural, com características físico-químicas excelentes para a agricultura. De um modo geral, existem terras mecanizáveis nas áreas planas e/ou sub-horizontalizadas com alto conteúdo de componentes argilo-arenosos. Aceitáveis para utilização na agricultura pela aplicação de substâncias corretivas e de insumos fertilizantes.

Sucessões irregulares de camadas dobradas de várias espessuras formam solos com características físico-químicas diferentes. Essas diferenças interferem na qualidade agrícola dos solos residuais, que são variáveis nas áreas de relevo acidentado. Nessas unigêos há o predomínio de litologias, que no seu processo de alteração liberam uma quantidade excessiva de Al, elemento de alta toxicidade para a agricultura.

- Recursos hídricos

Nessas unigêos ocorrem terrenos com características morfolitoestruturais favoráveis à existência de armadilhas e barreiras hidrogeológicas relacionadas a falhas, fraturas, dobras e xistosidades, que associadas à variabilidade litológica, apresentam características hidrodinâmicas diferentes. Os metassedimentos quartzosos, geralmente apresentam falhas e fraturas, feições estruturais das rochas que aumentam o potencial armazenador e circulador de água. A grande variação litológica lateral e vertical influencia, de forma direta, no padrão hidrodinâmico dos aquíferos, o que poderá acarretar redução na produtividade dos poços. Predomínio de aquíferos fissurais com potencial hidrogeológico local bastante irregular. As águas subterrâneas podem conter teor muito elevado de Fe, Mn e Ca, alterando a qualidade hidroquímica da água e inviabilizando o seu uso para consumo humano.

- Fontes poluidoras

Litologias que formam solos essencialmente argilosos, pouco porosos e naturalmente impermeáveis mostram alta capacidade de fixar e eliminar poluentes. Quando esses solos são profundos o risco de contaminação dos aquíferos será baixo.

Os metassedimentos à base de quartzo são portadores de alta densidade de fraturas abertas em cujos planos percolativos os poluentes se infiltram e alcançam, rapidamente,

os lençóis subterrâneos. Os solos residuais de natureza areno-quartzosa têm baixa capacidade de reter e eliminar poluentes. As águas subterrâneas que ocorrem em domínios de rochas metabásicas e metaultrabásicas podem apresentar problemas de qualidade como acidez e dureza elevadas, pelo excesso de Fe e Mn em sua composição hidroquímica.

- **Potencial mineral**

Áreas de relevante interesse mineral com ocorrências e depósitos de ouro orogênico concentrados em veios de quartzo e disseminados em rochas hidrotermalmente alteradas, geralmente associados a concentrações de sulfetos cupro-ferríferos. No ano de 2005, a empresa Mineração Pedra Branca do Amapari inaugura o projeto de valorização dos depósitos auríferos na região do rio Amapari. Metacherts intimamente associados a jaspilitos e formações ferríferas bandadas. Depósitos de manganês representados por gonditos e queluzitos como protominérios e psilomelano, pirolusita e manganita como minerais minérios explorados e já exauridos, como exemplificado na localidade de Serra do Navio. Depósitos significativos de cromita associados intimamente aos metaultrabasitos arqueoproterozoicos.

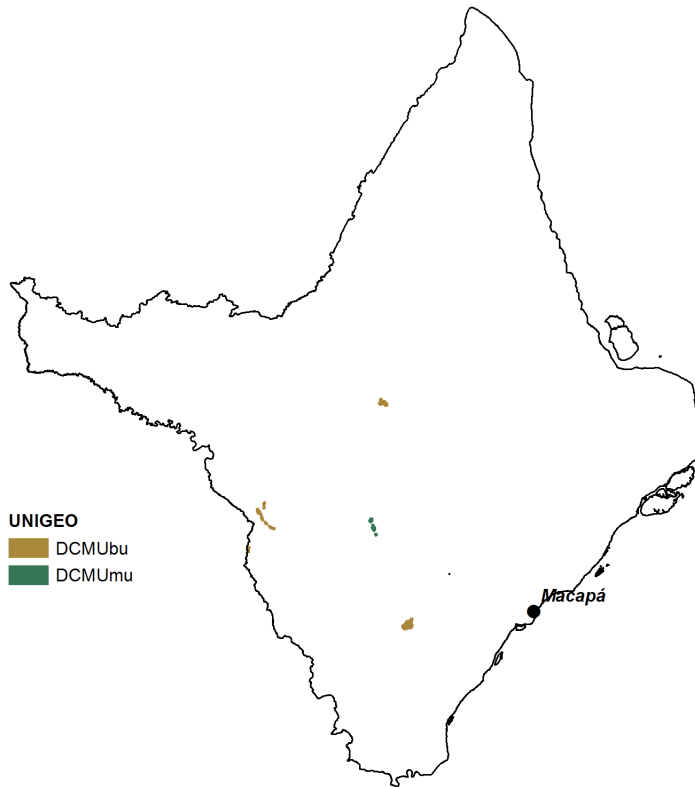
- **Potencial geoturístico**

O depósito de manganês exaurido da serra do Navio, envolvendo a cava, a infraestrutura logística, o escoamento mineral via ferroviária, o porto de embarque, a usina de tratamento, a disposição do rejeito e a história completa do empreendimento geomineiro denunciam, no seu conjunto um atrativo geoturístico, desde que viabilizado como um projeto.

### **Domínio dos corpos máficos-ultramáficos (DCMU)**

Este domínio compreende corpos ígneos intrusivos proterozoicos, não ou pouco deformados, constituídos por rochas máfico-ultramáficas com diversas composições químicas e mineralógicas.

Esse domínio é representado pelo Complexo Máfico-Ultramáfico Bacuri, o qual consiste em um corpo intrusivo, diferenciado, acamadado, constituído por metaperidotitos, metapiroxenitos, cromititos e metagabros tendo como correspondentes as unidades geológico-ambientais Série básica e ultrabásica (Gabro e anortosito etc.) (DCMUbu) e Série máfico-ultramáfica (Dunito, peridotito etc) (DCMUmu) e Vulcânicas básicas (DCMUvb). Tem suas áreas de ocorrência mais expressivas na região sul do estado (Figura 6.20).



**Figura 6.20** - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DCMU. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Série básica e ultrabásica (Gabro e anortosito etc) (DCMUbu); Série máfico-ultramáfica (Dunito, peridotito etc) (DCMUmu)

- **Obras de engenharia**

Substrato rochoso composto por litotipos com alto grau de coesão e coerência, com alta resistência à compressão e boa capacidade de suporte. Alteram-se facilmente para solos argilosos e siltico-argilosos de baixa permeabilidade e de alta plasticidade. Os solos argilosos residuais resultantes de pedogênese avançada mostram baixa erosividade, alta capacidade de compactação e boa estabilidade em taludes de corte e são bons para utilização como material de empréstimo. Esses solos, por sua boa estabilidade geotécnica, apresentam um baixo potencial de movimentos naturais de massa. A rigor, essas intrusivas magmáticas se apresentam acamadadas com variações texturo-composicionais na lateral e na vertical e, por decorrência, apresentando características e propriedades geotécnicas heterogêneas, bem como descontinuidades geomecânicas. Sistema de fraturas proximais por resfriamento magmático e decompressão, mostra planos percolativos com rolagem de blocos e matações em taludes de corte. Quando inalteradas, mostram dureza elevada com moderada a alta resistência ao corte e à penetração, necessitando de explosivos para

seu desmonte. São tipos litológicos com estrutura compacta e maciça e textura isótropa com sua paragênese mineral isorientada. São rochas de baixa a moderada resistência ao intemperismo físico-químico, alterando-se, por vezes, com esfoliação esferoidal concêntrica, preservando blocos e matacões imersos na matriz do solo, os quais podem se movimentar com quedas e rolamentos, quando expostos em taludes de corte ou desestabilizar fundações de obras civis. Solos residuais pouco evoluídos são portadores de camadas contendo argilominerais expansivos, as quais, submetidas à variação do grau de umidade, mostrarão uma alternância dos estados de dilatação e contração, tornando esses solos colapsíveis e sujeitos a desmoronamentos.

- Agricultura

A natureza composicional básico-ultrabásica das litologias desse Domínio são suscetíveis ao intemperismo químico, sobretudo nesta faixa equatorial amapaense, gerando espessos solos argilosos avermelhados liberando vários nutrientes, como potássio, sódio, cálcio e magnésio, bem como altos teores de elementos metálicos, como ferro, manganês e titânio. Esses solos argilosos apresentam baixa erosividade natural e quando pouco evoluídos apresentam boa fertilidade natural. Por serem solos essencialmente argilosos são bastante porosos com boa capacidade de reter água, fixar elementos nutrientes e assimilar matéria orgânica. Mostram boa capacidade hídrica e respondem bem à adubação com consequente aumento da produção agrícola. As litologias desse Domínio, por suas composições químicas, são altamente favoráveis ao desenvolvimento de solos do tipo Terra Roxa, de excelente qualidade para a agricultura, sobretudo em áreas de relevo suavizado e com pedogênese mais desenvolvida. Terras mecanizáveis nas áreas mais planas dos terrenos íngremes.

Solos bem evoluídos podem conter excesso de alumínio, elemento de alta toxidez para a vegetação, necessitando da aplicação de corretivos. Se forem continuamente mecanizados, compactam-se, impermeabilizam-se e tornam-se suscetíveis à erosão laminar. Ocorrência de concreções ou crostas lateríticas (Plintossolo Pétrico) que ao sofrerem lixiviação, liberam ferro e alumínio nos solos, tornando-os excessivamente ácidos e corrosivos, deixando-os inadequados para a agricultura.

- Recursos hídricos

As rochas, quando intensamente fraturadas e falhadas, apresentam permeabilidade e porosidade secundárias altas onde as águas subterrâneas podem ser armazenadas em aquíferos fissurais de forma significativa, a depender do padrão de fraturamento e da interconectividade de seus planos. As rochas desse Domínio são maciças, homogêneas e compactas sem permeabilidade e porosidade primária, salvo onde são desenvolvidas estruturas vesiculares. São aquíferos de potencial bastante irregular: num determinado local um poço pode ter excelente vazão e nas imediações, outro poço, de mesma profundidade, pode apresentar-se seco.

- Fontes poluidoras

Solos argilo-sílticos, de baixa permeabilidade e com grande capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes. Quando as rochas são intensamente fraturadas e interconectadas, seus espaços facilitam o acesso dos poluentes aos aquíferos.

- Potencial mineral

Área de relevante interesse mineral com ambiência geológica e potencialidades para cromo, esta transformada em realidade pela exploração de cromita na região do Rio Vila Nova pela CAEMI e posteriormente pela CFA e pelo grupo norueguês ELKEM através de sua subsidiária mineração Vila Nova. Níquel, elementos do grupo da platina, amianto e crisoprásio em possíveis veios serpentinizados.

- Potencial geoturístico

Área com relevo bastante diversificado, com o predomínio de áreas serranas. Possibilidades de formação de cachoeiras e corredeiras.

## Complexos granitoides não deformados (DCGR1)

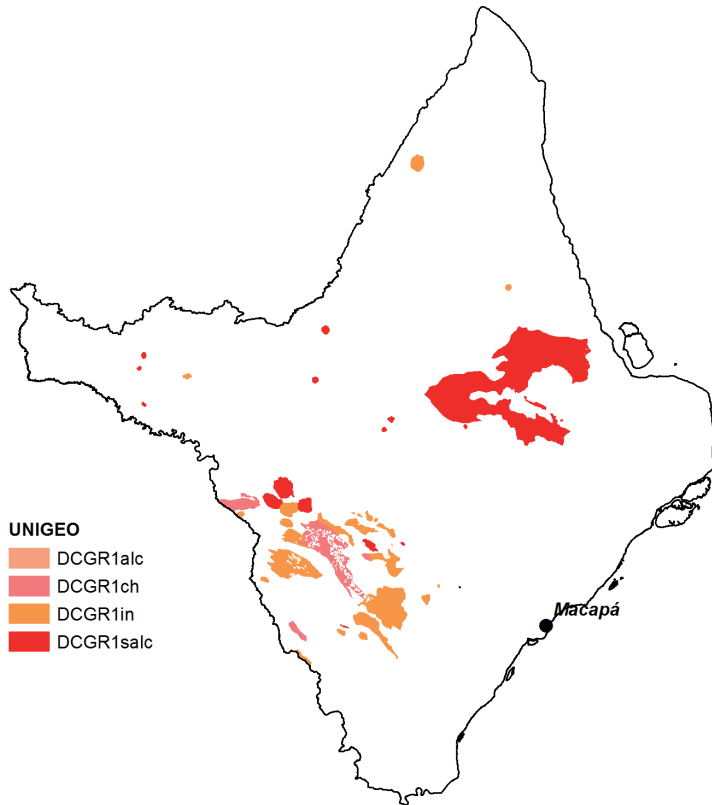
Este domínio compreende corpos ígneos intrusivos consolidados em nível abissal a hipoabissal em ambiente de plataforma semiestabilizada a estabilizada. Esses corpos resultam de um processo tectônico extensional, sob condições tardi a pós-cinemática, em larga escala, que afetou o substrato crustal do estado do Amapá. Tem como características maiores a forte coesão, a generalizada homogeneidade textural, estrutural e composicional e uma metalogenia granitófila especializada. Esse domínio é representado, predominantemente, pelas unidades litoestratigráficas denominadas Granito Igarapé Castanhal, Igarapé Careta, Granodiorito Falsino, Granito Cigana, Tonalito Papa-Vento, Granitos Uaiãpi e Cupixi, Sienito Boa Macaca, Suíte Intrusiva Igarapé Urucu e Granitoides Indiferenciados e correspondem às unidades geológico-ambientais Séries graníticas alcalinas (DCGR1alc), Associações Charnoquíticas (DCGR1ch), Indeterminado (DCGR1in) e Séries graníticas subalcalinas (DCGR1salc).

A distribuição areal desse domínio, no estado do Amapá, é expressiva e significativa, com suas ocorrências concentradas na porção central e sudoeste, como mostrada na Figura 6.21.

Séries graníticas alcalinas (DCGR1alc),  
Associações Charnoquíticas (DCGR1ch),  
Indeterminado (DCGR1in) e Séries graníticas subalcalinas (DCGR1salc).

- Obras de engenharia

Terrenos graníticos com alto grau de coesão com uma mineralogia composta, essencialmente, de quartzo e feldspato, minerais de dureza elevada e de moderada a alta resistência aos processos de intemperismo físico-químico.



**Figura 6.21** - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DCGR1. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Como esses granitos são intrusivos em ambiência pós-tectônica a anorogênica, apresentam uma textura granular isotrópica, sem qualquer anisotropia estrutural e uma boa homogeneidade composicional e textural e, portanto, sem maiores descontinuidades que pudessem representar planos de fraqueza na sua estrutura interna. Em função dessas características, essas rochas graníticas mostram alta coerência interna, boa homogeneidade geotécnica lateral e vertical, baixa porosidade primária, elevada resistência à compressão e boa capacidade de suporte. Formam solos argilo-siltico-arenosos e dependendo do grau de evolução pedogenética, apresentam boa capacidade de compactação, baixa permeabilidade, plasticidade moderada e baixa erosividade. Rochas com qualidades geotécnicas para uso como material de empréstimo em obras de infraestrutura.

Rochas com alta resistência ao corte e à penetração, necessitando de explosivos para o seu desmonte. Esses granitos, por sua consolidação magmática pós-cinemática, apresentam uma maior concentração de fraturas nas suas zonas marginais e apicais, transformando-se essas fraturas em descontinuidades geomecânicas e hidráulicas que facilitam a percolação de fluidos, assim como o desprendimento, a queda e a rolagem de blocos e matacões em taludes de corte. Rochas que se alteram de forma heterogênea e diferenciada com preservação de blocos e matacões ao longo

do perfil e na matriz de solo, os quais podem rolar com facilidade se expostos em taludes de corte ou em rampas e encostas declivosas. Há possibilidade de os blocos e matacões se posicionarem em diferentes profundidades ao longo do manto de alteração, limitando a execução de escavações e perfurações. Esses terrenos graníticos, por suas peculiaridades, exigem estudos geotécnicos detalhados e apoiados em sondagens de malha reduzida. Solos argilo-siltico-arenosos quando formados em pedogênese pouco avançada ou evoluída são de alta erosividade e se desestabilizam com facilidade em taludes de corte, provocando acidentes geotécnicos como deslizamentos e escorregamentos. Nas áreas de relevo mais acidentado os declives são acentuados com encostas declivosas e com instabilidades naturais, envolvendo movimento de massa, queda e rolagem de blocos e matacões. Áreas de relevo acidentado são favoráveis a um escoamento superficial muito rápido formando enxurradas com alto potencial erosivo e destruidor.

