

## 3.1 MEIO FÍSICO

A caracterização do meio físico retrata uma visão geral dos aspectos físicos do litoral do Estado de São Paulo, na região das APAS marinhas, considerando as especificidades da APAMLN, abordando os aspectos do meio físico terrestre, bem como os fatores ambientais e sociais no contexto de mudanças climáticas.

### 3.1.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E METEOROLÓGICA

### 3.1.2 CARACTERIZAÇÃO OCEANOGRÁFICA, GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA MARINHA

### 3.1.3 CARACTERIZAÇÃO DA HIDROGRAFIA, GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA TERRESTRE

A caracterização da hidrografia, geologia, geomorfologia terrestres teve como foco identificar /caracterizar áreas sujeitas a movimentos de massa, erosão, assoreamento, alagamento, enchente e inundação e identificar áreas de riscos ambientais e sociais. A caracterização do meio físico terrestre enfoca a dinâmica de uso e ocupação da terra e suas implicações sobre a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Norte (APAMLN).

Para tal, serão abordados os seguintes aspectos: identificação e análise dos aspectos climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos relevantes para a conservação; caracterização geológica, tipos de rochas, relevo e tipos de solo; caracterização geomorfológica; hidrografia, bacias hidrográficas, interação com a linha de costa, as ilhas e linha de costa no entorno imediato (retro área) do território da APAMLN, considerando as interações diretas e indiretas com essas áreas, afetando a integridade ambiental (física, biótica) e socioeconômica.

#### 3.1.3.1 CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA

A região que abrange os limites da APAMLN para o meio físico terrestre é composta pela bacia hidrográfica do Litoral Norte, a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos<sup>1</sup> - UGRHI-03, que possui 1.987 km<sup>2</sup> de extensão territorial (DAEE, 1999), dos quais 1.592 km<sup>2</sup> são áreas continentais e 365 km<sup>2</sup> são áreas insulares, constituídas pela Ilha de São Sebastião (339km<sup>2</sup>) e por outras 61 ilhas, ilhotas e lajes (26 km<sup>2</sup>) (CBH-LN, 2009).

---

<sup>1</sup> As UGRHIs constituem **unidades territoriais** 'com dimensões e características que permitam e justifiquem o gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos' (Política Estadual de Recursos Hídricos – Lei Estadual 7663/1991 – SÃO PAULO, 1991). Em geral, são formadas por partes de bacias hidrográficas ou por um conjunto delas, que de forma alguma podem ser consideradas bacias hidrográficas. Por outro lado, deve-se observar que os estudos devem sempre ter a **bacia hidrográfica como unidade de planejamento**. No estado de São Paulo há 22 UGRHIs. Ver também: <[http://www.dae.sp.gov.br/acervoepesquisa/perh2204\\_2207/perh08.pdf](http://www.dae.sp.gov.br/acervoepesquisa/perh2204_2207/perh08.pdf)>.

Na região há dois sistemas aquíferos importantes: o sistema aquífero fraturado (Aquífero Cristalino) correspondente a terrenos cristalinos da Serra do Mar, permeáveis por fraturamento de rochas e o sistema aquífero sedimentar (Aquífero Litorâneo), permeáveis por porosidade granular, correspondendo a sedimentos ao longo das praias (CAMPOS, 1993).

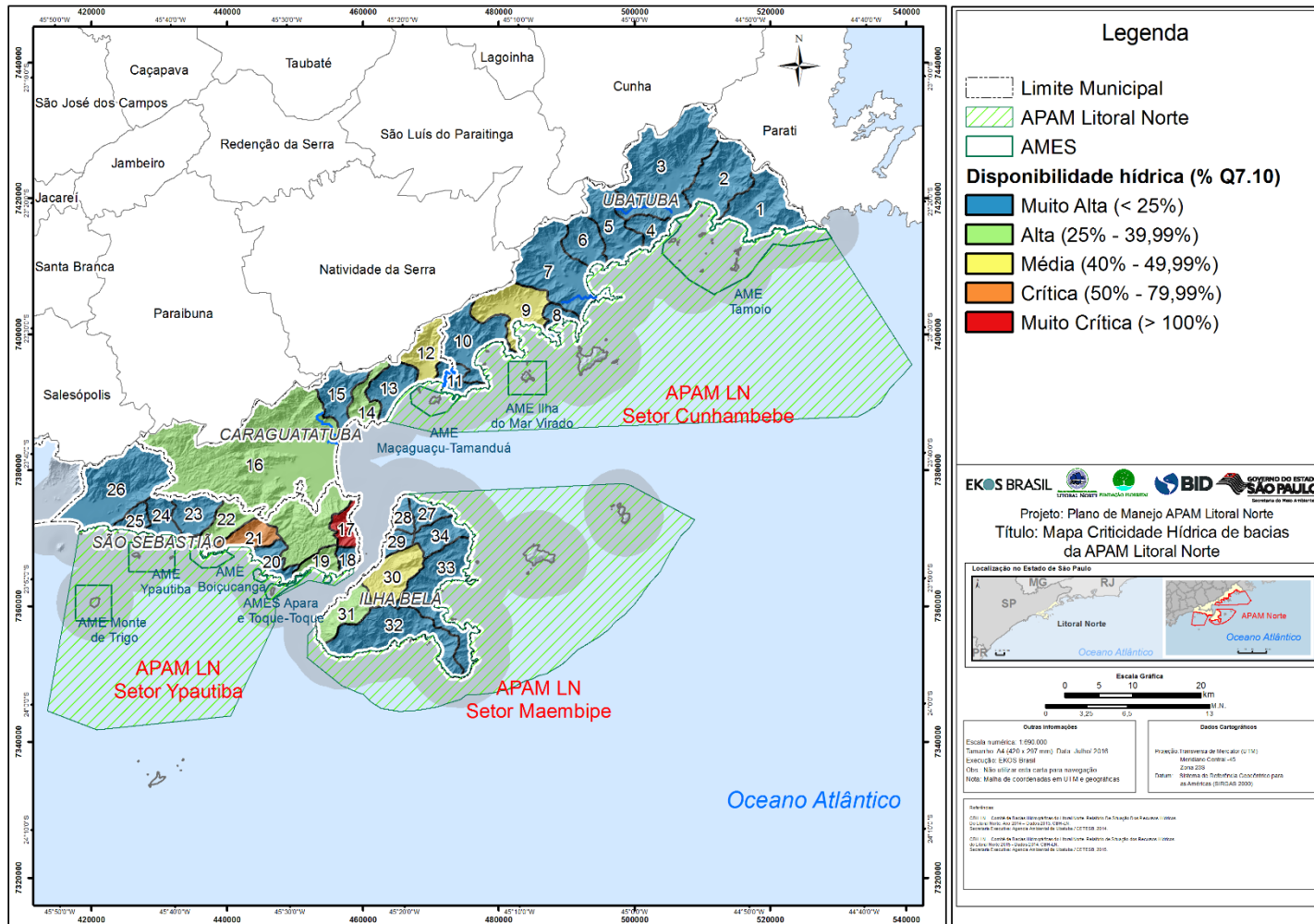
De acordo com CBH-LN (2009), o Aquífero Litorâneo distribui-se irregularmente ao longo da costa, segmentando pelas rochas do embasamento pré-Cambriano, desde o Litoral Sul (na região de Cananéia) até o Litoral Norte (Caraguatatuba e Ubatuba), sendo constituído por depósitos sedimentares da Planície Litorânea. Segundo Departamento de Águas e energia Elétrica (DAEE, 1984), as águas subterrâneas do Aquífero Cristalino, em todo o domínio do Estado de São Paulo, são classificadas como bicarbonatadas cálcicas e, bicarbonatadas sódicas, com pH ácido ou neutro. São adequadas ao abastecimento público e para outros usos em geral. Segundo DAEE (1984), este aquífero ocorre em 85,3% da área do Litoral Norte, ou seja, 1.686 km<sup>2</sup> e tem capacidade específica de 0,001 a 7,0 m<sup>3</sup>/h/m.

Em relação à disponibilidade hídrica em cada sub-bacia, CBH-LN (2014) aponta que a maior parte das bacias hidrográficas do Litoral Norte (24 das 34) apresenta disponibilidade hídrica muito alta. As bacias hidrográficas do Rio Guaxinduba, do Rio Juqueriquerê, do Ribeirão Grande, do Rio Grande e do Córrego São Sebastião/Frade apresentam disponibilidade hídrica alta. As bacias do Rio Escuro/Comprido, do Rio Mococa e do Córrego Paquera/Cego apresentam disponibilidade hídrica média. Em São Sebastião há duas bacias em estado de alerta: a bacia do Rio Maresias, com disponibilidade hídrica crítica e a bacia do Rio São Francisco, considerada a bacia mais crítica em termos de disponibilidade hídrica do Litoral Norte.

Segundo o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Ilhabela (ILHABELA, 2015), o sistema de abastecimento de água da cidade não atende 100% da população, favorecendo algumas atividades relacionadas com a captação irregular de água. Esse contexto também pode ser observado nas bacias do Litoral Norte como um todo, fator que pode influenciar na disponibilidade hídrica da região.

A **Figura 1** apresenta as bacias hidrográficas do Litoral Norte, segundo sua disponibilidade hídrica.

Figura 1 - Mapa de disponibilidade hídrica na área de abrangência da APAMLN (CBH-LN, 2014; 2015).



**Tabela 1 – Disponibilidade hídrica nas subacias do Litoral Norte de São Paulo, com influência sobre as APAMLN.**

<b>Código e nome da subacia (Litoral Norte)</b>	<b>Disponibilidade hídrica (Percentual de <math>Q_{7,10}</math>)*</b>	<b>Área da bacia (km<sup>2</sup>)</b>
01 - Rio Fazenda/Bicas	Muito Alta (< 25%)	78,0
02 - Rio Iiri/Onça		74,4
03 - Rio Quiririm/Puruba		165,0
04 - Rio Prumirim		21,2
05 - Rio Itamambuca		56,5
06 - Rio Indaiá/Capim Melado		37,0
07 - Rio Grande de Ubatuba		104,9
08 - Rio Perequê-Mirim		16,2
10 - Rio Maranduba/Arariba		68,4
11 - Rio Tabatinga		22,2
13 - Rio Maçaguçu/Bacuí		36,0
15 - Rio Santo Antonio		39,4
18 - São Sebastião		10,0
20 - Pauba		21,4
23 - Rio Camburi		34,9
24 - Rio Barra do Saí		24,6
25 - Rio Juqueí		14,6
26 - Rio Una		120,3
27 - Córrego do Jabaquara		18,5
28 - Córrego Bicuíba		13,5
29 - Córrego Ilhabela/Cachoeira		12,5
32 - Córrego Sepituba/Tocas		92,3
33 - Córrego Manso/Praia		85,3
34 - Córrego do Poço		28,9
14 - Rio Guaxinduba	Alta (25% - 39,99%)	26,6
16 - Rio Juqueriquerê		409,1
19 - Ribeirão Grande		18,0
22 - Rio Grande		33,2
31 - Córrego São Sebastião/Frade	36,6	
09 - Rio Escuro/Comprido	Média (40% - 49,99%)	59,8
12 - Rio Mococa		39,9
30 - Córrego Paquera/Cego		49,0
21 - Rio Maresias	Crítica (50% - 79,99%)	28,3
17 - Rio São Francisco	Muito Crítica (> 100%)	18,6
<b>Total Geral (UGRHI-3)</b>		<b>1915,3</b>

\* A vazão  $Q_{7,10}$  é uma vazão de referência utilizada para estimar a capacidade de produção de água, dada pela vazão mínima de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de recorrência (CBH-LN, 2014)

### 3.1.3.1.1 Qualidade de águas superficiais

De acordo com o relatório de águas superficiais do estado de São Paulo (CETESB, 2016), houve um aumento na porcentagem do tratamento dos esgotos domésticos no Estado de São Paulo, representando uma redução de aproximadamente 225 toneladas de DBO<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> entre 2010 e 2015.

A carga orgânica potencial de cada município é calculada a partir da população e da carga de matéria orgânica gerada diariamente por habitante, representada pela Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO. Com a carga potencial gerada pela população do município e as porcentagens de coleta e tratamento, bem como a eficiência do sistema de tratamento dos esgotos, calcula-se a carga orgânica remanescente, ou seja, aquela que é lançada nos corpos hídricos receptores.

Em 2015, a somatória da carga remanescente, lançada nos corpos hídricos pelos 645 municípios do Estado, foi de aproximadamente 1.045 t DBO dia<sup>-1</sup>, indicando uma redução de 4,9% em relação a 2014.

Apesar da melhoria na coleta e tratamento de esgotos no estado de São Paulo, analisado como um todo, ainda são observados problemas frequentes na zona costeira de São Paulo em relação ao lançamento esgotos em corpos hídricos e diretamente no mar – através de emissários –, como já observado em relatórios de águas interiores e águas salobras (CETESB, 2007; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016).

