

Capítulo 2 - Meio físico

2.1 Meio físico e seus processos

“Entende-se por meio físico o conjunto do ambiente definido pela interação de componentes predominantemente abióticos, quais sejam, materiais terrestres (solos, rochas, água e ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia interna da Terra e outras), incluindo suas modificações decorrentes da ação biológica e humana” (Fornasari Filho *et al*, 1992).

Em decorrência dessa interação entre os diversos componentes, o meio físico, da mesma forma que os meios biótico e antrópico, é dinâmico, isto é, encontra-se em constante alteração que é expressa pelos processos do meio físico (**Quadro 2.1-1**).

A alteração em processos do meio físico, particularmente pela ação humana, pode engendrar situações de risco geológico (**Quadro 2.1-1**).

Os processos do meio físico dependem, basicamente, das rochas que constituem uma determinada região, do relevo que essas rochas sustentam e suas declividades, dos solos que evoluem nesse contexto geológico-geomorfológico, dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e do clima.

Assim, são apresentados, nos tópicos a seguir, dados do município de Itanhaém sobre: recursos hídricos, clima, geologia, geomorfologia, declividades, solos e, finalizando o Capítulo referente ao meio físico, a carta geotécnica e o mapa de erosão.

Destaca-se que, a carta geotécnica apresenta a distribuição espacial dos principais processos do meio físico atuantes no município de Itanhaém e o mapa de erosão consiste no detalhamento de um desses processos.

Quadro 2.1-1 - Principais processos do meio físico. Fonte: Fornasari Filho et al (1992).

Tipo de processo do meio físico		Processo	Descrição	Observação	
Processo da atmosfera		Circulação da água no ar	Corresponde à dinâmica da água na atmosfera por meio da evaporação, condensação e precipitação.	A evaporação não pode ser vista, mas é percebida na umidade do ar. As nuvens, facilmente observáveis, resultam da condensação e a chuva resulta da precipitação da água que se encontra na atmosfera.	
		Circulação de partículas e gases na atmosfera	Corresponde à circulação de partículas sólidas e gases na atmosfera por meio de fenômenos meteorológicos.	A alteração nesse processo é visível, principalmente, em cidades com excessiva poluição atmosférica, quando se destaca no horizonte uma camada de cor marrom.	
Processos da hidrosfera		Escoamento das águas em superfície	Consiste no movimento das águas precipitadas da atmosfera ou aflorantes no solo, e que escoam na superfície de um terreno.	A água aflorante no solo constitui os cursos d'água.	
		Inundação	Corresponde ao extravasamento das águas de um curso d'água para suas áreas marginais, quando a vazão a ser escoada é superior à capacidade de descarga da calha.	A ocorrência de inundação está associada a enchente/cheia de um curso d'água. Inundações podem causar sérios problemas, particularmente em áreas urbanizadas.	
		Movimentação das águas em subsuperfície	Corresponde a todo deslocamento de água no solo ou em fraturas de rochas, como infiltração (movimento da água que penetra no subsolo a partir da superfície), escoamento (movimento sob efeito da gravidade ou de gradiente de pressão hidráulica) e capilaridade (movimento associado às tensões em subsolo, quando a água intersticial alcança pontos acima do nível freático).	A água no subsolo (água subterrânea) é um importante recurso hídrico e tem sido aproveitada a partir de bombeamento em poços. Bombeamentos realizados de forma inadequada, com volumes superiores à disponibilidade hídrica, causam o rebaixamento do nível d'água subterrâneo.	
Processos da litosfera	Endógenos	Potencialização e desencadeamento de sismos	Processo de geração de condições litológicas e estruturais com acúmulo de energia passível de ser liberada e transmitida por ondas mecânicas ou por deslocamento de blocos ao longo de descontinuidades rochosas, gerando tremores súbitos (sismos).	No Brasil os tremores de origem tectônica são raros. Entretanto, podem ocorrer tremores de origem tecnológica, como nos casos de enchimento de reservatórios de acumulação de água e de detonações, que podem causar rachaduras e trincas em edificações.	
	Intempéricos	Carstificação	Consiste na dissolução de rochas pelas águas subterrâneas e superficiais, com formação de rios subterrâneos (sumidouros e resurgências), cavernas, dolinas, paredões calcários, torre de pedra, lapíás, úvulas, arco ou ponte de pedra, caneluras, entre outras feições.	Esse processo é comum em terrenos compostos por rochas calcárias ou carbonáticas (calcário, dolomito e mármore). Em área urbanizada pode acarretar sérios problemas, como o ocorrido no município de Cajamar em 1987.	
		Expansão de solo ou rocha	Consiste no aumento de volume de um solo ou uma rocha, ricos em argilo-minerais, em presença de água.	O aumento de volume de uma rocha pode causar a desagregação do material, sendo um problema observado, principalmente, em taludes de rodovias e ferrovias, podendo causar entupimento contínuo de sistemas de drenagem, descalçamento de horizontes superiores de talude com consequente desmoronamento.	
		Interações físico-químicas na água, no solo e na rocha	Conjunto de reações entre substâncias e elementos (íons) provenientes ou concentrados nas águas, no solo e/ou rocha.	Essas reações podem ser alteradas, por exemplo, no caso de infiltração de produtos químicos, em decorrência de vazamentos ou disposição inadequada de resíduos, como, por exemplo, a contaminação por organoclorados, atualmente chamados de POPs –Produtos Orgânicos Persistentes, por descarte inadequado na Baixada Santista.	
	Exógenos	Movimentos de massa	Corrida de massa	Escoamento rápido de uma massa de solo ou de solo e rocha, onde sua forma de deslocamento lembra a de um líquido viscoso, com deformações internas e inúmeros planos de cisalhamento.	As corridas de massa podem ser classificadas como: corrida de lama (<i>mud flow</i>), consistindo de solo com alto teor de água; corrida de terra (<i>earth flow</i>), onde o material predominante, também, é solo, mas com menor teor de água; e corrida de detritos (<i>debris flow</i>), onde o material predominante é grosseiro, envolvendo fragmentos de rocha de vários tamanhos. A ocorrência desses processos em áreas urbanizadas pode causar sérios problemas, que podem variar de prejuízos materiais até óbitos.
			Deposição de sedimentos ou partículas	Consiste na acumulação ou concentração de partículas sólidas em meio aquoso ou aéreo, iniciando-se quando a força do agente transportador natural (curso d'água ou vento) é sobrepajada pela força da gravidade, ou quando a supersaturação das águas ou ar permite a deposição de partículas sólidas.	A deposição de sedimentos ou partículas em meio aquoso pode acarretar o assoreamento de corpos d'água, como pode ser observado em Itanhaém (Fotos 2.1-1 e 2.1-2), contribuindo com a ocorrência de inundações. Em meio aéreo, partículas sólidas podem se depositar, por exemplo, sobre a vegetação, causando danos por dificultar o processo de fotossíntese.
		Erosão eólica	Consiste na desagregação e remoção de fragmentos e partículas de solo sem proteção superficial pela ação combinada do vento e da gravidade.	A grande quantidade de partículas sólidas na atmosfera pode dificultar a visibilidade e a respiração.	
		Erosão pela água	Consiste na desagregação e remoção de solo sem proteção superficial pela ação combinada da gravidade e da água precipitada e de escoamento. Manifesta-se na forma de erosão laminar, sulcos, ravinas, boçorocas e <i>piping</i> (erosão interna). Pode-se considerar, nesse processo, as ações de fluxos de água em margens de rios, de embate de ondas em áreas costeiras e oscilações de nível d'água em lagos.	A erosão pela água tem configurado um sério problema pela perda de solo, contribuição para o assoreamento de corpos d'água e danos a edificações e mesmo a quarteirões inteiros. Em Itanhaém, a erosão costeira tem provocado até o desaparecimento de praias, além de causar danos a edificações (Fotos 2.1-3 a 2.1-7); e a erosão fluvial tem causado desbarrancamento de margens de cursos d'água (Fotos 2.1-8 e 2.1-11).	
		Escorregamento	Movimento rápido de massas de solo ou rocha, geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora de um talude (natural, de corte ou aterro).	A ocupação desordenada de encostas tem acarretado a ocorrência desse processo, cujas consequências vão depender das formas de uso e ocupação existentes no topo e no pé da encosta.	
		Movimento de bloco	Consiste no deslocamento, por gravidade, de blocos de rocha, podendo ser de três tipos: queda de bloco, que pode ocorrer em taludes íngremes, correspondendo à queda livre de rocha, com ausência de superfície de movimentação; rolamento ou deslizamento de bloco, quando o bloco de rocha desloca-se por perda de apoio, ao longo de uma superfície; e deslocamento de rocha, que consiste no despreendimento de lascas ou placas de rocha de um maciço rochoso, podendo a movimentação se dar em queda livre ou por deslizamento ao longo de uma superfície.	Esse tipo de processo ocorre com mais frequência em áreas serranas.	
Rastejo de solo		Movimento descendente, lento e contínuo, de massa de solo de uma encosta.	Esse processo é visível, principalmente, quando se observam árvores e postes inclinados, mas a evolução do rastejo pode, inclusive, destruir edificações.		
Subsidência	Consiste na deformação ou deslocamento de direção essencialmente vertical descendente, geralmente verificada por meio de afundamento de terrenos.	Esse processo é comum em áreas ribeirinhas e praias, podendo causar danos a pavimentos de vias de acesso, infraestrutura subterrânea (tubulações e galerias) e edificações.			

2.1 Meio físico e seus processos (continuação)

DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS OU PARTÍCULAS



Foto 2.1-1 - Vista do rio Itanhaém, onde se observa um banco de assoreamento, decorrente da deposição de sedimentos. Fonte: PMI.



Foto 2.1-2 - Vista de outro curso d'água onde se observa um banco de assoreamento, decorrente da deposição de sedimentos. Fonte: PMI.

EROSÃO FLUVIAL



Foto 2.1-8 - Vista de trecho de curso d'água onde se observa a instabilização da margem em decorrência da erosão fluvial. Fonte: PMI.



Foto 2.1-9 - Vista de trecho de curso d'água onde se observa a instabilização da margem, em decorrência da erosão fluvial, afetando a cobertura vegetal. Fonte: IPT.



Foto 2.1-10 - Vista de outro trecho de curso d'água onde se observa a instabilização da margem, em decorrência da erosão fluvial. Fonte: IPT.



Foto 2.1-11 - Vista de mais um outro trecho de curso d'água onde se observa a instabilização da margem, em decorrência da erosão fluvial. Fonte: IPT.

EROSÃO COSTEIRA



Foto 2.1-3 - Vista de trecho da orla onde se observa a ação do embate das ondas afetando a estrutura do quiosque. Fonte: PMI.



Foto 2.1-4 - Vista de outro trecho da orla onde se observa a evolução do processo de erosão costeira. Fonte: PMI.



Foto 2.1-5 - Vista de outro trecho da orla onde se observa a erosão costeira destruindo o calçamento. Fonte: PMI.



Foto 2.1-6 - Detalhe de um trecho da orla onde se observa a ação da erosão marinha. Fonte: PMI.



Foto 2.1-7 - Vista do mesmo trecho da orla da Foto 2.1-6, onde se observa, a direita na foto, a proximidade das edificações. Fonte: PMI.