- Agricultura

Solos argilo-siltico-arenosos com boa porosidade e média permeabilidade e boa capacidade hídrica, mantendo disponibilidade de água para a vegetação, inclusive sob condições de baixo índice pluviométrico. Alta

capacidade de reter e fixar elementos e assimilar matéria orgânica resultando em aumento na produtividade agrícola. Solos com alta participação de argila, liberando vários nutrientes como Na, Mg e K. Granitos contendo abundância de feldspato alcalino e significativa proporção de minerais ferromagnesianos geram solos residuais com boa fertilidade natural. Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e solos mais profundos. Aptas para o uso agrícola condicionada à aplicação de corretivos e fertilizantes. Solos argilo-siltico-arenosos, de fertilidade natural bastante variável, cujo processo pedogenético permitiu a liberação de Al, tornando os solos mais ácidos e, portanto, com maior toxicidade para as plantas e vegetação. As áreas de relevo montanhoso são desfavoráveis aos processos pedogenéticos, possibilitando a produção de solos rasos com alta pedregosidade. Nessas áreas montanhosas os declives acentuados e o rápido escoamento superficial impõem limitações para a agricultura mecanizada.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável com possibilidades da existência de reservatórios do tipo fissural, com moderado a baixo potencial armazenador e circulador de águas subterrâneas e com potencial de exploração bastante irregular. Essa potencialidade é condicionada à presença de falhas, fraturas e outras descontinuidades estruturais



concentradas nas zonas marginais e apicais dessas rochas graníticas, bem como da interconectividade de seus planos e fendas abertas. Áreas de relevo colinoso amplo e suave e de superfícies aplainadas favorecem a formação de solos profundos com boa permoporosidade e pedogênese avançada, resultando em bons aquíferos superficiais.

- Fontes poluidoras

Os granitos são rochas que apresentam uma baixa permeabilidade primária produzindo solos argilo-siltico-arenosos com boa capacidade de fixar e eliminar poluentes, evitando a contaminação dos aquíferos. Nas áreas com pedogênese avançada e com espessamento regolítico, como manto depurador, o risco de contaminação do aquífero será mais reduzido.

Os granitos por sua condição formacional pós-tectônica mostram muitas fraturas e fendilhamentos abertos, como planos de descontinuidade, pelas quais os poluentes podem alcançar, rapidamente, o lençol freático.

- Potencial mineral

Área de relevante interesse mineral pela natural especialização metalogenética em elementos granitófilos que marca esses granitos atectônicos. Favorabilidades para cassiterita, tantalita-columbita e wolframita nos estágios ortomagmático-pneumatolíticos. Favoráveis à utilização como brita, saibro e rocha ornamental.

- Potencial geoturístico

Relevo com diversidade de paisagens, com predomínio de áreas serranas. Áreas com grande beleza cênica com cachoeiras, corredeiras e serras.

### Complexos granitoides deformados (DCGR2)

Terreno geológico formado por rochas graníticas de natureza alaquística com evidências deformacionais, porém com certa invariabilidade composicional, textural e estrutural de idade arqueo-proterozoica. As deformações são bastante heterogêneas de natureza cisalhante dúctil e rúptil, com moderada foliação penetrativa e fraturas pouco a moderadamente espaçadas. Esse terreno está localizado na serra do Urucupatá, zona limdeira dos estados do Pará e Amapá, nas bacias dos rios Paru e Jari (Figura 6.22).

Esse domínio é representado, principalmente, pela unidade litoestratigráfica denominada Alaskito Urucupatá, correspondendo às unidades geológico-ambientais Séries graníticas alcalinas (DCGR2alc). As litologias desse domínio têm distribuição geográfica restrita ao extremo sudoeste do estado do Amapá.

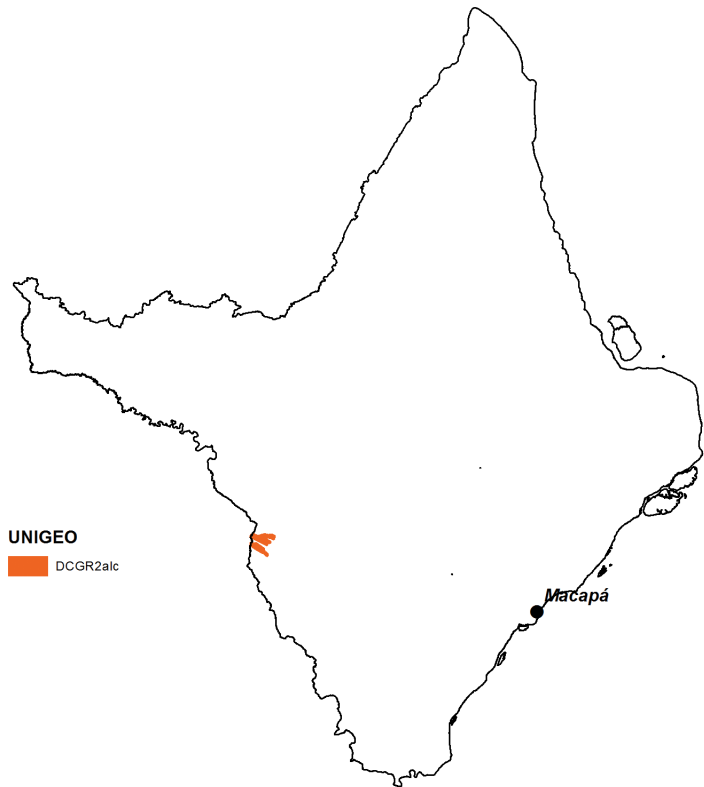


Figura 6.22 - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DCGR2. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### Séries graníticas alcalinas (DCGR2alc)

- Obras de engenharia

Predomínio de rochas com alto grau de coesão e mineralogia à base de quartzo e feldspato, e baixa porosidade primária. Elevada resistência à compressão e moderada a alta resistência ao intemperismo físico-químico. Essas rochas são adequadas para o uso em fundações e como agregados para concreto, bem como para diversas outras aplicações na indústria da construção civil. Essas rochas graníticas, por sua heterogeneidade textural e proeminente estruturação anisotrópica com foliação mineral, alteram-se com mais baixo volume de blocos e matações inseridos no perfil do solo, quando comparados aos granitos não deformados. Rochas que se alteram para solos argilo-siltico-arenosos, produzindo um manto de alteração parcial de características saprolíticas, por pedogênese incipiente. Solos residuais com pedogênese avançada apresentam boa capacidade de compactação, baixa a moderada permeabilidade, moderadamente plásticos e pouco erosivos, utilizáveis como material de empréstimo em aterros. Alta capacidade de suporte e alta resistência ao corte e à penetração. Rochas graníticas com deformação em regime de cisalhamento dúctil e consequente produção de anisotropias estruturais com formação de foliação mineral e bandamento deformacional diferenciado. São

portadoras de anisotropia geomecânica e hidráulica lateral e de outras descontinuidades geomecânicas com superfícies planares que facilitam as desestabilizações como escorregamentos, deslizamentos, quedas e rolamentos, em taludes de corte com paredes muito verticalizadas. Em áreas de granitos inalterados essas rochas apresentam alta resistência ao corte e à penetração, necessitando do uso de explosivos para o seu desmonte. Essas rochas sofrem intemperismo diferenciado, deixando, geralmente, blocos e matacões dispersos na matriz do solo, dificultando a execução de escavações e perfurações.

- Agricultura

Granitos que se alteram para solos com alta proporção de argilominerais e nas áreas com pedogênese avançada apresentam baixa a moderada erosividade. Os solos mais argilosos são pouco permeáveis e com boa capacidade de reter e fixar elementos nutrientes e assimilar matéria orgânica, respondendo bem à adubação, o que possibilita o aumento da produtividade agrícola. Apresentam alta porosidade e boa capacidade hídrica, mantendo boa disponibilidade de água para a vegetação, por longo tempo dos períodos secos, sem necessidade de irrigação frequente. A alteração pedogenética para mantos argilo-siltico-arenosos com liberação de Al torna o solo excessivamente ácido, provocando baixa fertilidade natural. Compactam-se e impermeabilizam-se e se tornam bastante erosivos, se forem continuamente mecanizados com equipamentos pesados ou pisoteados por gado.

Rochas de baixa permeabilidade primária que se alteram para solos argilo-siltico-arenosos de baixa permeabilidade, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes. Terras mecanizáveis nas áreas planas a onduladas. Aptas para o uso agrícola condicionado a aplicação de corretivos e fertilizantes.

- Recursos hídricos

As rochas desse Domínio apresentam extensas e profundas fraturas abertas, que associadas a outras descontinuidades estruturais, constituem excelentes armadilhas hidrogeológicas com potencial armazenador e circulador de águas. Os solos residuais desses granitos quando espessos e com pedogênese bem evoluída, podem se transformar em potenciais armazenadores de aquíferos superficiais.

As rochas graníticas desse Domínio são portadoras de descontinuidades estruturais como falhas, fraturas e fendas abertas com potencial hidrogeológico local bastante irregular, construindo aquíferos fissurais descontínuos de vazões variáveis.

- Fontes poluidoras

Em áreas com rochas muito fraturadas e com solos residuais pouco evoluídos ou rasos, os riscos de contaminação das águas subterrâneas serão altos. Nas áreas com espesso manto regolítico e com pedogênese avançada o risco de contaminação das águas subterrâneas é baixo, na medida em que esses solos espessos funcionam como um

manto depurador protegendo o aquífero. Os planos de descontinuidades (foliação, falhas e fraturas) propiciam a percolação de fluidos, podendo conduzir os contaminantes ao lençol freático. Quando as rochas estão fortemente tectonizadas estabelecem-se fraturas e falhas abertas e outras superfícies planares pelas quais os poluentes podem atingir as águas subterrâneas.

- Potencial mineral

Áreas de relevante interesse mineral para rocha ornamental, brita, saibro e pedra de cantaria para emprego imediato na construção civil.

- Potencial geoturístico

Relevo com diversidade de paisagens. Áreas com beleza cênica, com cachoeiras, corredeiras e serras.

### **Complexos granitoides intensamente deformados: ortognaisses (DCGR3)**

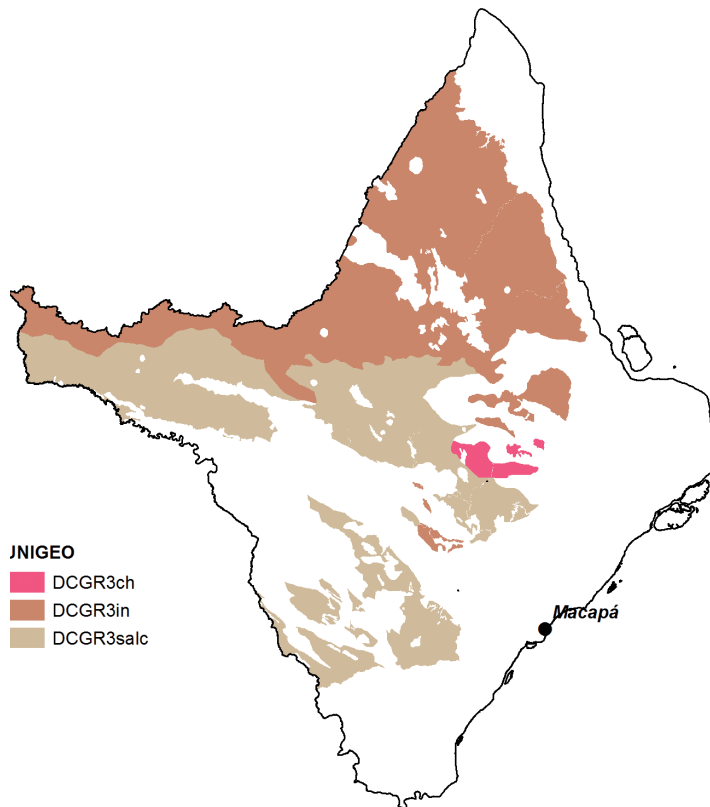
São terrenos geológicos antigos gerados no arqueoproterozoico, com desenvolvimento evoluído de uma estruturação gnaissóide e intensamente deformados em regime dútil-rúptil, com formação subsequente de feições miloníticas e cataclásticas. Ao longo de sua história evolutiva sofreram transformações estruturais e deformativas profundas a partir de um protólito ígneo de natureza granítica.

Esse domínio é representado pelas unidades litoestratigráficas denominadas Charnoquito Coatá, Enderbitto Cobra, Metatonalito Igarapé Água Fria, Complexo Guianense e Plutônicas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, correspondendo às unidades geológico-ambientais Associações charnoquíticas (DCGR3ch), Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas (DCGR3salc) e Indeterminado (DCGR3in). Ocorrem nas porções centro-noroeste e sudoeste do estado do Amapá (Figura 6.23) e apesar de composições distintas, estas unidades foram descritas juntas por apresentarem comportamento semelhante frente ao uso e a ocupação do terreno.

Associações charnoquíticas (DCGR3ch), Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas (DCGR3salc) e Indeterminado (DCGR3in).

- Obras de engenharia

Neste domínio há uma predominância de rochas com alto grau de coesão e mineralogia com base essencialmente em quartzo e feldspatos, com elevada resistência à compressão, baixa porosidade primária e moderada a alta resistência ao intemperismo físico-químico. Por decorrência do caráter deformacional impresso nessas rochas é proeminente uma anisotropia estrutural representada por uma foliação que resulta numa heterogeneidade textural, implicando numa menor proporção de blocos e matacões ao



**Figura 6.23** - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DCGR3. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

longo do perfil do solo. Essas rochas graníticas se alteram para solos argilo-siltico-arenosos e quando residuais e com pedogênese avançada, mostram boa capacidade de compactação, baixa a moderada permeabilidade, moderadamente plásticos e pouco erosivos e adequados para serem usados como material de empréstimo. Rochas graníticas com intensa deformação dútil heterogênea, resultando em foliação milonítica e bandamento composicional diferenciado. Por decorrência são geradas descontinuidades como anisotropias geomecânica e hidráulica lateral facilitando as desestabilizações em taludes de corte como queda, rolamento, tombamento e outras instabilidades geotécnicas. No manto regolítico, ainda que com pedogênese avançada, poderão ocorrer blocos e matacões dispersos na matriz do solo (Figura 6.24), com o risco de se movimentar e instabilizar obras civis. Rochas com muito alta resistência ao corte e à penetração com grande anisotropia textural e estrutural. (Figura 6.25).

#### • Agricultura

Solos com alta participação de argila e quando residuais e com pedogênese avançada apresentam erosividade variando de baixa a moderada. São solos com baixa permeabilidade, mas com boa capacidade de reter e fixar elementos nutrientes e de assimilar matéria orgânica com boa resposta à adubação. São bastante porosos e arma-

zenam água, mantendo boa disponibilidade hídrica para as plantas, não necessitando de irrigação frequente. Nas porções ou fácies graníticas com mais alto teor modal em minerais ferromagnesianos, como biotita e hornblenda, os solos residuais dessas faciológicas apresentam alta fertilidade natural. A influência composicional do substrato geológico dessa tipologia granítica no potencial agrícola é mais positiva do que negativa, desde que o manejo e a correção sejam corretos. Terras mecanizáveis nas áreas planas a levemente onduladas. Aptas para o uso agrícola condicionado a aplicação de corretivos e fertilizantes. Rochas que se alteram para solos argilo-siltico-arenosos, liberando bastante Al. Solos residuais bastante ácidos e sofrem compactação, impermeabilização e com alta erosividade se submetidos continuamente à mecanização com equipamentos pesados. Solos de fertilidade natural baixa, podendo ser excessivamente ácidos. Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e solos mais profundos. Aptas para o uso agrícola condicionado a aplicação de corretivos e fertilizantes.

#### • Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável com reservatórios do tipo fissural, com potencial bastante irregular, condicionado à presença de falhas, fraturas e demais descontinuidades estruturais. O manto regolítico mostra boa permeabilidade primária e secundária e quando espessos podem formar bons aquíferos superficiais. A intensidade deformacional rúptil sobre essas rochas favoreceu a formação de excelentes armadilhas hidrogeológicas relacionadas a falhas, fraturas e outras descontinuidades estruturais, construindo aquíferos fissurais com bom potencial armazenador e circulador de águas. Nesse domínio as rochas foram submetidas a intenso tectonismo dútil e rúptil com formação de falhas, fraturas abertas e outras super-



**Figura 6.24** - Matacões de granito gnaissificado imersos no manto regolítico em processo de pedogênese avançada (Oiapoque – AP). Fotografia: Acervo do projeto, 2011.





**Figura 6.25** - Blocos e Bouders de rocha granodiorítica exibindo esfoliação esferoidal em meio ao saprolito e solo. Aspecto limitante à engenharia, sendo necessário a utilização de explosivo e maquinários para seu desmonte (Calçoene – AP). Fotografia: Acervo do projeto, 2011.

fícies planares, nas quais águas subterrâneas circulam e se armazenam como aquíferos fissurais. Em função das dimensões, da densidade e do grau de interconectividade das falhas e fraturas, os aquíferos poderão ter potencial hidrogeológico, porém com potencial de exploração local e bastante irregular, com vazões variáveis. Essas rochas se alteram para solos bastante argilosos e quando residuais, bem evoluídos e pouco permeáveis são desfavoráveis à recarga das águas subterrâneas. Nos períodos chuvosos a maior parte das águas escorre, rapidamente, para os canais de drenagem.

- Fontes poluidoras

Rochas deformadas com intenso tectonismo dúctil, portadoras de falhas e fraturas abertas e outras discontinuidades estruturais, pelas quais os poluentes podem chegar, rapidamente, até as águas subterrâneas. Em locais onde os solos são pouco evoluídos, o potencial de contaminação das águas subterrâneas é alto. Baixa vulnerabilidade à contaminação decorrente da presença de rochas coesas, com baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração. Solos residuais de boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes. Presença de solos argilosos espessos que funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero.