No caso do litoral norte, em 2015, observa-se que a coleta e tratamento de esgotos é uma situação alarmante principalmente em Ilhabela e São Sebastião, sobretudo se considerar a universalização dos serviços públicos de saneamento básico preconizada pela Lei de Saneamento (Lei nº 11.445/2007 - BRASIL, 2007). Caraguatatuba e Ubatuba, embora apresentem bom percentual de tratamento de esgotos, 100% e 98%, coletam 71% e 47%, respectivamente, de todo o esgoto gerado no município.

Essa situação atual coloca os municípios do litoral norte em estado crítico e alerta – ver Tabela 2–, considerando os valores do Índice de Coleta e Tratabilidade de Esgotos da População Urbana de Municípios – ICTEM, que retrata uma situação que leva em consideração a efetiva remoção da carga orgânica, (em relação à carga orgânica potencial gerada pela população urbana) considerando a importância do sistema de tratamento de esgotos como um todo, desde sua coleta, afastamento até o tratamento. O índice permite transformar os valores nominais de carga orgânica em valores de comparação entre situações distintas dos vários municípios, refletindo a evolução ou estado de conservação de um sistema público de tratamento de esgotos. Por hipótese, foi admitido que qualquer efluente não encaminhado à rede pública coletora de esgotos, que não pertencesse a sistemas isolados de tratamento, seria considerado como carga poluidora sem tratamento ou não adequadamente tratada. Dessa maneira, soluções individualizadas do tipo fossa séptica e infiltração, apesar de apresentarem remoção da carga orgânica, são contabilizadas como cargas potenciais sem tratamento (CETESB, 2015; 2016).

---

<sup>2</sup> A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), grosso modo, corresponde à quantidade de oxigênio necessária para ocorrer a oxidação da matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas. O valor da DBO é usado para estimar a carga orgânica dos efluentes e dos recursos hídricos, e de acordo com Von Sperling (1996), a DBO média de um esgoto doméstico é de 300 mg/L e a carga per capita, que representa a contribuição de cada indivíduo por unidade de tempo é de 54 g/hab.dia de DBO.

**Tabela 2 - Atendimento de esgotamento sanitário nos municípios do Litoral Norte de São Paulo, com influência sobre as APAMLN.**

UGHRI	Municípios	Atendimento esgotamento sanitário (%)		Eficiência (%)	Carga poluidora (kg DBO/dia) - 2015		ICTEM	Status	Classe*	Corpo receptor
		Coleta de esgotos	Tratamento de esgotos		Potencial	Remanescente				
3 - Litoral Norte	Caraguatatuba	71	100	95	5.910	1.924	7,45	Monitoramento	5,1 - 7,5	Rios diversos/mar
	Ilhabela	30	4	87,5	552	546	1,08	Crítico	0 - 2,5	Rios diversos/mar
	São Sebastião	53	34	90,32	4.433	3.711	2,86	Alerta	2,6 - 5	Rios diversos/mar
	Ubatuba	47	98	67,32	4.552	3.141	4,69	Alerta	2,6 - 5	Rios diversos/mar

\* Baseado em classes de acordo com CETESB (2016).

Este cenário do atual sistema de saneamento na região implica de certa maneira na qualidade de águas superficiais. Dentre os vários índices construídos e analisados pela CETESB, pode-se tomar como uma aproximação para avaliar o lançamento de esgotos em corpos hídricos o Índice de Qualidade de Água (IQA). O IQA se baseia em variáveis de qualidade que indicam principalmente o lançamento de efluentes sanitários para o corpo d'água, fornecendo uma visão geral sobre as condições de qualidade das águas superficiais. Este índice pode indicar alguma contribuição de efluentes industriais, desde que sejam de natureza orgânica biodegradável. O IQA é composto nove variáveis e seu cálculo é analisado sobre a pontuação na qualidade (q) que varia de 0 a 100. A qualidade (q) é elevada à ponderação (w) correspondente à importância da variável. O IQA é obtido multiplicando-se cada componente (qw). As faixas de classificação do IQA veriam em: 0 – 19 (péssimo), 20 – 36 (ruim), 37 – 51 (regular), 52 – 79 (bom) e 80 – 100 (excelente).

De acordo com a análise dos Índices de Qualidade de Água Superficiais (IQA) de 2006 a 2015, observa-se que na rede de pontos de monitoramentos há locais onde são recorrentes o IQA que varia de regular a ruim, a saber (Tabela 3):

**Tabela 3 - Índice de Qualidade de Água (IQA) nos rios que demandam atenção, com influência sobre as APAMLN.**

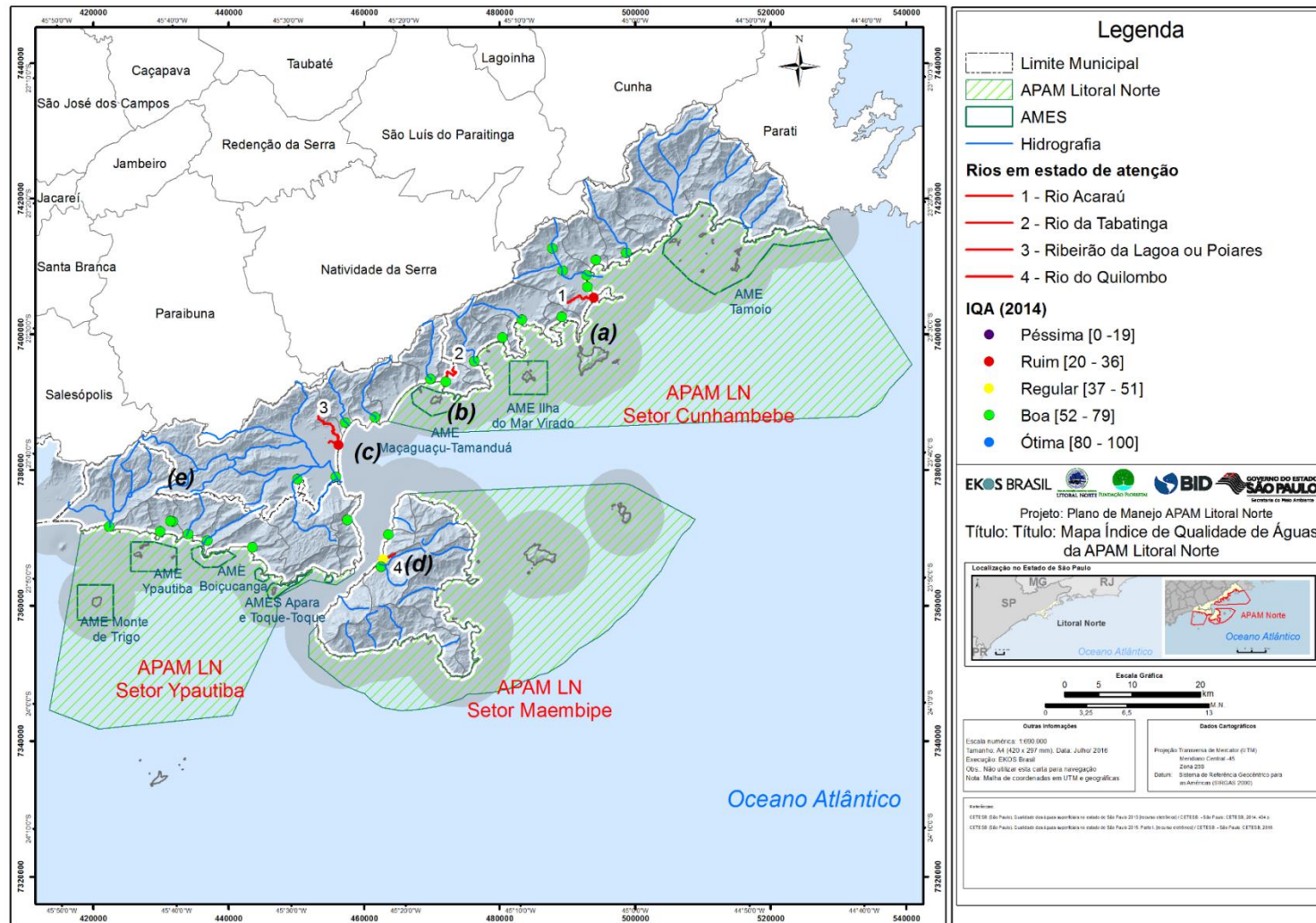
UGHRI	Copo hídrico	IQA 2006	IQA 2009	IQA 2010	IQA 2011	IQA 2012	IQA 2013	IQA 2014	IQA 2015
3 - Litoral Norte	Rio Acaraú - ARAU02950 (centro de Ubatuba)	-	37	41	44	33	36	36	33
	Rio Lagoa - RGOA02900 (centro-sul de Caraguatatuba)	-	46	41	44	29	49	26	32
	Rio Quilombo - QLOM02950 (centro de Ilhabela)	-	45	51	49	37	44	46	42
	Rio Tabatinga - TABA02900 (norte de Caraguatatuba)	-	56	54	58	49	54	60	50
	Vala de escoamento à direita na praia da Baleia – BALD02700 (sul de São Sebastião)	49	49	54	53	48	57	61	51

Vala de escoamento à esquerda na praia da Baleia – BALE02700 (sul de São Sebastião)	63	49	53	54	45	53	59	51
--	----	----	----	----	----	----	----	----

Segundo relatório de situação de recursos hídricos de 2015 (CBH-LN, 2015), os Índices de Qualidade de Água (IQA) indicam perda gradativa da qualidade das águas a partir de 2010, quando a classificação “ótima” desapareceu da região do litoral norte. A situação é mais preocupante em áreas onde os rios que cortam as manchas urbanas, locais densamente habitados, que têm apresentado perda gradativa na qualidade das águas. A situação mais grave ocorre no Rio Acaraú, em Ubatuba que em 2012, 2013 e 2014 foi classificado como “Péssimo”.

A Figura 2 mostra a distribuição dos pontos de monitoramento para o IQA (2014), apontando para os pontos mais críticos no rio Acaraú (região central, no Itaguá) e rio Lagoa (região próxima ao Indaiá, no centro de Caraguatatuba). Os valores do IQA analisados no período (2006-2015) também alertam para o rio Quilombo (em Ilhabela), rio Tabatinga (norte de Caraguatatuba) e as valas de escoamento na praia da Baleia (costa sul de São Sebastião), que têm variado ao longo do período.

Figura 2 - Pontos de monitoramento de águas superficiais da CETESB (elaborado com base em CETESB, 2015; 2016): (a) Rio Acaraú (Ubatuba); (b) Rio Tabatinga (norte de Caraguatatuba); (c) Rio Lagoa (centro de Caraguatatuba); (d) Rio Quilombo (centro de Ilhabela); (e) valas de escoamento na praia da Baleia (costa sul de São Sebastião).





Os 7 pontos sintetizados na Tabela 3 mostram como o IQA tem variado no tempo (período entre 2006-2015). Dentre as causas destas variações destaca-se a existência de um sistema de esgotamento sanitário ainda ineficiente (CETESB, 2010; 2013; 2016), além de um processo de ocupação do território que historicamente não vem acompanhado de infraestrutura básica para atender a população, sobretudo aquelas mais vulneráveis do ponto de vista social (ver CARMO *et al.*, 2012; IWAMA *et al.*, 2014; MARANDOLA Jr. *et al.*, 2013).

### 3.1.3.2 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA/ GEOMORFOLÓGICA

Diversos autores têm mostrado que a região do litoral paulista é caracterizada por um relevo bastante acidentado, com avanço da escarpa da Serra do Mar em direção à planície costeira na área correspondente aos municípios do Litoral Norte (São Sebastião a Ubatuba), contrastando com maior domínio da planície na Baixada Santista e Litoral Sul (AB'SABER, 2003; KOGA-VICENTE & NUNES, 2011).

A região é marcada pelo relevo da Serra do Mar (caracterizado como escarpa - elevação súbita do solo, normalmente > 45°, caracterizada pela formação de um penhasco ou uma encosta íngreme.), que atua como importante fator de intensificação orográfica (SANT'ANNA NETO, 1990; ROSEGHINI, 2007) e, associado aos fluxos atmosféricos originários do oceano e a uma zona de encontro de sistemas atmosféricos, propicia uma dinâmica de altos montantes pluviais (ver NUNES, 1990; 1997). Em períodos de chuvas intensas e prolongadas na região, são frequentes os registros de aumento de movimentos de massa, como escorregamentos, rolamentos, queda de blocos e corridas (ver TAVARES *et al.*, 2004; MARCELINO, 2004; KOGA-VICENTE, 2010; KOGA-VICENTE & NUNES, 2011; SCOFIELD *et al.*, 2014).

