

## FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPANHAU

eixo: Geografia física, recursos naturais, manejo de cuencas, zonas costeras y áreas protegidas

Marisa de Souto Matos Fierz ([msmattos@usp.br](mailto:msmattos@usp.br))

Laboratório de Geomorfologia - Departamento de Geografia – USP

O rio Itapanhaú está localizado na interface continente/oceano, suas nascentes se encontram no planalto, o alto curso dos afluentes, na Serra do Mar e o baixo curso, na planície costeira. É um rio que possui importância ambiental, por manter um dos maiores manguezais do litoral do Estado de São Paulo. É um rio que apresenta um considerável potencial hídrico e futuramente poderá ser utilizado para abastecimento de água.

Desta forma, neste estudo propôs-se a analisar a Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhau. Para esta análise realizou-se, primeiramente, em escala regional, a macrocompartimentação do relevo da Bacia em Planalto, Serra e Planície Costeira e posteriormente microcompartimentação com a identificação das formas menores do relevo, tais como vertentes, topos, planícies, intertídal e fluvial, o mapeamento dos elementos que compõem a paisagem da bacia hidrográfica. Este mapeamento foi fundamental para o melhor conhecimento da sua dinâmica e dos elementos que formam esta bacia hidrográfica. Por meio da correlação semiautomática em ambiente SIG (sistemas de Informações Geográficas) dos mapeamentos desses elementos, Solo, Uso da terra, Vegetação, Geologia, Geomorfologia e Legislação, foram definidos os níveis de fragilidade ambiental ao longo da Bacia Hidrográfica e posteriormente foi realizado um zoneamento ambiental com indicações dos usos possíveis ou áreas restritas que devem ser preservadas, sobretudo áreas de APPs, com declividades acentuadas, mata em estágio avançado de regeneração, e mangue. Para a análise da Fragilidade Ambiental foi utilizada a metodologia de Ross (1992, 2014), a qual tem norteado importantes pesquisas neste mote no Brasil, sobretudo, ao planejamento ambiental.

**Palavras chave: Bacia hidrográfica, Fragilidade Ambiental, geomorfologia, planejamento ambiental**

## **INTRODUÇÃO**

A Bacia do Rio Itapanhau está localizada na interface dos três principais compartimentos geomorfológicos que margeiam ou que estão inseridos na área costeira do Estado de São Paulo. As maiores altitudes se encontram no Planalto, compartimento onde se encontram as principais nascentes do rio Itapanhau. Na transição planalto\litoral, está o compartimento com maior declividade, a Serra do Mar, cuja amplitude altimétrica varia de aproximadamente 5 a 800 metros, conferindo-lhe uma classificação de alta fragilidade devido a alta declividade do relevo. Outro ocompartmento que foi classificado como alta fragilidade foi a planície costeira e a planície intertidal, pela alta inconsolidação do material que as sustenta.

O litoral paulista, de acordo com Almeida (1964), pertencente à província costeira (área do Estado de São Paulo drenada diretamente para o mar, rebordo do Planalto Atlântico), e que pode ser naturalmente dividida em duas zonas, a Serrania Costeira e as Baixadas Litorâneas. Essas zonas possuem diversidades de estrutura e relevo, podendo ser reconhecidas na primeira, as subzonas das Serras do Mar e Paranapiacaba, enquanto que as Baixadas Litorâneas compreendem áreas restritas, de planícies isoladas ou não. A evolução geológica do litoral paulista foi, de forma geral, condicionada por dois conjuntos de fenômenos de escalas temporais distintas. O primeiro está ligado às reativações tectônicas ocorridas parcialmente durante o Mesozóico e, sobretudo, durante o Cenozóico, representado pelo soerguimento da Serra do Mar e pela subsidência da Bacia de Santos, (Almeida, 1976, apud Mahiques et. al., 1990).

## **Metodologia**

A metodologia utilizada foi a da Fragilidade Ambiental de ROSS ( 1994/2005), a adaptação realizada por FIERZ (2008) aplicada a áreas costeiras. A mesma pode ser adaptada para qualquer tipo de relevo por que leva em consideração o tipo de material que sustenta as formas e os processos atuantes sobre elas, portanto, é uma metodologia muito importante para estudos ambientais nos quais a geomorfologia é o elemento principal no planejamento ambiental.

## **Caracterização Geológica**

Para Suguio & Martin (1978), o litoral paulista, como um todo, pode ser dividido em duas partes inteiramente distintas. Ao norte, o Embasamento Pré-Cambriano atinge o mar em quase toda a sua extensão, excetuando-se pequenas planícies formadas na sua parte externa por depósitos continentais. Ao sul, desenvolvem-se grandes planícies essencialmente formadas por depósitos marinhos e flúvio-lagunares. Essas planícies são separadas entre si por

pontões do Embasamento Pré-Cambriano como limites naturais, podendo-se diferenciar ao longo de todo o litoral paulista, cinco unidades do sul para o norte: Unidade Cananéia - Iguape, Unidade de Itanhaém - Santos, Unidade de Bertioga - Ilha de São Sebastião, Unidade de Baía da Ilha Grande. Ao longo de todo o litoral paulista ocorrem superposições de depósitos colúvionares, fluviais, flúvio-lacustres, marinhos e flúvio-marinhos, também relacionados às alterações climáticas e eustáticas e à proximidade das escarpas íngremes da Serra do Mar.

Nas proximidades das encostas são observadas rampas de colúvios e cones de dejeção, por entre os quais correm rios oriundos das escarpas da Serra do Mar, ocorrendo, neste trecho, cordões arenosos holocênicos formados durante o nível máximo da última transgressão, aproximadamente 5.100 anos A.P., mascarados por pequenas dunas.

As planícies costeiras encontram-se separadas pelos maciços, colinas e tabuleiros, encerrando aspectos fisiográficos que condicionam ambientes genéticos e modelados de acumulação e de dissecação das unidades que as compõem (Radambrasil, 1983).

Uma das formas mais significativas do litoral paulista é a Serra do Mar, representa as maiores altitudes do litoral e exerce forte influência na dinâmica climática, sobretudo na distribuição das chuvas. A Serra do Mar está localizada na transição planalto/planícies costeiras do litoral paulista, desenvolvendo-se próximo à linha de costa no litoral centro-norte paulista e apresentando-se mais afastada no litoral sul. Constitui um complexo serrano formado de rochas pré-cambrianas. Suas altitudes variam de 100m na interface com a planície costeira, menor altitude, até 1.100m já na área do planalto paulistano.