- Potencial mineral

Área de interesse mineral pela potencialidade desses granitos como rocha ornamental, brita e saibro para uso imediato na construção civil.

- Potencial geoturístico

Relevo bastante diversificado de grande beleza cênica constituído por de áreas serranas, cachoeiras e corredeiras.

## Complexo granito-gnaiss-migmatítico e granulitos (DCGMGL)

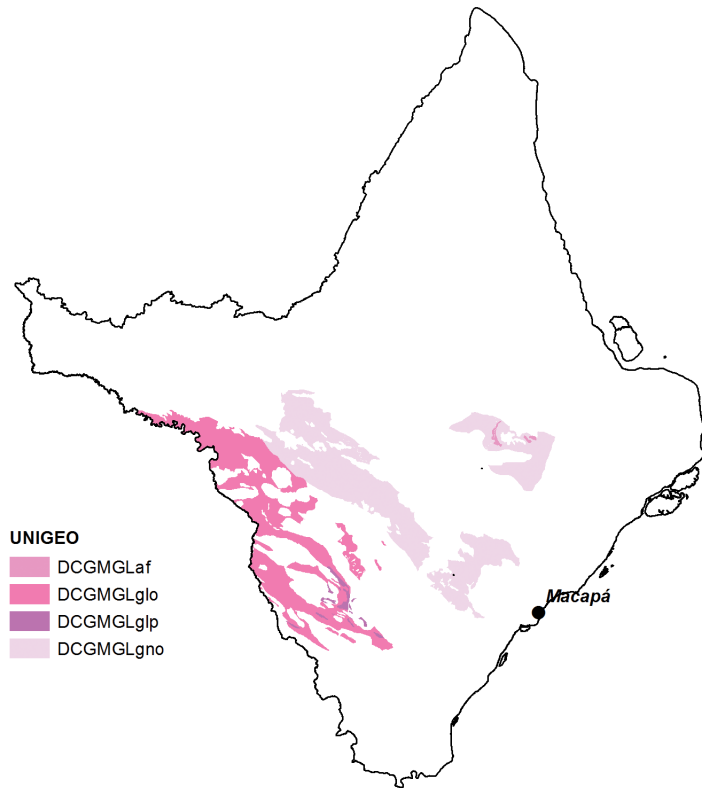
São terrenos com um substrato crustal antigo com sua geologia construída no arqueo-proterozoico e com litologias marcadas por uma estruturação gnaissóide e intensamente deformadas em regime dúctil-rúptil, com formação subsequente de tectonitos com feições miloníticas e cataclásticas. Ao longo do seu processo geológico ocorreram modificações estruturais, texturais e deformativas em variados graus de metamorfismo e deformação em suas litologias a partir de protólitos ígneos e/ou sedimentares e natureza sílica e/ou mantélica. No curso de seu processo evolutivo e genético, as litologias desse domínio sofreram sucessivas fusões parciais, originando estruturas migmatíticas diversas, marcadas sempre pela presença de frações paleo e neossomáticas, que testemunham um evento anatexítico. Os granulitos ou catametamorfitos associados são os reliquários rochosos anídricos de uma crosta inferior alçada tectonicamente por cavalgamento de baixo ângulo aos níveis crustais mais superiores. Esse domínio é representado pelas unidades litoestratigráficas denominadas Complexo Iratapuru, Complexo Jari-Guaribas, Complexo Mapari, Complexo Tumucumaque e Piriclasito Mutum, correspondendo às unidades geológico-ambientais Gnaiss-granulito paraderivado. Podem conter porções migmatíticas (DCGMGLglp), Gnaiss granulítico ortoderivado. Podem conter porções migmatíticas (DCGMGLglo), Predomínio de gnaisses ortoderivados. Podem conter porções migmatíticas (DCGMGLgno) e Anfibolitos (DCGMGLaf). Ocorrem nas porções centro-sudoeste do estado do Amapá e apesar de composições distintas, essas unidades foram descritas juntas por apresentarem comportamento semelhante frente ao uso e a ocupação do terreno.

Gnaiss-granulito paraderivado. Podem conter porções migmatíticas (DCGMGLglp), Gnaiss granulítico ortoderivado. Podem conter porções migmatíticas (DCGMGLglo), Predomínio de gnaisses ortoderivados. Podem conter porções migmatíticas (DCGMGLgno) e Anfibolitos (DCGMGLaf).

Essas unidades geológico-ambientais têm suas áreas de ocorrência na porção sudoeste do estado (Figura 6.26).

- Obras de engenharia

Rochas de dureza elevada e de alta resistência ao corte e à penetração, necessitando de explosivos para o seu desmonte. Estruturam-se com alto grau de coerência, elevada resistência à compressão, baixa porosidade primária e com moderada a alta resistência ao intemperismo físico-químico. Os solos bem evoluídos são de erodibilidade natural baixa e mantêm boa estabilidade em taludes de corte; são moderadamente plásticos e apresentam boa capacidade de compactação. Nas áreas de superfícies aplainadas ou



**Figura 6.26** - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DCGMGL. Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

suavemente colinosas o manto regolítico é, geralmente, espessado e de mais fácil escavabilidade. Como o relevo se apresenta com baixa declividade e amplitude, o potencial de movimentos de massa é bastante reduzido, permitindo a estabilização do terreno, dispensando muitas obras de transposição de canais de drenagem, bem como a execução de cortes profundos. As rochas desse domínio ocorrem como uma associação litológica dominada por granitos, gnaisses, migmatitos e granulitos com as mais variadas e contrastantes características texturais, estruturais e mineralógicas impostas por sucessivos tectonismos em ambiência sin-cinemática. Falhas, fraturas, dobras e outras descontinuidades estruturais e composicionais provocaram acentuada anisotropia geomecânica e hidráulica lateral e vertical e, por consequente, variadas e contrastantes características geotécnicas.

Esses contrastes facilitam a desestabilização, queda e rolagem de blocos e matacões em taludes de corte mais verticalizados, a percolação de fluidos e os processos intemperísticos e erosivos. As rochas desse domínio se intemperizam de forma heterogênea e diferenciada provocando variações e irregularidades com relação à profundidade do substrato rochoso, com blocos e matacões mergulhados na matriz do solo, limitando as escavações e perfurações. Por decorrência, são necessários estudos geotécnicos detalhados, nesses terrenos, apoiados em sondagens de malha em escala de detalhe e ensaios tecnológicos. Como o

intemperismo dessas rochas é diferenciado, os solos produzidos, quando pedogeneticamente pouco evoluídos, são bastante erosivos, com possibilidades da existência de horizontes de argilominerais expansivos, de fácil desestabilização em taludes de corte. Esses solos mostram forte potencial para a ocorrência de movimentos naturais de massa como escorregamentos e corrida de lama, independentemente da declividade existente. É comum no seio das rochas granito-gnáissico-migmatíticas a existência de enclaves ou xenólitos de rochas metabásicas do tipo ortoanfibolito, os quais são compostos de minerais, que ao longo do processo intemperístico, transformam-se em argilominerais expansivos (alternância dos estados de expansão e contração). Se os solos são pouco evoluídos, esses argilominerais podem causar efeitos danosos às obras subterrâneas. É também comum ocorrerem nas rochas desse domínio, enclaves de quartzito e veios de quartzo, os quais por serem essencialmente quartzosos, apresentam-se como materiais de baixa resistência ao cisalhamento, duros e abrasivos, dificultando a execução de escavações e perfurações.

- Agricultura

Grande parte das rochas desse domínio se altera para solos residuais com pedogênese avançada e com alta participação de argila e, portanto, com uma erosividade e permeabilidade que poderão variar de baixa a moderada. Solos bastante porosos e com boa capacidade de reter e fixar elementos nutrientes e assimilar matéria orgânica, respondendo bem à adubação e apresentando boa capacidade de armazenar água, mantendo boa disponibilidade hídrica para as plantas durante os períodos mais secos. Há predomínio de rochas contendo minerais ferromagnesianos (biotita e anfibólio) na sua composição modal, que ao sofrerem intemperismo químico liberam altos teores de Ca, Na e Mg para o solo, aumentando a sua fertilidade natural. Nesse domínio, há uma grande variabilidade litológica, portanto rochas com diferenças composicionais que se alteram com liberação heterogênea e diferenciada de nutrientes de local para local, variando, a fertilidade natural dos solos. Nas áreas de relevo com amplitude e declividade suavizadas ou de superfícies aplainadas, predominam solos profundos com boas características físicas para a agricultura, as quais constituem terras mecanizáveis com equipamentos motorizados. A qualidade dos solos para uso agrícola é variável e resultante dos bandamentos e aleitamentos irregulares com diferenças composicionais que marcam a estruturação das rochas desse domínio. Dependendo dessas diferenças composicionais entre os bandamentos, as diferentes litologias apresentarão maior ou menor resistência ao intemperismo físico-químico com



formação de solos mais argilosos (bandas mais escuras com minerais ferromagnesianos) ou mais arenosos (bandas mais claras com quartzo e feldspato) Nos solos mais profundos e espessados e com pedogênese diferenciada, o bandamento composicional se traduz em diferenciações físico-químicas, provocando grande variação local da qualidade agrícola. Nas áreas em que predominam os solos argilo-siltico-arenosos como perfis pouco evoluídos, o uso de equipamentos pesados como carga elevada contínua, resultará em forte compactação e impermeabilização com o consequente aumento na erosão hídrica laminar.

- Recursos Hídricos

As rochas desse domínio foram intensamente tectonizadas em regime de cisalhamento rúptil, com formação de falhas, fraturas e outras descontinuidades estruturais. Por decorrência representam ambientes favoráveis à existência de armadilhas hidrogeológicas com elaboração de expressivos aquíferos fissurais descontínuos com potencial variável, localmente, para a exploração de águas subterrâneas. O manto de alteração parcial com características saprolíticas mostra boas características hidrodinâmicas e quando esses saprolitos se apresentarem espessados, serão armazenadores de excelentes aquíferos superficiais. O conjunto litológico que marca esse domínio é de baixa permeabilidade primária e se altera para solos com elevado conteúdo em argila, produzindo terrenos pouco permeáveis e desfavoráveis à recarga dos aquíferos. Em solos pouco evoluídos ou rasos o potencial de contaminação das águas subterrâneas é alto. O potencial hidrogeológico desses terrenos é variável e dependente da existência, distribuição, tamanho, densidade e interconectividade das descontinuidades estruturais como falhas, fraturas abertas e fendilhamentos, formando aquíferos fissurais descontínuos. Nessas rochas, o manto de alteração pode ter espessamento suficiente com favorabilidade para ser um bom aquífero superficial de fácil exploração com baixo custo operacional.

- Fontes poluidoras

Predomínio de rochas que se alteram para solos argilo-siltico-arenosos pouco permeáveis e com alta capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes. Nas áreas com pedogênese avançada em que os solos são profundos, espessados, funcionando como um manto depurador, o risco de contaminação das águas subterrâneas é baixo. A vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas, por fontes superficiais é baixa, tendo em vista que os solos quando profundos são bastante argilosos, com boa capacidade de reter e depurar os poluentes. Os planos de descontinuidades estruturais propiciam a percolação de fluidos, podendo conduzir os contaminantes ao lençol freático.

- Potencial mineral

Área de relevante interesse mineral em que esses granitos têm potencial para uso em obras civis na forma de britas, saibros, blocos para fundações e rochas ornamentais. Mineralizações primárias e secundárias de ouro associadas a veios de quartzo encaixados nas rochas ornamentais. Mineralizações primárias e secundárias de ouro associadas a veios de quartzo encaixados nas rochas granito-gnáissico-migmatíticas desse domínio. Potencial para depósitos ferríferos magnetítico-hematíticos, associados aos terrenos granulíticos. Neste caso, exemplifica-se os depósitos ferríferos da região de Tracajatuba explorados pela empresa Sólida Mineração com produção anual prevista de 1,5 milhões de toneladas.

- Potencial Geoturístico

Relevo com diversidade de paisagens, com predomínio de áreas serranas.

## REFERÊNCIAS

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa geodiversidade do Brasil:** influência da geologia dos grandes geossistemas no uso e ocupação dos terrenos.

# **APÊNDICE I**

## **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.	DC	Ambiente de planícies aluvionares recentes – Material inconsolidado e de espessura variável. Da base para o topo, é formado por cascalho, areia e argila.	DCa
		Ambiente de terraços aluvionares – Material inconsolidado a semiconsolidado, de espessura variável. Da base para o topo, é formado por cascalho, areia e argila.	DCta
		Ambiente fluviolacustre – Predomínio de sedimentos arenosos, intercalados com camadas argilosas, ocasionalmente com presença de turfa. Ex.: Fm. Içá.	DCfl
		Ambiente lagunar – Predomínio de sedimentos argilosos.	DCI
		Ambiente paludal – Predomínio de argilas orgânicas e camadas de turfa.	DCp
		Ambiente marinho costeiro – Predomínio de sedimentos arenosos.	DCmc
		Ambiente misto (Marinho/Continental) – Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, argilosos, em geral ricos em matéria orgânica (mangues).	DCm
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS DO TIPO COLUVIÃO E TÁLUS.	DCICT	Colúvio e tálus – Materiais inconsolidados, de granulometria e composição diversa proveniente do transporte gravitacional.	DCICT
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS INDIFERENCIADOS CENOZOICOS RELACIONADOS A RETRABALHAMENTO DE OUTRAS ROCHAS, GERALMENTE ASSOCIADOS A SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO.  Obs.: Engloba as coberturas que existem na zona continental e representam uma fase de retrabalhamento de outras rochas que sofreram pequeno transporte em meio não aquoso ou pouco aquoso.	DCSR	Relacionado a sedimentos retrabalhados de outras rochas – Coberturas arenoconglomeráticas e/ou siltico-argilosas associadas a 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

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS EÓLICOS.	DCE	Dunas fixas – Material arenoso fixado pela vegetação.	DCEf
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS SEMICONSOLIDADOS FLUVIAIS.	DCF	Depósitos fluviais antigos – Intercalações de níveis arenosos, argilosos, siltosos e cascalhos semiconsolidados. Ex.: Formação Pariqueira-Açu.	DCFa
DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITO-LATERÍTICAS.	DCDL	Indiviso - Proveniente de processo de lateritização em rochas de composição diversas.	DCDLin
		Perfil laterítico incompleto – Proveniente de processo de lateritização em rochas de composição diversas onde o perfil laterítico não formou crosta ou foi erodido.	DCDL
		Perfil laterítico completo - Proveniente de processo de lateritização em rochas de composição diversas onde o perfil laterítico formou crostas. Ex.: Crostas ferruginosas.	DCDLi
DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITO-CARBONÁTICAS.	DCDC	Depósitos detrito-carbonáticos – Provenientes de processos de lateritização em rochas carbonáticas. Ex.: Formação Caatinga.	DCDC
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS E/OU MESOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A PEQUENAS BACIAS CONTINENTAIS DO TIPO <i>RIFT</i> .	DCMR	Predomínio de sedimentos arenosos. Ex.: Sedimentos associados a pequenas bacias continentais do tipo <i>rift</i> , como as bacias de Curitiba, São Paulo, Taubaté, Resende, dentre outras.	DCMRa
		Predomínio dos sedimentos siltico-argilosos.	DCMRsa
		Calcários com intercalações siltico-argilas. Ex.: Formação Tremembé.	DCMRcsa
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A TABULEIROS.	DCT	Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversa (arenito, siltito, argilito e cascalho). Ex.: Formação Barreiras.	DCT
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS E/OU MESOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A PROFUNDAS E EXTENSAS BACIAS CONTINENTAIS.	DCM	Predomínio de sedimentos arenoargilosos e/ou siltico-argilosos de deposição continental lacustrina deltaica, ocasionalmente com presença de linhito. Ex.: Formação Solimões.	DCMld
		Predomínio de sedimentos arenosos de deposição continental, lacustre, fluvial ou eólica – arenitos. Ex.: Formação Urucuia.	DCMa
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES MESOZOICAS CLASTOCARBONÁTICAS CONSOLIDADAS EM BACIAS DE MARGENS CONTINENTAIS ( <i>RIFT</i> ).	DSM	Predomínio de calcário e sedimentos siltico-argilosos.	DSMc
		Predomínio de sedimentos quartzoarenosos e conglomeráticos, com intercalações de sedimentos siltico-argilosos e/ou calcíferos.	DSMqcg



DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES MESOZOICAS CLASTOCARBONÁTICAS CONSOLIDADAS EM BACIAS DE MARGENS CONTINENTAIS ( <i>RIFT</i> ).	DSM	Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com alternância de sedimentos arenosos e conglomeráticos.	DSMsa
		Intercalações de sedimentos siltico-argilosos e quartzarenosos.	DSMsaq
		Intercalação de sedimentos siltico-argilosos e camadas de carvão.	DSMscv
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 quartzarenosos finos, com cimentação carbonática e intercalações subordinadas siltico-argilosas (ambientes deposicionais: eólico e/ou eólico/fluvial). Ex.: Formações Goio-Erê, Araçatuba, Presidente Prudente.	DSMCef
		Predomínio de sedimentos quartzarenosos finos (ambiente deposicional eólico). Ex.: Formações Vale do Rio do Peixe, Rio Paraná e São José do Rio Preto.	DSMCe
DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES MESOZOICAS E PALEOZOICAS, POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADAS, ASSOCIADAS A GRANDES E PROFUNDAS BACIAS SEDIMENTARES DO TIPO SINÉCLISE (AMBIENTES DEPOSICIONAIS: CONTINENTAL, MARINHO, DESÉRTICO, GLACIAL E VULCÂNICO).	DSVMP	Predomínio de sedimentos arenosos malseleccionados.	DSVMPa
		Predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição eólica. Ex.: Arenito Botucatu.	DSVMPae
		Predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista (eólica e fluvial). Ex.: Fm. Rio do Peixe, Fm. Caiuá.	DSVMPaef
		Predomínio de arenitos e conglomerados.	DSVMPacg
		Predomínio de arenitos a arenitos caulíníficos. Ex.: Fm. Alter do Chão.	DSVMPac
		Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos. Ex: Formação Itararé.	DSVMPasaf
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações arenosas.	DSVMPsaa
		Predomínio de arenitos vulcanoclásticos (tufos cineríticos).	DSVMPav
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos e arenosos, contendo camadas de carvão.	DSVMPsaacv

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
<p>DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES MESOZOICAS E PALEOZOICAS, POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADAS, ASSOCIADAS A GRANDES E PROFUNDAS BACIAS SEDIMENTARES DO TIPO SINÉCLISE (AMBIENTES DEPOSICIONAIS: CONTINENTAL, MARINHO, DESÉRTICO, GLACIAL E VULCÂNICO).</p>	<p><b>DSVMP</b></p>	Intercalações de paraconglomerados (tilitos) e folhelhos.	<b>DSVMPcgf</b>
		Predomínio de sedimentos síltico-argilosos e calcários com intercalações arenosas subordinadas.	<b>DSVMPsaca</b>
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, síltico-argilosos e calcários.	<b>DSVMPasac</b>
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos e síltico-argilosos com finas camadas de evaporitos e calcários.	<b>DSVMPasaec</b>
		Predomínio de rochas calcárias intercaladas com finas camadas síltico-argilosas.	<b>DSVMPcsa</b>
		Arenitos, conglomerados, tilitos e folhelhos. Ex.: Grupo Curuá.	<b>DSVMPactf</b>
		Arenitos, conglomerados, siltitos, folhelhos e calcário. Ex.: Grupo Alto Tapajós.	<b>DSVMPacsfc</b>
		Predomínio de sedimentos síltico-argilosos intercalados de folhelhos betuminosos e calcários. Ex.: Formação Irati.	<b>DSVMPsabc</b>
		Predomínio de arenitos e intercalações de pelitos. Ex.: Formação Utiariti.	<b>DSVMPap</b>
<p>DOMÍNIO DO VULCANISMO FISSURAL DO TIPO PLATÔ</p> <p>Ex.: Basaltos das bacias do Paraná e Maranhão, Diques Básicos; Basalto Penetecaua, Kumdku do Mesozoico; Formação Seringa, de idade mesoproterozoica.</p>	<p><b>DVM</b></p>	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>

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DIFERENCIADOS DO PALEÓGENO, MESOZOICO E PROTEROZOICO.  Ex.: Alcalinas do Lineamento de Cabo Frio, Lajes.	<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, quartzossienitos, traquitos, nefelina sienito, sodalita sienito etc.).	<b>DCAalc</b>
		Gabro, anortosito, carbonatito, dique de lamprófito.	<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 A <i>RIFTS</i> , NÃO OU POUCO DEFORMADAS E METAMORFIZADAS.  Ex.: Grupo Camaquã, Fm. Campo Alegre	<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  Ex.: Formação Camarinha	<b>DSPM</b>	Predomínio de metaconglomerados intercalados de metarenitos arcoseanos, metarcóseos e metassiltitos.	<b>DSPMcgas</b>
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.  Ex.: Fms. Palmeiral, Aguapeí, Dardanelos, Prosperança, Ricardo Franco, Roraima, Beneficente, Jacadigo e Cuiabá.	<b>DSP1</b>	Indiferenciado	<b>DSP1in</b>
		Predomínio de sedimentos arenosos e conglomeráticos, com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos.	<b>DSP1acgsa</b>
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e formações ferríferas e manganêsíferas.	<b>DSP1asafmg</b>
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com intercalações subordinadas de arenitos e metarenito feldspático.	<b>DSP1saagr</b>

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
<p>DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU MUITO POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS. CARACTERIZADAS POR UM EMPILHAMENTO DE CAMADAS HORIZONTALIZADAS E SUB-HORIZONTALIZADAS DE VÁRIAS ESPESURAS, DE SEDIMENTOS CLASTOQUÍMICOS DE VÁRIAS COMPOSIÇÕES E ASSOCIADOS AOS MAIS DIFERENTES AMBIENTES TECTONODEPOSICIONAIS.</p> <p>Ex.: Fms. Palmeiral, Aguapeí, Dardanelos, Prosperança, Ricardo Franco, Roraima, Beneficente, Jacadigo e Cuiabá.</p>	<p><b>DSP1</b></p>	<p>Rochas calcárias com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos e arenosos.</p>	<p><b>DSP1csaa</b></p>
		<p>Diamictitos, metarenitos feldspáticos, sedimentos arenosos e siltico-argilosos.</p>	<p><b>DSP1dgrsa</b></p>
		<p>Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações subordinadas de rochas calcárias.</p>	<p><b>DSP1sac</b></p>
		<p>Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com intercalações de arenitos. Ex.: Formação Suapi e Supergrupo Roraima.</p>	<p><b>DSP1saa</b></p>
<p>DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCÂNICAS OU VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS</p> <p>Ex.: Formações Uatumã, Uailã, Iriri, Surumu, Iricomé e Cachoeira da Ilha.</p>	<p><b>DSVP1</b></p>	<p>Predomínio de vulcanismo ácido a intermediário.</p>	<p><b>DSVP1va</b></p>
		<p>Predomínio de vulcanismo básico.</p>	<p><b>DSVP1vb</b></p>
		<p>Sequência vulcanossedimentar.</p>	<p><b>DSVP1vs</b></p>
		<p>Vulcanismo ácido a intermediário e intercalações de sedimentos arenosos e siltico-argilosos, podendo conter formações ferríferas e/ou manganíferas.</p>	<p><b>DSVP1vaa</b></p>
		<p>Predomínio de ortoconglomerados.</p>	<p><b>DSVP1ocg</b></p>
		<p>Predomínio de sedimentos arenosos e conglomerados, com intercalações de sedimentos siltico-argilosos. Ex.: Bacias de Campo Alegre e de Itajaí; Orógeno Pelotas.</p>	<p><b>DSVP1sacg</b></p>
<p>DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS, METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU</p>	<p><b>DSP2</b></p>	<p>Metarenitos, quartzitos e metaconglomerados.</p>	<p><b>DSP2mqmtc</b></p>
		<p>Predomínio de metarenitos e quartzitos, com intercalações irregulares de metassedimentos siltico-argilosos e formações ferríferas ou manganíferas.</p>	<p><b>DSP2mqsafmg</b></p>
		<p>Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos e siltico-argilosos.</p>	<p><b>DSP2msa</b></p>
		<p>Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos, com intercalações de metarenitos feldspáticos.</p>	<p><b>DSP2sag</b></p>

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS, METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU	DSP2	Predomínio de metassedimentos síltico-argilosos, representados por xistos, com intercalações de metassedimentos arenosos, metacalcários e calssilicáticas.	DSP2mxaccal
		Predomínio de metassedimentos síltico-argilosos, representados por xistos, com níveis de quartzitos (milinotizados ou não).	DSP2xq
		Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos, metacalcários, calcosilicáticas e xistos calcíferos.	DSP2mcx
		Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos síltico-argilosos e arenosos.	DSP2mcsaa
		Predomínio de sedimentos síltico-argilosos com intercalações subordinadas de arenitos.	DSP2saa
		Predomínio de quartzitos.	DSP2q
		Predomínio de metassedimentos síltico-argilosos, representados por xistos.	DSP2x
		Metagrauvas e metaconglomerados predominantes.	DSP2mgccg
		Metavulcânicas ácidas a intermediárias xistificadas, intercaladas com sedimentos psamíticos e pelíticos.	DSP2mvx
		Predomínio de metadiamicctitos e filitos, localmente com lentes de quartzitos.	DSP2mdmf
Predomínio de metassedimentos síltico-argilosos com intercalações subordinadas de rochas calcárias.	DSP2sac		
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU.	DSVP2	Indiferenciado.	DSVP2in
		Predomínio de quartzitos.	DSVP2q
		Predomínio de metassedimentos síltico-argilosos, representados por xistos.	DSVP2x



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 rochas metacalcárias, com intercalações de finas camadas de metassedimentos siltico-argilosos.	DSVP2csa
		Metacherts, metavulcânicas, formações ferríferas e/ou formações manganésíferas, metacalcários, metassedimentos arenosos e siltico-argilosos.	DSVP2vfc
		Metarenitos feldspáticos, metarenitos, tufos e metavulcânicas básicas a intermediárias.	DSVP2gratv
		Metassedimentos siltico-argilosos e vulcânicas ácidas.	DSVP2mva
		Predomínio de rochas metabásicas e metaultramáficas.	DSVP2bu
		Metacherts, metarenitos, metapelitos, vulcânicas básicas, formações ferríferas e formações manganésíferas.	DSVP2af
		Metarenitos, metachert, metavulcânicas ácidas a intermediárias, formações ferríferas e/ou manganésíferas.	DSVP2avf
		Predomínio de vulcânicas ácidas.	DSVP2va
		Predomínio de metapelitos, com intercalações de rochas metabásicas e/ou metaultramáficas.	DSVP2pbu
		Metacherts, metarenitos e/ou metapelitos.	DSVP2cap
		Predomínio de metaconglomerados milonitizados, intercalados com metavulcânicas.	DSVP2mcv
		Metassedimentos pelíticos intercalados com metavulcânicas.	DSVP2msmv
		Metapelitos, metacarbonatos e quartzitos intercalados com metavulcânicas.	DSVP2pcqv
Metavulcânicas, metacalcários, metacherts, metassedimentos arenosos, calcissilicáticas, xistos e ultramafitos.	DSVP2vscu		

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 metarenitos e quartzitos com intercalações irregulares de metassedimentos síltico-argilosos e formações ferríferas ou manganêsíferas.	DSVP2mqsafmg
		Predomínio de metarenitos e/ou quartzitos, intercalados com vulcânicas ácidas e básicas.	DSVP2mavab
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES TIPO <i>GREENSTONE BELT</i> , ARQUEANO ATÉ O MESOPROTEROZOICO.  Ex.: Crixás, Araci, Rio das Velhas, Natividade e Rio Maria.	DGB	Sequência vulcânica komatiítica associada a talco-xistos, anfíbolitos, <i>cherts</i> , formações ferríferas e metaultrabasitas.	DGBko
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES TIPO <i>GREENSTONE BELT</i> , ARQUEANO ATÉ O MESOPROTEROZOICO.  Ex.: Crixás, Araci, Rio das Velhas, Natividade e Rio Maria.	DGB	Predomínio de sequência sedimentar.	DGBss
		Sequência vulcanossedimentar, com alta participação de metavulcânicas ácidas e intermediárias.	DGBvai
		Sequência vulcanossedimentar.	DGBvs
DOMÍNIO DOS CORPOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS (SUÍTES KOMATIÍTICAS, SUÍTES TOLEÍTICAS, COMPLEXOS BANDADOS).  Ex.: Cana Brava, Barro Alto e Niquelândia. Básicas e Ultrabásicas Alcalinas e Vulcanismo Associado.	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> . Ex.: Corpo de Diabásio Avanavero e Taiano.	DCBSDds
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES NÃO DEFORMADOS.	DCGR1	Associações charnockíticas. Ex.: Piroxênio granitoides etc. Minerais diagnósticos: hiperstênio, diopsídio.	DCGR1ch
		Séries graníticas peralcalinas. Ex.: Granitos alcalinos a riebeckita e arfvedsonita.	DCGR1palc

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES NÃO DEFORMADOS.	DCGR1	Séries graníticas alcalinas. Ex.: Alcalifeldspato granitos, sienogranitos, monzogranitos, quartzomonzonitos, monzonitos, quartzossienitos, sienitos, quartzo-alcalissienitos, alcalissienitos etc. Alguns minerais diagnósticos: fluorita, alanita.	DCGR1alc
		Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, tonalitos, dioritos, quartzomonzonitos, monzonitos etc. Alguns minerais diagnósticos: hornblenda, biotita, titanita, epidoto.	DCGR1salc
		Granitoides peraluminosos. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos etc. Minerais diagnósticos: muscovita, granada, cordierita, silimanita, monazita, xenotima.	DCGR1pal
		Série shoshonítica. Ex.: Gabrodiorito a quartzomonzonito etc. Minerais diagnósticos: augita, diopsídio e/ou hiperstênio, anfibólio e plagioclásio.	DCGR1sho
		Indeterminado.	DCGR1in
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES DEFORMADOS.	DCGR2	Associações charnoquíticas. Ex.: Piroxênio granitoides etc. Minerais diagnósticos: hiperstênio, diopsídio.	DCGR2ch
		Séries graníticas peralcalinas. Ex.: Granitos alcalinos a riebeckita e arfvedsonita.	DCGR2palc
		Séries graníticas alcalinas. Ex.: Alcalifeldspato granitos, sienogranitos, monzogranitos, quartzomonzonitos, monzonitos, quartzossienitos, sienitos, quartzo-alcalissienitos, alcalissienitos etc. Alguns minerais diagnósticos: fluorita, alanita.	DCGR2alc
		Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, tonalitos, quartzomonzodioritos, dioritos, quartzomonzonitos, monzonitos etc. Alguns minerais diagnósticos: hornblenda, biotita, titanita, epidoto.	DCGR2salc
		Granitoides peraluminosos. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos etc. Minerais diagnósticos: muscovita, granada, cordierita, silimanita, monazita, xenotima.	DCGR2pal

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES DEFORMADOS.	DCGR2	Série shoshonítica. Ex.: Gabrodiorito a quartzomonzonito etc. Minerais diagnósticos: augita, diopsídio e/ou hiperstênio, anfibólio e plagioclásio.	DCGR2sho
		Indeterminado.	DCGR2in
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES INTENSAMENTE DEFORMADOS: ORTOGNAISSES	DCGR3	Associações charnoquíticas. Ex.: Piroxênio granitoides etc. Minerais diagnósticos: hiperstênio, diopsídio.	DCGR3ch
		Séries graníticas peralcalinas. Ex.: Granitos alcalinos a riebeckita e arfvedsonita.	DCGR3palc
		Séries graníticas alcalinas. Ex.: Alcalifeldspato granitos, sienogranitos, monzogranitos, quartzomonzonitos, monzonitos, quartzossienitos, sienitos, quartzo-alcalissienitos, alcalissienitos etc. Alguns minerais diagnósticos: fluorita, alanita.	DCGR3alc
		Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, tonalitos, dioritos, quartzomonzonitos, monzonitos etc. Alguns minerais diagnósticos: hornblenda, biotita, titanita, epidoto.	DCGR3salc
		Granitoides peraluminosos. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos etc. Minerais diagnósticos: muscovita, granada, cordierita, silimanita, monazita, xenotima.	DCGR3pal
		Série Shoshonítica. Ex: Gabrodiorito a quartzomonzonito etc. Minerais diagnósticos: augita, diopsídio e/ou hiperstênio, anfibólio e plagioclásio.	DCGR3sho
		Indeterminado.	DCGR3in
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GNÁISSICO-MIGMATÍTIOS E GRANULÍTICOS.	DCGMGL	Predominam migmatitos ortoderivados.	DCGMGLmo
		Predominam migmatitos paraderivados.	DCGMGLmp
		Predomínio de gnaisses paraderivados. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLgnp

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GNÁISSICO-MIGMATÍTICOS E GRANULÍTICOS.	DCGMGL	Migmatitos indiferenciados.	DCGMGLmgi
		Gnaisse-granulito paraderivado. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLgip
		Predomínio de paragnaisses com elevada incidência de cobertura detrito-laterítica.	DCGMGLdl
		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
		Anfibolitos.	DCGMGLlaf
		Gnaisses, migmatitos e/ou granulitos, com alta incidência de corpos de metamáficas e/ou metaultramáficas.	DCGMGLmu
		Gnaisses, migmatitos e/ou granulitos, associados a rochas metamáficas e/ou metaultramáficas, incluindo formações ferríferas bandadas.	DCGMGLmufb
		Predomínio de quartzito.	DCGMGLqt



# APÊNDICE II

## BIBLIOTECA DE RELEVO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

Marcelo Eduardo Dantas ([marcelo.dantas@cprm.gov.br](mailto:marcelo.dantas@cprm.gov.br))