O Litoral Norte paulista está limitada pelo mar e pelas montanhas na porção continental, onde boa parte dessas áreas continentais está nas proximidades de áreas de conservação de meia encosta – muitas vezes inapropriadas para ocupação (SMA/CPLA, 2011a) pelas restrições ambientais e geológica - geomorfológicas. A região já foi lugar de grandes deslizamentos de terra (desastre de Caraguatatuba em 1967), eventos que poderão ocorrer com maior frequência e intensidade na região – Figura 3.

Figura 3 - Litoral Norte paulista: evento de grandes escorregamentos e corridas de lama associado com precipitações prolongadas e intensas, causando grandes perdas humanas em 1967, em Caraguatatuba. Em 2008, registro fotográfico ilustrando a reocupação na mesma área afetada. Fonte: Acervo Municipal de Caraguatatuba; Iwama (2014).



### 3.1.3.2.1 Características Geológicas

Mapeamento de áreas sujeitas aos riscos geodinâmicos, bem como os riscos ambientais e sociais, correlacionando-os com a importância e relevância de conhecer os pontos mais sensíveis que auxiliem a definir o zoneamento da APAMLN, tendo em vista sua conservação e manutenção da qualidade de vida da população local.

Na região do Litoral Norte de São Paulo, são encontrados três grandes grupos de rochas formadoras do solo: (i) ígneas – representam cerca de 38% do total<sup>3</sup> de classes de rochas principais encontradas na região; (ii) metamórficas – cerca de 35,9% e (iii) sedimentares, ocupando cerca de 13%<sup>4</sup> no Litoral Norte (Tabela 4).

<sup>3</sup> Aproximadamente um total de 1.802 km<sup>2</sup>, com base no cálculo dos dados digitais em escala 1:750.000, disponíveis no banco de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2011).

<sup>4</sup> Souza e Luna (2008) mapearam cerca de 16% de unidades quaternárias (depósitos sedimentares) no território do litoral norte de São Paulo, utilizando dados digitais em escala 1:50.000.

Tabela 4 - Tipos de grupos de rochas formadoras de solos e percentual na região do Litoral Norte de São Paulo.

Municípios	Principais unidades geológicas	Hierarquia	Litologia	Rochas principais (classes)	Área (km <sup>2</sup> )	(%)
Caraguatatuba	Complexo Pico do Papagaio	Complexo granítico	Biotita granito	Ígnea	206,4	44,9
	Complexo Bairro do Marisco	Complexo	Metagabro, Enderbita, Diorito, Quartzo diorito	Ígnea, Metamórfica	14,5	3,2
	Costeiro, unidade granito-gnáissica migmatítica	Complexo	Migmatito, Gnaiss, Augen gnaiss	Metamórfica	131,1	28,5
	Depósitos litorâneos indiferenciados	(Não definida)	Depósitos de argila e/ou areia, cascalho	Sedimentar (ou Sedimentos)	107,4	23,4
	Total				459,3	100,0
Ilhabela	Coberturas detríticas indiferenciadas	Unidade	Depósitos de areia, cascalho e argila	Sedimentar (ou Sedimentos)	2,4	0,8
	Ilha de São Sebastião	Corpo	Granito-gnássico e migmatítico (LIMA, 2001; PROCHOROFF, 2014)	Ígnea	204,1	66,9
	Costeiro, unidade ortognáissica	Complexo	Migmatito, Biotita gnaiss, Gnaiss, Ortognaiss	Metamórfica	98,7	32,3
	Total				305,2	100,0
São Sebastião	Complexo Pico do Papagaio; Granito São Sebastião	Complexo granítico	Biotita granito	Ígnea	74,8	20,1
	Costeiro, unidade de gnaisses bandados	Complexo	Migmatito, Gnaiss	Metamórfica	223,2	59,9
	Coberturas detríticas indiferenciadas; Depósitos aluvionares; Depósitos litorâneos indiferenciados	Unidade	Depósitos de argila e/ou areia, cascalho	Sedimentar (ou Sedimentos)	74,6	20,0
	Total				372,7	100,0
Ubatuba	Charnockito Ubatuba; Complexo Bico do Papagaio; Granito Caçandoca; Granito Parati, Suíte Getulândia; Granito Parati-Mirim, Suíte Serra das Araras	Corpo	Charnockito, Monzogranito, Mangerito; Biotita granito	Ígnea	410,6	61,7
	Costeiro, unidade granito-gnáissica migmatítica; Rio Negro	Complexo	Migmatito, Gnaiss, Augen gnaiss	Metamórfica	194,8	29,3
	Coberturas detríticas indiferenciadas; Depósitos aluvionares; Depósitos litorâneos	Unidade	Depósitos de argila e/ou areia, cascalho	Sedimentar (ou Sedimentos)	55,2	8,3

Municípios	Principais unidades geológicas	Hierarquia	Litologia	Rochas principais (classes)	Área (km <sup>2</sup> )	(%)
	indiferenciados					
	Costeiro, unidade quartzítica; Granito Ilha Anchieta	Complexo	(Não definido)	(Não definida)	4,7	0,7
	Total				665,3	100,0

Fonte: Elaborado com base em dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2009; 2011).

Os dois primeiros grupos estão distribuídos ao longo de toda a região, predominantemente na porção continental, onde se localiza o PE da Serra do Mar (PESM). Segundo Ross (2006), as rochas metamórficas – formadas por gnaisses, migmatitos, micaxistos, filitos, carbonáticas e massas intrusivas (granito e sienitos) – estão distribuídas em toda a Serra do Mar, e são importantes na formação das ilhas, que são afloramentos de embasamento cristalino

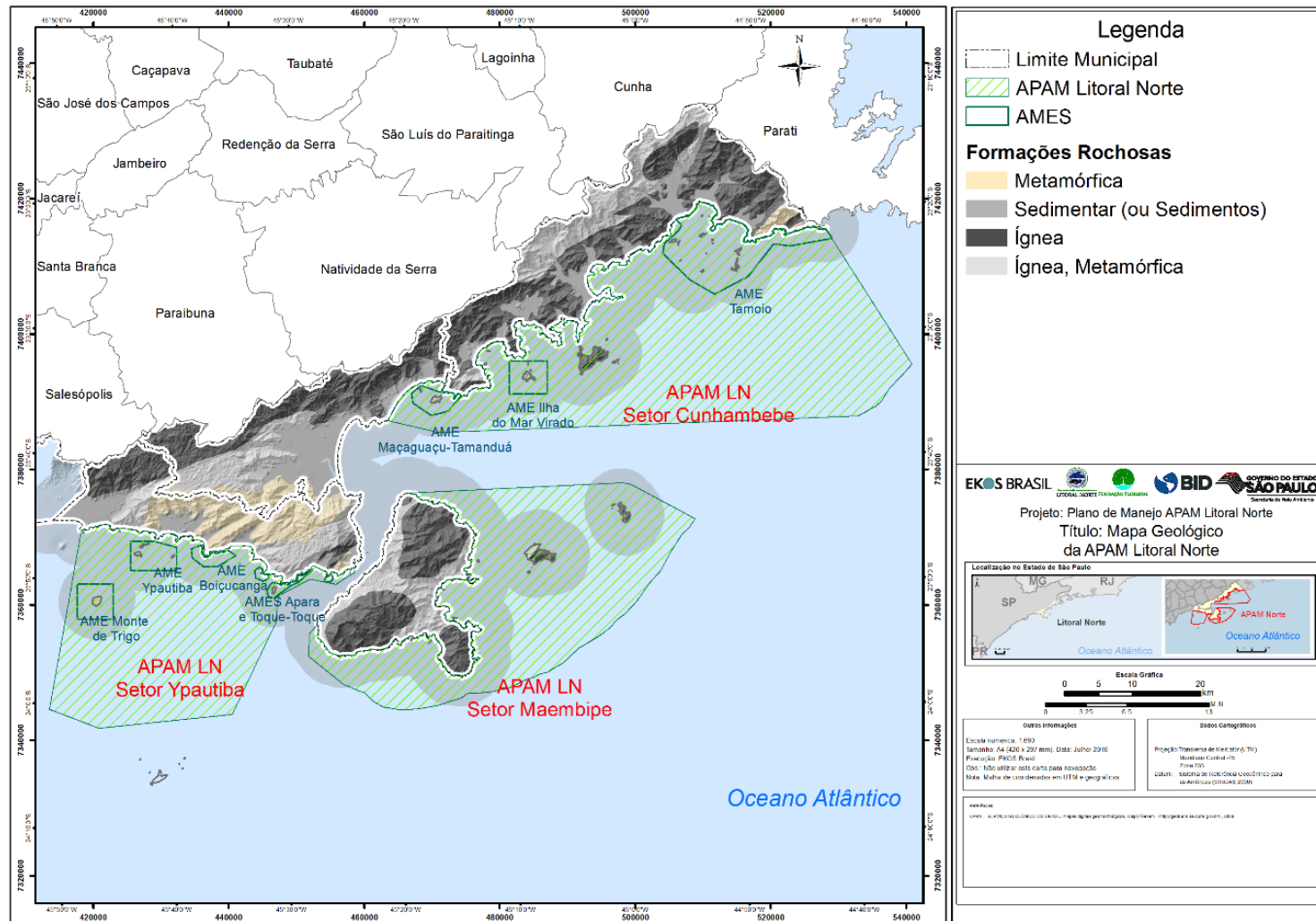
Barreto (2012) e Prochoroff (2014) apontam que apesar da rica geodiversidade no município de Ilhabela, a região começou a ser melhor estudada nos anos recentes, necessitando de mapeamentos mais completos sobre os contatos entre o embasamento e os sienitos, com zonas de assimilação e misturas de decímetros.

De acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2006), geodiversidade é definida 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”. Na publicação “Geodiversidade do Estado de São Paulo” (CPRM, 2010), são abordados os conceitos epistemológicos sobre a geodiversidade, e caso haja necessidade de maiores detalhamentos sobre este conceito, são apontadas as principais referências sobre o assunto (GRAY, 2004; OWEN et al., 2005; BRILHA et al., 2008; SILVA et al., 2008). Estudos no Litoral Norte de São Paulo sobre geodiversidade referem-se a Reverte (2014), Prochoroff (2014), Santos (2014) e Reverte & Garcia (2016).

As rochas sedimentares estão localizadas nas proximidades da linha costeira, nos domínios de restinga, com depósitos aluvionares e marinhos.

A Figura 4 mostra a distribuição das rochas principais distribuídas no território do Litoral Norte de São Paulo.

Figura 4 - Mapa Geológico. Classes de principais formações rochosas na região do Litoral Norte de São Paulo (Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2009; 2011).



Reverte (2014), analisando a distribuição de geosítios – locais de patrimônio geológico com valores didático, científico e turístico – na região de São Sebastião, apontou para a necessidade de proteção de pelo menos nove locais, ranqueado em ordem crescente de proteção: o sistema de diques da Baía do Araçá, Ilhote de Camburizinho, feições de injeção de Juquehy, Praia do Cabelo Gordo (Cebimar), Gnaisses de Boiçucanga, Feições de deformação da Jureia/Engenho, Milonitos, Mirante da Trilha da Praia Brava e Arquipélago de Alcatrazes.

Em Ubatuba, o inventário de geosítios foi realizado por Santos (2014), elencando dez locais como patrimônio geológico de caráter geocientífico: Pedra do Sino em Ubatuba (Praia de Santa Rita); Charnockito Ubatuba (na Praia de Prumirim); Praia do Cedro e Ponta Aguda, agrupadas com interesse ígneo, metamórfico e tectônico, que representam eventos da fase de aglutinação do continente durante o período Neoproterozóico-Cambriano; Monzogranito Ilha Anchieta (na Ilha Anchieta), representados pela Orogenia Búzios; Gruta que Chora (Praia da Sununga); Brecha Magmática Ilha Anchieta; Xenófitos do manto e cones de explosão (Praia Vermelha do Centro); Pico do Corcovado; Mineração Itamambuca (Praia de Itamambuca), que remonta a história de extração do Granito Verde Ubatuba, caracterizada por importante rocha ornamental regional.

Prochoroff (2014) caracterizou nove geosítios em Ilhabela, também destacados como valor científico e geológico, a saber: Pedra do Sino; Pico do Baepi, Cachoeira do Gato, Praia da Figueira, Praia das Anchovas, Buraco do Cação, Diques da Ponta da Sela, Gabros Estratiformes, Praia do Portinho. A autora destaca que os geosítios da Pedra do Sino, Praia do Portinho, Diques da Ponta da Sela são aqueles geosítios que necessitam de prioridade para conservação.

### 3.1.3.2 Características Geomorfológicas

Segundo Almeida e Carneiro (1998), a Serra do Mar é um conjunto de escarpas que se estende entre a costa do Rio de Janeiro até Santa Catarina, onde deixa de existir como unidade orográfica de borda escarpada de planalto. Almeida (1976) destaca que a gênese é atribuída a eventos tectônicos ocorridos no período Cenozóico, responsáveis pela formação de blocos falhados e desnivelados, e que a partir do Cretácio inferior os processos erosivos passaram a atuar de forma intensa.