2.2 Recursos hídricos

2.2.1 Origem da água no planeta Terra

O conhecimento atual que se tem sobre o sistema solar indica que, entre os planetas (**Figura 2.2-1**), a Terra é o único com grande quantidade de água no estado líquido. Há evidências da presença de água em Marte, Vênus e nos pólos da Lua e de Mercúrio, entretanto pouco se sabe sobre sua ocorrência nesses corpos celestes (Drake; Campins, 2006 apud Torres, 2008, p.37). Algumas informações sobre a água em Marte indicam que ela ocorre em pequena quantidade e, em geral, na forma de gelo¹. Assim, pode-se admitir que a formação das matérias componentes da Terra, as condições de sua origem e sua posição no sistema solar tenham sido extremamente favoráveis à preservação de grande volume de água (Sugio, 2006 p.15).

2.2.2 Ciclo hidrológico

A água ocorre na Terra em diferentes estados: sólido (gelo), líquido (água) e gasoso (vapor de água).

No estado sólido, a água é encontrada nas geleiras. As geleiras que ocorrem em grandes altitudes, são chamadas de *geleiras de montanha* e as geleiras que situam-se em grandes latitudes, isto é, nas regiões polares, são chamadas de *geleiras continentais* (**Foto 2.2-1**). O derretimento das geleiras continentais, em decorrência das mudanças climáticas globais provocadas pelo desequilíbrio no efeito estufa, tem aumentado o nível d'água dos oceanos acarretando o avanço paulatino do mar nas áreas costeiras.

A água no estado líquido (doce, salgada ou salobra) é encontrada nos oceanos (salgada); cursos d'água, lagos e aquíferos (doce); e estuários, lagunas e na interface entre aquíferos litorâneos e o oceano (salobra).

No estado gasoso, a água é encontrada na atmosfera (unidade do ar) e, quando ela se condensa, pode-se ver a água em estado gasoso em forma de nuvens.

Entretanto, esses estados são transitórios, isto é, a água em estado líquido dos oceanos, cursos d'água, lagos, solo e plantas evapora em decorrência do calor solar atingindo a atmosfera no estado gasoso. A água no estado gasoso se condensa na atmosfera formando nuvens, de onde a água pode precipitar como chuva ou neve, que alimentam cursos d'água, aquíferos subterrâneos e geleiras.

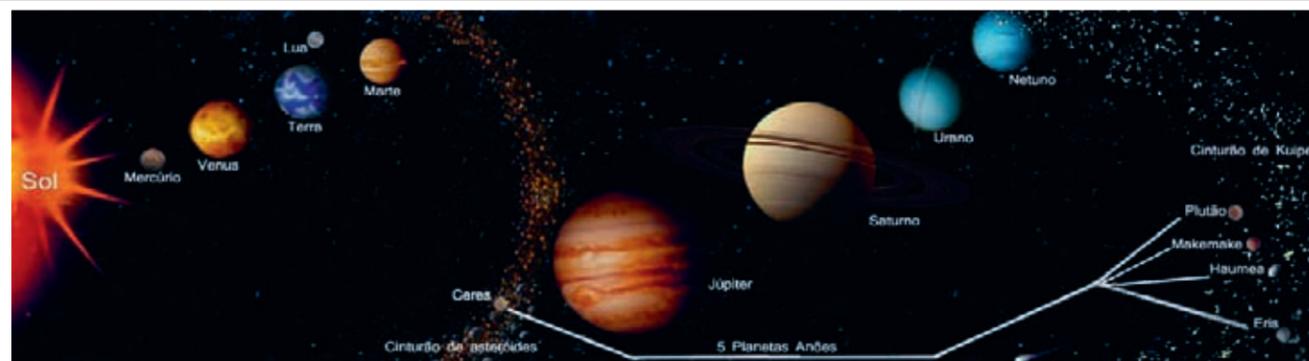


Figura 2.2-1 - Planetas do sistema solar. Fonte: Jocelyne Rodrigues.

Essa alteração contínua do estado da água, que evidencia a dinâmica da circulação da água em nosso planeta, é chamada de ciclo hidrológico (**Figura 2.2-2**).

Estima-se que a água total do planeta, esteja armazenada nos "reservatórios naturais", atualmente, nas seguintes proporções: 97% tratam-se de água salgada dos oceanos; 0,74% referem-se às águas doce subterrâneas; 0,0001% às águas existentes na atmosfera; 0,0099% às águas doces superficiais; e 2,25% à água das geleiras, no estado sólido (**Tabela 2.2-1**).

Quanto aos volumes de transferência de estado da água, 84% da água que evapora para a atmosfera é proveniente dos oceanos e apenas 16% dos continentes. Cerca de 77% de toda a chuva cai nos oceanos e somente 23% nos continentes (**Tabela 2.2-2**).



Foto 2.2-1 - Geleira continental. Antártica. Fonte: Luiz Antônio Pereira de Souza.

Encontro de águas



Encontro das águas dos rios Branco e Preto, no município de Itanhaém. Fonte: PMI.



Na foto superior observa-se uma vista do encontro das águas dos rios Aguapeú e Branco, no município de Itanhaém, e, na foto inferior, um detalhe do mesmo local. Fonte: PMI.

¹ http://www.cienciamao.if.usp.br/dados/t2k/_ciencias_15cie.arquivo.pdf

2.2 Recursos hídricos (continuação)

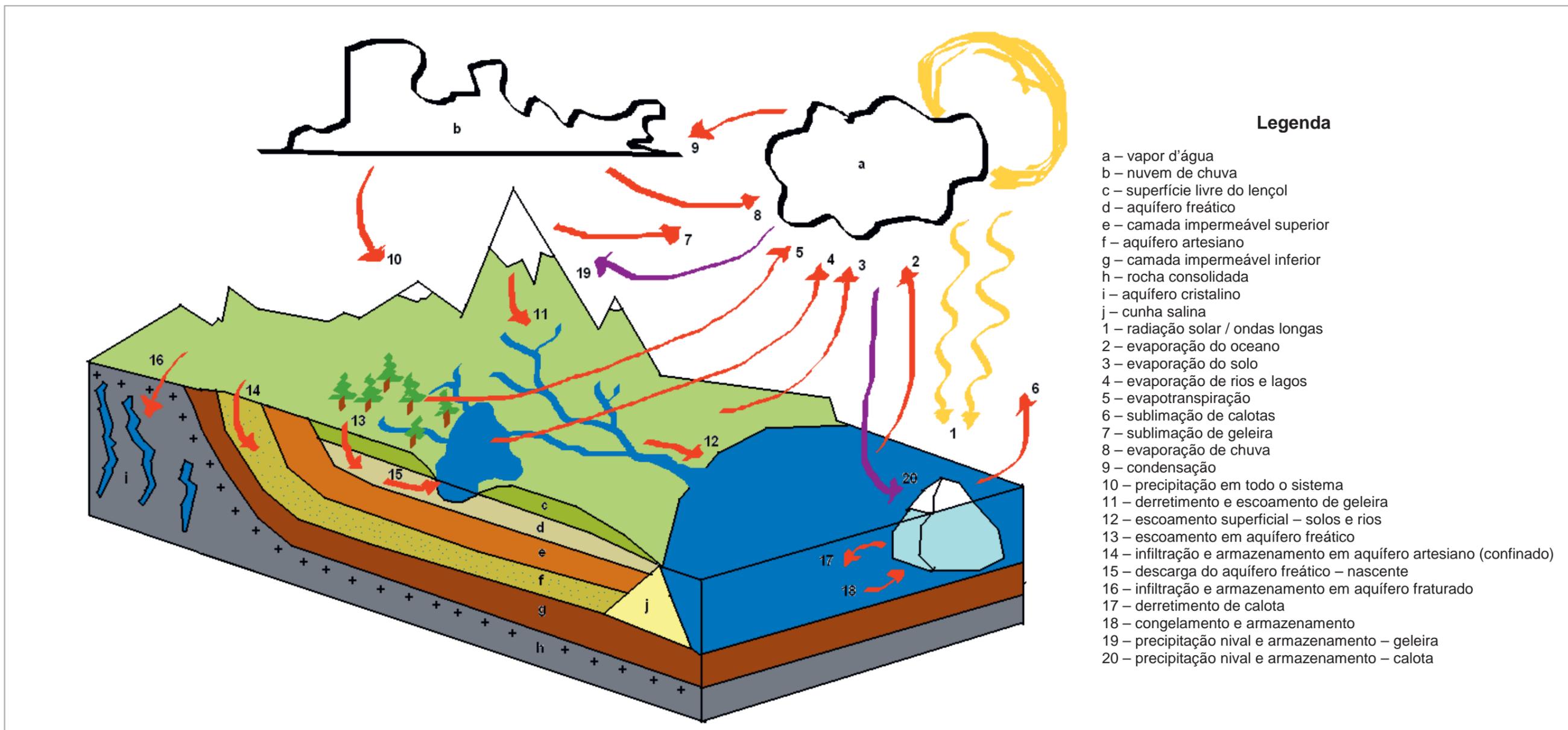


Figura 2.2-2 - Ciclo hidrológico. Fonte: Tom Adamenas e Pires.

Tabela 2.2-1 - Proporção de água nos "reservatórios naturais". Fonte: Suguio (2006).

Meio em que se encontra a água		Proporção (%)
Atmosfera (água no estado gasoso)		0,0001
Continentes	Cursos d'água e lagos (águas superficiais)	0,0099
	Aquíferos livre e confinado (água subterrânea)	0,74
	Geleiras (água no estado sólido)	2,25
Oceanos (água salgada)		97

Tabela 2.2-2 - Volumes de transferência. Fonte: Suguio (2006).

Dinâmica	Proporção (%)
Evaporação de água dos oceanos	84
Evaporação e evapotranspiração nos continentes	16
Precipitação (chuva) sobre os oceanos	77
Precipitação (chuva) sobre os continentes	23

2.2.3 Águas superficiais no município de Itanhaém

O município de Itanhaém possui 912,68 km de extensão de cursos d'água, sendo os principais os rios: Itanhaém, Preto, Branco, Aguapeú, Piaçaguera, Ipanema, do Poço, Taquaru, Tambotica, Camburi, Mambu, Macacos e do Crasto, esse último faz a divisa de Itanhaém com o município de Peruíbe. Além disso, o Município possui 22 km de costa em contato com o Oceano Atlântico. (Figura 2.2-3).

2.2.3.1 Qualidade das águas doces superficiais

A qualidade das águas superficiais é monitorada, no município de Itanhaém, pela Cetesb - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, por meio de dois pontos de amostragem, um no rio Branco e outro no rio Itanhaém (Figura 2.2-3 e Tabela 2.2-3). Nesses pontos são monitorados parâmetros que compõem os seguintes índices: IQA - Índice de Qualidade da Água e IET - Índice de Estado Trófico. No ponto BACO 02950 começou a ser monitorado, em 2010, o IAP - Índice de Qualidade das Águas para fins de Abastecimento Público e o IVA - Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática.

Tabela 2.2-3 - Pontos de amostragem, da Cetesb, em cursos d'água no município de Itanhaém. Fonte: Cetesb (2010).

Código Cetesb	Ano de entrada em operação	Corpo hídrico	Local de amostragem	Latitude	Longitude
BACO 02950	2009	Rio Branco	Ponte próxima à captação da Sabesp no rio Mambu	24 04 56	46 48 05
NAEM 02900	2007	Rio Itanhaém	Avenida Demerval Pereira Leite, altura do nº 214, na margem oposta ao Iate Clube	24 11 16	46 47 36

O IQA — desenvolvido pela Cetesb com base em estudo realizado, em 1970, pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos — incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público. Tais parâmetros são: coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, resíduo total e oxigênio dissolvido (OD). O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros que integram o índice, variando de 0 a 100 (Tabela 2.2-4) (Cetesb, 2010).