Na região de Bertioga, o embasamento cristalino da Serra do Mar é composto predominantemente por rochas de médio e alto grau metamórficos (gnaisses, migmatitos e ofalmitos) denominados por Sadowski & Motidome (1985) de ofalmitos Bertioga - Jurubatuba. Essas rochas foram geradas por fusão da crosta inferior durante um período de grande atividade tectônica denominada Ciclo Brasileiro. São rochas formadas a grandes profundidades, apresentando transformação total ou parcial da rocha pré-encaixante acompanhados de longos processos esculturais/denudacionais que afloraram na superfície. Apresentam falhamentos importantes no sentido NE-SW datados do Cretáceo, representando a origem das escarpas atuais cujo modelado resulta ainda de transformações posteriores, sobretudo, por ação do intemperismo.

Em Bertioga, as escarpas são recuadas, o que em grande parte deve ser atribuído às condições litológicas. O frontão serrano desfez-se em cristas paralelas à linha de costa. Rochas graníticas mais resistentes sustentam as proeminências da frente serrana, que se aproxima do canal de Bertioga, assim como relevos mais ou menos isolados na planície. Segundo Almeida (1964), na região de Bertioga e da alta bacia do Rio Itapanhaú os granitos e rochas são intensamente granitizadas e desempenham papel de relevo na sustentação das grandes escarpas da Serra do Mar. Compreende-se que por ser a linha de costa traçada na direção geral ENE, coincidente com os alinhamentos das estruturas antigas, o frontão serrano, em seu recuo, vem se mantendo paralelo, grosso modo, a essa direção, desfazendo-se localmente em espigões longitudinais.

Segundo Fulfaro & Suguio (1980), a Serra do Mar foi formada durante o Cretáceo Superior, principalmente entre o Senoniano (Cretáceo) e o Paleoceno (Terciário), quando ela emergiu em sítio adjacente à falha de Santos, hoje submersa a 40 km da linha costeira, tendo recuado até a posição

atual por erosão.

Para Almeida (1964), a Serra do Mar também chamada, serrania costeira possui litologia constituída, em grande parte, por rochas gnáissicas as quais, para o interior, cedem lugar a xistos quartzitos, mármore, metaconglomerados, metabasitos e outras rochas da série São Roque. Há numerosos corpos de granitos e granodioritos, tectonizados ou não. Esse complexo metassedimentar mostra-se atravessado de diques de diabásio e andesito também identificados na subzona da Serra do Mar e na Ilha de São Sebastião.

### **Caracterização Geomorfológica**

A Serra do Mar trata-se de relevo de denudação com grande desnível altimétrico e paredões inclinados direcionados abruptamente no sentido planalto para planície. De acordo com Cruz (1974) “as escarpas da Serra do Mar ocorrem sempre em forma de rebordos do Planalto Atlântico, olhando-as de frente e ao longe, de Bertioga e Piçinguaba, dão a impressão de grandes muralhas maciças, recortadas profundamente pelos canais de drenagem”. Apresenta áreas de exposição de rocha granítica nas altas vertentes, com algumas cicatrizes de escorregamentos, possui formas convexas, cristas angulosas e formações coluvionares. O limite entre a escarpa e o planalto se dá de forma brusca com existência ou não de cornijas rochosas.

Cruz (1986) indica que a serra comanda os contornos da faixa litorânea nas direções estruturais mais evidentes de SW-NE e WSW-ENE, por vezes atingindo altitudes de até 1.200m em picos e topos mais elevadas, ora rebaixadas em áreas mais uniformes planálticas, grosso modo de 700 a 900m. A seqüência das cristas na área de estudo situa-se numa altitude média de 800m. Em Radambrasil (1983), os escarpamentos da Serra do Mar são relacionados a uma faixa de dobramentos remobilizados com dissecação marcada pela drenagem e por controle estrutural com direção NE-SW a ENE-SSW, assim como afirmaram Almeida (1983, 1986) e Ab’Saber (1985). O controle estrutural é nítido sobre a morfologia atual e evidenciado pelas extensas escarpas e relevos alinhados, coincidindo com os dobramentos originais e/ou falhamentos recentes. A resistência das rochas reflete-se nas formas de dissecação ressaltando filões resistentes, pontões, cristas e sulcos nas zonas diaclasadas e fraturadas. Todo o complexo é cortado por falhamentos, denotando um controle estrutural que condiciona cristas de serras e trechos de cursos de rios como o rio Itapanhaú na planície costeira de Bertioga.

A área da Serra do Mar foi também estudada e analisada por Cruz (1986), que divide a área da escarpa em dois subcompartimentos:

- Altas-médias vertentes; e
- Médias-baixas vertentes.

Nas altas-médias vertentes, seus recuos pela atuação geomorfogênica são guiados, sobretudo, pela natureza das rochas, mais profundamente intemperizadas nos seus contatos e nas zonas de manifestações tectônicas. Isso faz interiorizar as bacias de captação ou recepção e criam, nos altos da serra, amplos anfiteatros com vertentes retilíneas íngremes, solos pouco desenvolvidos e grandes paredões com afloramentos rochosos. Desenvolve-se aí uma densa rede de canais pluviais sob nichos de nascentes, que vão juntar-se às atuais subsuperficiais abaixo da serrapilheira ou da camada húmica dos solos rasos tendencialmente arenosos, e aos afloramentos dos lençóis freáticos.

Nas vertentes retilíneas, as muitas corredeiras e cachoeiras, são quebradas freqüentemente por rupturas de declives em rampas, colos e escorregamentos de solos tipo latossólicos, podem se desenvolver. Os interflúvios dos esporões descem íngremes, escalonados em rampas e patamares e em topos de cristas abruptas ou levemente convexizadas. Nas médias-baixas vertentes, os topos tendem à mamelonização; soleiras rochosas com corredeiras fecham os vales em alvéolos e pequenas planícies alveolares, quase sempre entulhados de colúvio e de taludes de detritos provenientes de materiais de escorregamentos anteriores.