Grande parte do território do Litoral Norte de São Paulo é formado por relevo de escarpas serranas e de domínio montanhoso, compondo 43% e 32,4% da área de estudo e situadas predominantemente em áreas dos limites das Unidades de Conservação de Proteção Integral (PESM e PE de Ilhabela). As planícies costeiras e fluvio-marinhas, em conjunto, correspondem a cerca de 15,7% da região, com predomínio em Caraguatatuba e São Sebastião. Os domínios de morros e serras baixas estão distribuídos em toda a região (com exceção de Ilhabela), sendo predominante em Caraguatatuba. As classes de relevo da área de estudo podem ser vistas na Figura 5 e em mais detalhes, na Tabela 5.

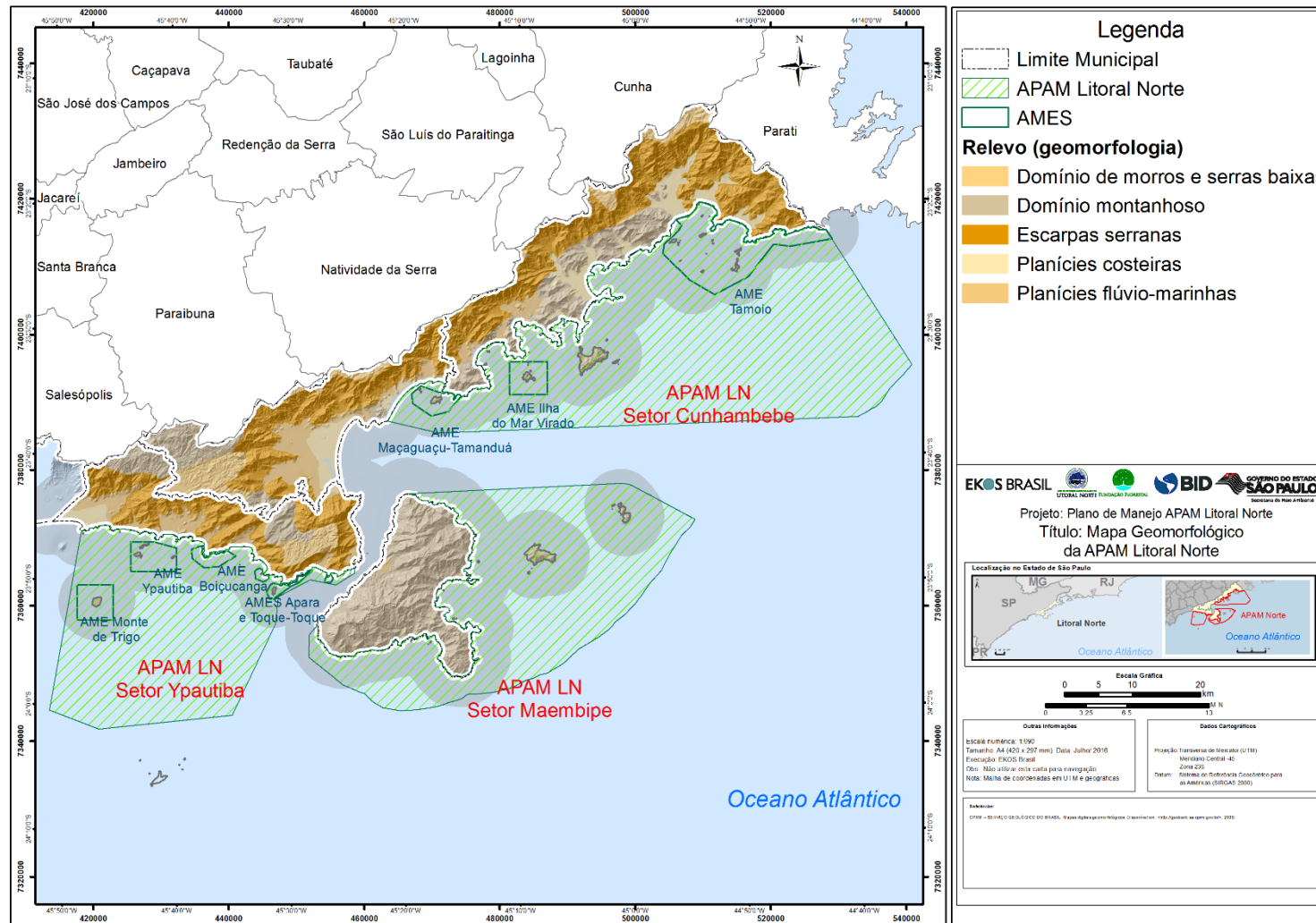
**Tabela 5 - Tipos de relevo (domínio geomorfológico) e percentual na região do Litoral Norte de São Paulo.**

Municípios	Domínios de relevo	Declividade (graus)	Altitude (metros)	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
Caraguatatuba	Domínio de morros e serras baixas	15° a 35°	80 a 200 m	78	16,8
	Domínio montanhoso	25° a 45°	300 a 2.000 m	73	15,8

Municípios	Domínios de relevo	Declividade (graus)	Altitude (metros)	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
	Escarpas serranas	25° a 60°	300 a 2.000 m	204	44,2
	Planícies costeiras	0° a 5°	0 a 20 m	36	7,9
	Planícies fluvio-marinhas	0°	Zero	71	15,4
Total				462	100,0
Ilhabela	Domínio montanhoso	25 a 45°	300 a 2.000 m	304	99,2
	Planícies fluvio-marinhas	0°	Zero	2	0,8
Total				306	100,0
São Sebastião	Domínio de morros e serras baixas	15° a 35°	80 a 200 m	37	9,8
	Domínio montanhoso	25° a 45°	300 a 2.000 m	64	17,1
	Escarpas serranas	25° a 60°	300 a 2.000 m	196	52,5
	Planícies costeiras	0° a 5°	0 a 20 m	18	4,7
	Planícies fluvio-marinhas	0°	Zero	59	15,8
Total				374	100,0
Ubatuba	Domínio de morros e serras baixas	15° a 35°	80 a 200 m	47	7,1
	Domínio montanhoso	25° a 45°	300 a 2.000 m	147	21,9
	Escarpas serranas	25° a 60°	300 a 2.000 m	379	56,5
	Planícies costeiras	0° a 5°	0 a 20 m	74	11,0
	Planícies fluvio-marinhas	0°	Zero	23	3,5
Total				670	100,0

Fonte: Elaborado com base em dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2009; 2011).

Figura 5 - Mapa Geomorfológico. Domínios geomorfológicos na região do Litoral Norte de São Paulo (Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2009).





Souza e Luna (2008) mapearam sete tipos de unidades quaternárias (característicos de depósitos de sedimentos de período de tempo geológico relativamente curto – cerca de 1,8 milhão de anos), sendo seis de planície costeira e um tipo relacionado à baixa encosta, que se situam geograficamente em planícies ao longo da costa litorânea e onde há forte pressão na vegetação relacionada a esses ambientes sedimentares quaternários (SOUZA & LUNA, 2008)<sup>5</sup> – **ANEXO 3D**.

As unidades quaternárias mapeadas pelas autoras (SOUZA & LUNA, 2008) na baixa encosta foram caracterizadas por *Depósitos de Encosta* (denominados por *LCR*), onde englobam os depósitos de baixa e média encosta como rampas de colúvio, tálus e leques aluviais de idade pleistocênica a atual. São constituídos de sedimentos com ampla variação granulométrica, desde argilas até matacões, apresentando nível do lençol freático entre 1,0 e 2,0 m de profundidade.

As unidades quaternárias de planície costeira foram divididas pelas autoras em:

- *Planícies de Maré Atuais (LOL)*, com depósitos pelítico-arenosos orgânicos atuais, presentes nas bordas dos canais estuarinos. O nível do lençol freático é  $\leq 0,10$  m, recebendo influência diária dos ciclos de maré.
- *Cordões Litorâneos e Terraços Marinheiros Holocênicos (LHT)*, caracterizados por depósitos marinhos arenosos formados por areias finas a médias, podendo apresentar depósitos eólicos no topo, principalmente nas planícies costeiras maiores. Amplamente distribuídos em todas as planícies costeiras da área de estudo, com profundidade do lençol freático variando entre 0,40 e 1,10 m.
- *Terraços Marinheiros Pleistocênicos (LPT)*, compostos por depósitos marinhos arenosos, de idade pleistocênica, formados por areias muito finas a finas, bem a muito bem selecionadas, que se apresentam como terraços bastante erodidos e mais elevados que os terraços marinhos holocênicos. Correspondem a poucos remanescentes interiorizados nas planícies costeiras de Maresias (São Sebastião), Caraguatatuba e Puruba (Ubatuba), com nível do lençol freático mais profundo que 1,0 m.
- *Depósitos Fluviais Holocênicos a Atuais (LFT)*: depósitos de planície de inundação (areias finas moderadamente selecionadas e pelitos pobremente selecionados), de barras e leito (areias médias a cascalhos muito pobremente selecionados), constituindo ambientes sedimentares ainda em atividade, com nível do lençol freático  $\leq 0,50$  m de profundidade.
- *Depressões Paleolagunares (LCD)*: depressões formadas por paleolagunas ativas durante o evento Transgressivo Santos, parcialmente preenchidas por sedimentos flúvio-lagunares pelíticos (argilo-siltosos muito pobremente selecionados e ricos em matéria orgânica) que, com a regressão marinha subsequente, foram sendo recobertos por pacotes de até 1,0 m de espessura de colúvios de baixada (sedimentos areno-siltico argilosos muito pobremente selecionados), de idade holocênica até recente. Estão localizadas no meio e ao fundo das planícies costeiras e apresentam nível do lençol freático igual ou mais raso que 0,30 m.

---

<sup>5</sup> Em média, quase 50% das fitofisionomias nativas originalmente existentes nessas planícies costeiras e baixas encostas já foram suprimidas, variando entre 71% em Ilhabela, 64,6% em Caraguatatuba, 35,4% em São Sebastião e 28,5% em Ubatuba (SOUZA e LUNA, 2008).

- *Depósitos Mistos (LMP)*: constituem uma associação indiferenciada de depósitos aluviais e colúvios de baixada, holocênicos a atuais, recobrando as porções mais distais e planas da planície costeira, junto às encostas da Serra do Mar. O nível do lençol freático está frequentemente em profundidade  $\leq 0,50$  m.

Tessler *et al.* (2006), no compartimento Toque-Toque – Tabatinga, região dominada pela ilha e o canal de São Sebastião até a planície costeira de Caraguatatuba, destaca processos de aumento de sedimentação e assoreamento em áreas de baixa declividade, especialmente onde se localiza a foz fluvial e o paredão rochoso que separa a enseada de Massagaçu.

### 3.1.3.2.3 Características pedológicas

Na região do litoral norte de São Paulo há pelo menos três grandes grupos: (i) espodosolos; (ii) cambissolos e (iii) latossolos (Vermelhos-Amarelos)<sup>6</sup>, sendo a maior parte da área coberta pelos Cambissolos (88%), distribuídos em toda a região de estudo. Aproximadamente 8,4% representam os espodosolos, situados em faixas mais próximas da linha costeira e característicos de domínios de restinga – ver **Tabela 5** sobre as características de cada tipo de solo.