O IAP avalia, além de todas as variáveis do IQA, as substâncias tóxicas e as variáveis que afetam as propriedades organolépticas (cor, odor e sabor) da água, provenientes, principalmente de fontes difusas (Cetesb, 2010). Os intervalos de classificação do Estado Trófico para cursos d'água, de acordo com o IET, podem ser vistos na Tabela 2.2-4.

O IVA avalia a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral, diferenciado, portanto, de um índice para avaliação da água para o consumo humano e recreação de contato primário. No seu cálculo considera-se a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e duas das variáveis consideradas essenciais para a biota, quais sejam, o pH e oxigênio dissolvido (Cetesb, 2010). A Tabela 2.2-4 apresenta os intervalos de classificação do IVA.

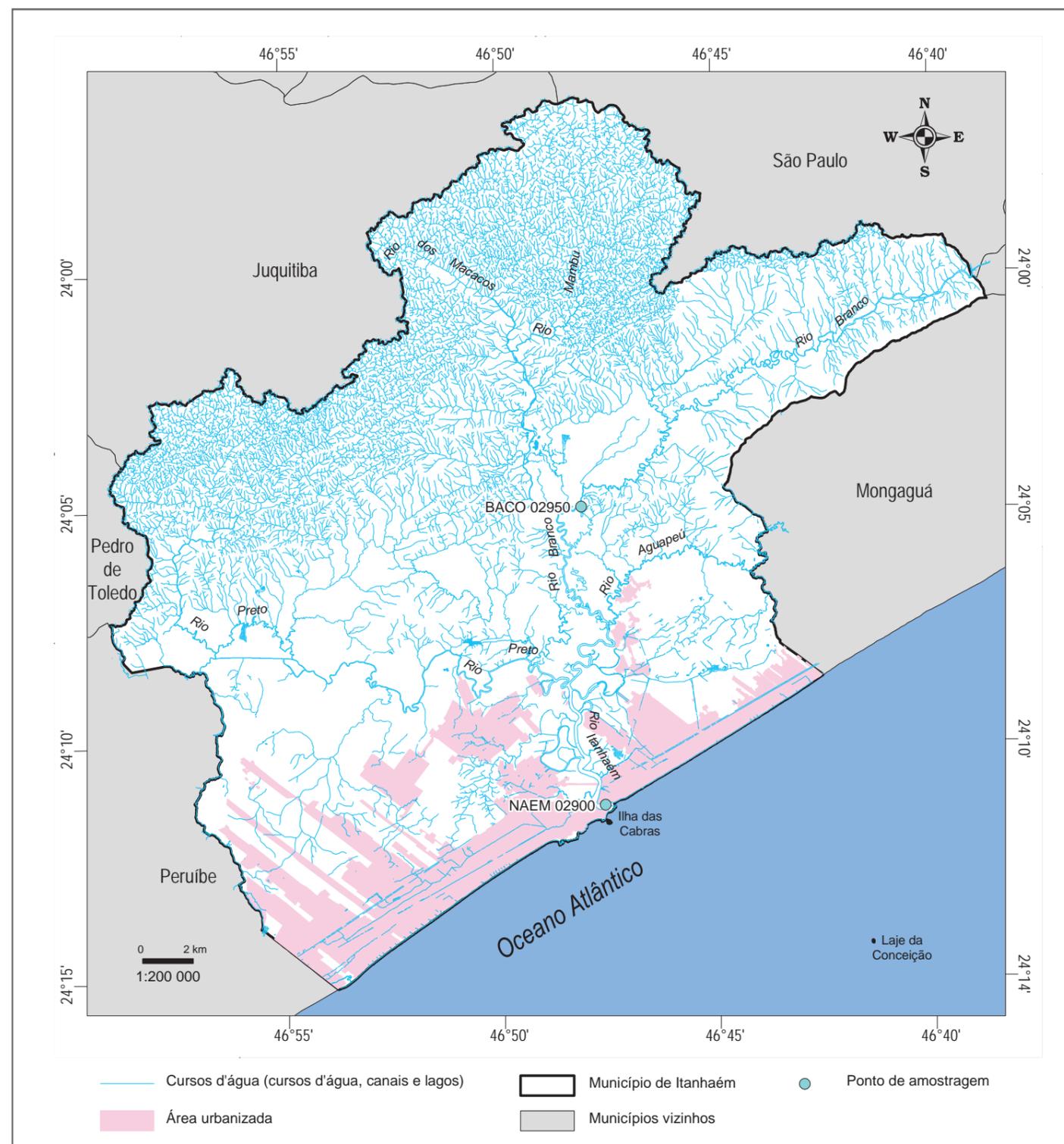


Figura 2.2-3 – Mapa dos principais cursos d'água e de localização dos pontos de amostragem (BACO 02950 e NAEM 02900) - município de Itanhaém. Escala original: 1:10.000. Fonte: PMI.

2.2 Recursos hídricos (continuação)

Tabela 2.2-4 – Classificação do IQA, IAP e IVA. Fonte: Cetesb (2010)

Categoria de qualidade da água	IQA	IAP	IVA
Ótima	79 < IQA ≤ 100	79 < IAP ≤ 100	IVA ≤ 2,5
Boa	51 < IQA ≤ 79	51 < IAP ≤ 79	2,6 ≤ IVA ≤ 3,3
Regular	36 < IQA ≤ 51	36 < IAP ≤ 51	3,4 ≤ IVA ≤ 4,5
Ruim	19 < IQA ≤ 36	19 < IAP ≤ 36	4,6 ≤ IVA ≤ 6,7
Péssima	IQA ≤ 19	IAP ≤ 19	6,8 ≤ IVA

O IET tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto a quantidade de nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (Cetesb, 2010). São dois os parâmetros utilizados no cálculo do IET, quais sejam: clorofila e fósforo total. Os intervalos de classificação do Estado Trófico para cursos d'água, de acordo com o IET, podem ser vistos na **Tabela 2.2-5**.

Além desses índices, entre os nove parâmetros considerados pela Cetesb, é importante destacar e acompanhar a evolução dos dados de OD - oxigênio dissolvido. O OD é a quantidade, em mg/L, de oxigênio dissolvido na água, sendo um parâmetro importante para se avaliar a capacidade de um corpo hídrico em suportar atividade biológica de organismos aquáticos. Nas águas naturais de superfície o OD varia de 0 a 19 mg/L, sendo os teores que permitem a existência de uma população variada de peixe superiores a 5 mg/L.

Os dados de IQA, IET, IAP, IVA e OD disponíveis para o município de Itanhaém são apresentados a seguir.

IQA - Índice de Qualidade da Água

Os dados disponíveis mostram que no ponto BACO 02950, em 2009, o valor médio do IQA foi de 66, isto é, a categoria de qualidade da água enquadrou-se como Boa. Ao longo de 2009, o IQA com valor mais baixo ocorreu no mês de setembro e o mais alto nos meses de julho e novembro. Em 2010, embora mantendo-se na categoria de qualidade da água Boa, o valor médio caiu para 63, principalmente em decorrência do IQA registrado no mês de março ter sido de apenas 35; já, em 2011, o IQA médio voltou a subir, atingindo 69, tendo mantido a classificação Boa em todos os meses monitorados (**Tabela 2.2-6**).

No ponto NAEM 02900 há dados de IQA para os anos de 2007, 2008, 2009, 2010 e 2011. Em 2007, a média do IQA foi de 48, o que classifica a qualidade da água como Regular. Em 2008, a média do IQA foi de 59; em 2009 e 2010 foi de 56; e em 2011, 62, o que classifica a água, nesses quatro anos, como de qualidade Boa. Destaca-se que, em 2011, a classificação Boa foi mantida em todos os meses monitorados (**Tabela 2.2-6**).

Tabela 2.2-5 - Classificação do Estado Trófico para cursos d'água - IET. Fonte: Cetesb (2010).

Categoria (Estado trófico)	Ponderação
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

Tabela 2.2-6 - IQA - Índice de Qualidade da Água em pontos de monitoramento situados no município de Itanhaém. Período: 2007-2010. Fonte: Cetesb (2008, 2009, 2010 e 2011).

Código Cetesb	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
BACO 02950	2009			63		69		71		56		71		66
	2010	67		35		72		73		59		70		63
	2011	61		72		75		74		77		57		69
NAEM 02900	2007			47						34		62		48
	2008	48						66		62		61		59
	2009			48		62		58		52		60		56
	2010	54		50		51		60		57		63		56
	2011	57		60		64		64		65		60		62

IET - Índice de Estado Trófico

Em 2009 e 2010, no ponto BACO 02950 a média do IET classifica o estado trófico como Mesotrófico, isto é, o rio Branco, nesse ponto, apresentou moderado enriquecimento com nutrientes; moderado crescimento planctônico; alguma acumulação de sedimentos na maior parte do fundo e, em geral, suporta espécies de peixes de águas mais quentes. Destaca-se que, no mês de janeiro de 2009, o IET foi de 70,31, no ponto BACO 02950, classificando, assim, o estado como Hipereutrófico, isto é, o rio Branco apresentou enriquecimento máximo de nutrientes, podendo ter ocorrido número excessivo de algas e plantas aquáticas a ponto de exigir intervenção do homem. Já, em 2011, a média do IET apresentou expressiva melhora, passando para 39 (Ultraoligotrófico), isto é, o corpo d'água é limpo, a produtividade é muito baixa e as concentrações de nutrientes são insignificantes não acarretando prejuízos aos usos da água (**Tabela 2.2-7**).

No ponto NAEM 02900 há dados de IET para os anos de 2008, 2009 e 2010. Em 2008, a média do IET foi de 46,73 (Ultraoligotrófico). Em 2009 e 2010, a média foi, respectivamente, 48,85 e 49 (Oligotrófico), isto é, o corpo d'água é limpo, apresenta baixa produtividade e não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes (**Tabela 2.2-7**).

Tabela 2.2-7 - IET - Índice de Estado Trófico em pontos de monitoramento situados no município de Itanhaém. Período: 2008-2011. Fonte: Cetesb (2009, 2010, 2011 e 2012).

Código Cetesb	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
BACO 02950	2009	70,31		54,26		54,26		54,26		54,26		54,26		56,93
	2010	55		60		49		49		57		46		53
	2011	49				41		27				39		39
NAEM 02900	2008	54,32		48,29		40,43		49,27		42,79		45,25		46,73
	2009	49,84		53,45		53,00		52,18		45,44		39,21		48,85
	2010	41		49		48		61		51		44		49

IAP - Índice de Qualidade das Águas para fins de Abastecimento Público e IVA - Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática

Os dados disponíveis para o ponto BACO 02950 mostram que, em 2010, o valor médio do IAP foi de 71, enquadrando a água nesse ponto na categoria Boa. O menor valor de IAP, nesse ano foi 70, no mês de novembro, e o maior foi 72, em julho. Em 2011, o IAP caiu para 51 (Regular), sendo novembro o mês monitorado com menor valor (**Tabela 2.2-8**).

Tabela 2.2-8 - IAP - Índice de Qualidade das Águas para fins de Abastecimento Público. Período: 2010 - 2011. Fonte: Cetesb (2011 e 2012).