As rampas de desgaste, ajudando o fechamento dos vales, são áreas de passagem e concentração de drenagem e materiais de escorregamento, antes de se expandirem em leques coluviais e taludes de detritos ao chegar à planície. Os alvéolos tornam-se cada vez maiores a jusante quanto mais desenvolvida os recuos de suas vertentes, até, coalescentes, se abrirem nas planícies costeiras. A escarpa da Serra do Mar bloqueia em parte a transgressão das massas de ar úmidas resultando em precipitação de chuvas, é coberta por Floresta Perenifólia, Floresta Atlântica ou Mata Atlântica, que apresentam grande exuberância em espécies vegetais que resultam dessa alta umidade que proporciona ainda processos de meteorização química. A vegetação por vez impede que o solo seja totalmente carregado após sucessivas fases de intemperismo químico, mas ocorrem com freqüência escorregamentos que nem mesmo a vegetação é capaz de deter devido à grande declividade que possui o terreno em alguns trechos e a força da gravidade.

Cruz (1986) procurou resumir algumas definições de vários autores em uma única: a Serra do Mar voltada para o mar apresenta-se entalhada em terrenos do embasamento pré-cambriano, estruturalmente influenciada por contatos litológicos diferenciados e por acidentes de origem tectônica. A autora define a Serra do Mar como um compartimento geo-topo-morfológico distinto, formado por conjuntos de vertentes escarpadas que separam o planalto, drenado pelas bacias fluviais, das planícies, denominadas por Silveira (1952) de baixadas quentes e úmidas, as quais são entremeadas por maciços e morros isolados costeiros e drenadas pelos curtos rios encachoeirados ao descerem as escarpas para o Atlântico.

Segundo Ross (1990) e Ross & Moroz (1997), a Serra do Mar faz parte do chamado cinturão Orogênico do Atlântico, cuja gênese vincula-se a vários ciclos de dobramentos acompanhados de metamorfismos regionais, falhamentos e extensas intrusões. As diversas fases orogênicas do pré-Cambriano

foram sucedidas por ciclos de erosão. O processo epirogenético pós-Cretáceo que perdurou pelo menos até o Terciário médio gerou o soerguimento da Plataforma Sul Americana, reativou falhamentos antigos e produziu escarpas acentuadas como as da Serra da Mantiqueira, Serra do Mar e fossas tectônicas como as do Médio Vale do Paraíba do Sul.

Os autores supõem que este processo também tenha feito surgir a Serra do Mar na área da atual plataforma continental, por soerguimento do bloco ocidental da Falha de Santos e abatimento do bloco oriental, recobertos posteriormente com sedimentos marinhos cenozóicos. Sugerem que, no decorrer de três a quatro dezenas de milhões de anos a erosão tenha feito recuar as encostas da Serra até sua posição atual, conforme figura 2

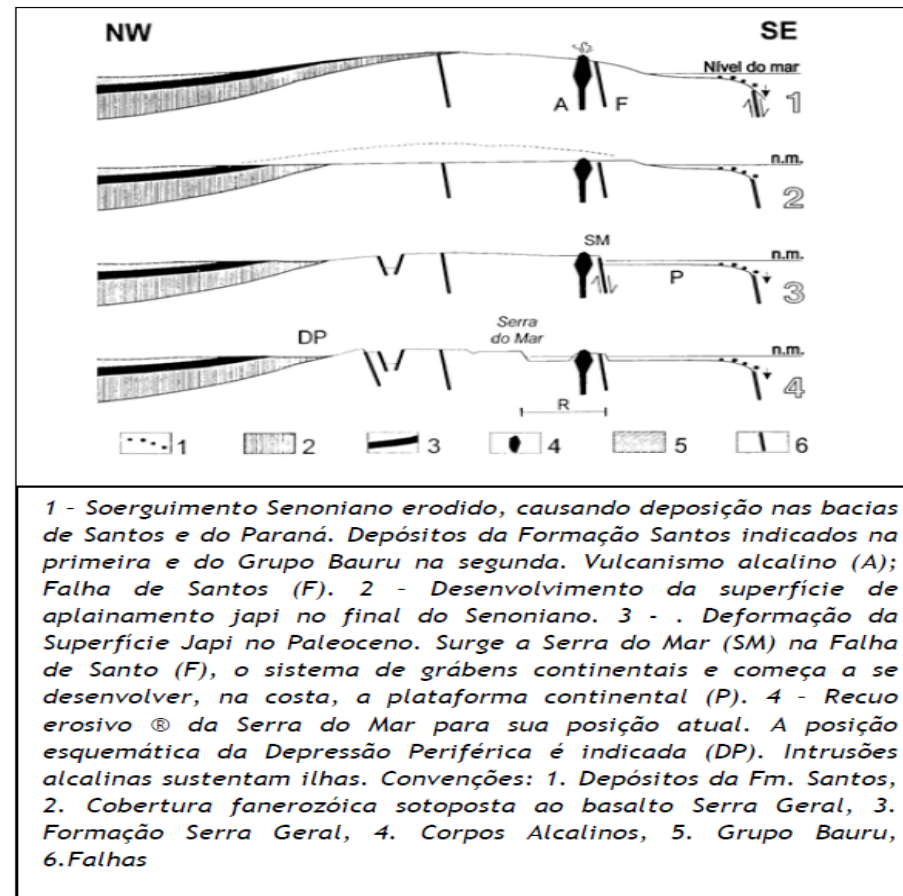


Figura 1 -Formação da Serra do Mar. (Almeida & Carneiro,1998)

De acordo com Almeida & Carneiro (1998), a análise das estruturas e relevo evidencia que a Serra resultou de erosão diferencial regressiva, adaptando-se nesse processo à extrema diversidade de estruturas geológicas e de resistência diferencial das rochas à erosão, bem como a morfotectônica que se manifestou no Planalto Atlântico durante o Paleógeno e o Mioceno. Com o recuo erosivo das encostas da serra para oeste, estas vieram seccionando superfícies de erosão do planalto, que determinam frequentemente o subnivelamento de seus cimos. Rios do planalto foram decapitados, como no recuo da Serra do Cubatão (SP), como o ribeirão das Lajes a (RJ), ou ainda a drenagem que se faz do planalto para o mar foi seccionada, como a dos rios Itatinta (SP) e cabeceiras do Rio Itapanhaú (SP) em Bertioga. O recuo das escarpas entalhando superfícies de erosão neogênicas criou condições favoráveis a represamentos no planalto próximos à borda da serra e à instalação de usinas hidrelétricas em seu sopé. Tais são as de Cubatão (SP), Itatinga (SP) e Ribeirão das Lajes(RJ) (Almeida & Carneiro, 1998).