**Tabela 5. Tipos de solos e percentual na região do Litoral Norte de São Paulo.**

Tipos de solos	Classes de solo	Descrição	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de solo (%)
Grupo 1 (G1) – Espodosolos	ES1	Espodosolos Ferrocárbicos órticos A proeminente e A moderado com textura arenosa + Neossolos Quartzarênicos órticos distróficos A moderado, ambos com relevo plano	150	8,4
Grupo 2 (G2) – Cambissolos	CX5	Cambissolos Háplicos distróficos A proeminente e A moderado + Cambissolos Húmicos distróficos ambos com textura média e argilosa, fase não rochosa e rochosa, relevo montanhoso e escarpado	32	1,8
	CX8	Cambissolos Háplicos distróficos com textura argilosa e média + Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos com textura argilosa, ambos A moderado e A proeminente forte ondulado	1	0,0

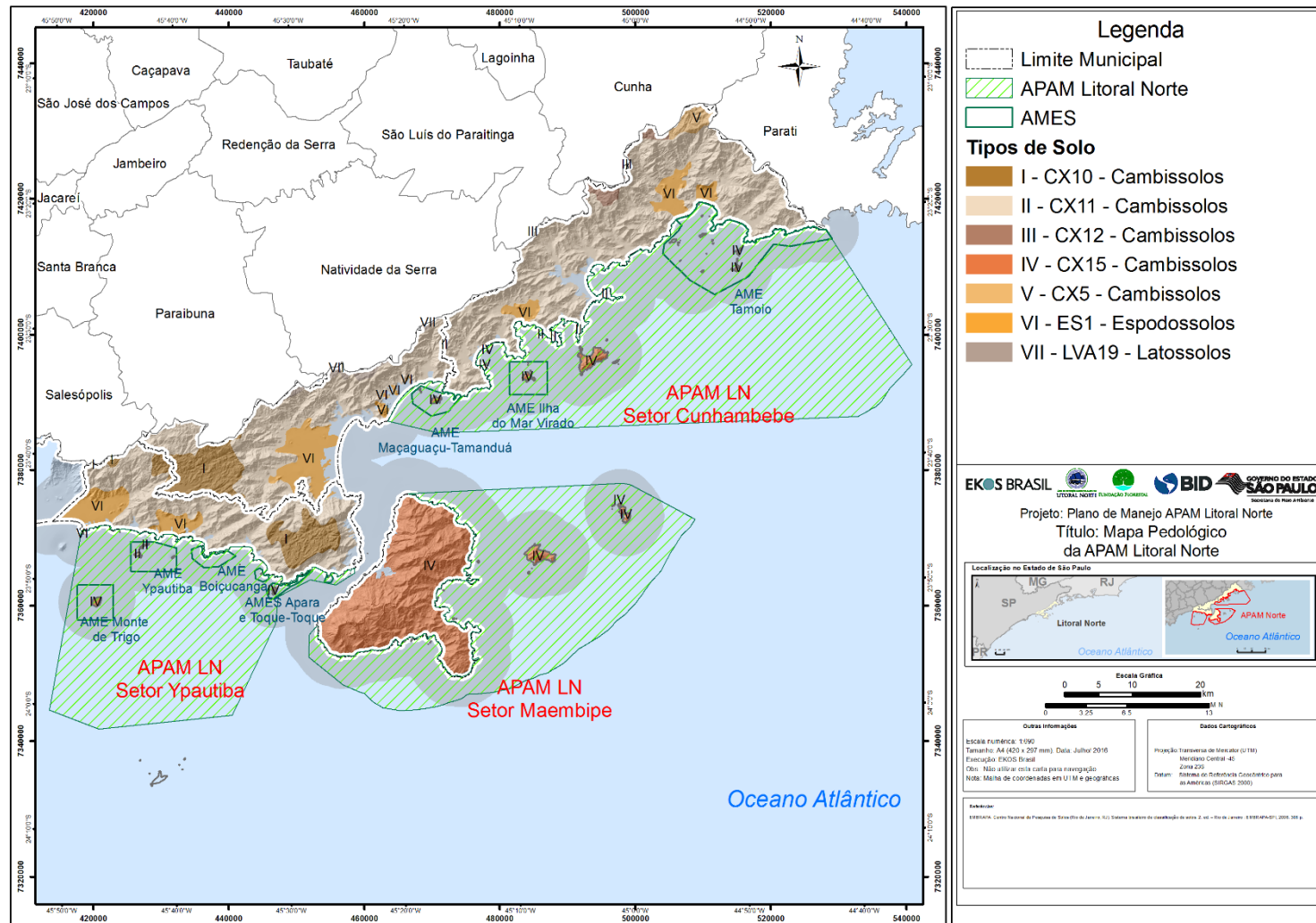
<sup>6</sup> (i) **Espodosolos**, solos muito arenosos desde sua superfície, com acúmulo de compostos de ferro e/ou alumínio e/ou matéria orgânica ao longo do perfil, geralmente solos pobres e muito ácidos, com altos teores de alumínio, sendo distribuídos de maneira esparsa e nos domínios de restinga e da costa brasileira (EMBRAPA, 2006); (ii) **Cambissolos** – distribuem-se por todo o território nacional, caracterizados por solos pouco desenvolvidos, com horizonte B pouco evoluído (fragmentos de rochas e minerais primários) (EMBRAPA, 2006); (iii) **Latossolos (Vermelhos-Amarelos)** – caracterizados por horizonte B latossólico, intemperização intensa dos constituintes minerais, com concentração de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. São solos mais profundos, abrangendo superfícies mais velhas e estáveis de paisagem. Ocupam aproximadamente 39% do território nacional, sendo os solos mais representativos do país (EMBRAPA, 2006).

	CX10	Cambissolos Háplicos distróficos A moderado e A proeminente, relevo forte, ondulado e montanhoso + Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos A moderado, relevo forte, ondulado, ambos com textura argilosa	154	8,6
	CX11	Cambissolos Háplicos distróficos textura argilosa e média fase não rochosa e rochosa, relevo montanhoso e escarpado + Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos com textura argilosa, relevo montanhoso e forte ondulado, ambos A moderado e A proeminente	1.034	58,1
	CX12	Cambissolos Háplicos distróficos com textura média e argilosa + Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos com textura argilosa, ambos A moderado e A proeminente, relevo forte e ondulado	57	3,2
	CX15	Cambissolos Háplicos distróficos + Neossolos Litólicos distróficos, ambos A moderado e A proeminente, com textura argilosa e média fase não rochosa e rochosa, relevo montanhoso e escarpado	290	16,3
Grupo 3 (G3) - Latossolos Vermelhos-Amarelos	LVA19	Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura argilosa + Cambissolos Háplicos distróficos textura argilosa e média fase não pedregosa e pedregosa, ambos A moderado, relevo forte, ondulado e montanhoso	64	3,6

Fonte: Elaborado com base em dados do Instituto Agrônomo e Embrapa (OLIVEIRA *et al.*, 1999; EMBRAPA, 2006).

A Figura 6 apresenta a distribuição dos diferentes tipos de solos na região.

Figura 6 - Mapa de solos. Tipos de solo: (i) Espodosolos – Grupo 1 (G1); (ii) Cambissolos – Grupo 2 (G2); (iii) Latossolos (Vermelhos-Amarelos) – Grupo 3 (G3) (OLIVEIRA et al. 1999; EMBRAPA, 2005).

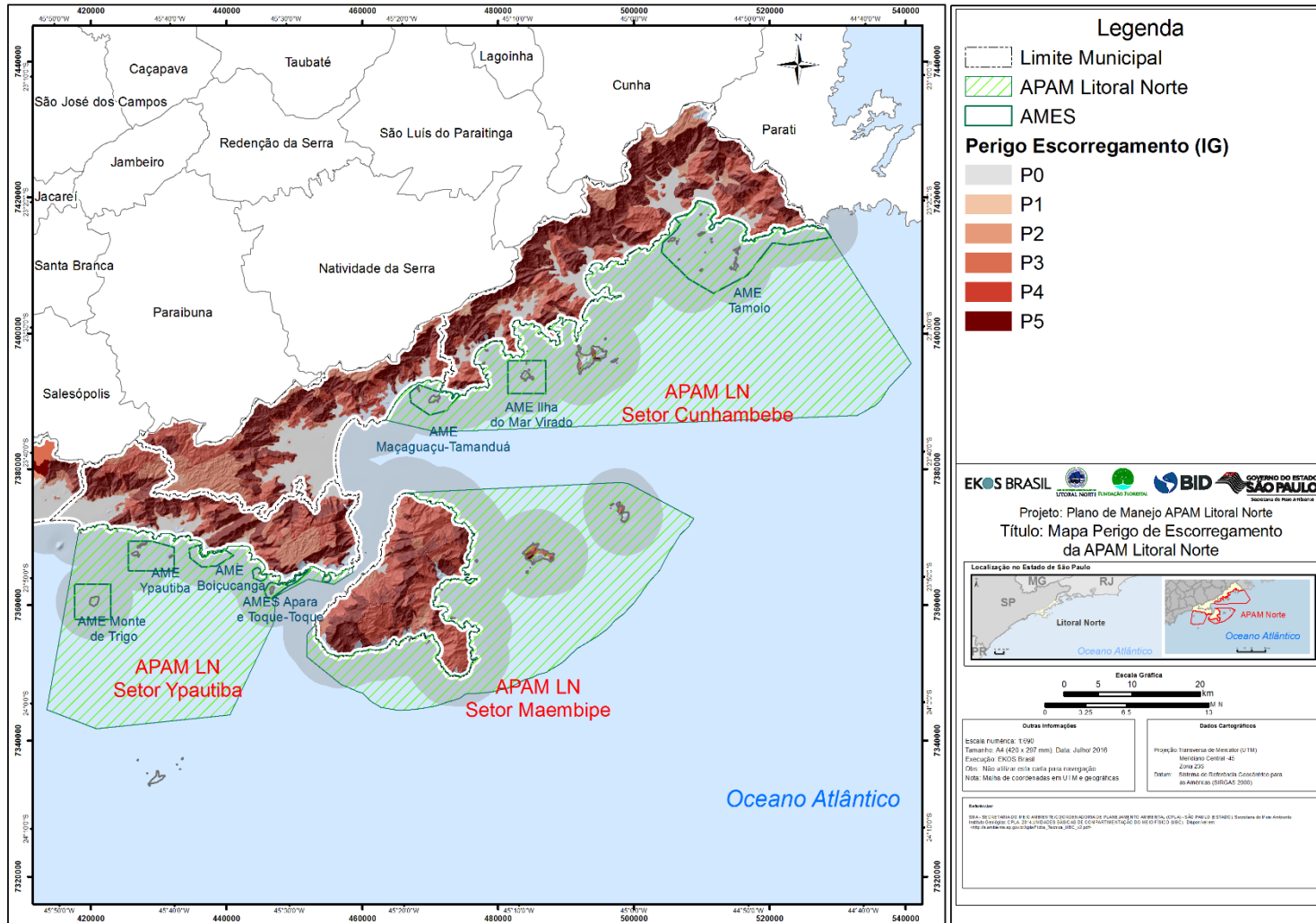


#### **3.1.3.2.4 Processos geodinâmicos: perigos de escorregamento e inundação**

Para esta análise, utilizaram-se os dados do mapeamento de perigos de escorregamento e inundação do estado de São Paulo, elaborados e disponibilizados pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA) e Instituto Geológico (IG) da Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo (SMA/CPLA, 2013; 2014; IG/SMA, 2014; FERREIRA & ROSSINI-PENTEADO, 2014). O mapeamento das Unidades Básicas de Compartimentação Fisiográfica (UBC) considera perigo como fenômeno, substância, atividade humana ou condição que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos na saúde, danos às propriedades, perda de bens e serviços, distúrbios sociais e econômicos e danos ao meio ambiente (UNISDR, 2009).

A classificação das UBCs varia entre P0 a P5, onde P0 representa uma probabilidade nula a quase nula de ocorrência do evento perigoso (escorregamento ou inundação) e P5 a probabilidade máxima (classe Muito Alta). As demais classes representam situações intermediárias entre estes extremos: P4 (Alta), P3 (Média), P2 (Baixa) e P1 (Muito Baixa). Dadas as características geomorfológicas (presença de coberturas sedimentares inconsolidadas, baixas altitudes) atribui-se a classe P0 às planícies no caso do perigo de escorregamento (Figura 7). No caso do perigo de inundação, atribui-se P0 para as áreas de encostas, cujas características apresentavam relevo mais declivoso (Figura 8).

Figura 7 - Perigo de Escorregamento (SMA/CPLA, 2013; 2014; IG/SMA, 2014; FERREIRA & ROSSINI-PENTEADO, 2014).





Com base no mapeamento de perigos de escorregamentos e inundação da (SMA/CPLA, 2013; 2014; IG/SMA, 2014), 18% do território do Litoral Norte está em área de potencial perigo associado a escorregamentos, sendo 36% em zonas de perigo alto (18% em P4) e perigo muito alto P5 (18%). Em relação ao perigo de inundação, cerca de 193 km<sup>2</sup> da região do Litoral Norte estão situados em zonas de alto perigo P4 (12%) e muito alto perigo P5 (23%), em áreas indicadas na **Figura 9**, enquanto 40% dessa área foi classificada como P3, e 15% como P4. Estes dados estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6 - Perigo de escorregamento e de inundação.**

Classe de perigo	Escorregamento		Inundação	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
P0	226,73	35	1626,25	65
P1	10,33	2	0,00	0
P2	59,73	7	0,00	0
P3	274,31	20	14,20	0
P4	571,07	18	178,93	12
P5	710,82	18	33,61	23
Total	2816,80	100	2816,80	100

Fonte: Elaborado com base no mapeamento de perigos de escorregamentos e inundações (SMA/CPLA, 2013; 2014; IG/SMA, 2014)

De acordo com os dados de mapeamento de risco em escalas detalhadas (até 1:1.800) (IG-SMA, 2006 a,b,c; UNESP, 2006; IPT, 2010), no Litoral Norte de São Paulo há aproximadamente 750 quilômetros quadrados (cerca de 1% das áreas situadas fora das Unidades de Conservação de Proteção Integral) de áreas sujeitas a riscos de deslizamento/escorregamento e inundação.

De acordo com Mello *et al.* (2012), observa-se que em Caraguatatuba, Ilhabela e São Sebastião há predominância de riscos com Muito Alta suscetibilidade a escorregamentos em relação às outras categorias de riscos geotécnicos (48,4%, 100% e 58%, respectivamente). Ubatuba possui 26,7% dos riscos associados à suscetibilidade a escorregamento, sendo predominantes no município os riscos de recalque e instabilização do terreno (39%) e de inundação (34%).