Índice	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
IAP	2010					71		72				70		71
	2011	56				75		74				1		51

IVA - Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática

Os dados disponíveis para o ponto BACO 02950 mostram que, tanto em 2010 quanto em 2011, o valor médio do IVA foi apenas regular, sendo o pior valor apresentado no mês de março de 2009 (**Tabela 2.2-9**).

Tabela 2.2-9 - IVA - Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática, no ponto BACO 02950. Período: 2010 - 2011. Fonte: Cetesb (2011 e 2012).

Índice	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
IVA	2010	3,2		6,6				2,2		4,4		2,9		3,9
	2011	3,4				1,7		1,7				2,9		2,4

OD - Oxigênio dissolvido

Quanto ao OD, os dados disponíveis mostram que, em 2009, no ponto BACO 02950, a média do OD foi de 6,8 mg/L, pouco acima do limite necessário para manutenção da vida aquática que é de 5 mg/L. Já, em 2010, a média do OD foi de 8,4, indicando melhoria na água pelo aumento da quantidade de oxigênio dissolvido.

No ponto NAEM 02900 os dados de OD referem-se aos anos de 2007, 2008, 2009 e 2010, sendo, respectivamente 4,5 mg/L (abaixo do limite de manutenção da vida aquática), 6,3 mg/L, 6,1 mg/L e 6,0 mg/L (os três resultados com tendência de queda e pouco acima do limite de manutenção da vida aquática).

2.2.3.2 Qualidade das águas de praias

A qualidade da água para fins de recreação de contato primário constitui a balneabilidade. Entende-se como contato primário o contato direto e prolongado com a água (natação, mergulho, esqui-aquático, entre outros esportes aquáticos), no qual a possibilidade de o banhista ingerir quantidades apreciáveis de água é elevada (Cetesb, 2004).

A balneabilidade é monitorada, pela Cetesb, em 10 praias de Itanhaém. Dados do período 2000-2011, indicam que entre 2000 e 2005 predominou a classificação Regular, seguida da classificação Boa; entre 2006 e 2010 também ocorreu o predomínio da classificação Regular, mas seguida da classificação Ruim. Em 2011, em todas as praias a classificação foi Regular (**Tabela 2.2-10**).

Tabela 2.2-10 - Qualificação anual das praias de Itanhaém. Período: 2000-2010. Fonte: Cetesb (2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 e 2012)

Praia e local	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Campos Elíseos, defronte à alameda Campos Elíseos	R	R	R	R	R	R	R	RU	RU	R	B	R
Suarão, defronte ao reservatório da Sabesp	R	B	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Parque Balneário, defronte à rua Ernesto Zwarg	R	R	B	R	R	R	RU	R	R	R	R	R
Centro, defronte à rua João Mariano	R	R	R	R	R	R	RU	R	RU	RU	RU	R
Pescadores, defronte ao nº 147 da rua Padre Anchieta	R	R	R	R	R	R	RU	B	R	R	R	R
Sonho, defronte ao posto de salvamento	R	R	B	B	R	B	R	R	R	R	R	R
Jardim Cibratel, defronte à avenida Desembargador Justino M. Pinheiro	B	B	R	B	R	R	R	R	R	R	R	R
Estância Balneária, defronte à avenida José de Anchieta	R	R	B	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Jardim São Fernando, avenida Valmor de Araújo com avenida Europa	R	R	R	B	R	B	R	R	R	R	R	R
Balneário Gaivota, defronte à avenida Flacides Ferreira	B	R	B	R	R	R	RU	B	R	R	R	R

Legenda:

RU Ruim R Regular B Boa



Uso da praia para banhos. Fonte: PMI.



Uso da praia para pesca e esportes aquáticos. Fonte: PMI.



Uso da praia pela fauna. Fonte: PMI.

2.2 Recursos hídricos (continuação)

2.2.4 Águas subterrâneas no município de Itanhaém

Água subterrânea é a água que se acumula em subsuperfície, ocupando espaços vazios de uma formação geológica, formando aquíferos.

Os aquíferos podem ser porosos ou fraturados. Quando porosos, a água ocupa os espaços vazios em camadas de rochas sedimentares; e, quando fraturado, a água ocupa as fraturas existentes em rochas cristalinas.

Os aquíferos porosos podem ser livres, quando a água tem comunicação direta com a água dos cursos d'água, ou confinados, quando a camada permeável onde a água se acumula situa-se entre duas camadas impermeáveis (**Figura 2.2-2**).

Os aquíferos constituem importante manancial, pois 0,74% de água da Terra encontram-se nesse reservatório natural, enquanto as águas dos cursos d'água perfazem, apenas, 0,0099% (**Tabela 2.2-1**).

O mapa utilizado para representação das águas subterrâneas do município de Itanhaém foi elaborado pela parceria DAEE/IG/IPT/CPRM (Departamento de Águas e Energia Elétrica, Instituto Geológico, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e Serviço Geológico do Brasil), em 2005, na escala de 1:1.000.000, e adaptado, para este Atlas, para a escala 1:200.000 (**Figura 2.2-4**).

Há dois sistemas aquíferos, um associado às rochas pré-cambrianas, denominado Sistema Aquífero Cristalino, que abrange 54,06% da área do Município, e outro relacionado aos sedimentos cenozóicos litorâneos, o Sistema Aquífero Sedimentar Litorâneo, que ocupa 45,94% da área de Itanhaém (**Figura 2.2-4**).

O Sistema Aquífero Cristalino é constituído por rochas pré-cambrianas do embasamento. Caracteriza-se como aquífero heterogêneo, descontínuo e eventual; ocorrendo e ao longo de lineamentos geológicos correspondentes às estruturas, como falhas, fraturas e zonas de contato entre rochas distintas (VM - Engenharia e Recursos Hídricos, 2008).

O Sistema Aquífero Sedimentar Litorâneo é formado por camadas de areia fina conglomeradas, interdigitadas com material lamítico, argilas e siltes. Varia de maneira significativa tanto lateralmente como em profundidade, formando sub-bacias distintas, e é fortemente influenciado pela cercania do mar, podendo ocorrer intrusões localizadas de água salobra e salina. Esse Sistema Aquífero tem extensão limitada, é heterogêneo e descontínuo; e a espessura total varia desde alguns poucos metros próximo ao contato com o cristalino aflorante, até cerca de 200 m junto à linha da costa (VM - Engenharia e Recursos Hídricos, 2008).

Não há dados quanto à qualidade e a quantidade das águas subterrâneas, pois não há pontos de monitoramento da Cetesb no município de Itanhaém.

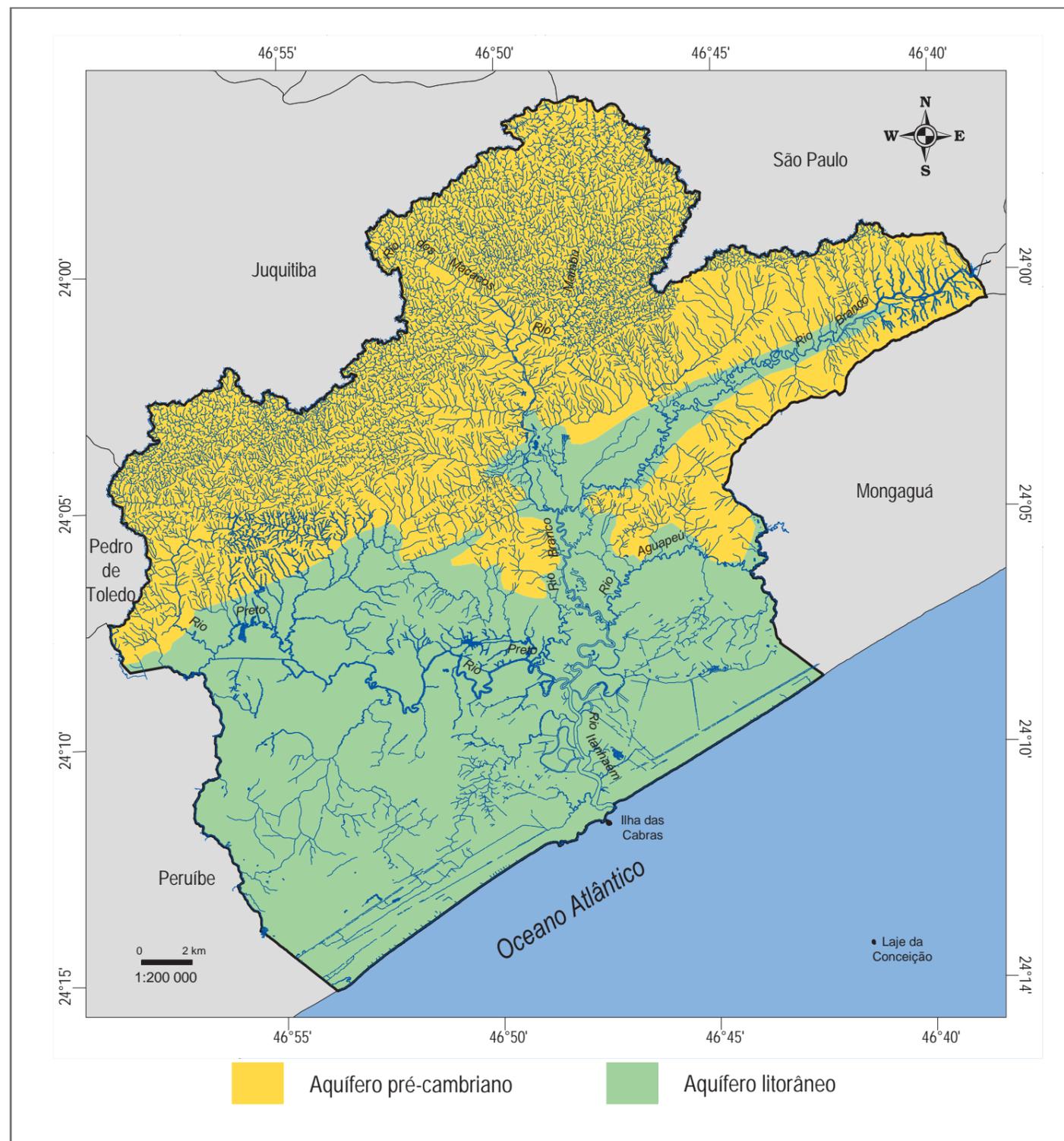


Figura 2.2-4 – Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo: recorte do município de Itanhaém. Escala original: 1:1.000.000. Fonte: DAEE/IG/IPT/CPRM (2005).

2.3 Clima

O município de Itanhaém, assim como a quase totalidade da baixada santista, está em zona climática classificada, segundo as atualizações propostas por Kottek (2006) na carta Köppen-Geiger, como "Cfa", sendo definida *quente, úmida e com verão quente*.

No entanto, apesar desta classificação "fixa", o clima local sofre fortes influências dos sistemas Atlântico Polar e Tropical, com características de suas massas de ar acentuadas pelas especificidades geográficas regionais.

Durante a maior parte do ano é a massa Tropical Atlântica que define o padrão climático de Itanhaém. Por se originar em alto mar e em latitudes mais baixas, é uma massa de ar quente e úmida, atuando no continente em sentido Leste-Oeste, mantendo a temperatura média anual local na casa dos 24°C, com picos entre os meses de dezembro e janeiro. As quedas de temperatura estão relacionadas à entrada da massa Polar, estacionando a média das temperaturas mínimas de julho em torno dos 16°C.