CPRM – Serviço Geológico do Brasil



## 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 II.1).

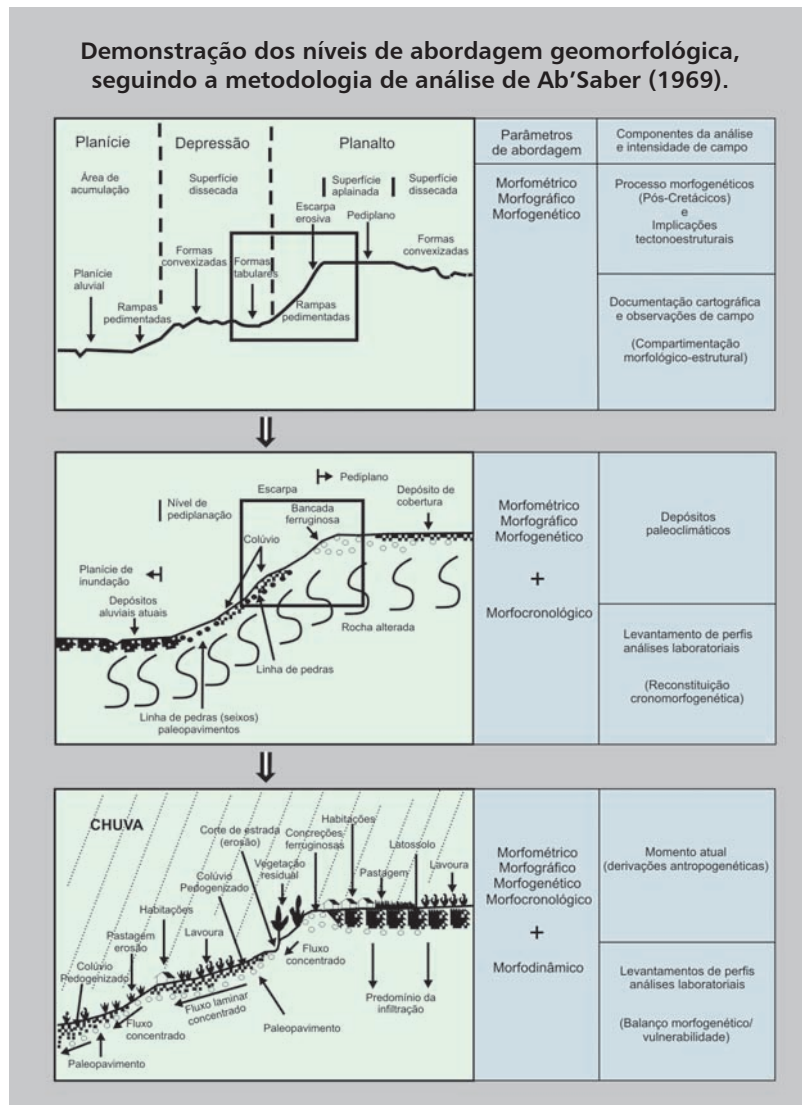
A **compartimentação morfológica dos terrenos** é obtida a partir da avaliação empírica dos diversos conjuntos de formas e padrões de relevo posicionados em diferentes níveis topográficos, por meio de observações de campo e análise de sensores remotos (fotografias aéreas, imagens de satélite e Modelo Digital de Terreno (MDT)). 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 erosivodepositivos.

A **fisiologia da paisagem**, por sua vez, 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 erosivodepositivos atuais, incluindo todos os impactos decorrentes da ação antropogênica sobre a paisagem natural. Dessa forma, embute-se na análise geomorfológica o estudo da morfodinâmica, privilegiando-se a análise de processos.

A Biblioteca de Padrões de Relevo do Território Brasileiro foi elaborada para atender à compartimentação geológico-geomorfológica proposta pela metodologia de mapeamento da geodiversidade do território brasileiro em escalas de análise reduzidas (1:500.000 a 1:2.500.000). Nesse sentido, sua abordagem restringe-se a avaliar o primeiro dos pressupostos elencados por Ab'Saber: a compartimentação morfológica dos terrenos. Portanto, a compartimentação de relevo efetuada nos mapeamentos de geodiversidade elaborados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) não representa um mapeamento geomorfológico, tendo em vista que não são considerados os aspectos de gênese, evolução e morfodinâmica. Com a Biblioteca de Padrões de Relevo do Território Brasileiro, a CPRM/SGB tem como objetivo precípuo inserir informações de relevo-paisagem-geomorfologia, em uma análise integrada do meio físico aplicada ao planejamento territorial, empreendida nos mapeamentos de geodiversidade. O mapeamento de padrões de relevo representa, em linhas gerais, o 3º táxon hierárquico da metodologia de mapeamento geomorfológico proposta por Ross (1990). Em todos os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) de Geodiversidade desenvolvidos pela CPRM/SGB, o mapa de padrões de relevo correspon-



dente pode ser visualizado, bastando acessar, na shape, o campo de atributos "COD\_REL".

**REFERÊNCIAS:**

AB'SABER, A.N. (1969). Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. (Geomorfologia, 18). FFCHL, USP São Paulo, 23p.  
 ROSS, J. L. S. (1990). Geomorfologia ambiente e planejamento. Ed. Contexto. São Paulo. 85p.

**I – DOMÍNIO DAS UNIDADES AGRADACIONAIS**

**R1a – Planícies Fluviais ou Fluvioacustres (planícies de inundação, baixadas inundáveis e abaciamentos)**

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenoargilosos a argiloarenosos, apresentando 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 (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.

Amplitude de relevo: zero.

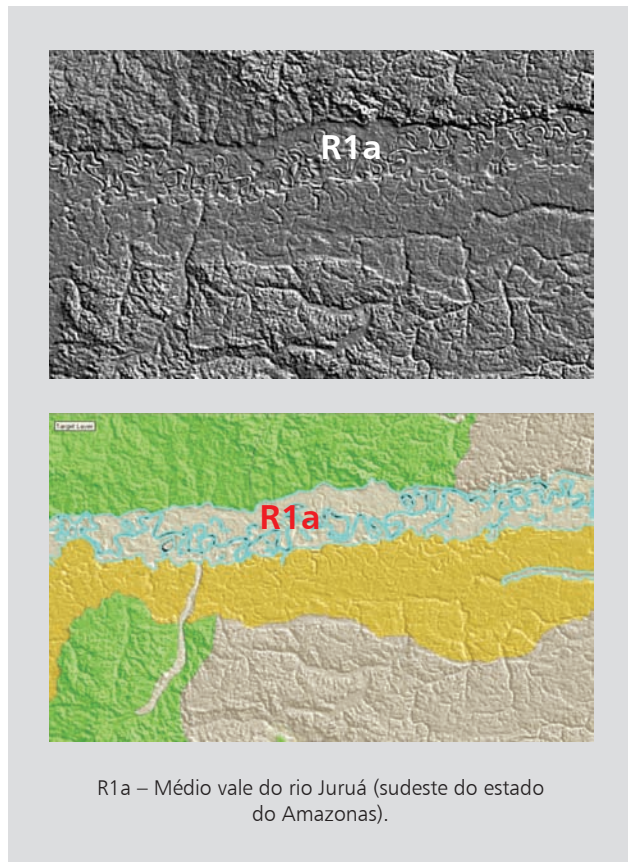
Inclinação das vertentes: 0°-3°.



R1a – Planície fluvial do alto curso do rio São João (Rio de Janeiro). Zona de Baixada Litorânea.



R1a – Planície fluvial da bacia do rio Paquequer (Rio de Janeiro). Zona montanhosa.



R1a – Médio vale do rio Juruá (sudeste do estado do Amazonas).

**R1b1 – Terraços Fluviais (paleoplanícies de inundação em fundos de vales)**

Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado, constituído de depósitos arenosos a argilosos de origem fluvial. Consistem de paleoplanícies de inundação que se encontram em nível mais elevado que o das várzeas atuais e acima do nível das cheias sazonais. Devido à reduzida escala de mapeamento, essa unidade só pôde



ser mapeada em vales de grandes dimensões, em especial, nos rios amazônicos.

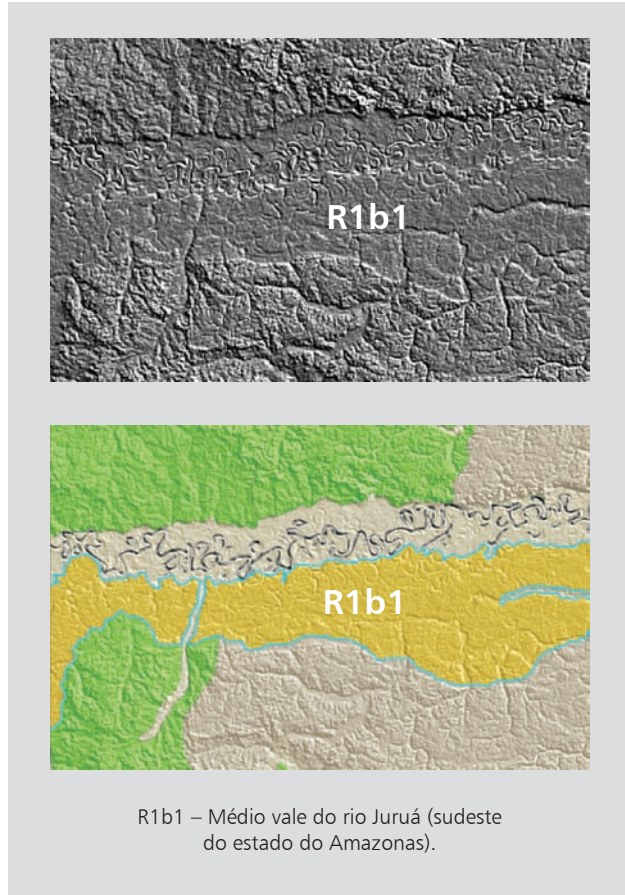
---

Amplitude de relevo: 2 a 20 m.

---

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

---



R1b1 – Planície e terraço fluviais do médio curso do rio Barreiro de Baixo (médio vale do rio Paraíba do Sul – SP/RJ).

### 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 lagunar).

---

### R1b3 – Terraços Marinhas (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: até 20 m.

---

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

---

### R1c – Vertentes recobertas por depósitos de encosta (leques aluviais, rampas de colúvio e de tálus)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Os cones de tálus consistem de superfícies deposicionais fortemente inclinadas, constituídas por depósitos de encosta, de matriz arenoargilosa a argiloarenosa, rica em blocos, muito malseleccionados. Ocorrem, de forma disseminada, nos sopés das vertentes íngremes de terrenos montanhosos. Apresentam baixa capacidade de suporte.

As rampas de colúvio consistem de superfícies deposicionais inclinadas, constituídas por depósitos de encosta arenoargilosos a argiloarenosos, malseleccionados, em interdigitação com depósitos praticamente planos das planícies aluviais. Ocorrem, de forma disseminada, nas baixas encostas de ambientes colinosos ou de morros.



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

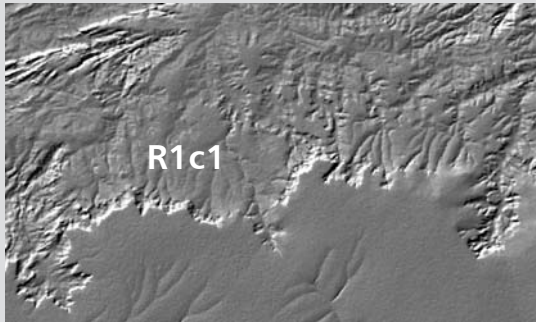
---

Inclinação das vertentes: 5°-20° (associados às rampas de colúvio).

---

Inclinação das vertentes: 20°-45° (associados aos cones de tálus).

---



R1c – Planície borda norte da Chapada do Araripe (Ceará).

## R1c2 – 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, espreados em forma de leque em uma morfologia ligeiramente convexa em planta. São depósitos malselecionados, variando entre areia fina e seixos subangulosos a subarredondados, gerados no sopé de escarpas montanhosas ou cordilheiras. Em sua porção proximal, os leques aluviais caracterizam-se por superfícies fortemente inclinadas e dissecadas por canais efêmeros que drenam a cordilheira. 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, reproduzindo um ambiente *playa-bajada* de clima árido.

---

Amplitude de relevo: 2 a 10 m.

---

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

---

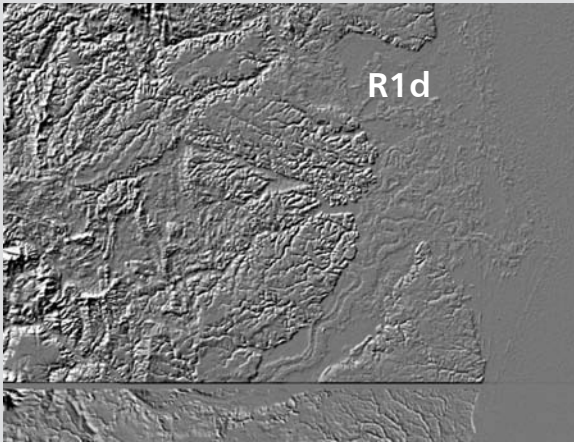
## R1d – Planícies Fluvio marinhas (mangues e brejos)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais continentais e marinhos, constituídas de depósitos argiloarenosos a argilosos. Terrenos muito maldrenados, prolongadamente inundáveis, com padrão de canais bastante meandantes e divagantes, sob influência de refluxo



R1c – Rampas de colúvio que se espriam a partir da borda oeste do platô sinclinal (Moeda – Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais).



R1d – Delta do rio Jequitinhonha (Bahia).



R1d – Ampla superfície embrejada de uma planície lagunar costeira (litoral norte do estado da Bahia, município de Conde).



R1d – Planície fluvio-marinha do baixo curso do rio Cunhaú, originalmente ocupado por mangues e atualmente desfigurado para implantação de tanques de carcinicultura (litoral sul-oriental do estado do Rio Grande do Norte).

de marés; ou resultantes da colmatação de paleolagunas. Baixa capacidade de suporte dos terrenos.

---

Amplitude de relevo: zero.

---

Inclinação das vertentes: plano (0°).

---

### R1e – Planícies Costeiras (terraços marinhos e cordões arenosos)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

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: até 20 m.

---

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

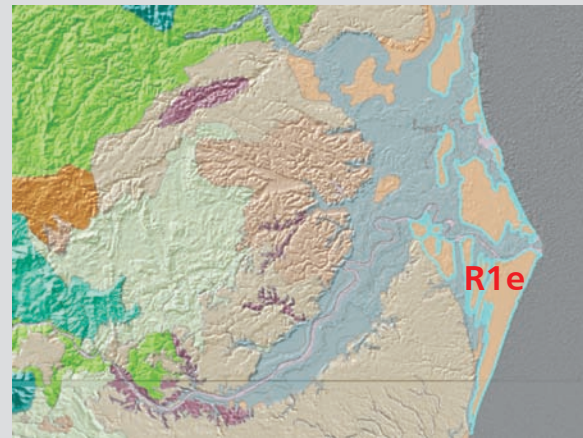
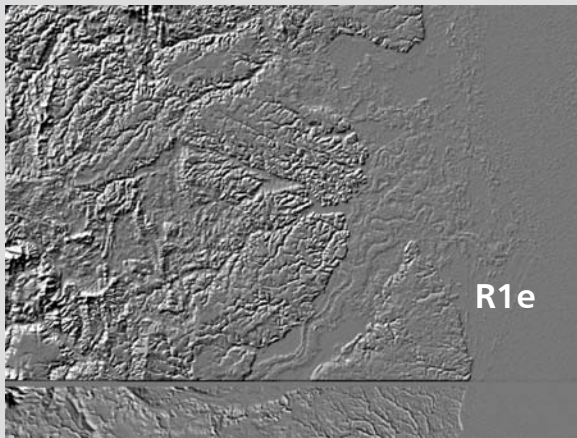
---

### R1f1 – Campos de Dunas (dunas fixas; dunas móveis)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

Superfícies de relevo ondulado constituído de depósitos arenoquartzosos, bem selecionados, depositados por ação eólica longitudinalmente à linha de costa. Por vezes, encontram-se desprovidos de vegetação e apresentam expressiva mobilidade (dunas móveis); ora encontram-se recobertos por vegetação pioneira (dunas fixas).

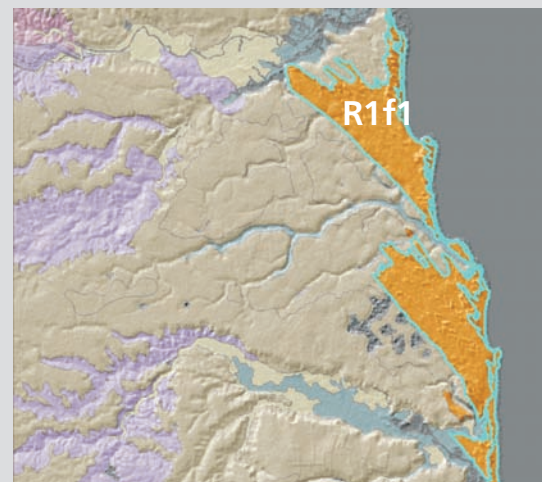
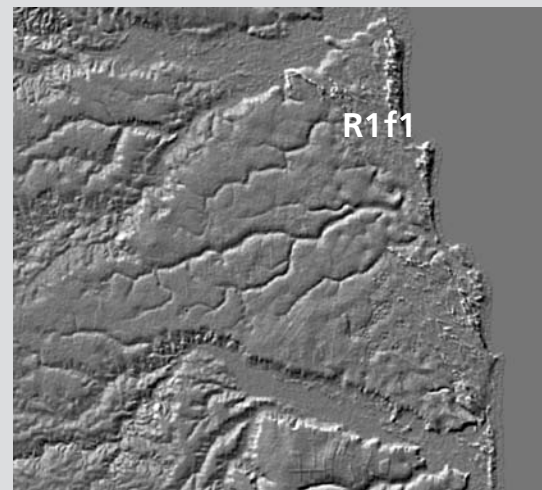




R1e – Planície do delta do rio Jequitinhonha (Bahia).



