

# CLASSIFICAÇÃO MORFODINÂMICA DAS PRAIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA E DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO

SILVEIRA, L. F.<sup>1\*</sup>; KLEIN, A. H. F.<sup>2</sup> & TESSLER, M. G.<sup>3</sup>

1 - Coastal Planning & Engineering do Brasil, Ltda.

2 - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina

3 - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

\*Corresponding author: lucasfsilveira@gmail.com

## ABSTRACT

Silveira, L. F.; Klein, A. H. F. & Tessler, M. G. 2011. Morphodynamical classification of beaches from Santa Catarina State and north coast of São Paulo State using remote sensing. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 15(2): 13-28. e-ISSN 1983-9057. This paper presents the morphodynamic classification of headland-bay beaches of the State of Santa Catarina (158 beaches, from Santa Marta Cape to São Francisco do Sul Island) and Northern coast of São Paulo State (133 beaches, from Santos Bay to Ubatuba), performed indirectly through interpretation of aerial images. For this purpose, georeferenced mosaics of the QuickBird2 satellite imagery (for the State of Santa Catarina) and vertical aerial photographs (for the Northern coast of São Paulo State) were used. In the images the extension of the surf and swash zones, as also the presence of bars, rip currents and beach cusps were inferred. Dissipative beaches presented wide surf and swash zones (> 100 m) and presence of multiple bars systems. On the intermediate beaches a moderate extension of the surf zone (up to 100 m) and swash zone (up to 10 m), and the occurrence of rhythmic bars, rip currents and cusps were observed. Reflective beaches presented a lack of surf-zone (with waves breaking on the beach face), narrow swash zone (< 10 m) and the presence of cusps. In Santa Catarina reflective beaches are dominant, mainly in sheltered areas, but also occurring on exposed areas with coarse sediment. They occur associated to the Northern and Southern Bays of Florianópolis (which are sheltered from the most energetic swell) and also to the Costa Brava region (from Mata Camboriú Beach to Taquaras/Taquarinhas Beach), exposed to the higher energy waves. Intermediate and Dissipative occur mainly in exposed areas. On the Northern coast of São Paulo State, there is a balance between reflective and dissipative beaches. The reflective beaches tended to dominate the sheltered areas (e.g. São Sebastião Channel), but the available grain size seems to be more important on determining the sheltered beaches morphodynamic state, since dissipative beaches also occur on those segments. Intermediate beaches always occur on exposed sites. More than 70% of the classifications done in this work was coincident with the classifications available on the literature. Hence, it's possible to conclude that the interpretation of aerial images is an excellent method to indirectly determine the headland-bay beaches morphodynamic state, given that good images and a skilled analyst are available.

**Keywords:** Beach Classification; Photo-interpretation; Beach Morphology.

## INTRODUÇÃO

Grande parte das linhas de costa de todo o mundo (80%) são composta por promontórios, montanhas e falésias (Emery & Kuhn, 1982). Apesar da vasta distribuição desse tipo de costa no litoral Sul/Sudeste do Brasil, (e.g. Rio de Janeiro a Santa Catarina), ainda são poucos os estudos desenvolvidos em praias de enseada (Klein, 2004). A maioria dos trabalhos já realizados analisa praias expostas, onde não há o efeito da difração de ondas nos promontórios. A difração de ondas e a proteção exercida pelos promontórios tende a gerar uma forma curvilínea da linha de costa arenosa (Hsu *et al.*, 2008). Como há variação no grau de exposição às ondas ao longo da praia, ela pode assumir diferentes características morfodinâmicas em diferentes pontos (Klein, 2004). A região protegida (curva) tende a ser mais refletiva, uma vez que está sujeita a ondas menores. Já a região mais distante do promontório tende a ser mais retilínea e dissipativa,

podendo apresentar sistemas de bancos múltiplos na porção submersa desse segmento praiado (Short, 1999). Entretanto, Carter (1991) e Klein & Menezes (2001) sustentam que tanto nas regiões protegidas como nas expostas, o tipo de praia depende do tamanho do grão de sedimento disponível.

Os estudos pioneiros de Wright & Short (1984), revisados recentemente por Short (1999, 2006) e por *et al.* (2002) com aplicação para o litoral brasileiro; serviram como base para o desenvolvimento de um modelo que representa os estados morfodinâmicos das praias arenosas de costas dominadas por ondas. Estes estados são compostos pelos extremos refletivo e dissipativo, com quatro estados intermediários (Figura 1).

O estado dissipativo é representado por zonas de surfe muito desenvolvidas (> 100m), em decorrência da incidência de ondas de alta energia e/ou do tamanho de grão, que varia de areia muito fina a areia fina. O pequeno tamanho de grão faz com que a praia

se apresente com baixa declividade ( $<3^\circ$ ). O tipo de quebra de onda é predominantemente deslizante e normalmente não ocorrem correntes de retorno muito persistentes. Sistemas de bancos múltiplos são observados freqüentemente (Short, 1999, 2006).