É notável em Itanhaém a influência da maritimidade (proximidade de uma localidade ao mar) no clima: o ar úmido mantém as temperaturas em médias estáveis, com pequena amplitude térmica.

O regime pluviométrico do município equilibra-se com a média da baixada santista, possuindo índices anuais que se mantêm em torno dos 2.120 mm (para toda a baixada a média é 2.200 mm). No inverno as chuvas predominantes são as frontais, causadas pela entrada da massa Polar - fria e seca -, pondo-se sob a massa Tropical - quente e úmida -, fazendo com que esta se resfrie, condense e precipite, originando a conhecida *frente fria*. Durante o restante do ano, os índices pluviométricos são incrementados principalmente pela ocorrência de chuvas orográficas, típicas nas planícies litorâneas localizadas à base da Serra do Mar. O ar quente e úmido encontra no relevo um entrave para sua entrada no continente e, ao elevar-se para transpô-lo, resfria, precipitando principalmente nas escarpas e encostas da serra.

O mapa de isoietas apresenta a distribuição espacial das chuvas no município de Itanhaém (Figura 2.3-1).

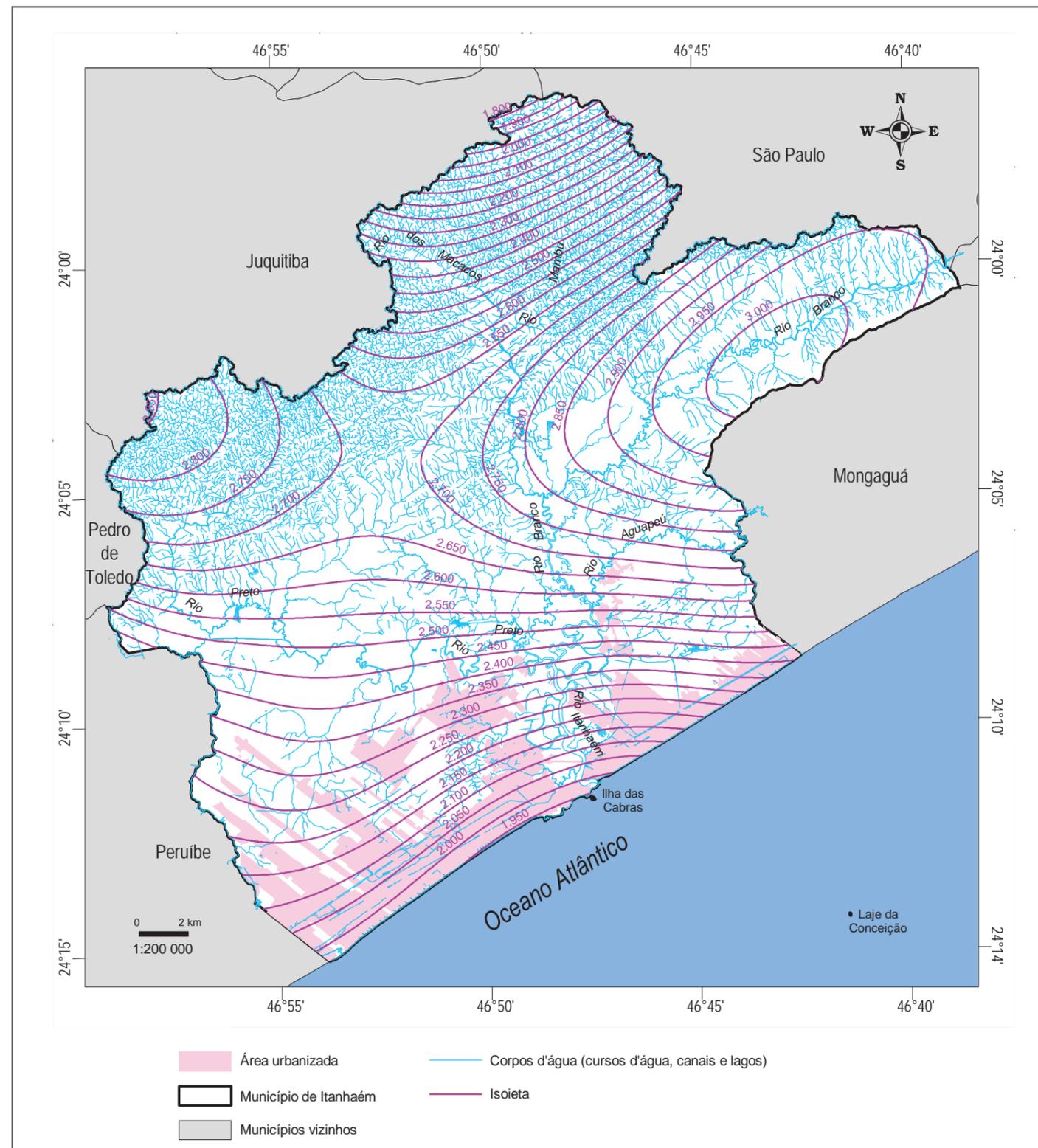


Figura 2.3-1 - Mapa de isoietas. Fonte: a partir de dados dos bancos de dados pluviográficos e pluviométricos do DAEE (<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhn.exe/plu?lig=podfp>).

2.4 Geologia

Pode-se definir geologia como a ciência que estuda a Terra em todos os seus aspectos, isto é, a constituição e estrutura do globo terrestre; as diferentes forças que agem sobre as rochas, modificando assim as formas de relevo e a composição química original dos diversos elementos; e a ocorrência e evolução da vida por meio das diferentes etapas da história física da Terra, isto é, o estudo dos seres antigos (Guerra, 1980).

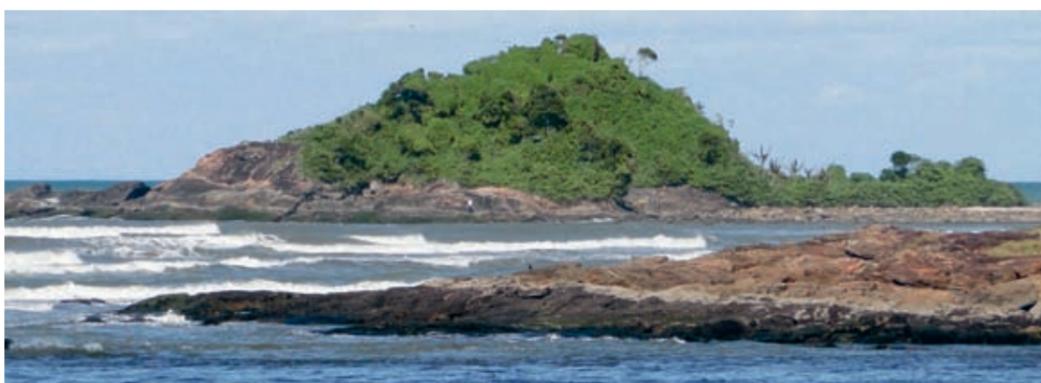
Mapas geológicos apresentam a distribuição espacial dos tipos litológicos (rochas) que ocorrem em uma área, bem como as grandes estruturas (fraturas e falhas) que as rochas ostentam, cartografadas de forma geral como lineamentos.

Observando-se o mapa geológico da **Figura 2.4-1**, verifica-se, na região central do Município, uma faixa bem definida de rochas correspondente a xistos, evidenciando uma grande estrutura de direção NE-SW. Quanto aos demais tipos de rochas, ao norte da faixa de xistos, o mapa indica o predomínio de migmatitos e ao sul dessa faixa a presença notável de sedimentos atuais/subatuais e areias marinhas. Além disso, tem-se: uma pequena área na região nordeste do Município onde ocorre rochas calcossilicatadas; quatro áreas na porção central de Itanhaém, compostas por granodioritos e granitos; e, também na porção central do Município, áreas com predomínio de depósitos continentais.

A distribuição espacial dos tipos de rocha que ocorrem em Itanhaém pode ser vista na **Figura 2.4-1** e a razão de ocorrência na **Tabela 2.4-1**.

Tabela 2.4-1 – Razão de ocorrência dos tipos litológicos no município de Itanhaém. Fonte: IPT (1981a).

Tipo litológico	Área do Município (%)
Migmatito	43,01
Calcossilicatadas	0,08
Xistos	10,74
Granodiorito a granitos	1,07
Areias marinhas	17,15
Depósitos continentais	6,91
Sedimentos atuais e subatuais	21,04



Afloramento de rocha no litoral de Itanhaém. Fonte: PMI.

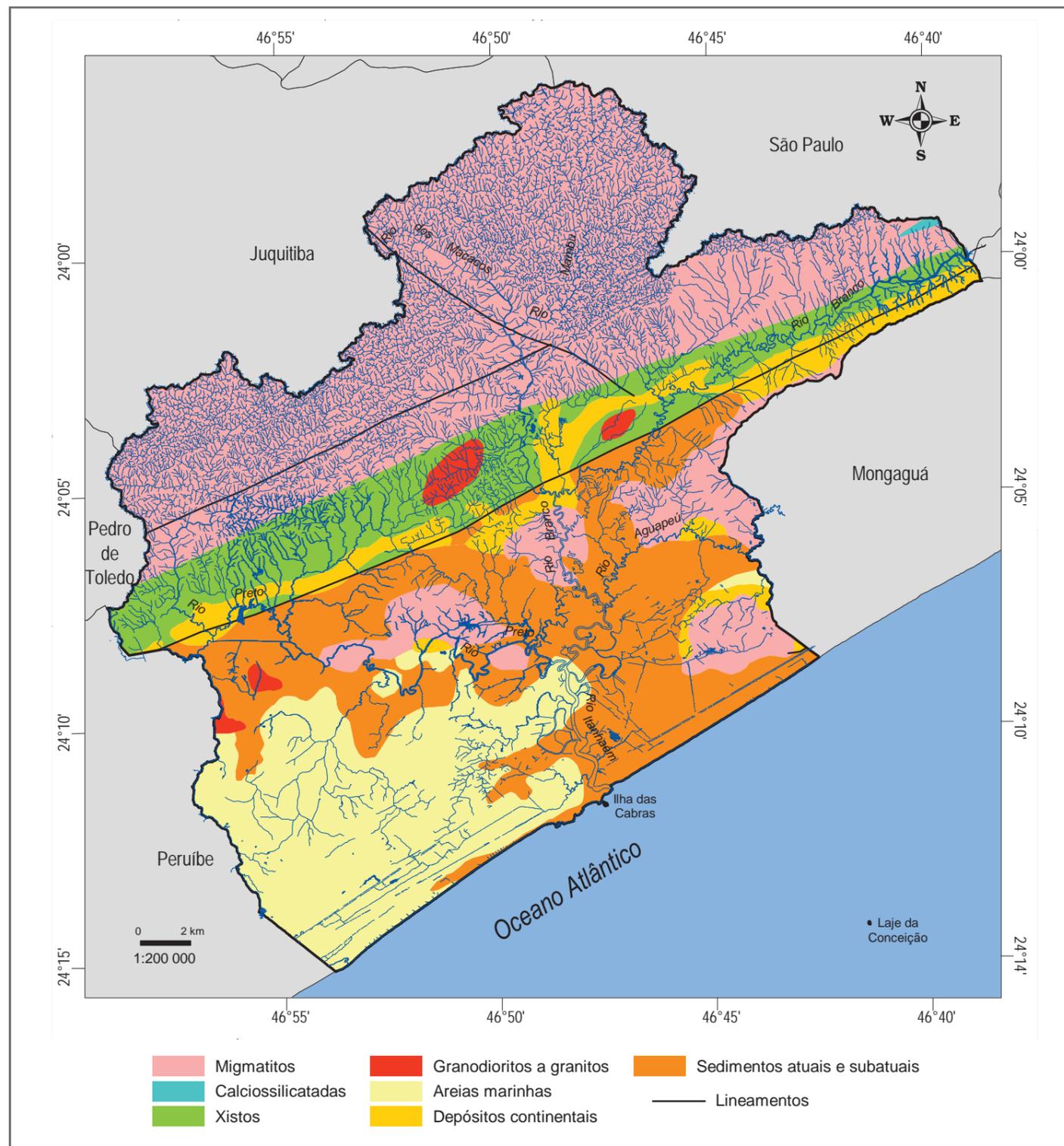


Figura 2.4-1 – Mapa geológico do Estado de São Paulo – 1:500.000: recorte do município de Itanhaém. Fonte: IPT (1981a).