R1e – Sucessão de feixes de cordões arenosos em linha de costa progradante (Parque Nacional de Jurubatiba – Macaé, Rio de Janeiro).



R1f1 – Litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte.



R1e – Planície costeira com empilhamento de cordões arenosos e depósitos fluviolagunares (litoral norte do estado da Bahia).



R1f1 – Campos de dunas junto à linha de costa, sobrepondo falésias do grupo Barreiras (município de Baía Formosa, litoral sul do estado do Rio Grande do Norte).



R1f1 – Campo de dunas transversais na restinga de Massambaba (Arraial do Cabo, Rio de Janeiro).

---

Amplitude de relevo: até 40 m.

---

Inclinação das vertentes: 3°-30°.

---

### R1f2 – Campos de Loess

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

Superfícies de relevo plano a suave ondulado constituído de depósitos silticos ou siltico-argilosos, bem sele-

cionados, constituídos de sedimentos finos em suspensão depositados por ação eólica em zonas peridesérticas ou submetidos a paleoclimas áridos ao longo de períodos glaciais pleistocênicos. Apresentam solos com alta suscetibilidade à erosão.

---

Amplitude de relevo: 0 a 20 m.

---

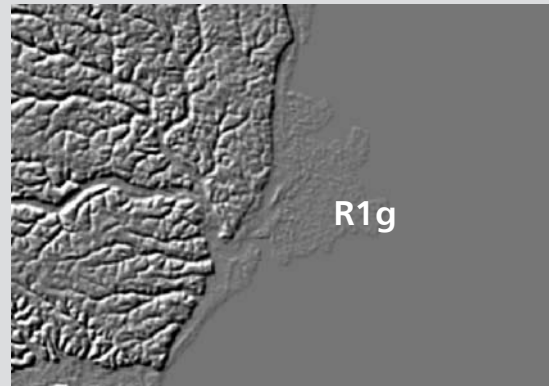
Inclinação das vertentes: 0°-5°.

---

### 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 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



R1g – Santa Cruz Cabralia (sul do estado da Bahia).



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°).

---

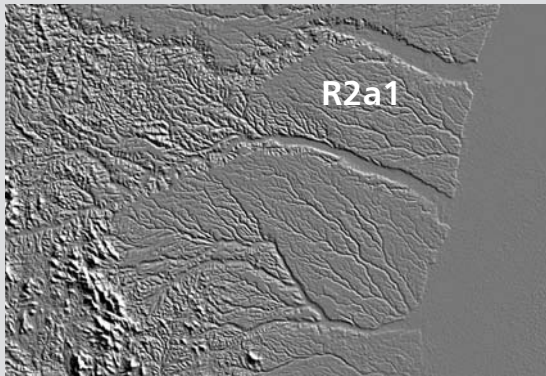
## II – DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES POUCO LITIFICADAS

### 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 mo-



R2a1 – Porto Seguro (sul do estado da Bahia).



R2a1 – Tabuleiros pouco dissecados da bacia de Macacu (Venda das Pedras, Itaboraí, Rio de Janeiro).



R2a1 – Plantação de eucaliptos em terrenos planos de tabuleiros não dissecados do grupo Barreiras (município de Esplanada, norte do estado da Bahia).

derada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).

---

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

---

Inclinação das vertentes: topo plano: 0°-3° (localmente, ressaltam-se vertentes acentuadas: 10°-25°).

---

### 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).

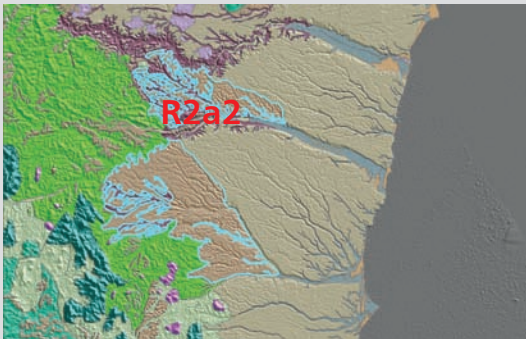
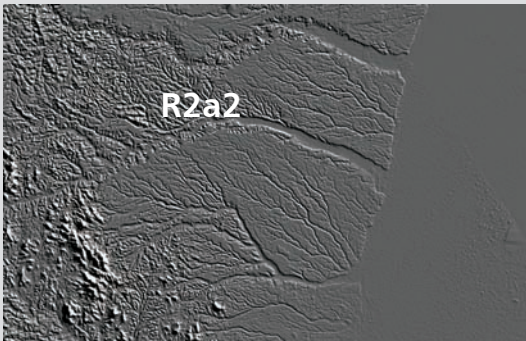
---

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

---

Inclinação das vertentes: topos planos restritos: 0°-3° (localmente, ressaltam-se vertentes acen-tuadas: 10°-25°).

---



R2a2 – Porto Seguro (sul do estado da Bahia).



R2a2 – Tabuleiros dissecados, intensamente erodidos por processos de voçorocamento junto à rodovia Linha Verde (litoral norte do estado da Bahia).



R2a2 – Tabuleiros dissecados em amplos vales em forma de “U”, em típica morfologia derivada do grupo Barreiras (bacia do rio Guaxindiba, São Francisco do Itabapoana, Rio de Janeiro).

### III – 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.

---

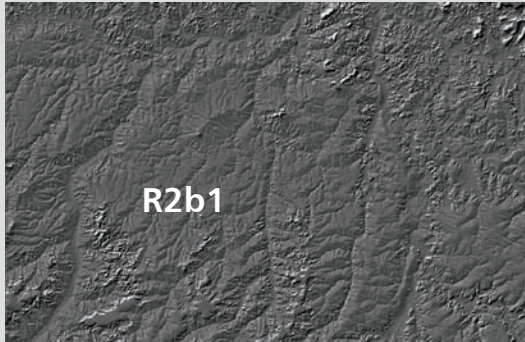
Inclinação das vertentes: topo plano a suavemente ondulado: 2°-5°.

---

#### 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



R2b1 – Centro-sul do estado do Piauí.



R2b1 – Baixos platôs não dissecados da bacia do Parnaíba (estrada Floriano-Picos, próximo a Oeiras, Piauí).

declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecação 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 forma de colinas tabulares sobre arenitos imaturos da formação Alter do Chão (Presidente Figueiredo, Amazonas).



### 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).

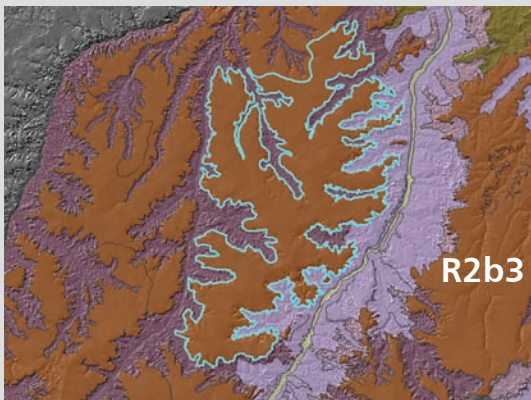
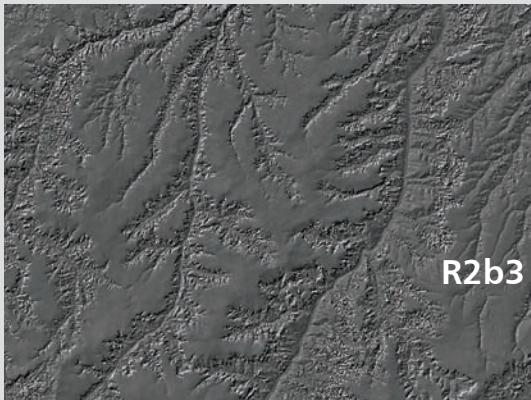
---

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

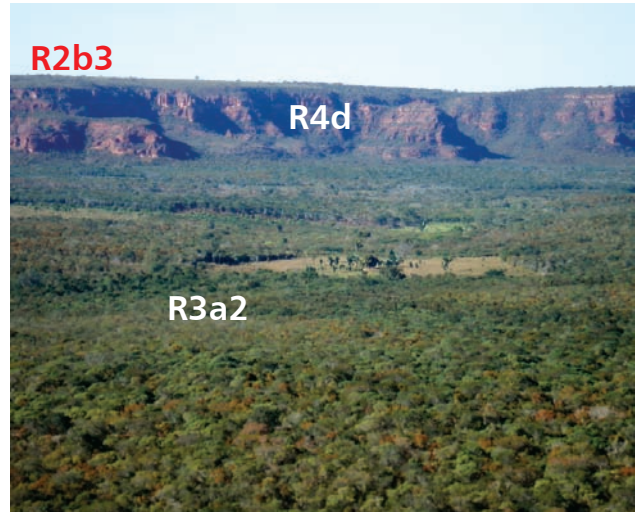
---

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 (bacia do Parnaíba, sudoeste do estado do Piauí).



R2b3 – Topo do planalto da serra dos Martins, sustentado por cornijas de arenitos ferruginosos da formação homônima (sudoeste do estado do Rio Grande do Norte).

### R2c – Chapadas e Platôs

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 de morfogênese significativos nos rebordos das escarpas erosivas, via recuo lateral das vertentes. Freqüente atuação de processos de laterização. Ocorrências

esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

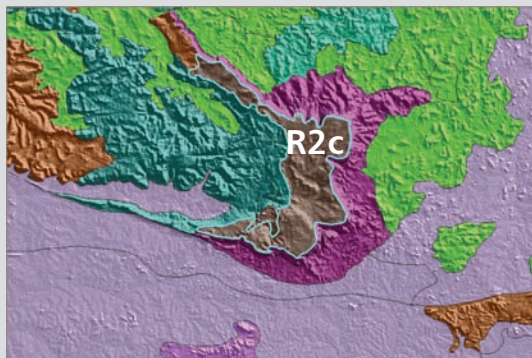
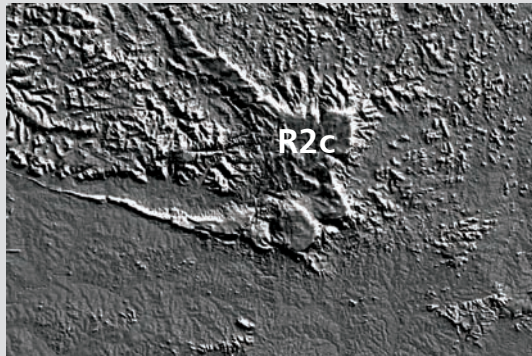
---

Amplitude de relevo: 0 a 20 m.

---

Inclinação das vertentes: topo plano, excetuando-se os eixos dos vales fluviais.

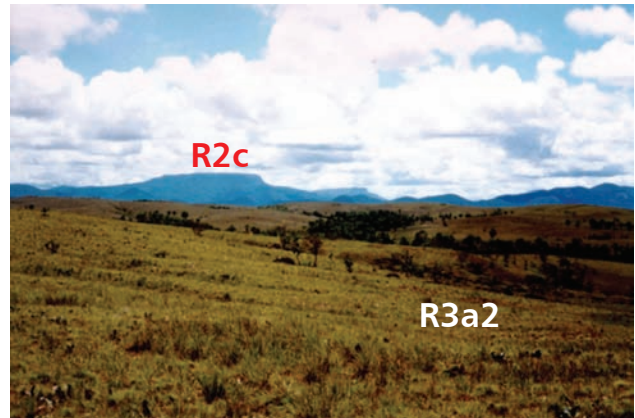
---



R2c – Borda Leste da Chapada dos Pacaás Novos (região central do estado de Rondônia).



R2c – Topo da Chapada dos Guimarães e relevo ruiforme junto a seu escarpamento.



R2c – “Tepuy” isolado da “serra” do Tepequém, uma forma em chapada sustentada por arenitos conglomeráticos do supergrupo Roraima.

#### IV – 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 interplânálticas do território brasileiro.

---

Amplitude de relevo: 0 a 10 m.

---

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

---

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.

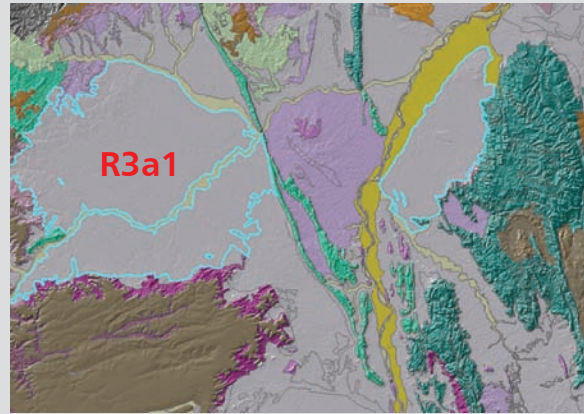
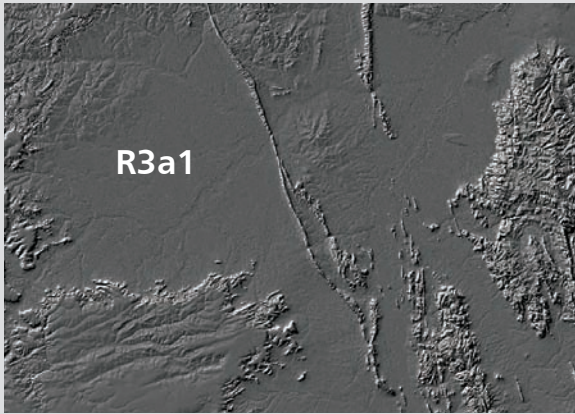
Nos biomas de cerrado e caatinga: equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (a despeito das baixas declividades, prevalece o desenvolvimento de solos rasos e pedregosos e os processos de erosão laminar são significativos).

##### 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 interplânálticas do território brasileiro.





R3a1 – Médio vale do rio São Francisco (estado da Bahia).

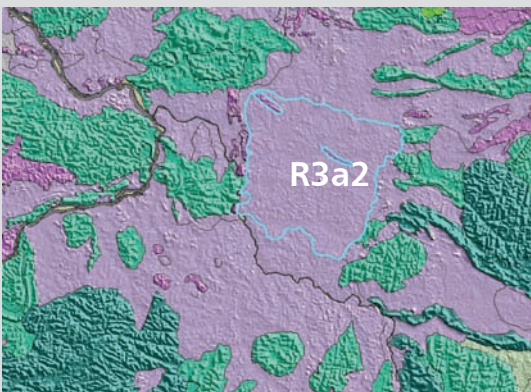
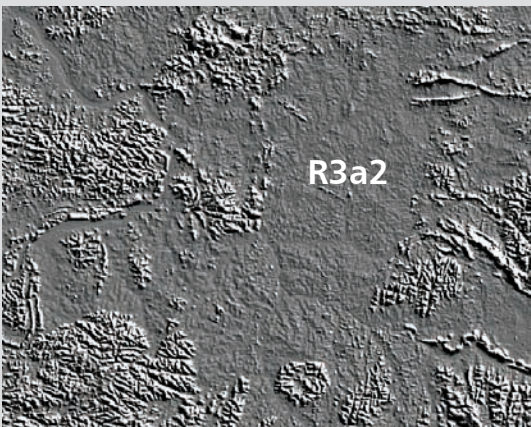
Amplitude de relevo: 10 a 30 m.

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

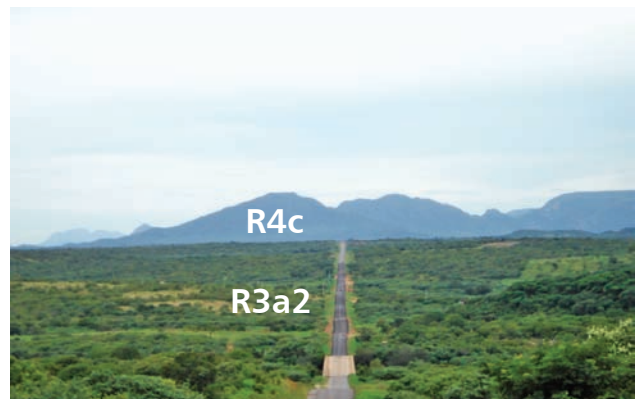


R3a1 – Extensa superfície aplainada, delimitada por esparsas cristas de quartzitos (Canudos, norte do estado da Bahia).

Caracteriza-se por extenso e monótono relevo suave ondulado sem, contudo, caracterizar ambiente colinoso, devido a suas amplitudes de relevo muito baixas e longas rampas de muito baixa declividade.



R3a2 – Médio vale do rio Xingu (estado do Pará).



R3a2 – Extensa superfície aplainada da depressão sertaneja (sudeste do estado do Rio Grande do Norte).



**R3b – *Inselbergs* e outros relevos residuais (cristas isoladas, morros residuais, pontões, monolitos)**

Relevo de aplainamento.

Relevos residuais isolados destacados na paisagem aplainada, remanescentes do arrasamento geral dos terrenos.