De acordo com Summerfield (1981) e Ollier (1985 apud Gontijo, 1999), as principais feições de relevo em regiões intraplaca são de grandes soerguimentos e grandes escarpamentos, voltados principalmente para o oceano, evidenciando assim o processo contínuo (em pulsos) dos arqueamentos marginais, a exemplo da Serra do Mar. No que se referem à evolução das formas menores, no Brasil, elas têm sido comumente interpretadas como decorrentes de reafeiçoamentos, preferencialmente, morfoclimáticos. Entretanto, na região em estudo, foram observadas várias formas de relevo indicativas de atividade neotectônica, semelhante a aquelas descritas para bordas de placas.

Para Almeida & Carneiro (1998), há trechos da Serra do Mar em que ela vem seccionando superfícies de erosão neogênicas cuja drenagem provinha originalmente das áreas do planalto Atlântico, hoje já desaparecida, com o recuo erosivo da serra. Um claro exemplo parece situar-se na borda do planalto a norte de Bertioga (SP), o rio Itatinga, afluente do rio Itapanhaú. Sua bacia vem se expandindo no planalto, destruindo a superfície de erosão do Alto Tietê, sustentado por migmatitos, com pequenos corpos isolados de granitos. O rio Itatinga foi interceptado pelo recuo da Serra do Mar, precipitando em canyon para a planície costeira, desaguardo no rio Itapanhaú. Esse declive de quase 700m foi aproveitado para a construção da usina hidrelétrica de Itatinga.

Muehe (1998), numa classificação do litoral brasileiro define que o litoral paulista encontra-se inserido no compartimento classificado como “Litoral das Planícies Costeiras e Estuários”, representado por relevo específico que compreende um largo embaiamento e um litoral retificado de longos arcos

de praia, de largas planícies costeiras e importantes estuários. Com relação às superfícies de erosão, há a contribuição de Ross (1998), segundo esse autor as superfícies de erosão são cada vez menos confiáveis, ressaltando ainda que a modificação do relevo também esteja associada à erosão química.

Segundo Suguio & Martin (1978, 1990) a formação das planícies costeiras está diretamente ligada às fontes de areia, às correntes de deriva litorânea, às armadilhas de retenção dos sedimentos e às variações relativas do nível do mar ao longo do Quaternário.

As fontes de areia<sup>4</sup> para formação das planícies costeiras podem estar relacionadas, de maneira geral, no Brasil, às escarpas arenosas da Formação Barreiras, os rios que provêm do interior e desembocam no oceano, as escarpas cristalinas da Serra do Mar e as areias reliquias que recobrem a plataforma continental interna

<sup>4</sup> As areias de uma única fonte podem predominar na composição das cristas praias das planícies costeiras, porém, na maioria dos casos, elas devem resultar da mistura de sedimentos arenosos provenientes de várias fontes. No litoral sudeste, ao sul do Rio de Janeiro até parte do litoral meridional, as escarpas cristalinas da Serra do Mar chegam até a costa e certamente devem contribuir com sedimentos arenosos.

Este fato deve ser particularmente acentuado, no litoral norte do Estado de São Paulo, onde as areias são bem mais grossas do que no litoral sul deste estado, diferenciando das fontes potencialmente mais importantes para a formação de planícies litorâneas mais extensas como as que ocorrem nas regiões de Cananéia-Iguape(SP), Paranaguá (PR), Laguna (SC) e entre Torres e Arroio Chuí (RS), onde devem estar ligadas principalmente às areias reliquias supridas pelas plataformas continentais adjacentes. Suguio & Martin (1990).

A cobertura sedimentar que compõe uma planície costeira é composta por areias marinhas ou fluviais, argilas e sedimentos orgânicos. Em Bertioga essas areias marinhas são originadas a partir das rochas metamórficas (gnaiesses e migmatitos) e das rochas ígneas (granitos e granitóides) do embasamento cristalino, que vêm aos poucos se desagregando com os choques contínuos das ondas e intemperismo químico e ação abrasiva da água e do vento, ao longo de milhões de anos. A areia resultante dessa desagregação, composta basicamente de quartzo e micas é transportada pelos rios ao oceano e transportada pelas correntes de deriva litorânea e depositada na costa, dando origem às praias.

Outros fatores importantes na formação das planícies costeiras são as correntes de deriva litorânea, “longshore currents”, que são correntes aproximadamente paralelas à costa, originadas por incidência oblíqua das frentes de ondas nas praias. Com a diminuição da profundidade nas proximidades da praia as ondas arrebentam, liberando grande quantidade de energia que vai atuar parcialmente na colocação de sedimentos em suspensão e parcialmente na formação das correntes de deriva litorânea, “quando as ondas incidem paralelamente as praias não ocorre nenhum transporte de areia ao longo da costa” Suguio & Martin (1978). O terceiro fator, entre os contribuintes para a formação das planícies costeiras é representado pelas armadilhas de retenção dos sedimentos. Essas armadilhas podem atuar como um obstáculo de retenção ou bloqueio das areias carregadas pelas correntes litorâneas.

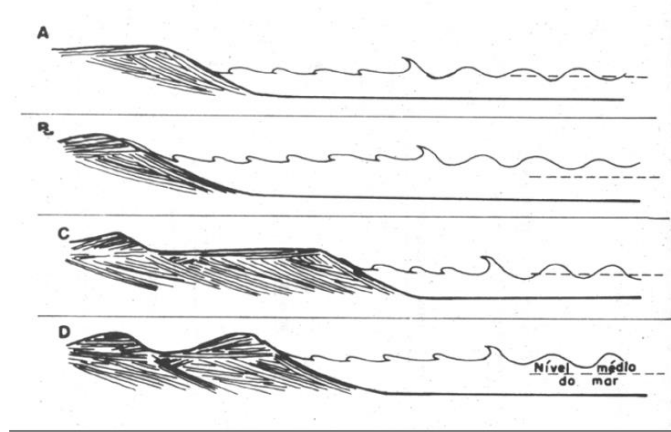
Assim, as armadilhas ou obstáculos que podem provocar a acumulação dos sedimentos durante o transporte paralelo à costa (Suguio & Martin, 1978,1990), podem ser representadas por:



- Zonas reentrantes (baías ou estuários) da costa. Neste caso, podem desenvolver-se praias em forma de enseada no interior da baía ou esporões ou praias barreiras na entrada da baía;
- Ilhas ou baixios litorâneos criando zonas de fraca energia. Os sedimentos em processos de deriva são depositados a jusante desses obstáculos. Desta forma são originados, por exemplo, os tómbolos;
- A presença de desembocaduras fluviais. O jato formado por um curso fluvial pode atuar como um molhe, principalmente em épocas de enchentes (maior débito fluvial), tendendo a bloquear o transporte das areias.