2.5 Geomorfologia

A geomorfologia é o estudo das formas de relevo. Por meio dela é possível saber quais as modificações que ocorreram na paisagem e desvendar os processos pretéritos ocorridos no local, permitindo que se estime sua provável evolução futura.

O relevo é produto da ação dos fatores climáticos sobre as rochas. Assim, rochas mais duras, isto é, mais resistentes à ação do intemperismo, resultam em relevo mais íngreme; enquanto rochas mais moles ou mesmo inconsolidadas geram relevos planos.

O relevo município de Itanhaém (**Figura 2.5-1**) encontra-se em uma área de transição de terrenos com rochas cristalinas, mais duras, para áreas de planície costeira. Intermediando essa transição tem-se a escarpa da Serra do Mar.

Nos terrenos onde as rochas são mais duras e geraram relevo mais íngreme, observa-se alta densidade de drenagem; e nos terrenos planos, compostos por rochas moles, a densidade de drenagem é mais baixa e os cursos d'água são meandrantos.

Destaca-se, ainda em Itanhaém, a presença de ilhas oceânicas, sendo as principais: a Ilha das Cabras, a Laje da Conceição, a Ilha Queimada Pequena e a Ilha Queimada Grande.

A distribuição espacial das formas de relevo pode ser vista na **Figura 2.5-1** e a razão de ocorrência na **Tabela 2.5-1**.

Tabela 2.5-1 – Razão de ocorrência das formas de relevo no município de Itanhaém. Fonte: IPT (1981b).

Forma de relevo	Área do Município (%)
Planície costeira	37,91
Terraços marinhos	13,15
Morotes baixos	18,07
Morotes em meia laranja	1,83
Morros com serras restritas	3,96
Serra alongadas	4,06
Escarpas festonadas	21,02

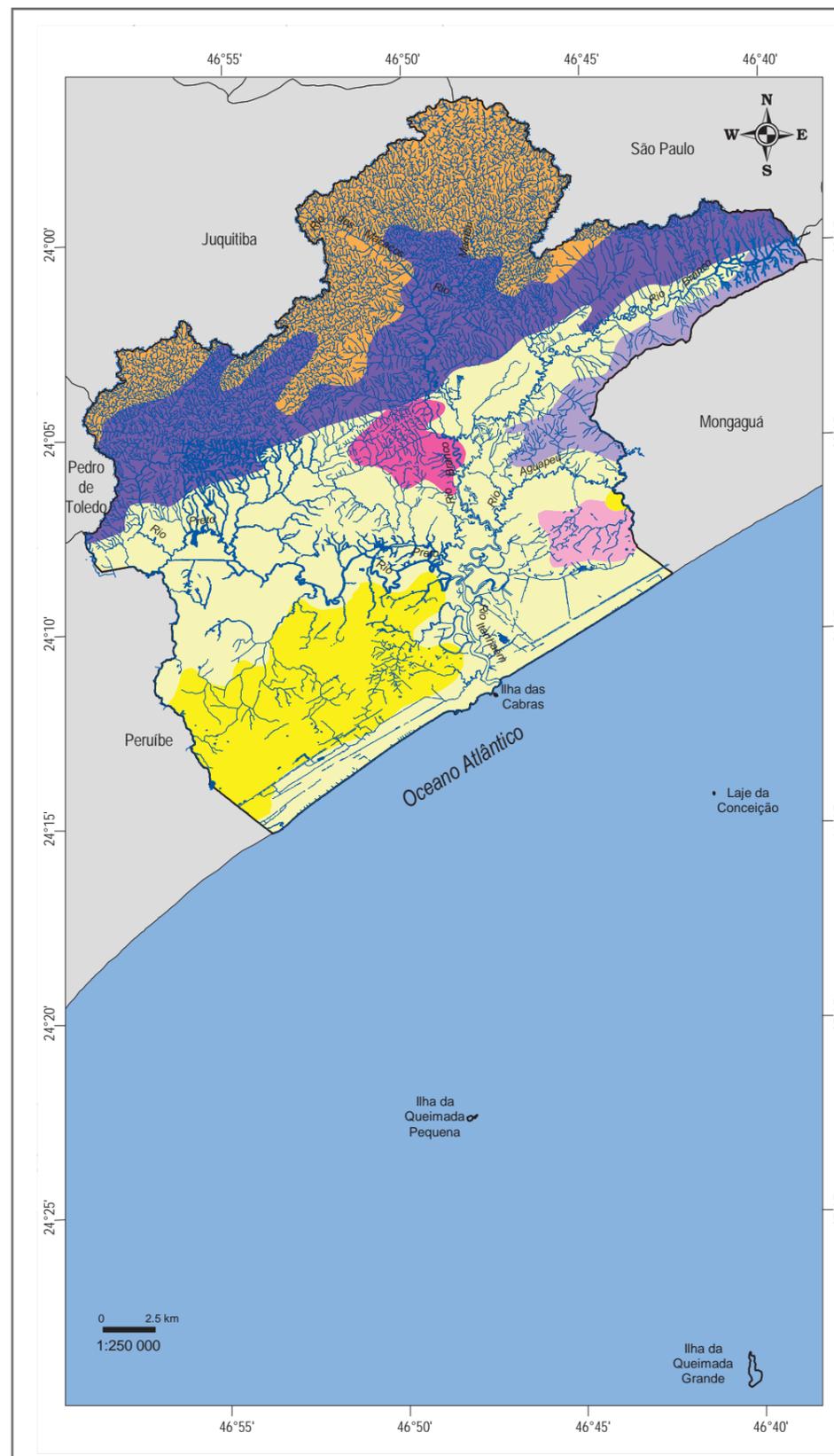
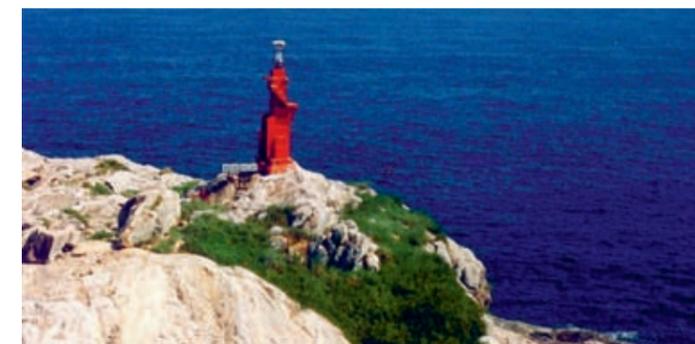


Figura 2.5-1 – Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo - 1:1.000.000: recorte do município de Itanhaém. Fonte: IPT (1981b).



Ilha das Cabras



Laje da Conceição. Fonte: PMI.



Ilha Queimada Pequena. Fonte: PMI.



Ilha Queimada Grande. Fonte: PMI.

2.6 Pedologia

Pedologia é o estudo dos solos. Formados por meio do intemperismo e erosão das rochas, os solos são importante recurso natural, principalmente por sustentarem a atividade agropecuária. Assim, é fundamental que os tipos de solo que ocorrem em Itanhaém sejam conhecidos para permitir sua conservação e o seu uso adequado.

O mapa utilizado para representação dos tipos de solos encontrados no município de Itanhaém foi elaborado por técnicos do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em 1999, na escala de 1:1.000.000 e adaptado neste trabalho para a escala de 1:200.000 (Figura 2.6-1).

Analisando o mapa nota-se que no município de Itanhaém encontram-se os seguintes solos: neossolos, cambissolos, latossolos, gleissolos, espodossolos, organossolos e argissolos.

De acordo com a classificação de solos utilizada pela Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, esses solos possuem as seguintes características: Neossolo - Solo pouco evoluído, com ausência de horizonte B. Predominam as características herdadas do material original. É um solo em início de formação; Cambissolo - Solo pouco desenvolvido, com horizonte B incipiente. É um solo em estágio intermediário de formação; Latossolo - Solo altamente evoluído, laterizado, rico em argilominerais 1:1 e oxihidroxidos de ferro e alumínio; Gleissolo - Solo hidromórfico (saturado em água), rico em matéria orgânica, apresentando intensa redução dos compostos de ferro; Espodossolo - Solo evidenciando a atuação do processo de podzolização; forte eluviação de compostos aluminosos, com ou sem ferro; presença de humus ácido; Organossolo - Solo essencialmente orgânico; material original constitui o próprio solo; e Argissolo - Solo cuja principal característica é o grande aumento de argila em profundidade. Na superfície do solo o teor de argila é muito baixo, mas em subsuperfície é médio a alto. A distribuição espacial desses tipos de solos pode ser vista na Figura 2.6-1 e a razão de ocorrência na Tabela 2.6-1.