Esses resultados, considerados em conjunto para a região, reforçam a necessidade de maior atenção para a redução desses riscos, ampliando as medidas preventivas e as adaptações necessárias da infraestrutura instalada/planejada (BITAR, 2009), buscando o ordenamento territorial por meio de Planos Diretores, Zoneamentos-Ecológico-Econômico (ZEE) que considerem os riscos de desastres naturais (FERREIRA, 2012).

Diversos autores têm defendido a necessidade de reduzir as situações de vulnerabilidade na região, que incluem a preocupação com aspectos geológicos e geomorfológicos do território<sup>7</sup> associados ao aumento da ocupação territorial e à concentração de áreas urbanizadas em um contexto de ampliação da infraestrutura para a produção de petróleo e gás na região (SOUZA & LUNA, 2008; BITAR, 2009).

<sup>7</sup> As escarpas da Serra do Mar, os morros isolados e os terrenos em planícies costeiras e baixadas litorâneas situadas ao nível de oscilação das marés, terraços marinhos antigos e sujeitos a enchentes e inundações (BITAR, 2009).



### 3.1.3.2.5 Características geológico-geomorfológico e de riscos geodinâmicos dos corpos insulares

Diversos estudos têm demonstrado a importância de caracterizar e entender os ambientes insulares no que diz respeito a sua tipologia e biogeografia insular para a conservação (ANGELO FURLAN, 1997; VIEITAS, 1995; SARTORELLO, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2011). Estudos elaborados pela pesquisadora Angelo Furlan (1989; 1996; 1997) e de Oliveira *et al.* (2011), indicam que embora a maior parte das ilhas do estado do Brasil estejam protegidas por algum tipo de legislação ambiental – tais como planos de manejos, tombamentos associados ao conjunto cênico-paisagístico de beleza cênica –, as características ligadas à dinâmica biogeográfica e aos aspectos da tipologia insular ainda são pouco consideradas como relevantes para a conservação das ilhas brasileiras.

De acordo com Sartorello (2010), as ilhas do litoral de São Paulo, de maneira geral, não possuem material digital em escalas mais detalhadas, tais como escalas em 1:10.000. No Litoral Norte de São Paulo, Sartorello (2010) selecionou algumas ilhas para analisar a relação entre os aspectos estruturais, como área, forma e isolamento com as fitofisionomias vegetais. Neste trabalho, o autor utilizou as bases do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) para gerar modelos de elevação (com base em curvas de nível de 5 m) e mapas de declividade, produzindo informações mais detalhadas sobre aspectos do meio físico ligados à geologia-geomorfologia de oito ilhas: em Ubatuba, as ilhas de Prumirim, Porcos Pequena, Compirda e das Couves; em Caraguatatuba, as ilhas do Mar Virado, Tamanduá e Maranduba; e em Ilhabela, a ilha da Vitória.

Entretanto, há pelo menos 135 ilhas, ilhotas e lajes distribuídas no litoral paulista, que são de grande importância para a biodiversidade marinha (BRITO *et al.*, 2014), e nem todas possuem estudos ou trabalhos com detalhamento em escalas maiores do 1:10.000.

Nesta seção, portanto, buscou-se apresentar os dados sobre aspectos do meio físico ligados à geologia-geomorfologia, disponíveis na escala regional, junto com os trabalhos já desenvolvidos na região que agregam informações com os dados em escala local. Quando não havia informação, pelo menos até o momento presente deste diagnóstico, foram apontadas como lacunas de informação que devem ser trabalhadas em diagnósticos futuros.

Das ilhas e ilhotas situadas no setor Cunhambebe, que se destacam por apresentarem informações tanto em escala regional quanto escala local, são aquelas situadas nas Áreas de Manejo Especial (AME) do Tamoio, sendo:

#### **Ilha das Couves**

Segundo dados da CPRM (2009; 2011), é classificado como rocha ígnea, cujo nome da unidade é o Granito Parati-Mirim, formado pelo Domínio dos Complexos Granitóides deformados, com relevo de domínio montanhoso, apresentando declividades entre 25 a 45° e variação altimétrica de 300 a 2.000 metros. Na Ilha das Couves, encontram-se solos do tipo Cambissolos Háplicos distróficos, associados com Neossolos Litólicos distróficos (EMBRAPA, 2006).

Tem uma área de 58 ha e está a aproximadamente 2.300 m da costa; tem 80% de formação rochosa em sua costa e 20% de formação arenosa (SARTORELLO, 2010).

#### **Ilha do Prumirim**

Área total de 30 ha e está a cerca de 600 m da costa. Possui um morrote de 119 m, formado por um pequeno topo de morro de estrutura granitoide e um pequeno esporão na ilha na direção S-SW. Possui praia arenosa e costão rochoso. Apresenta embasamento granito-gnáissico, com costões apresentando pequena esfoliação e relevo declivoso com solos muito rasos. A face Sul da ilha forma uma cela rochosa (SARTORELLO, 2010).

### **Ilha dos Porcos Pequena**

Área total de 23 ha e está a aproximadamente 700 m da costa. Tem 90% da costa constituída por costão rochoso e 10% por praia arenosa. 90% da ilha apresentam cobertura vegetal (SARTORELLO, 2010).

### **Ilha Comprida**

Apresenta solos do tipo Cambissolos Háplicos distróficos, associados com Neossolos Litólicos distróficos (EMBRAPA, 2006). Tem uma área de 33 ha e está a aproximadamente 700 m da costa; tem 90% de formação rochosa em sua costa e 10% de formação arenosa (SARTORELLO, 2010).

Também se destaca a Área de Manejo Especial (AME) do do Mar Virado, que inclui as ilhotas de Fora e de Dentro, Laje de Dentro, além da Ilha do Mar Virado.

### **Ilha do Mar Virado**

Apresenta distribuição de rochas ígneas, cujo nome da unidade é o Granito Ilha Anchieta, formado pelo Domínio dos Complexos Granitóides deformados, com relevo de domínio montanhoso, apresentando declividades entre 25 a 45° e variação altimétrica de 300 a 2.000 metros. (CPRM, 2009; 2011).

Segundo dados do IPT (1994), a **Ilha do Mar Virado** apresenta rochas cristalinas do embasamento com alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra, além alta suscetibilidade a escorregamentos. Na Ilha do Mar Virado, há solos do tipo Cambissolos Háplicos distróficos, associados com Neossolos Litólicos distróficos (EMBRAPA, 2006).

Tem área de 119 ha fica a cerca de 2.000 m da costa. Não possui praia, apenas costão rochoso. Apresenta na face mais abrigada duas pequenas ilhotas cobertas por uma mata baixa e bem aberta. A litologia da ilha é composta por gnaisses porfibrásticos. Há solo muito raso sobre terreno pedregoso com seixos de sílica com tamanho aproximado de 0,5 a 1,0 cm. Há um sítio arqueológico (Sambaqui) com idade estimada de 1000 anos (SARTORELLO, 2010). É uma ilha com alto risco de eventos associados a elevação do nível dos mares e eventos associados à inundações, segundo dados do IG/SMA (2014).

### **Ilha Maranduba**

Segundo Sartorello (2010), apresenta área de 6 há, distante de 350 m distante da costa. Apresenta praia arenosa e costão rochoso. A ilha é um pequeno topo de morro no meio de uma planície arenosa da praia da Maranduba e apresenta uma fisionomia de antigo morro isolado da Serra do Mar. Cerca de 80% da costa da ilha são do tipo rochoso e 20% formados por praias arenosas (SARTORELLO, 2010).

Na Área de Manejo Especial das Ilhas Maçaguaçu-Tamanduá, destaca-se a Ilha do Tamanduá.

### **Ilha do Tamanduá**

Apresenta a unidade granito-gnáissica migmatítica, característica de rochas ígneas e metamórficas, no domínio de dos Complexo Granito-gnaiss-migmatítico e Granulitos, apresentando gnaisses indiferenciados (CPRM, 2009; 2011). Apresenta cerca de 111 ha e fica a 540 m da costa. Em sua tipologia costeira se verifica praia arenosa e costão rochoso, sendo 80% de sua costa formada por rochas e 20% por praias arenosas (SARTORELLO, 2010).

Das ilhas e ilhotas situadas no setor Maembipe, que se destacam por apresentarem informações tanto em escala regional quanto escala local, são:

#### **Ilha da Vitória**

Caracterizada pela unidade da Ilha de São Sebastião, formada por rocha Ígnea, no Domínio dos Complexos Alcalinos intrusivos e extrusivos, diferenciados do Terciário, Mesozóico e Proterozóico, com série alcalina saturada e alcalina sub-saturada (sienito, quartzo-sienitos, traquitos, nefelina sienito, sodalita sienito). De relevo montanhoso, com declividade entre 25 a 45° (CPRM, 2009; 2011). Segundo Sartorello (2010), O maciço alcalino do Complexo Vitória é constituído por um corpo sienítico principal, de forma circular e com diâmetro aproximado de 3 km. Juntamente com as ilhotas dos Pescadores e das Cabras, compõe Complexo Vitória, pertence ao Parque Estadual da Ilhabela. É uma ilha com alto risco de eventos associados a elevação do nível dos mares e eventos associados à inundações, segundo dados do IG/SMA (2014).

#### **Ilha dos Búzios**

Caracterizada pela unidade da Ilha de São Sebastião, formada por rocha Ígnea, no Domínio dos Complexos Alcalinos intrusivos e extrusivos, diferenciados do Terciário, Mesozóico e Proterozóico, com série alcalina saturada e alcalina sub-saturada (sienito, quartzo-sienitos, traquitos, nefelina sienito, sodalita sienito). De relevo montanhoso, com declividade entre 25 a 45° (CPRM, 2009; 2011).

Sartorello (2010) aponta que as ilhas dos Porcos, do Mar Virado, Tamanduá e Vitória se destacam por possuírem alto valor para a conservação, além de indicar aptidão ao turismo (com exceção das Ilhas da Vitória e do Mar Virado. No conjunto, o autor aponta que as ilhas têm potencial para direcionamento para a conservação e aproveitamento, com atividades compatíveis a área, tais como educação ambiental, turismo ecológico, desde que feitos a partir de estudos de capacidade de carga e trilhas.

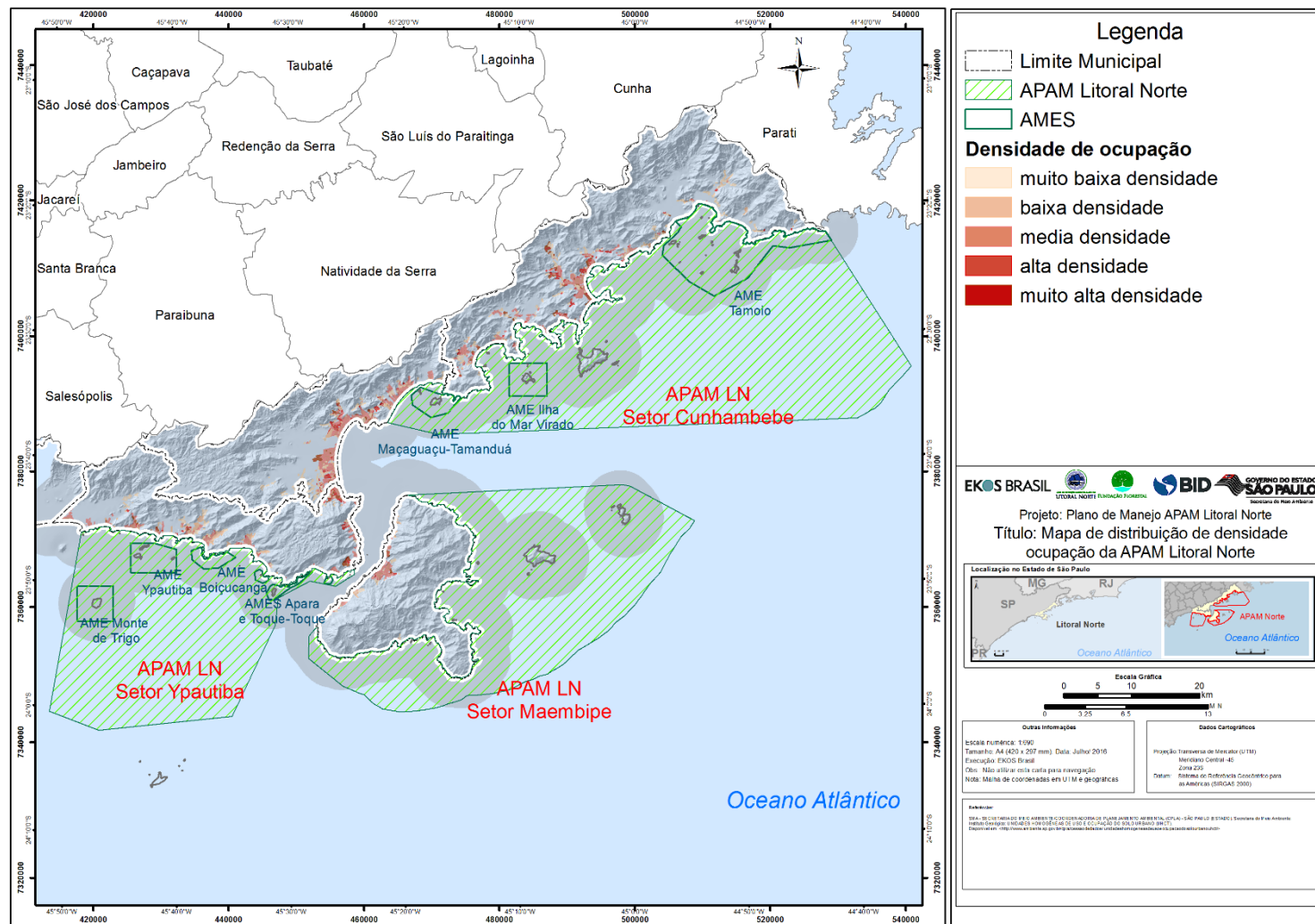
No setor Ypautiba da APAMLN, destacam-se as Áreas de Manejo Especial do Montão do Trigo e de Ypautiba (inclui as Ilhas e Ilha das Couves), formadas a partir do cinturão orôgenico do Atlântico, com serras e escarpas da ilha da baleia (CPRM, 2009; 2011). Formadas pela unidade de gnaisses peraluminosos, de rochas metamórficas, com domínio dos Complexo Granito-gnaiss-migmatítico e Granulitos (predomínio de gnaisses paraderivados. São áreas sujeitas à elevação do nível do mar (segundo dados do IG/SMA, 2014).