---

Amplitude de relevo: 50 a 500 m.

---

Inclinação das vertentes: 25°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).

---



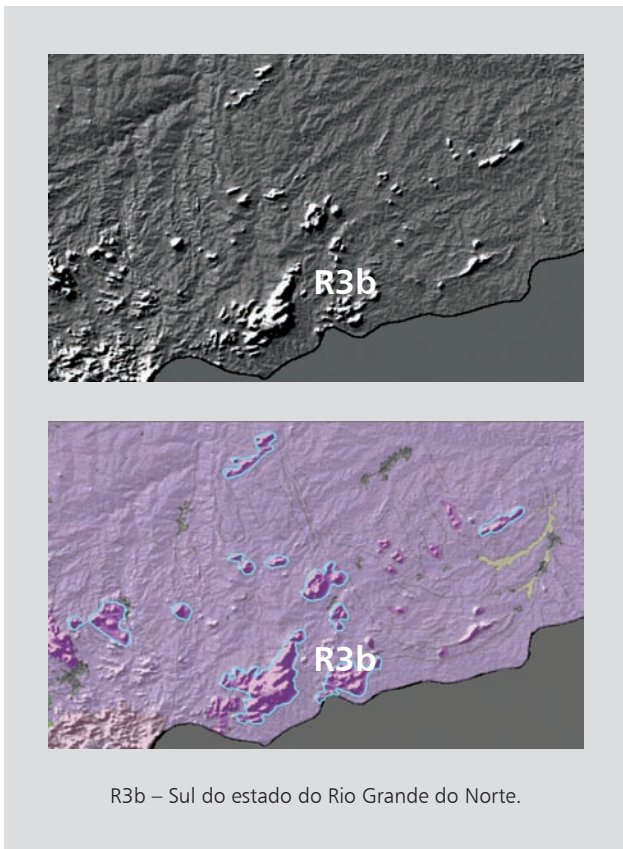
R3b – Neck vulcânico do pico do Cabugi (estado do Rio Grande do Norte).

**V – DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS CRISTALINAS OU SEDIMENTARES**

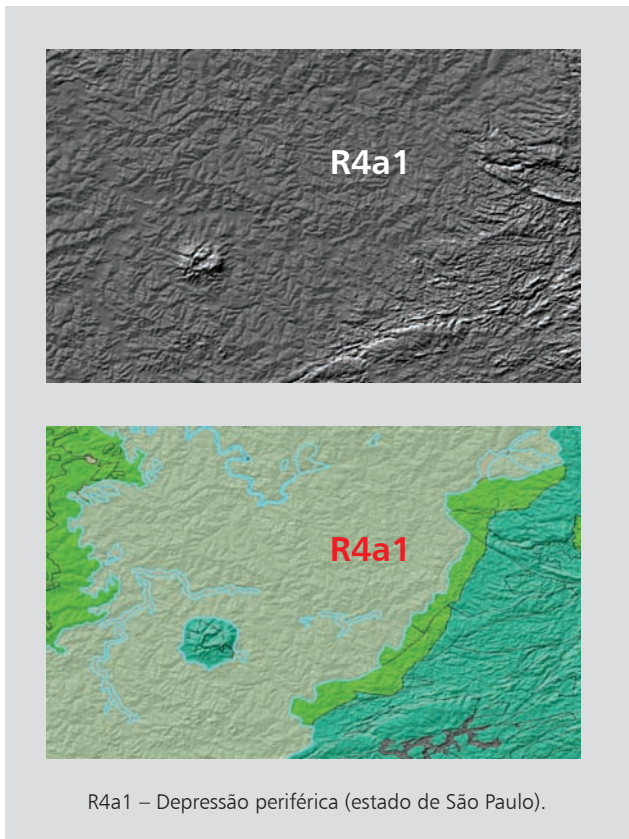
**R4a1 – Domínio de Colinas Amplas e Suaves**

Relevo de degradação em qualquer litologia, predominando rochas sedimentares.

Relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais relativamente amplas.



R3b – Sul do estado do Rio Grande do Norte.



R4a1 – Depressão periférica (estado de São Paulo).



R3b – Agrupamentos de *inselbergs* alinhados em cristas de rochas quartzíticas delineadas em zona de cisalhamento (estrada Senhor do Bonfim-Juazeiro, estado da Bahia).





R4a1 – Colinas amplas e suaves modeladas sobre granulitos (cercanias de Anápolis, Goiás).



R4a1 – Relevo suave colinoso (município de Araruama, região dos Lagos, Rio de Janeiro).

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). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

---

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

---

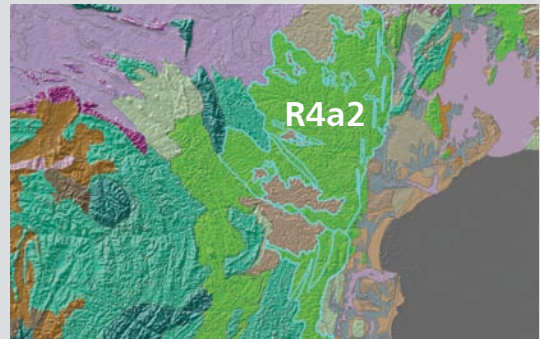
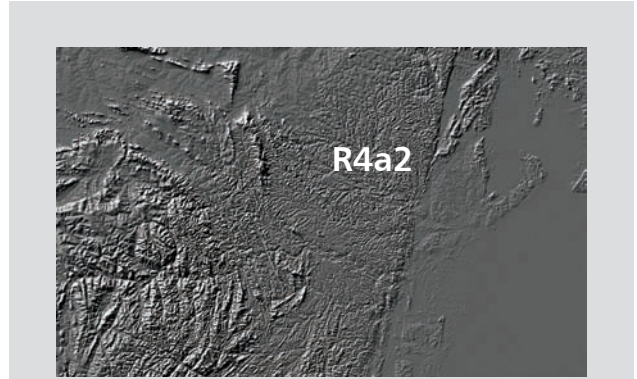
Inclinação das vertentes: 3°-10°.

---

### R4a2 – Domínio de Colinas Dissecadas e de Morros Baixos

Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados.



R4a2 – Leste do estado da Bahia.



R4a2 – Típico relevo de mar-de-morros no médio vale do rio Paraíba do Sul (topo da serra da Concórdia, Valença, Rio de Janeiro).



R4a2 – Colinas e morros intensamente dissecados sobre metassiltitos (município de Padre Bernardo, Goiás).

Equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com moderada suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

---

Amplitude de relevo: 30 a 80 m.

---

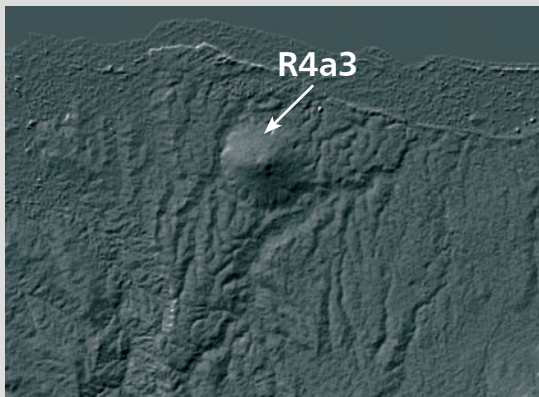
Inclinação das vertentes: 5°-20°.

---

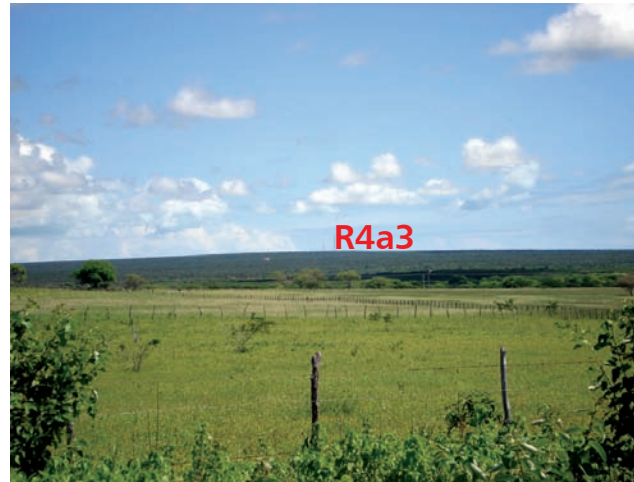
### R4a3 – Domos em estrutura elevada

#### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de amplas e suaves elevações em forma de meia esfera, com modelado de extensas vertentes convexas e topos planos a levemente arredondados. Em geral, essa morfologia deriva de rochas intrusivas que arqueiam a superfície do terreno, podendo gerar estruturas dobradas do tipo braquianticlinais. Apresenta padrão de drenagem radial



R4a3 – Domo de Guimarães (estado do Rio Grande do Norte).



R4a3 – Domo de Guimarães, arqueando as rochas sedimentares da bacia Potiguar (estado do Rio Grande do Norte).

e centrífugo. Sistema de drenagem principal em processo inicial de entalhamento, sem deposição de planícies aluviais.

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: 50 a 200 m.

---

Inclinação das vertentes: 3°-10°.

---

### R4b – Domínio de Morros e de Serras Baixas

#### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de morros convexo-côncavos dissecados e topos arredondados ou aguçados. Também se insere nessa unidade o relevo de morros de topo tabular, característico das chapadas intensamente dissecadas e desfeitas em conjunto de morros de topo plano. Sistema de drenagem principal com restritas planícies aluviais.

Predomínio de processos de morfogênese (formação de solos pouco espessos 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. Geração de colúvios e, subordinadamente, depósitos de tálus nas baixas vertentes.

---

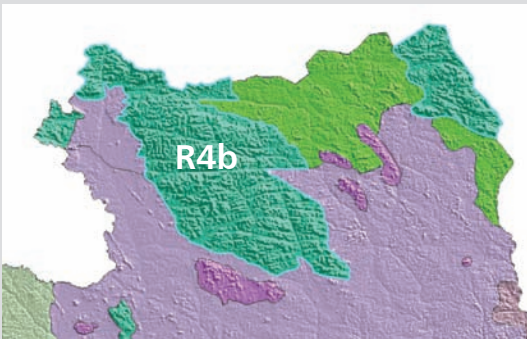
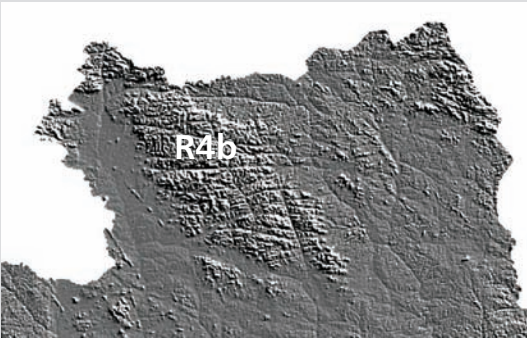
Amplitude de relevo: 80 a 200 m, podendo apresentar desnivelamentos de até 300 m.

---

Inclinação das vertentes: 15°-35°.

---





R4b – Serra do Tumucumaque (norte do estado do Pará).



R4b – Relevo de morros elevados no planalto da região serrana do estado do Rio de Janeiro.



R4b – Relevo fortemente dissecado em morros sulcados e alinhados a norte do planalto do Distrito Federal.

**R4c – Domínio Montanhoso (alinhamentos serranos, maciços montanhosos, *front* de *cuestas* e *hogback*)**

Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo montanhoso, muito acidentado. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento.

Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito 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.

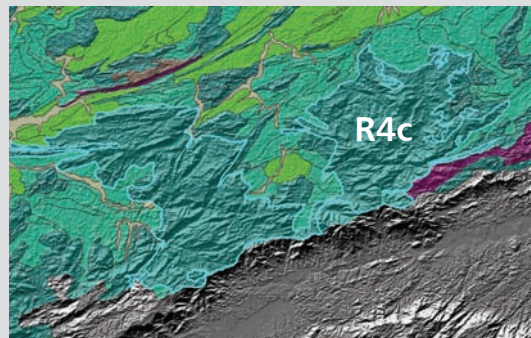
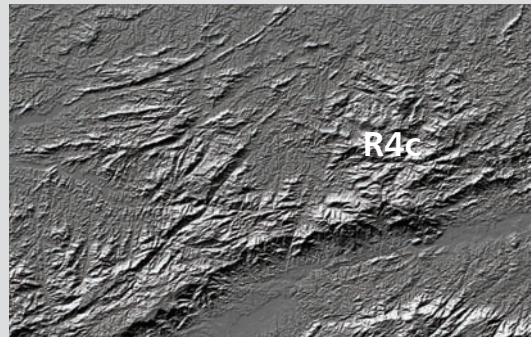
---

Amplitude de relevo: acima de 300 m, podendo apresentar, localmente, desnivelamentos inferiores a 200 m.

---

Inclinação das vertentes: 25°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).

---



R4c – Sul do estado de Minas Gerais.





R4c – Relevo montanhoso do maciço do Caraça, modelado em quartzitos (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais).



R4c – Vale estrutural do rio Araras; reverso da serra do Mar (Petrópolis, Rio de Janeiro).

### R4d – Escarpas Serranas

Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo montanhoso, muito acidentado. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Representam um relevo de transição entre duas superfícies distintas alçadas a diferentes cotas altimétricas.

Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito 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.

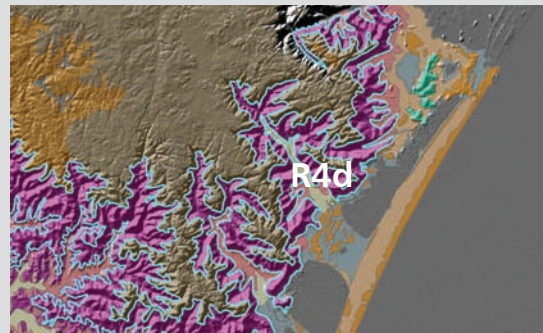
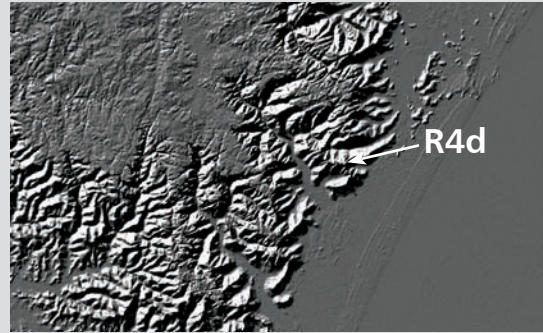
---

Amplitude de relevo: acima de 300 m.

---

Inclinação das vertentes: 25°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).

---



R4d – Escarpa da serra Geral (nordeste do estado do Rio Grande do Sul).



R4d – Aspecto imponente da serra Geral, francamente entalhada por uma densa rede de drenagem, gerando uma escarpa festonada com mais de 1.000 m de desnivelamento.



R4d – Escarpa da serra de Miguel Inácio, cuja dissecação está controlada por rochas metassedimentares do grupo Paranoá (cercanias do Distrito Federal).

### R4e – 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.

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°).

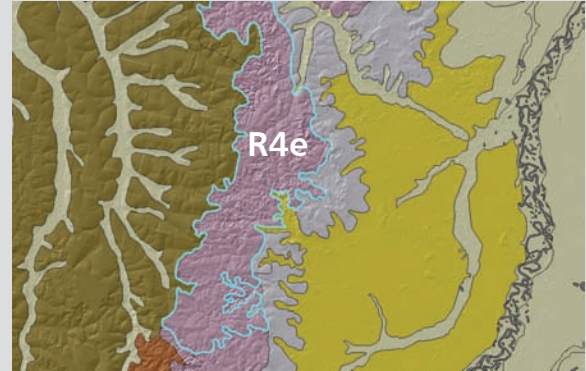
---

### R4f – Vales Encaixados

Relevo de degradação predominantemente em rochas sedimentares, mas também sobre rochas cristalinas.

Relevo acidentado, constituído por vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, fortemente sulcadas, declivosas, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Consistem em feições de relevo fortemente entalhadas pela incisão vertical da drenagem, formando vales encaixados e incisos sobre planaltos e chapadas, estes, em geral, pouco dissecados. Assim como as escarpas e os rebordos erosivos, os vales encaixados apresentam quebras de relevo abruptas em contraste com o relevo plano adjacente. Em geral, essas formas de relevo indicam uma retomada erosiva recente em processo de reajuste ao nível de base regional.

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.



R4e – Degrau escarpado da serra do Roncador (leste do estado de Mato Grosso).

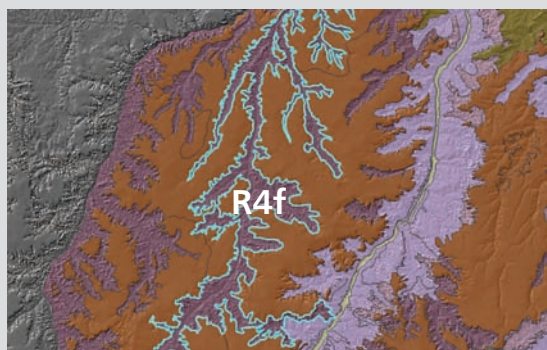
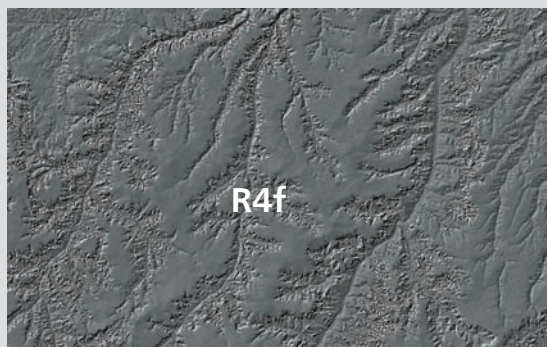


R4e – Degrau estrutural do flanco oeste do planalto de morro do Chapéu (Chapada Diamantina, Bahia).