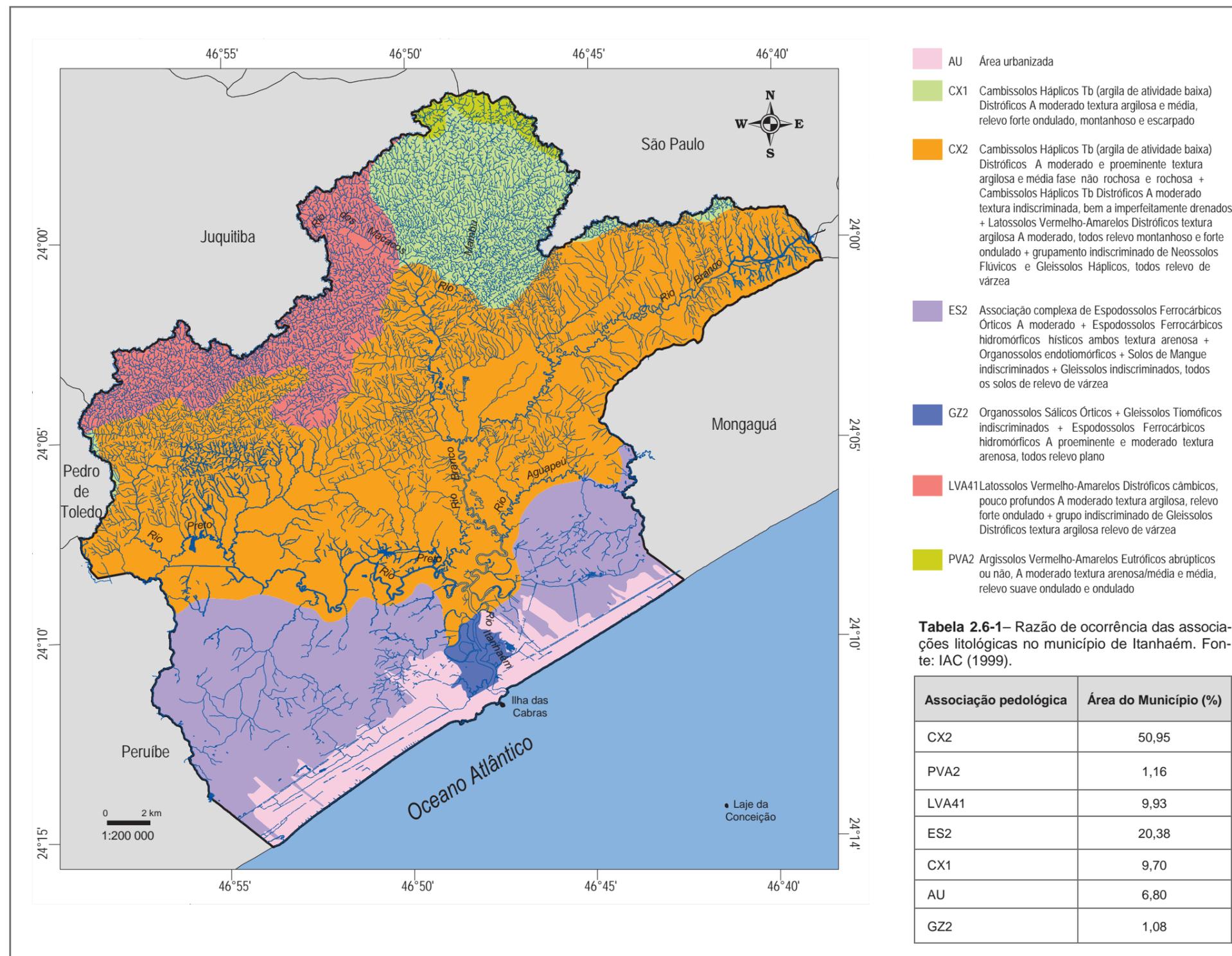


Figura 2.6-1– Mapa pedológico do Estado de São Paulo: recorte do município de Itanhaém. Escala original: 1:500.000. Fonte: Oliveira (1999).

2.7 Declividades e altitude

2.7.1 Declividades

Declividade é a relação entre a diferença de altura e a distância horizontal entre dois pontos. Expressa em porcentagem (%), indica, basicamente, o aumento de altitude em relação ao deslocamento horizontal. Tem-se a seguinte equação:

$$\text{Declividade} = \frac{\text{Diferença de altitude, em metros, entre dois pontos}}{\text{Distância horizontal, em metros, entre dois pontos}} \times 100$$

Por exemplo, considerando-se uma distância horizontal de 100 metros, uma declividade de 2% significa que há um aumento de altitude de 2 metros para um deslocamento horizontal de 100 metros, logo, o terreno é suave. Já uma declividade de 100% significa que ocorre um aumento de altitude de 100 metros para o mesmo deslocamento horizontal de 100 metros, indicando que o terreno é íngreme (**Figura 2.7-1**).

Não se deve confundir declividade com inclinação, essa, expressa em graus, indica a inclinação da superfície do terreno (**Figura 2.7-2**).

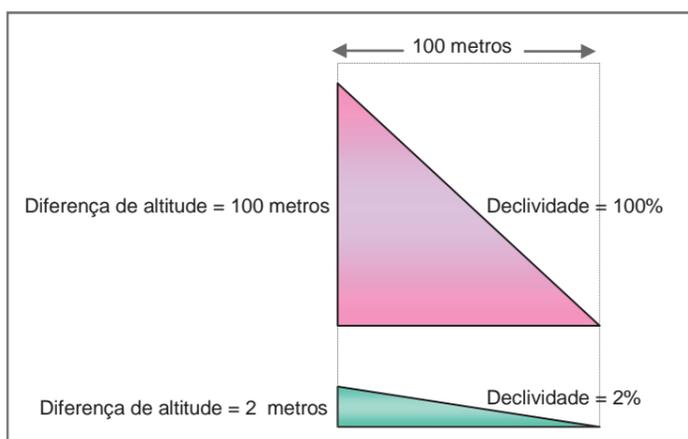


Figura 2.7-1 - Representação esquemática das declividades 100% e 2%, considerando distância horizontal de 100 metros e diferença de altitude de 100 e 2 metros, respectivamente.

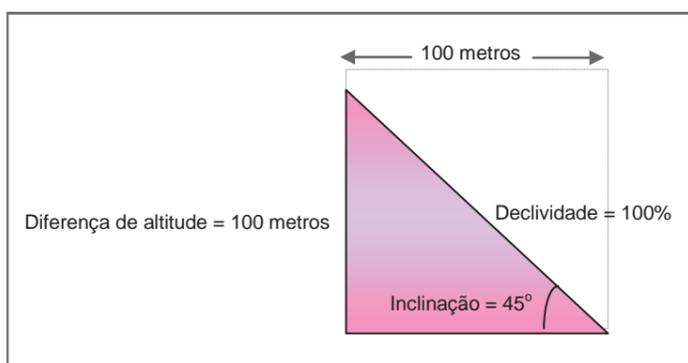


Figura 2.7-2 - Representação esquemática da declividade 100% associada à inclinação de 45°, considerando distância horizontal e diferença de altitude de 100 metros.

Em Itanhaém observa-se o predomínio das baixas declividades (0 a 7%). As declividades mais elevadas ocorrem em porções isoladas na região central do Município e em sua região norte (**Figura 2.7-3** e **Desenho 02 - Anexo**).

A **Tabela 2.7-1** apresenta a razão de ocorrência das classes de declividade, em Itanhaém.

Tabela 2.7-1 - Razão de ocorrência das classes de declividade em Itanhaém. Fonte: IPT.

Intervalo de declividade (%)	Área ocupada no Município (%)
0 a 2	33,27
2 a 7	17,94
7 a 15	8,94
15 a 30	14,66
30 a 45	12,20
45 a 100	12,93
>100	0,06

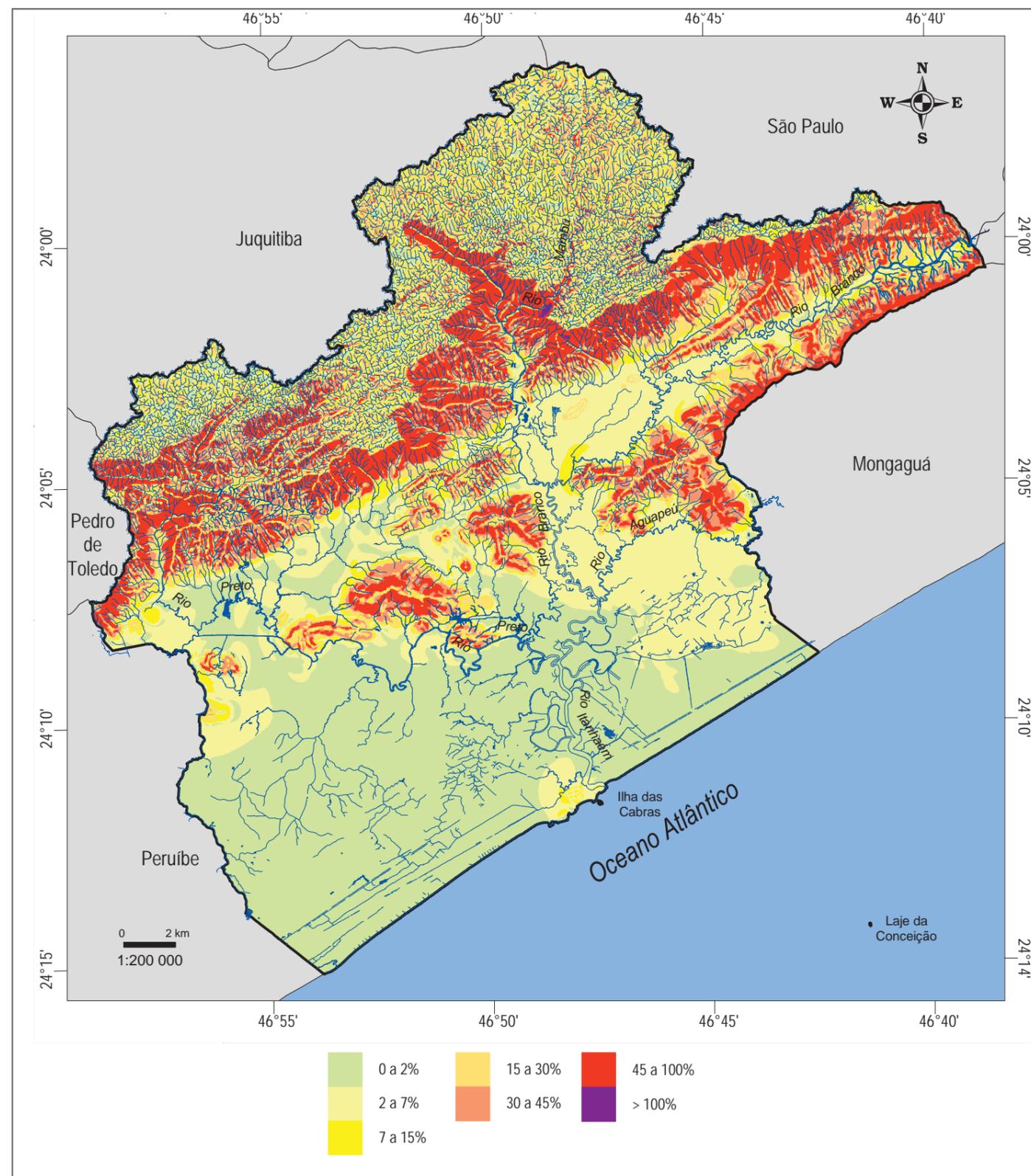


Figura 2.7-3 - Mapa de declividades do município de Itanhaém. Elaborado na escala 1:10.000. Fonte: IPT.

2.8 Carta geotécnica de planejamento e gestão

Cartas Geotécnicas de Planejamento e Gestão — elaboradas a partir da integração de informações sobre geologia, geomorfologia, declividades, pedologia e uso e ocupação do solo — apresentam unidades homogêneas quanto às potencialidades e restrições à ocupação.

A carta geotécnica utilizada para representação das unidades homogêneas que ocorrem no município de Itanhaém foi elaborada pelo IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, em 1994, para todo a área do Estado de São Paulo, na escala 1:250.000, e adaptada para esse Atlas para a escala 1:200.000 (Figura 2.8-1).

Os processos do meio físico que ocorrem de forma mais expressiva em Itanhaém são: erosão, escorregamento, recalque, inundação e dinâmica costeira (erosão e acumulação de sedimentos na costa), tendo sido definidas 8 unidades geotécnicas (Figura 2.8-1).

A unidade geotécnica com maior extensão é composta por terrenos com Muito Alta Suscetibilidade a Escorregamento, que ocupam quase 30% da área de Itanhaém e ocorrem, de forma predominante, na região norte do Município. Na região da área urbanizada predominam terrenos com Baixa Suscetibilidade à Recalque, destacando-se nas proximidades do rio Itanhaém terrenos com Muito Alta e Alta Suscetibilidade a Recalque (Figuras 2.8-1 e Figura 2.8-2).

As áreas com Muito Alta e Alta Suscetibilidade — quer seja a escorregamento, recalque, erosão ou inundação — devem ter ocupação restrita, sendo o ideal o predomínio da cobertura vegetal nativa.