As formas resultantes nas planícies costeiras arenosas podem apresentar-se com cordões litorâneos, formados pelo alinhamento das cristas praias, os quais representam paleo-praias abandonadas no decorrer da progradação da linha de costa.

A formação desses cordões litorâneos pode ser esquematizada de acordo com Flexor et. al.. 1984 apud Suguio et. al. (1990), conforme apresentado nas Figuras 03 e 04.



Fonte: Flexor et. al.. (1984) apud Suguio e Martin (1990)

Figura 02 - Formação de Cristas praias (beach ridges) a partir de cristas de pós-praia (backshore).

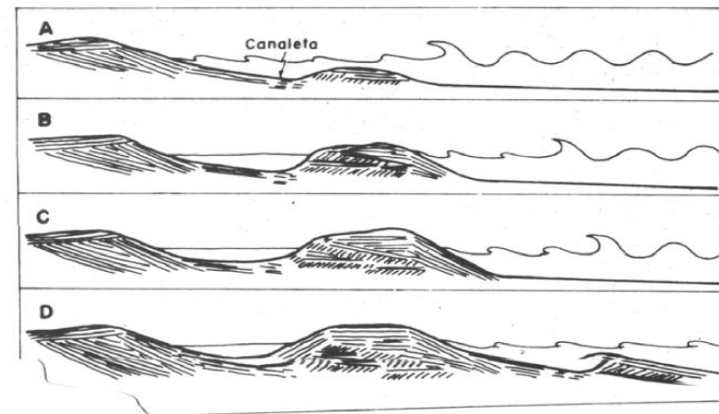
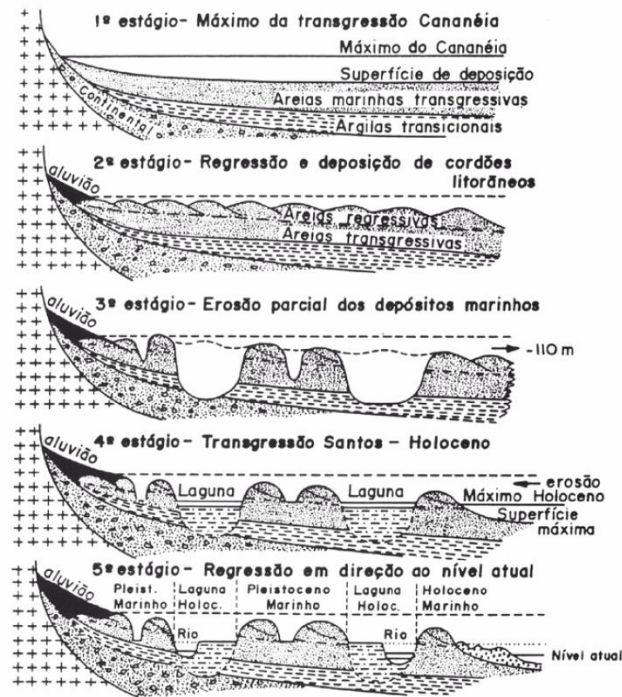


Figura 03 - Cecília Alarsa Formação de cristas praias a partir de barras de antepraia (foreshore).

As variações relativas do nível do mar ao longo do Quaternário constituem-se um dos principais fatores que deve ser considerados na formação das planícies costeiras paulistas. Em Bertioga a formação da planície costeira está também intimamente ligada ao processo de isolamento e de colmatagem, de braços de mar e o fechamento de antigas lagunas. Esses processos podem ocorrer devido às variações do nível relativo do mar. Fazem parte de inúmeros acontecimentos, que constituem etapas da formação das baixadas e da retificação litorânea, em trechos nos quais o litoral é recortado e irregular.

Com base em evidências sedimentológicas, biológicas e pré-históricas, tem sido possível construir curvas ou esboços de curvas de variações do nível do mar. Entre os setores que dispõem de curvas de variação do nível relativo do mar no Holoceno destaca-se o setor situado entre Bertioga e Praia Grande: região de Santos (São Paulo), onde cerca de 30 reconstruções neste trecho aproximadamente 60 km, permitiram delinear uma curva bastante completa. Nota-se que neste setor o nível atual foi ultrapassado, pela primeira vez, cerca de 6.800 A.P. Finalmente, os níveis máximos de 5.100 e 3.600 anos A.P. atingiram respectivamente 4,5 e 3 metros acima do nível atual. (Suguio & Martin, 1987).

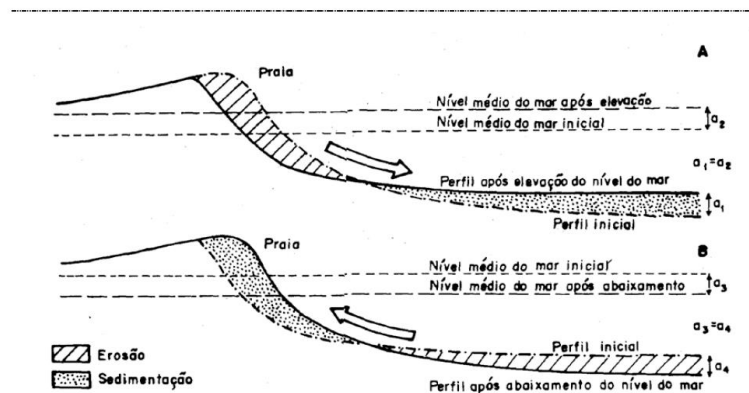
Os rebaixamentos do nível do mar até seu nível atual e os efeitos da tectônica cenozóica condicionaram a erosão regressiva das cabeceiras dos rios serranos sobre o Planalto Atlântico, assim como o entalhamento dos depósitos mais antigos, estabelecendo-se as planícies de maré e planícies fluviais e aluvionares, bem como as praias, que configuram atualmente, o compartimento topográfico da baixada Santista, com seus morros isolados (Figura 6).