### 3.1.3.3 AMEAÇAS DIRETAS E INDIRETAS, FRAGILIDADES E SENSIBILIDADE

#### ■ Ameaças aos processos do meio físico terrestre associadas à distribuição populacional e vulnerabilidade social

O processo de ocupação do território no litoral paulista tem uma característica observada em outras regiões brasileiras que reflete um padrão de distribuição da população em zonas centrais, seja pela procura por locais com maior oferta de emprego, de infraestrutura ou serviços em geral e de saúde (postos de apoio, hospitais), mas pelo padrão centro-periferia já observado por outros autores (MORAES, 2007; OJIMA, 2008; MMA, 2007; IWAMA *et al.*, *prelo*). A Figura 9 apresenta a distribuição da densidade de ocupação, atributo relacionado com a intensidade do uso do solo, representando a relação entre o tamanho ou número de lotes por unidade de área. Por exemplo, nos principais centros urbanos de Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba – são encontrados alta densidade de ocupação, com predomínio de lotes de até 150m<sup>2</sup> ou edificações, enquanto áreas mais periféricas ou em direção aos sertões (parte do continente em direção às encostas), a densidade de ocupação tende a diminuir, de média a baixa densidade de ocupação (predomínio de lotes de até 250 m<sup>2</sup> a 450 m<sup>2</sup> ou lotes maiores do que 450 m<sup>2</sup>).

Figura 9 - Distribuição da densidade populacional (hab/km<sup>2</sup>) na região da APAMLN. Elaborado a partir de dados do IG/SMA (2014), as Unidades Homogêneas de Cobertura da Terra e do Uso e Padrão da Ocupação Urbana (UHCT).



Iwama *et al.* (prelo) analisaram a distribuição da população em áreas de riscos geotécnicos no litoral paulista. Na região que abrange a APAMLN, a UGRHi-3, os autores apontam que grande parte dos moradores (74%) na UGRHi-3 – Litoral Norte encontra-se em áreas de baixo risco associadas a recalques ou subsidência do solo (Rr), considerando o total de pessoas (~172 mil moradores) em situações de riscos a subsidência<sup>8</sup> ou inundação, processos muitas vezes relacionados a áreas de baixa altitude (em áreas de planícies, como é o caso das planícies da bacia do rio Juqueriquerê em Caraguatatuba, onde se situam os bairros do Morro do Algodão e Tinga), com frequente problemas associados aos efeitos de maré.

As áreas de baixo risco de subsidência (Rr) são as mais densamente povoadas nas regiões centrais dos municípios de Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba. Por outro lado, cerca de 71% dos moradores de potenciais áreas de risco a escorregamentos e movimentos de massa em geral (Re), segundo as grades regulares<sup>9</sup>, encontram-se em situações de muito alto risco a esses processos do meio físico. A Figura 10 apresentam um panorama geral das situações de risco encontradas na região centro-sul da UGRHi-3 em relação à densidade populacional na área.

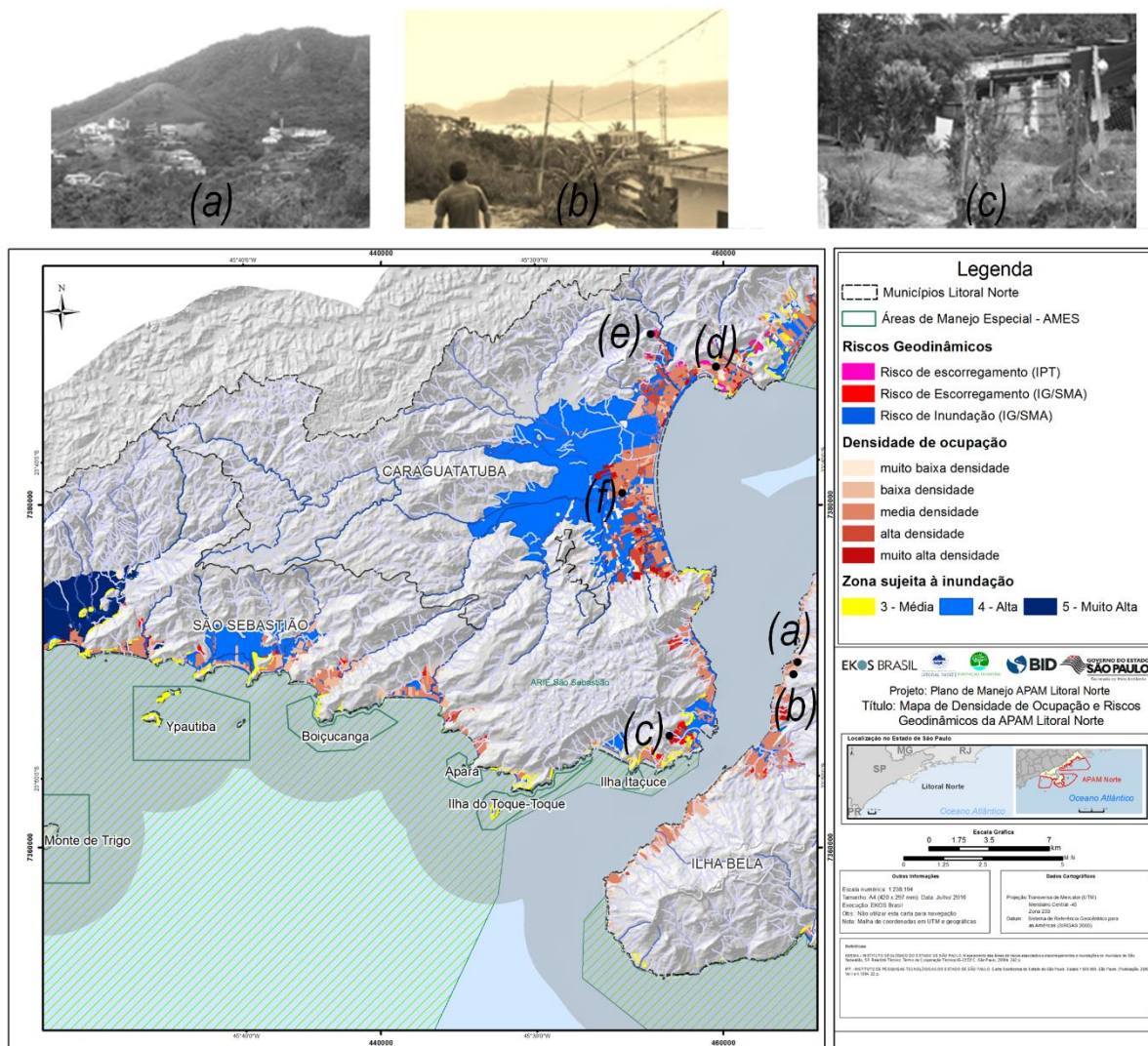
---

<sup>8</sup> Segundo Mendes (2009), recalque/subsidência do solo é o termo utilizado em engenharia civil para designar o fenômeno que ocorre quando uma edificação sofre um rebaixamento devido ao adensamento do solo sob sua fundação, muitas vezes associado com movimentos de marés e/ou infiltrações de água no solo.

<sup>9</sup> Para a análise de dados sociodemográficos foi feita uma operação de agregação baseada nos microdados identificados do universo do Censo Demográfico 2010 e no Cadastro de Endereços para Fins Estatísticos e na Base Territorial. As células da grade regular têm dimensões de 1 km (~ 37°) nas áreas rurais e de 250 m nas áreas urbanas e considerou a confidencialidade das informações do Censo Demográfico (as informações sociodemográficas foram representadas apenas em células com mais de 5 domicílios, com exceção da variável total populacional). A cessão dos dados do IBGE utilizados para a confecção da grade regular foi feita em caráter excepcional para o desenvolvimento da pesquisa de doutorado em Demografia (BUENO, 2014) cujos resultados foram utilizados no presente trabalho com finalidade exclusiva para o desenvolvimento de uma pesquisa interdisciplinar como um piloto no âmbito do projeto temático da Fapesp 'Urban Growth, Vulnerability and Adaptation: social and ecological dimensions of climate change on the coast of São Paulo', liderado por pesquisadores da Unicamp, entre eles, do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (NEPAM) e do Núcleo de Estudos em População (NEPO) (IWAMA et al., prelo; BUENO, 2014).



Figura 10 - Zonas sujeitos a riscos geodinâmicos (escorregamentos, inundações e efeitos da elevação do nível mar) e Densidade de ocupação: (a) padrão de ocupação no bairro Jardim Santa Rosa (em direção ao norte do município); (b) moradias no bairro Rio do Ouro; (c) situação de alagamento em 2012 no Morro do Algodão (próximo ao rio Juqueriquerê); (d) moradias de alto padrão construtivo bairro Santa Tereza, Ilhabela, (e) morro do Cantagalo, moradias em contraste no padrão de construção situado no bairro da Vila, ao lado de St. Tereza, Ilhabela, (f) moradia em área de potencial risco de escorregamento, bairro de Topolândia, São Sebastião [Registros fotográficos em campanha de campo]. Fonte: IWAMA, 2014; IWAMA et al. (prelo).



Em relação à distribuição do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) de 2010, associado com a distribuição da população, nota-se um padrão de distribuição da população em zonas centrais, também reflete (de certo modo) a procura por locais com maior oferta de emprego, de infraestrutura ou serviços diversos e de saúde (postos de apoio, hospitais). De modo geral, essas características influenciam

também na distribuição da população em situações de vulnerabilidade social: nas áreas centrais e mais próximas dessas condições mencionadas, pode-se apontar para um perfil de pessoas ou famílias de idade entre 15-59 anos, com maior renda domiciliar e escolaridade, caracterizando, por um lado, uma distribuição da população de menor vulnerabilidade social; nas áreas mais distantes do mar, entre as planícies e encostas, pode-se observar a população ou domicílios de maior vulnerabilidade social (população menos servida ou favorecida de serviços básicos, maior proporção de jovens ou mulheres como responsáveis pelo domicílio).

Situações semelhantes foram observadas por Feitosa *et al.* (2012; 2013) e Mello *et al.* (2012) na UGRHi-3 – Litoral Norte, apontando que, genericamente, os setores censitários próximos ao mar apresentaram melhores condições sociais (em relação a renda e educação), enquanto os setores nas proximidades de rios e de morros ou de encostas íngremes, apresentaram piores condições. Feitosa *et al.* (2012; 2013) argumentam que esse padrão tende a ocorrer porque as pessoas/famílias buscam ocupar as áreas mais consolidadas, onde o acesso às oportunidades oferecidas pela cidade é facilitado – normalmente em áreas centrais e/ou próximas ao mar.