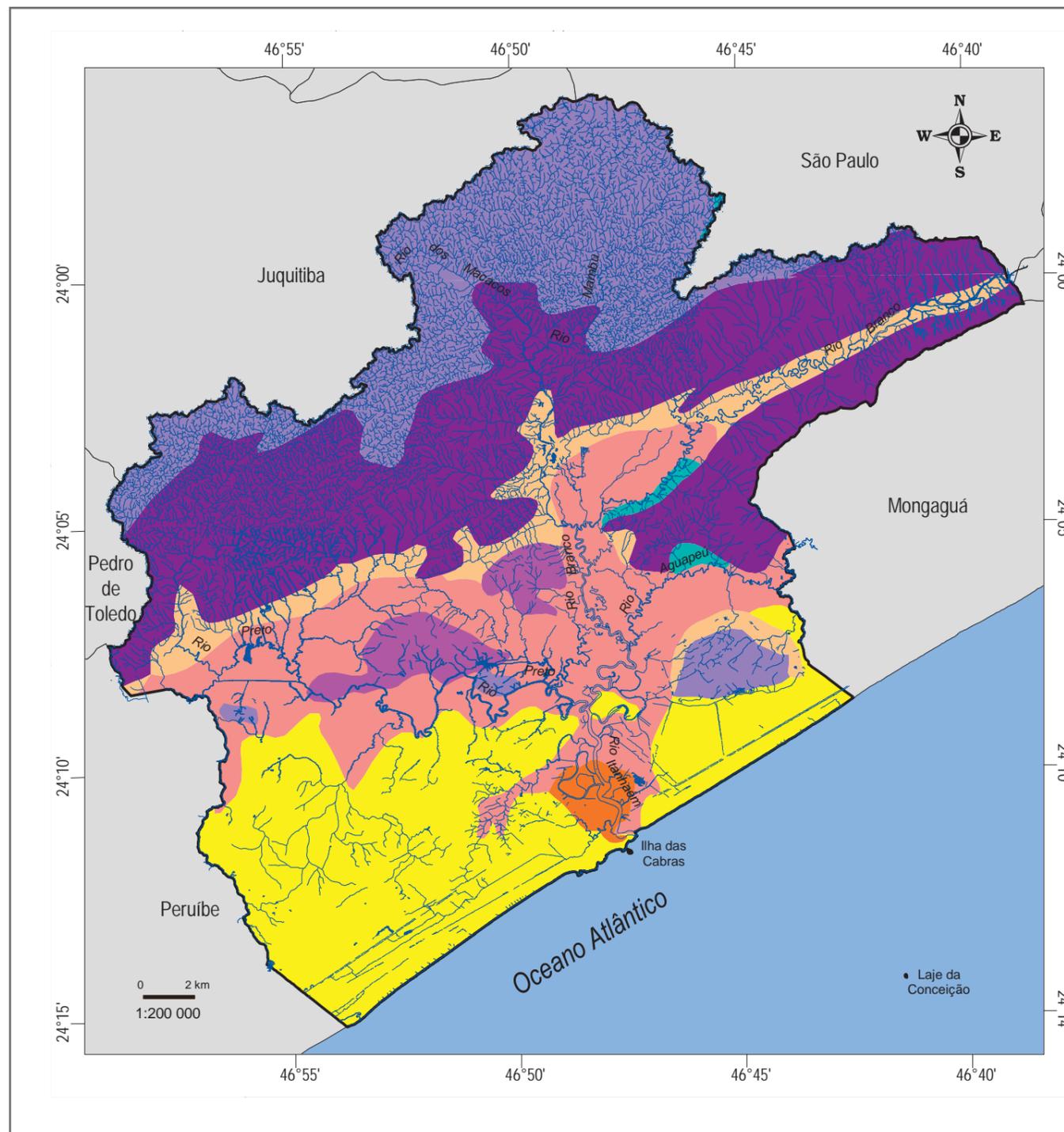


Figura 2.8-1 – Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, na escala 1:250.000: recorte do município de Itanhaém. Fonte: IPT (1994).

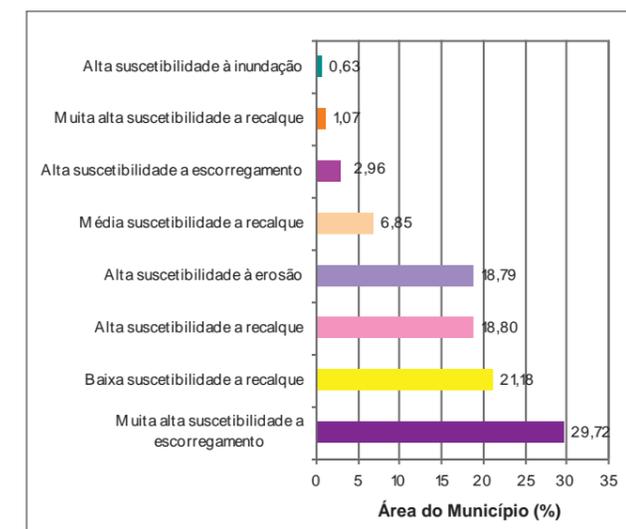


Figura 2.8-2 - Razão de ocorrência, em área, das unidades geotécnicas.

Processo predominante	Unidade geotécnica	Descrição
Erosão	1	Alta suscetibilidade à erosão
Escorregamento	2	Muito alta suscetibilidade a escorregamento
	3	Alta suscetibilidade a escorregamento
Recalque	4	Muito alta suscetibilidade a recalque
	5	Alta suscetibilidade a recalque
	6	Média suscetibilidade a recalque
Inundação	7	Baixa suscetibilidade a recalque
	8	Alta suscetibilidade a inundação

2.9 Erosão

O processo erosão consiste na remoção de solo, tanto pela ação das águas quanto pela ação do vento sobre superfícies desprotegidas. Dependendo de suas características, principalmente quanto a tipo de solo, declividade do terreno e forma de uso e ocupação predominante, um terreno pode ser classificado como de Muito Alta, Alta, Média, Baixa ou Muito Baixa Suscetibilidade à Erosão. Essa classificação permite a elaboração do mapa de erosão.

O mapa de erosão utilizado para representação das unidades homogêneas, quanto à erosão, que ocorrem no município de Itanhaém foi elaborada pelo IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, em 1997, para todo a área do Estado de São Paulo, na escala 1:1.000.000, e adaptado para esse Atlas para a escala 1:200.000 (**Figura 2.9-1**).

Observando-se o mapa da Figura 2.9-1, verifica-se a predominância dos terrenos classificados como de Muito Baixa Suscetibilidade à Erosão. Terrenos com Alta Suscetibilidade à Erosão ocorrem na porção central do Município.

A **Tabela 2.9-1** apresenta a razão de ocorrência das classes de suscetibilidade à erosão na área do município de Itanhaém.

Tabela 2.9-1 – Razão de ocorrência das classes de suscetibilidade à erosão no município de Itanhaém. Fonte: IPT/DAEE (1997).

Classe de suscetibilidade à erosão	Área do Município (%)
Alta	16,81
Baixa	37,31
Muito baixa	45,88

Salienta-se que, merecem destaque, a erosão decorrente da dinâmica costeira e a erosão fluvial que ocorrem no município de Itanhaém, porém as feições erosivas associadas a esses processos foram apenas observadas, mas não foram mapeadas, não sendo possível, assim, a indicação no mapa.

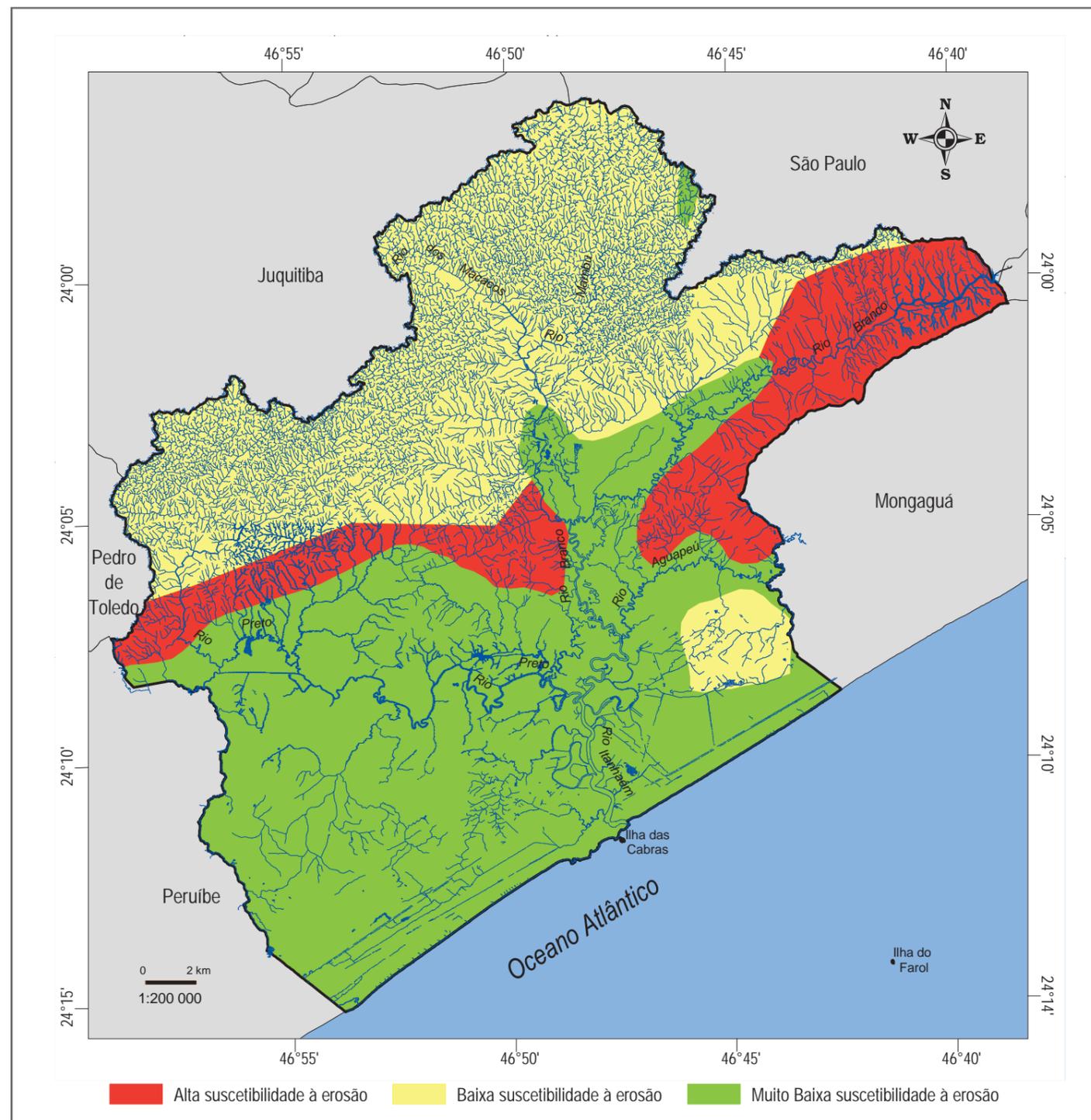


Figura 2.9-1 – Mapa de erosão do Estado de São Paulo, na escala 1:1.000.000. Fonte: IPT/DAEE (1997).