Fonte: Suguio & Martin 1978.

**Figura 4** - Estágios evolutivos das Transgressões e Regressões para explicar a origem da planície costeira.

Para explicar o que ocorre numa área costeira com relação a sua formação, destaca-se, também, a regra de Bruun 1962, apud Suguio & Martin, (1987), estabelecendo que, uma vez atingido o perfil de equilíbrio de uma zona litorânea, a elevação subsequente do nível do mar tenderia a perturbar este equilíbrio, que seria então restaurado mediante a translação deste perfil rumo ao continente. (Figura 7).



**Figura 5 - Regra de Bruum.**

Conseqüentemente, o prisma praial sofre erosão e o material erodido será transportado e depositado na antepraia. Este fato ocasionará elevação no assoalho da antepraia em magnitude ( $a_1$ ) igual à elevação sofrida pelo nível do Mar ( $a_2$ ) mantendo assim constante a espessura da lamina d'água.

De acordo com Suguio et. al. (1987), ainda que a regra de Bruum tenha sido desenvolvida apenas para uma situação de subida de nível do mar, o equilíbrio desfeito na dinâmica de sedimentação litorânea por ocasião da descida deverá ser também restabelecido.

### **Características Gerais da Planície Costeira de Bertioga**

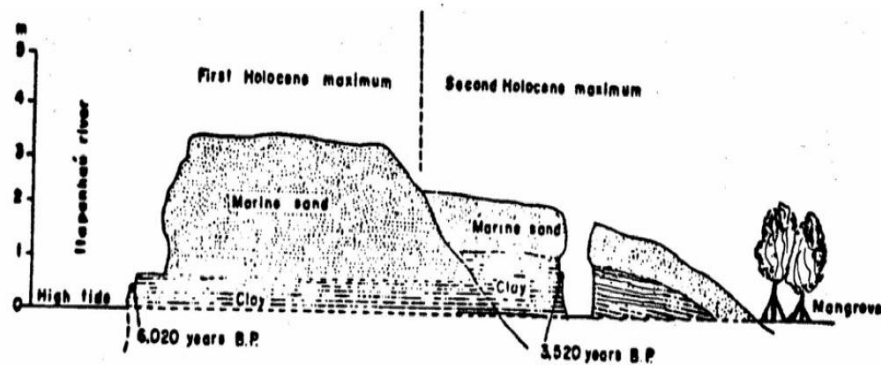
A planície costeira de Bertioga é caracterizada por ambiente extremamente frágil e ao mesmo tempo muito rico em biodiversidade, destacando-se a rica ictiofauna e avifauna. São ambientes de interação oceano, lagunas, continente de grande importância como áreas de preservação por caracterizarem-se como áreas de reprodução marinha e suporte de sobrevivência e reprodução para grande número de espécies de animais (Ross & Moroz, 1997).

A formação da planície costeira de Bertioga pode ser atribuída aos processos descritos anteriormente. Toda a planície é formada por uma cobertura sedimentar litorânea que recobre o embasamento cristalino em toda a extensão da planície.

Essa cobertura se encontra desde a Serra do Mar até a linha da costa e mar adentro, à exceção dos pontos nos quais sobressaem as rochas do embasamento sob a forma de morrotes na planície e ilhas próximas à costa ou de costões rochosos. De maneira geral, a planície litorânea de Bertioga

pode ser definida como um sistema de relevo de agradação (acumulação de sedimentos), que possui altitudes inferiores a 20m, modeladas pelas variações do nível do mar ao longo do Quaternário. É caracterizada por baixa densidade de drenagem, e representa uma extensa planície com média de 6 km da praia ao sopé da Serra do Mar. É composta por formas planas e depressões com declives de 0 a 20 (0 a 3%). Na conceituação proposta por Suguio & Martin (1978), a planície costeira de Bertioga está inserida na unidade, Bertioga - Ilha de São Sebastião. Esta planície está situada a nordeste da planície de Santos da qual se acha separada pelos maciços rochosos do pré-cambriano que também forma a ilha de Santo Amaro, estendendo-se por uma distância de quase 45 km, com largura máxima de 6 a 8 km.

Seu anfiteatro está recoberto por depósitos marinhos e fluviais, associados aos eventos transgressivos e regressivos quaternários. Entre a cidade de Bertioga e o Rio Itapanhaú encontra-se uma formação arenosa limonitizada, que se distingue morfologicamente dos outros depósitos da planície. Sua parte superior situa-se no mínimo 5,5m acima do nível de maré alta atual. A maior parte da planície de Bertioga é formada por depósitos arenosos e



argilosos originados durante a última fase transgressiva. (Figuras 8, 9A e 9B).

Fonte: Suguio & Martin (1978)

Figura 6 - Evolução da planície costeira de Bertioga.

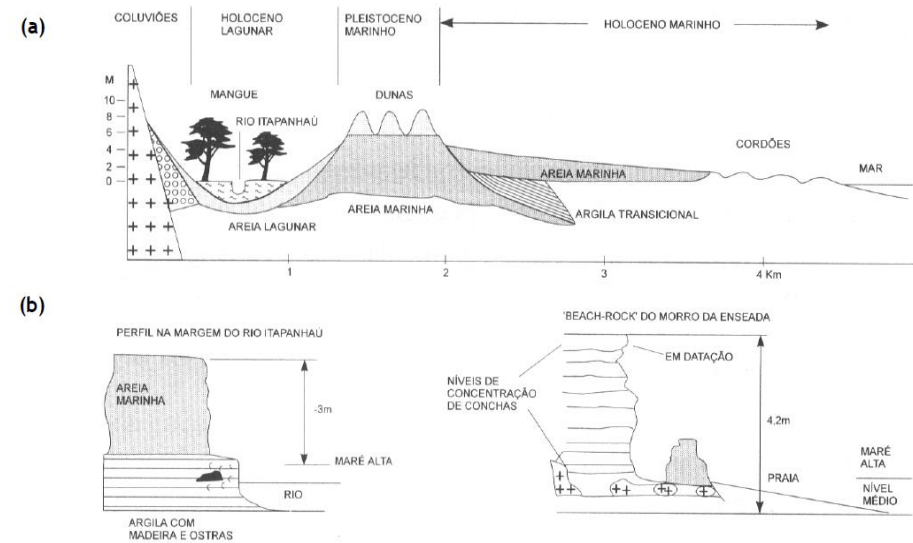


Figura 7 - (A e B) Evolução da planície costeira de Bertioga.