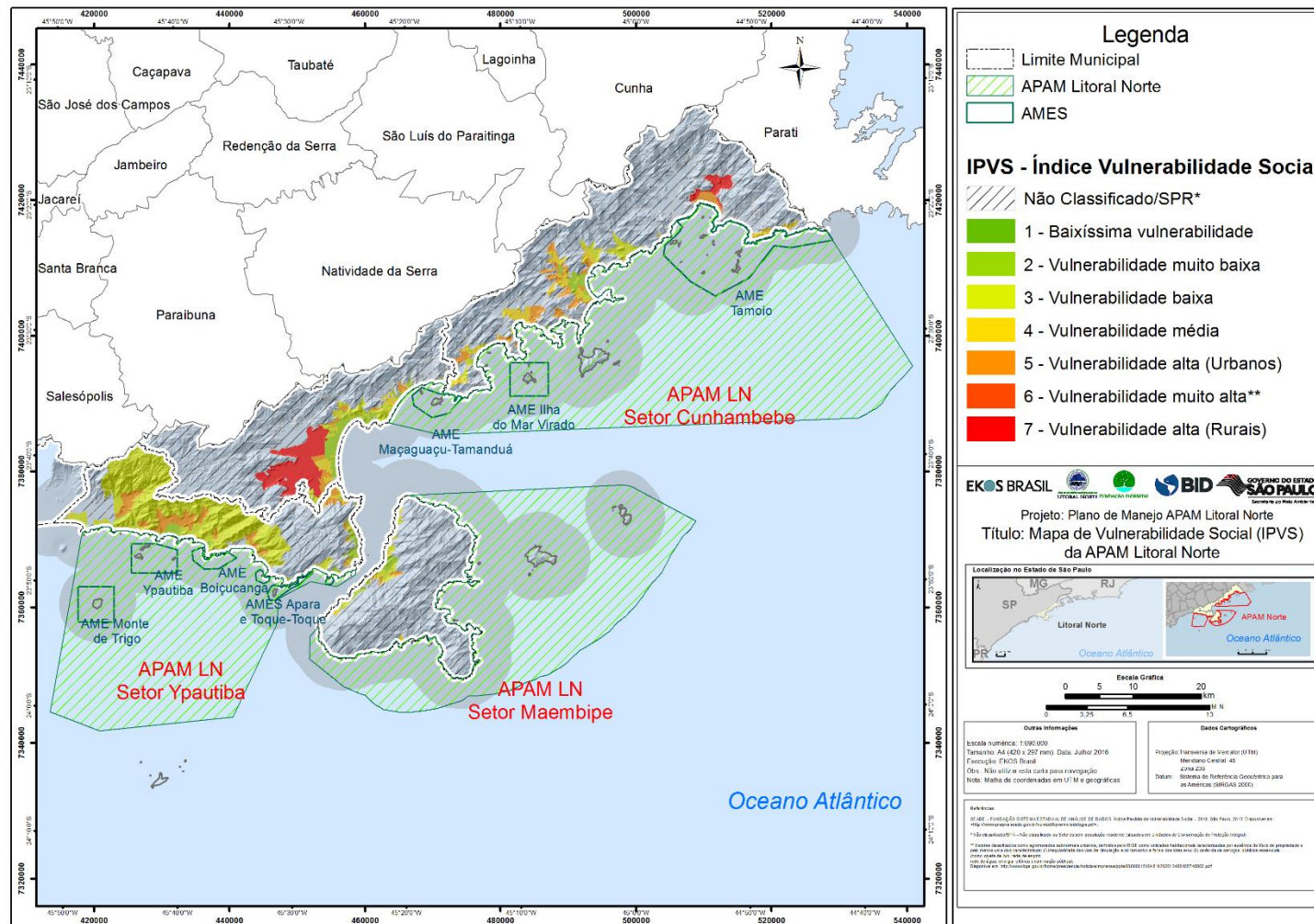
Iwama (2014) apontou que a distribuição de setores censitários segundo o Índice de Vulnerabilidade Social Paulista (IPVS)<sup>10</sup> de 2010, mostra de maneira geral que os setores com indicativos de situação de maior vulnerabilidade social estão situados em áreas mais próximas de encostas ou distantes da linha costeira (chamadas de ‘sertões’) – que muitas vezes coincidem com áreas onde estão situados os aglomerados subnormais ou núcleos de transição entre o urbano e rural. A exceção é uma área de São Sebastião situada nas montanhas da Serra do Mar e sobreposta ao seu Parque Estadual da Serra do Mar, que é indicada como setor de baixíssima ou muito baixa vulnerabilidade social, com pouca ou nenhuma ocupação. O mapa de vulnerabilidade social (Figura 11), a partir da distribuição dos setores censitários, indica um padrão de segregação socioespacial tendo os setores mais próximos às encostas ou em áreas de transição do urbano para áreas de urbanização não consolidada representados pelas classes 5, 6 ou 7 do IPVS, com características de ocupação de menor faixa de rendimento domiciliar, concentração de pessoas jovens (0 a 14 anos) e menores proporções de alfabetização.

---

<sup>10</sup> De acordo com a Fundação SEADE (SEADE, 2013), há setores que não foram classificados (Não Classificado) ou Setores sem População Residente (SPR), que refletem em áreas sem população (ou parcela pouco significativa para amostragem do Censo) ou situados em Unidades de Conservação de Proteção Integral. Além disso, no IPVS a classe V6 contém setores classificados como aglomerados subnormais urbanos, definidos pelo IBGE como unidades habitacionais caracterizadas por ausência de título de propriedade e pelo menos uma das características: (i) irregularidade das vias de circulação e do tamanho e forma dos lotes e/ou (ii) carência de serviços públicos essenciais (como coleta de lixo, rede de esgoto, rede de água, energia elétrica e iluminação pública). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000015164811202013480105748802.pdf>



Figura 11 - Distribuição espacial do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS, 2010) nos municípios costeiros à APAM Litoral Norte.



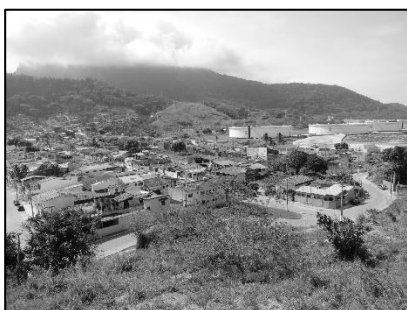
■ **Ameaças aos processos do meio físico terrestre associadas às áreas sujeitas à inundação em vulnerabilidade em áreas urbanas, densidade de ocupação e ecossistemas**

Para essa análise, optou-se por apresentar a região das APAMLN em duas regiões: uma delimitada pelos setores Maembipe e Ypautiba, abrangendo os municípios de Caraguatatuba, Ilhabela e São Sebastião; e a outra abrangendo o setor Cunhambebe da APAMLN, situado na região norte da UGRHI-3 abrangendo o município de Ubatuba.

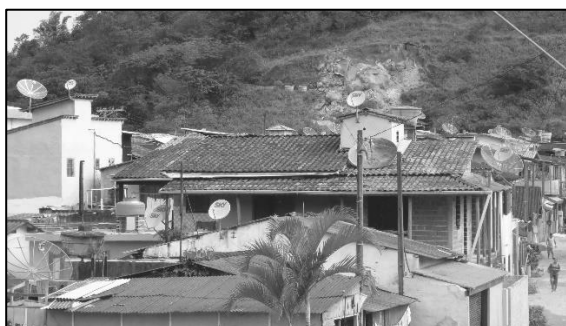
Os setores Maembipe e Ypautiba da APAMLN

A situação analisada em São Sebastião e, recentemente, em Caraguatatuba ilustra como o processo de urbanização desordenada pode ter ocorrido em alguns distritos. Os bairros de Itatinga, Olaria e Topolândia surgiram como resultado da instalação Petrobras Terminal na década de 1960. Atualmente, prevê-se que haverá quase 400 desapropriações, como resultado da nova rede de estradas (projeto rodoviário setor 'Tamoios'). É interessante notar que os distritos afetados por megaprojetos instalados nas décadas anteriores estão sendo observadas para entender os problemas de instalação de novos projetos de infraestrutura. Os movimentos populacionais decorrentes da instalação de grandes projetos não foram devidamente incluídos em programas de mitigação para esses megaprojetos. Estas situações têm sido cíclicas e colocam a população em situação de risco amplificada, sejam os riscos ambientais ou tecnológicos, levando a uma série de implicações sobre a estrutura social dos moradores vulneráveis (Figura 12).

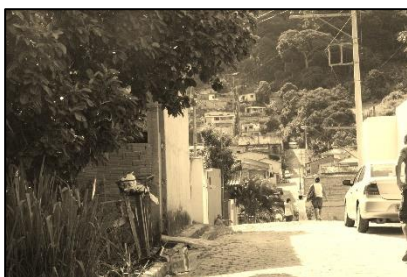
**Figura 12 - Registros fotográficos de situações em áreas de riscos (escorregamentos, inundação e tecnológicos) no Litoral Norte de São Paulo. Fonte: Iwama *et al.* (2013)**



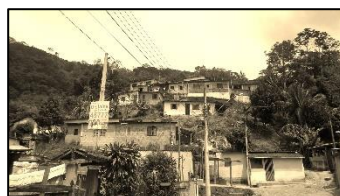
Terminal Petrobrás (TEBAR): riscos tecnológicos (por A. Iwama, 2011)



Corrida de detritos: bairro Camburi (São Sebastião) (por A. Iwama, 2012)



Bairro Topolândia (São Sebastião) (por A. Iwama, 2011)



Bairro Rio do Ouro (Caraguatatuba) (por M. Stasiak e A. Iwama, 2012)



Bairro Morro do Algodão (Caraguatatuba) (por R. Souza, 2010-2012 e A. Iwama)

Um aspecto importante é a avaliação limitada dos processos de licenciamento ambiental por meio dos EIA-RIMAs com consequências importantes ao processo de uso da terra e especulação imobiliária, gerada a partir das expectativas criadas junto à população. A maioria das expectativas estão ligadas principalmente a três frentes: a geração (ainda que temporária) de postos de trabalho, aumento da circulação local do capital financeiro, e novas oportunidades para as empresas privadas. É importante ratificar que muitas vezes as expectativas não estão relacionados com os impactos reais dos projetos, mas, no entanto, continuam a afetar fortemente setores como o mercado imobiliário. A especulação do mercado imobiliário gera expectativas sobre as populações locais, deflagrando aumento nos preços dos imóveis e aluguéis, desenvolvendo as áreas mais centrais das cidades, e empurrando uma parte da população de baixa renda para áreas mais periféricas. Além disso, há expropriações / remoções de moradores decorrente da implantação do contorno sul do projeto da rodovia Tamoios. Em Caraguatatuba, as remoções de 413 casas estavam previstas, com apenas 73,8% deles no bairro do Tinga (situado entre o setor da montanha e do setor Sul do projeto rodoviário Tamoios), gerando conflitos sociais e ambientais.

Em São Sebastião, a área engloba as áreas portuárias e industriais e os bairros de Topolândia, Itatinga, Olaria, Vila Amélia, Porto Grande, Praia Deserta e do Centro Histórico.

Vários autores demonstraram o efeito de vulnerabilidade social de determinados grupos sociais associados a áreas conhecidas por terem perigos geológicos, ambientais ou tecnológicas (QUARENTELLI & DYNES, 1977; QUARENTELLI, 1997; PERRY & QUARENTELLI, 2005; VALENCIO, 2012; WISNER *et al.*, 2004). Esta situação indica a dificuldade em reduzir os efeitos dos riscos interligados e a vulnerabilidade dos indivíduos (ou grupos de indivíduos) e sua capacidade de resposta, especialmente se houver um contínuo aumento de eventos climáticos extremos.

Na área afetada pelo Porto de São Sebastião, observou-se que houve 220 incidentes que resultaram em derrames de petróleo entre 1974 e 1999 na costa Norte de São Paulo (POFFO *et al.*, 1996; POFFO, 2008). As causas desses eventos variaram de falhas operacionais durante o carregamento e descarregamento de atividades a colisão de navios e danos de dutos. De acordo com o Relatório Ambiental Preliminar apresentado como parte do processo de licenciamento para novo cais de TEBAR (RAP, 2011), a instalação desta estrutura no Canal de São Sebastião deveria ter considerado a minimização de acidentes. Um projeto existente para expandir o Porto de São Sebastião estima um crescimento de 2.140% no número de navios que se dirigirão para o porto público entre 2008 e 2035, de 69 para 1.477 navios por ano. O EIA (2009) identifica e destaca um impacto específico relacionado ao aumento do risco de colisão entre navios. Dada a incerteza dos programas de prevenção adotados, nos quais a possibilidade de dano ambiental é sempre mencionado, porém, esta possibilidade é considerada de baixa magnitude e de pequena importância. Este fato demonstra claramente que a análise segregada dos impactos não assume a interconectividade entre os riscos em cada estudo técnico, e não considera a sobreposição destes riscos e seus efeitos em cascata, isso sem considerar a prestação dos programas de prevenção adotadas.

O Quadro 1 faz um resumo dos processos do meio físico terrestre e fatores como densidade de ocupação e vulnerabilidade em áreas urbanas que podem influenciar os ecossistemas limítrofes aos setores Maembipe e Ypautiba da APAMLN. A Figura 13 mostra a distribuição espacial de zonas sujeitas à inundação e riscos geodinâmicos.