R4e – Degrau estrutural no contato da bacia do Parnaíba com o embasamento cristalino no sul do Piauí.





R4f – Planalto de Uruçuí e vale do Gurgueia (sul do estado do Piauí).

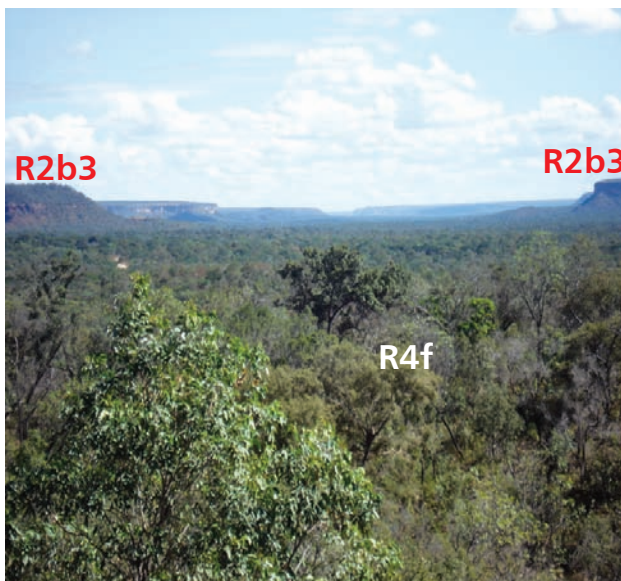
---

Amplitude de relevo: 100 a 300 m.

---

Inclinação das vertentes: 10°-25°, com ocorrência de vertentes muito declivosas (acima de 45°).

---



R4f – Vale amplo e encaixado de tributário do rio Gurgueia no planalto de Uruçuí (sudoeste do estado do Piauí).

## **NOTA SOBRE OS AUTORES**



**ANDRESSA MACEDO SILVA DE AZAMBUJA** – Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade da Amazônia (2000) e mestrado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Federal do Pará (2003). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Recursos Hídricos e Hidrologia. Ingressou na CPRM/SGB em 2004 e atua como engenheira hidróloga na Superintendência Regional de Belém. Atualmente trabalha nos projetos Rede Hidrometeorológica Nacional (CPRM-ANA), Atlas Pluviométrico do Brasil e Estudos de Chuvas Intensas (CPRM), e Cenários Amazônicos, através da modelagem qualitativa, com o uso do software NVivo 10.0.

**ANTÔNIO THEODOROVICZ** – geólogo formado (1977) pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e especialização (1990) em Geologia Ambiental. Ingressou na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) – Superintendência Regional de Porto Velho (SUREG-PV) em 1978. Desde 1982 atua na Superintendência Regional de São Paulo (SUREG-SP). Executou e chefiou vários projetos de mapeamento geológico, prospecção mineral e metalogenia em diversas escalas nas regiões Amazônica, Sul e Sudeste. De 1990 até 2012 atuou como supervisor/executor de vários estudos geoambientais, para os quais concebeu uma metodologia própria, adaptada e aplicada também na geração dos mapas Geodiversidade do Brasil e estaduais. Ministra, ainda, treinamento de campo para caracterização do meio físico para fins de planejamento e gestão ambiental para equipes da CPRM/SGB e de países da América do Sul. Atualmente é coordenador regional do Projeto Geoparques da CPRM/SGB, conselheiro da Comissão de Monumentos Geológicos do Estado de São Paulo e executor do Projeto Geodiversidade do Quadrilátero Ferrífero.

**DAVID FRANCO LOPES** – graduando em Engenharia sanitária pela Universidade Federal do Pará (2001), com mestrado em Engenharia Química pela mesma universidade (2004). Atualmente é Engenheiro Hidrólogo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais em Belém-PA e pesquisador da Universidade Federal do Pará, onde cursa Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária e Ambiental, atuando nos seguintes temas: Poluição ambiental, recursos hídricos, saneamento, saúde pública, balneabilidade, resíduos sólidos, hidrologia aplicada e modelagem de águas superficiais, hidrodinâmica e de qualidade de água. Na CPRM atua com levantamentos batimétricos georreferenciados, medição de vazão em ambientes de marés e salinos e estudos avançados em medições acústicas.

**JOÃO BATISTA MARCELO DE LIMA** – Graduado em Engenharia Sanitária (1995) e Licenciatura em Matemática (1992) pela Universidade Federal do Pará (UFPA), especialista em Hidrogeologia Aplicada (UFPA – 1996) e em Instrumentos Jurídicos, Econômicos e Institucionais para Gerenciamento de Recursos Hídricos (2000) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Ingressou na CPRM em 1997, no cargo de Engenheiro Hidrólogo. Entre 1997 e 2002 trabalhou em projetos ligados à Rede Hidrometeorológica Nacional, em conjunto com a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e a ANA (Agência Nacional de Águas). Em 2003 assumiu a Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial (GEHITE) da Superintendência Regional de Belém, onde está até hoje.

**MARCELO EDUARDO DANTAS** – graduado (1992) em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com os títulos de licenciado em Geografia e geógrafo. Mestre (1995) em Geomorfologia e Geoecologia pela UFRJ. Nesse período integrou a equipe de pesquisadores do Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO/UFRJ), tendo atuado na investigação de temas como: Controles Litoestruturais na Evolução do Relevo; Sedimentação Fluvial; Impacto das Atividades Humanas sobre as Paisagens Naturais no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. Em 1997 ingressou na CPRM/SGB, atuando como geomorfólogo até o presente. Desenvolveu atividades profissionais em projetos na área de Geomorfologia, Diagnósticos Geoambientais e Mapeamentos da Geodiversidade, em atuação integrada com a equipe de geólogos do Programa GATE/CPRM. Dentre os trabalhos mais relevantes, destacam-se: Mapa Geomorfológico e Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro; Mapa Geomorfológico do ZEE RIDE Brasília; Estudo Geomorfológico Aplicado à Recomposição Ambiental da Bacia Carbonífera de Criciúma; e Análise da Morfodinâmica Fluvial Aplicada ao Estudo de Implantação das UHes de Santo Antônio e Jirau (Rio Madeira - Rondônia). Atualmente é coordenador nacional de Geomorfologia do Projeto Geodiversidade do Brasil (CPRM/SGB). Atua na elaboração e supervisão dos mapas de padrões de relevo para o Projeto Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. Membro associado da União da Geomorfologia Brasileira (UGB) desde 2007.

**MARIA ADELAIDE MANSINI MAIA** – graduada (1996) em Geologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e mestra (2013) em Ciências (Geologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ingressou na CPRM/SGB em 1997, onde exerce o cargo de pesquisadora em geociências na área de Gestão Territorial (DEGET). Atuou de 1997 a 2009, na Superintendência Regional de Manaus (SUREG-MA), nos projetos de Gestão Territorial, destacando-se o Mapa da Geodiversidade do Estado do Amazonas e os Zoneamentos Ecológico-Econômicos (ZEEs) do Vale do Rio Madeira, da porção central do estado de Roraima e do Distrito Agropecuário da Zona Franca de Manaus. Participou do Mapeamento Geológico-Geotécnico do Traçado do Trem de Alta Velocidade (TAV) e do Mapeamento de Área de Risco Geológico no Município de Nova Friburgo-RJ. Atualmente lotada no Escritório Rio de Janeiro, desenvolve atividades ligadas à coordenação executiva do DEGET, notadamente no Programa Geologia do Brasil – Levantamento da Geodiversidade e Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. É coautora nos livros “Geodiversidade do Brasil” e “Levantamento da Geodiversidade dos Estados do Amazonas e de Roraima” e autora de diversos trabalhos científicos. Atualizado 04/05/15.

**MARIA ANGÉLICA BARRETO RAMOS** – graduada (1989) em geologia pela Universidade de Brasília (UnB) e mestra (1993) em Geociências pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Ingressou na CPRM/SGB em 1994, onde atuou em mapeamento geológico no Projeto Aracaju ao Milionésimo. Em 1999, no Departamento de Gestão Territorial (DEGET), participou dos projetos Acajutiba-Aporá-Rio Real e Porto Seguro-Santa Cruz Cabrália. Em 2001, na Divisão de Avaliação de Recursos Minerais, integrou a equipe de coordenação do Projeto GIS do Brasil e do Banco de Dados da CPRM/SGB. A partir de 2008 atua como coordenadora executiva do Departamento de Gestão Territorial (DEGET) da CPRM/SGB onde atuou na coordenação de geoprocessamento do Projeto Geodiversidade do Brasil nas escalas 1:2.500.000, 1:1.000.000 e Mapas de Geodiversidade Estaduais. A partir de 2012 integra a equipe de coordenação técnica do Projeto Mapas de Suscetibilidade de Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações e suporte ao Projeto Riscos Geológicos. Também atua em linhas de pesquisa na área de remineralizações de solo e zoneamento agrogeológico em parceria CPRM/UnB/CCPq. Especialista em Modelagem Espacial de Dados em Geociências, ministra cursos e treinamentos em ferramentas de SIG aplicadas a projetos da CPRM/SGB. É autora de 35 trabalhos individuais e coautora nos livros “Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil”, “Geodiversidade do Brasil” e “Geodiversidade do Estado da Bahia”. Foi presidenta da Associação Baiana de Geólogos no período de 2005-2007 e vice-presidenta de 2008 a 2009.

**PEDRO AUGUSTO DOS SANTOS PFALTZGRAFF** – graduado (1984) em geologia pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), mestre (1994) na área de Geologia de Engenharia e Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e doutor (2007) em Geologia Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco. Trabalhou, entre 1984 e 1988, em obras de barragens e projetos de sondagem

geotécnica na empresa Enge Rio – Engenharia e Consultoria S.A. Entre os anos de 1985-1994 trabalhou como geólogo autônomo. Ingressou na CPRM/SGB em 1994, no cargo de pesquisador em geociências, no Escritório do Rio de Janeiro (DEGET), tendo sido coordenador regional de Geodiversidade do Nordeste no período 2006-2010. Atua em diversos projetos de Geologia de Engenharia, Geologia Ambiental e Geotecnia, e Levantamento e Mapeamento de Riscos Geológicos.

**VALTER JOSÉ MARQUES** – graduado (1966) em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e especialização em Petrologia (1979), pela Universidade de São Paulo (USP), e Engenharia do Meio Ambiente (1991), pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Nos primeiros 25 anos de carreira dedicou-se ao ensino universitário, na Universidade de Brasília (UnB), e ao mapeamento geológico na CPRM/SGB, entremeando um período em empresas privadas (Mineração Morro Agudo e Camargo Correa), onde atuou em prospecção mineral em todo o território nacional. Desde 1979, quando retornou à CPRM/SGB, exerceu diversas funções e ocupou diversos cargos, dentre os quais o de Chefe do Departamento de Geologia da CPRM/SGB e o de Superintendente de Recursos Minerais. Nos últimos 24 anos vem se dedicando à gestão territorial, com destaque para o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), sobretudo na Amazônia e nas faixas de fronteira com os países vizinhos, atuando como coordenador técnico de diversos projetos binacionais. Nos últimos 10 anos vem desenvolvendo estudos quanto à avaliação da Geodiversidade para o desenvolvimento regional utilizando técnicas de cenários prospectivos.

**VITÓRIO ORLANDI FILHO** – geólogo (1967) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Especialização em Sensoriamento Remoto e Fotointerpretação no Panamá e Estados Unidos. De 1970 a 2007 exerceu suas atividades junto à CPRM/SGB, onde desenvolveu projetos ligados a Mapeamento Geológico Regional, Prospecção Mineral e Gestão Territorial. Em 2006 participou da elaboração do Mapa Geodiversidade do Brasil (CPRM/SGB).

**VICTOR HUGO DA MOTTA PACA** – Engenheiro Civil pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro/UERJ (2002). Mestrado em Recursos Hídricos pela COPPE/UFRJ (2008), na área de hidrologia básica e aplicada, fluviometria, e sensoriamento remoto. De 2002 a 2003 trabalhou na empresa BCM Engenharia Ltda, em projetos de infraestrutura urbana do Programa Favela-Bairro, nas comunidades de Vila Caramuru, Amizade e Urubu, e no morro da Pedreira, na cidade do Rio de Janeiro. Atua desde 2004 como Engenheiro Hidrólogo na Superintendência Regional de Belém da CPRM/SGB, nas áreas de fluviometria, regionalização de vazões, medições de vazões convencionais e com ADCP/ADP – Acoustic Doppler Current Profiler, e na parte operacional de campo.

**XAFI DA SILVA JORGE JOÃO** – Graduado (1968) em Geologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA) com Especializações em Petrologia-Petrografia (DNPM/RJ-1969), em Geologia Econômica (Universidade Federal de Ouro Preto-MG, 1971), em Política e Economia Mineral (UFPA-2009). Ingressou no DNPM em 1968, onde trabalhou na área de petrologia-petrografia até dezembro de 1970. Em janeiro de 1971, ingressou na CPRM de Belém-Pa, atuando nas áreas de mapeamento geológico e prospecção mineral com ênfase nos temas petrologia-petrografia, geologia econômica, política e economia mineral. Desenvolveu, adicionalmente, atividades técnico-gerenciais como Chefe de Laboratório, Chefe de Projeto, Supervisor de Projeto, Gerente de Recursos Minerais, Superintendente Regional e Assessor da DGM. No curso de suas atividades, participou da elaboração de 52 relatórios técnicos produzidos como autor e/ou co-autor, publicados pela CPRM e declara uma produção científica com 54 trabalhos na área mineral publicados como autor e/ou co-autor, em Anais, Simpósios, Workshops, nacionais e internacionais. Atualmente, executa projetos sobre a Geodiversidade dos estados do Pará, Amapá e nas Áreas de Fronteira Brasil-Guiana e Brasil-Suriname com a supervisão do Departamento de Gestão Territorial (DEGET/DHT).



# GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

Geodiversidade do Estado do Amapá é um produto concebido para oferecer aos diversos segmentos da sociedade amapaense uma tradução do atual conhecimento geocientífico da região, com vistas ao planejamento, aplicação, gestão e uso adequado do território. Destina-se a um público-alvo variado, desde empresas de mineração, passando pela comunidade acadêmica, gestores públicos estaduais e municipais, sociedade civil e ONGs.

Dotado de uma linguagem voltada para múltiplos usuários, o mapa compartimenta o território amapaense em unidades geológico-ambientais, destacando suas limitações e potencialidades frente a agricultura, obras civis, utilização dos recursos hídricos, fontes poluidoras, potencial mineral e geoturístico.

Nesse sentido, com foco em fatores estratégicos para a região, são destacadas Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIM), Potenciais Hidrogeológico e Geoturístico, Riscos Geológicos aos Futuros Empreendimentos, dentre outros temas do meio físico, representando rico acervo de dados e informações atualizadas e constituindo valioso subsídio para a tomada de decisão sobre o uso racional e sustentável do território nacional.

Geodiversidade é o estudo do meio físico constituído por ambientes diversos e rochas variadas que, submetidos a fenômenos naturais e processos geológicos, dão origem às paisagens, ao relevo, outras rochas e 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, parâmetros necessários à preservação responsável e ao desenvolvimento sustentável.



#### SEDE

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02, Asa Norte Bloco H  
Edifício Central - Brasília - Brasília - DF • 70040-904  
Fone: 61 2108-8400 • Fax: 61 3225-3985

#### Escritório Rio de Janeiro – ERIJ

Av. Pasteur, 404 – Urca  
Rio de Janeiro – RJ • 22290-255  
Fone: 21 2295-5337 • 21 2295-5382  
Fax: 21 2542-3647

#### Presidência

Fone: 21 2295-5337 • 61 2108-8446  
Fax: 21 2542-3647 • 61 2108-8459

#### Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Fone: 21 2295-8248 • Fax: 21 2295-5804

#### Departamento de Gestão Territorial

Fone: 21 2295-6147 • Fax: 21 2295-8094

#### Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Fone: 21 2295-5837 • 61 2108-8457  
Fax: 21 2295-5947 • 61 3323-6600

#### Superintendência Regional de Belém

Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco  
Belém - PA • 66095-110  
Fone: 91 3182-1300 • Fax: 91 3182-1349

#### Assessoria de Comunicação

Fone: 61 2018-8400  
asscomdf@cprm.gov.br

#### Divisão de Marketing e Divulgação

Fone: 31 3878-0372  
marketing@cprm.gov.br

#### Ouvidoria

Fone: 21 2295-4697 • Fax: 21 2295-0495  
ouvidoria@cprm.gov.br

#### Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Fone: 21 2295-5997 • Fax: 21 2295-5897  
seus@cprm.gov.br

**www.cprm.gov.br**  
2016

**PAC** PROGRAMA DE  
ACELERAÇÃO DO  
CRESCIMENTO