Em direção ao sopé da Serra do Mar os depósitos arenosos de origem marinha são recobertos por sedimentos continentais (alúvio-colúvionares) mais ou menos recentes (Suguio & Martin, 1978). De acordo com Suguio & Martin (1978) e posteriormente Cruz (1986), a região de Bertioga apresenta três rios (Itapanhaú, Itaguari, Guaratuba). Esses três rios drenam zonas baixas que, segundo os autores, deviam formar lagunas, logo após o rebaixamento do nível marinho. Na planície é encontrado certo número de morros de rochas cristalinas que foram unidos ao continente, por meio de tómbolos. Nas planícies costeiras de Bertioga verificam-se ainda, além das formas de modelados típicos da planície marinha, as planícies aluviais que são resultantes dos processos fluviais e estão sujeitas a inundações periódicas.

As planícies colúvio-aluvionares existentes nas áreas de transição entre ambientes continentais e marinhos apresentam uma descontinuidade ao longo dos sopés das vertentes. Suas principais características geomorfológicas são as formas de rampas com pouca declividade. São modelados esculpidos sobre os depósitos sedimentares provenientes das encostas, os quais foram construídos por processos de escoamento superficial e de solifluxão recobrimo antigos terraços fluviais. Encontram-se ainda, as praias no litoral de Bertioga, que pode ser subdividido em: ao sul, limitada entre a foz do rio Itapanhaú e o pontão rochoso chamado “morro da Enseada”, está a praia da Enseada, onde está localizada a área estudada.

As praias de Bertioga apresentam-se como praias dissipativas, ou seja, são praias de baixa declividade ( $< 20$ ), onde a energia das ondas é dissipada acentuadamente pelo atrito na zona de surfe. Ao longo dos eventos de Variação Relativa do Nível do Mar, na planície de Bertioga os diversos cordões foram se formando, e os mais próximos da serra acabaram totalmente cobertos pelos sedimentos continentais. Os locais não alcançados pelos sedimentos continentais permaneceram com os depósitos marinhos descobertos, formando linhas paralelas à linha de costa, compostas principalmente de areia.

Na enseada de São Lourenço foi possível observar, com as fotografias aéreas mais antigas, a existência desses cordões litorâneos depositados paralelamente à linha de praia os quais foram perdendo as suas sucessões de cristas e cavados características, em função dos extensos loteamentos urbanos. Outra característica da planície costeira de Bertioga é a presença de pequenas planícies de maré, localizadas junto à foz dos rios. Essas feições apresentam solos ricos em matéria orgânica, que propiciam o desenvolvimento da vegetação de mangue onde há o ingresso da água salgada. Essas características podem ser atribuídas ao maior manguezal de Bertioga, localizado principalmente junto à foz do rio Itapanhaú e Canal de Bertioga. O Canal de Bertioga possui largura média de 460m. Em sua entrada, ao longo do eixo principal, foram registradas profundidades de até 15m. Entretanto, entre os atracadouros da balsa, foram observadas as menores profundidades (3 a 4m).

A seguir a profundidade aumenta para 5 ou 6 m e o fundo do eixo do canal apresenta-se uniforme até a foz do Rio Itapanhaú. Essa característica do fundo faz com que essa parte do canal assemelhe-se a uma soleira. Iniciando-se nessa região o fundo submarino do eixo do canal que apresenta uma série alternada de depressões nas quais a profundidade chega a atingir 10 a 12m. (Castro Filho et al. 1991).

Castro Filho et al. (op. Cit.) destacam ainda que, uma das principais particularidades desse ambiente costeiro, é a entrada de água doce do Rio

Itapanhaú, cuja descarga ocorre a apenas 2,5 km da desembocadura do Canal. Outra parcela de água doce entra no canal através da descarga de pequenos rios; esta parcela somente pode ser quantificada a partir de dados pluviométricos e da área de drenagem do sistema. Desta maneira, o Rio Itapanhaú se constitui na principal fonte potencial de sedimentos que são redistribuídos na linha de costa, contribuindo com grande parte dos sedimentos carregados do interior do continente para a linha de costa.

## Resultados

### **Fragilidade Ambiental dos Compartimentos do Relevo na Planície Costeira de Bertioga**

Os compartimentos do relevo na planície costeira de Bertioga, bem com sua Fragilidade Ambiental foram definidos com auxílio de imagens de satélite e aerofotos e estão descritos a seguir:

- Planalto – Área mais elevada da Bacia onde o relevo convexo dá forma as colinas e morros de pouca amplitude altimétrica e onde estão localizadas algumas das nascentes do Rio Itapanhaú, e foi classificada como Baixa Fragilidade Ambiental.
- Serra – Área da bacia que apresenta maiores declividade e trechos encaixoeirados, com afloramentos rochosos e amplitude altimétrica elevadas, sujeita a movimentos de massa e portanto classificada com de Muito Alta Fragilidade Ambiental.
- Planície Intertidal – ou planície de mangue. Compartimento mais baixo do relevo que se encontra a poucos metros acima do nível do mar. Área de acumulação de sedimentos finos e de Muito Alta fragilidade ambiental;
- Planície Fluvial - Compartimento geralmente localizado em áreas mais distantes da linha de costa e acima das áreas de planície intertidal. As formas são geralmente planas e de terrenos alagadiços;e são também classificados de Muito Alta Fragilidade Ambiental
- Terraço marinho - Constituído de formas em patamares mais elevados do que a planície fluvial, geralmente contornando os morros (os quais auxiliam a retenção de sedimentos e conseqüentemente); estes subsistemas do relevo, foram classificados de Alta Fragilidade Ambiental
- Morros Isolados - São formações do Embasamento cristalino apresentam em formas arredondadas, representando desgaste. Alguns desses morros se encontram desgastados (pelo uso antrópico pela retirada de solo para aterro de áreas alagadiças);
- Planície costeira - áreas intermediárias entre os terraços marinhos e as planícies fluviais e intertidais. São áreas planas arenosas, levemente onduladas com a presença de cordões litorâneos e foram classificadas com Média Fragilidade Ambiental.

- Praia- Faixa arenosa onde se encontra a interface entre continente e mar. Área de material arenoso inconsolidado e sujeito as variações do nível marinho, bem com de qualquer interferência e classificada com Muito Alta Fragilidade.

## Considerações Finais

Neste estudo, foi possível elaborar a compartimentação do relevo, bem como a classificação da fragilidade Ambiental para a Bacia Hidrográfica do Rio Itapanhau. O uso de imagens de satélite e fotografias aéreas. A grande importância deste estudo está em subsidiar o planejamento Ambiental para definição de setores do relevo que não podem ser alterados, pelas possíveis consequências que podem desencadear mudanças repentina na configuração do equilíbrio dinâmico das formas. Para tanto, a Fragilidade Ambiental, classifica os compartimentos do relevo, bem como tem se tornado um instrumento de extrema importância, pois auxilia no planejamento ambiental.

## Bibliografia

- AB'SABER A. N. – 1985 – **O Ribeira de Iguape: uma setorização endereçada ao planejamento regional** – Boletim Técnico SUDELPA, São Paulo, 15: 3-17.
- ALMEIDA, F. F. M. & CARNEIRO, 1998 – **Origem e Evolução da Serra do Mar** – Revista Brasileira de Geociências 28 (2), São Paulo, 135-150. ALMEIDA, F. F. M. 1964- **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. Instituto de Geografia/IGEOG (série teses e monografias, 14), 110p.
- ALMEIDA, F. F. M. - 1976 – **The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil**. An. Acad. Brasil. Ciênci. 48 (suplemento): p.15-26. Rio de Janeiro
- ALMEIDA, F. F. M. – 1983 – **Relações Tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da plataforma Sul-americana**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo. 13 (3): 139 – 158 p.
- ANGULO, J. & LESSA, G. C. – 1997 – **The Brazilian Sea-level Curves: a Critical Review With Emphasis on the curves From Paraguá and Cananéia Regions**. In marine Geology, (Internacional Journal of Marine Geology, geochemistry and Geophysics) 140 (1997) p. 141-166.
- CASTRO FILHO, B.M. de; THOMMASI, L. R.; MIRANDA, L. B.; IKEDA, Y.; TEIXEIRA, C.; GALVÃO, S. M. F. G. – 1991- **Condições Oceanográficas do Canal da Bertioga**. Relatório Técnico Final – FUNDESPA, Fundação de eStudos e Pesquisas Aquáticas. São Paulo.250p.
- CASTRO FILHO, B. M de – 1996 - **Correntes e Massas de Água da Plataforma Continental Norte de São Paulo**. Tese de Livre Docência – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 248p. CHRISTOFOLETTI, A. -1974- **Geomorfologia** - Universidade de São Paulo - São Paulo, 1974.
- CRUZ, O. – 1974 - **A Serra do Mar e o Litoral na Área de Caraguatatuba, Contribuição a Geomorfologia Tropical Litorânea** - Instituto de Geografia - USP; serie Teses e Monografias número 11. São Paulo 1974.
- CRUZ, O – 1986 – **A Serra do Mar e a Preservação de suas vertentes** – Revista Orientação número 07. Universidade de São Paulo - SP. 39-45p.
- FÚLFARO, V.J. & SUGUIO, K. –1980- **Vertical movements in continental southern Brazil during the Cenozoic**. In: Mörner, N.A. (ed) Earth Theology, isostasy and eustasy, Hohn Wiley & Sons. Ltd. N York: 419-425.
- MAHIQUES, M. M. -1987 - **Considerações sobre os Sedimentos de Superfície de Fundo da Baía de Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo 2 vols.
- MAHIQUES, M. M. & TESSLER, M. G., FURTADO V. V.- 1998 - **Characterization of Energy Gradient in Enclosed Bays of Ubatuba Region, South Eastern, Brasil in Estuarine Coastal and Shelf Science**. Pp. 431-446.
- FIERZ, M. de S M-1996- **A Paisagem X Evolução do Uso e Ocupação do Solo no Município de Bertioga, Litoral Paulista** - Trabalho de Graduação Individual - Departamento de Geografia - USP. 148p.



FIERZ, M. de S M -1996-**A interferência antrópica nos processos erosivos e deposicionais da área costeira** – dissertação de mestrado – Instituto Oceanográfico – USP. 213 p

MUEHE, D. – 1998 – **Geomorfologia Costeira in Geomorfologia do Brasil** –Editora Bertrand 1ª edição – Rio de Janeiro, 280 p.

RADAMBRASIL – 1983 – **Levantamento de Recursos Naturais** – Ministério da Minas e Energia , sec. Geral. Vol. 32. 775p.

ROSS J.L.S.; MOROZ, I.C. – 1997 – **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Apoio FAPESP, IPT e USP. Texto

SUGUIO, K.; MARTIN, L. - 1978 - **Formações Quaternárias marinhas do Litoral Paulista e Sul Fluminense**. São Paulo, 1978 Publicação Especial. São Paulo, IGCB/CGUSP( International Symposium on Costal Evolution in the Quaternary).

SUGUIO, K., MARTIN, L. , BITTENCOURT, A C. S. P., DOMINGUEZ, J. M. L., FLEXOR, J. M., AZEVEDO, A E. G. - 1985 – **Flutuações do nível Relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do Litoral Brasileiro e suas Implicações na Sedimentação Costeira**. Ver. Brás. Geociencias. 15 (4), 273-286.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; MORNER, N. A.; FLEXOR, J. M -1987 - **Fundamentos e Reconstrução de Antigos Níveis Marinhos do Quaternário**. Boletim IG - USP, Publicação Especial número 4 - São Paulo, 1987.

SUGUIO, K., MARTIN, L. – 1990 – **Formação das Planícies Costeiras** – ins II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul Sudeste Brasileira, estrutura, função e manejo. Anais. Águas de Lindóia. P. 201-245.