Os estados intermediários são caracterizados pela presença de feições rítmicas, como bancos e cúspides. São geralmente compostas por areia média (podendo variar de areia fina a areia grossa), apresentando uma declividade moderada (de  $3^\circ$  a  $8^\circ$ ). Como são 4 os estados intermediários, há uma gradação entre eles quanto às suas tendências dissipativas ou refletivas.

O estado refletivo é representado pela quase ausência de zona de surfe, ocorrendo a quebra das ondas na face da praia, com grande turbulência. Essas praias freqüentemente apresentam cúspides. A porção da face da praia apresenta uma declividade acentuada ( $>8^\circ$ ), sendo geralmente composta de areia grossa. Esse tipo de praia é mais associado à locais com baixa energia de ondas, mas também ocorrem em regiões expostas.

De acordo com Klein *et al.* (2006), fotografias aéreas permitem analisar diversas características das praias, como por exemplo, a extensão das zonas de surfe e de espraçamento, presença de bancos, correntes de retorno e cúspides praias. A partir da interpretação e dimensionamento dessas feições observáveis nas fotografias pode-se determinar o estado morfodinâmico de uma praia.

Algumas praias do Estado de Santa Catarina e do Litoral Norte do Estado de São Paulo ainda não têm sua classificação disponível na literatura. Como o número de praias é elevado, a interpretação de imagens aéreas é um método que permite determinar, indiretamente e de forma rápida o estado morfodinâmico dessas praias, sem ter de realizar coleta de dados em inúmeras atividades de campo. Nesse trabalho são apresentados resultados da interpretação de imagens aéreas de 291 praias do Estado de Santa Catarina (158 praias, somando 364 km de extensão linear) e do Litoral Norte do Estado de São Paulo (133 praias, somando 179 km), com a determinação indireta de seu estado morfodinâmico. A posição e nomenclatura das praias foram obtidas utilizando o Guia Quatro Rodas Praias (2006). Os resultados foram comparados com classificações de praias disponíveis na literatura, publicados por Klein & Menezes (2001), Klein *et al.* (2005), Giacomini (2006), Abreu de Castilho (1995), Leal (1999), Torronteguy (2002), Faraco (2003) e Oliveira (2004) para Santa Catarina e Souza (1997), Tessler *et al.* (2006) e Klein *et al.* (2006) para São Paulo, verificando a aplicabilidade e viabilidade do método empregado.

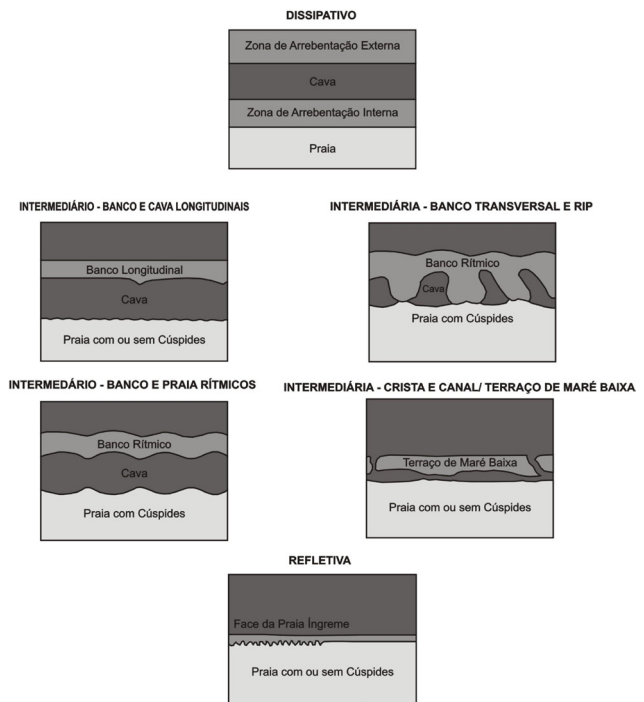


Figura 1 - Classificação morfodinâmica de praias desenvolvida por Wright e Short (1984).

## ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desse trabalho abrange o litoral do Estado de Santa Catarina (do Cabo de Santa Marta à ilha de São Francisco do Sul) e o Litoral Norte do Estado de São Paulo (da Baía de Santos à Ubatuba). Segundo Tessler & Cazzoli y Goya (2005), o trecho do litoral entre Cabo Frio (RJ) e o Cabo de Santa Marta (SC) (conhecido como Embaimento de São Paulo) é caracterizado pela presença da Serra do Mar, constituída de rochas do Embasamento Cristalino que afloram em um alinhamento aproximadamente paralelo à costa. A variabilidade da distância entre a Serra do Mar e a linha de costa faz com que ocorra uma grande diversidade de ambientes nesse segmento litorâneo. A região entre a Ilha de São Francisco do Sul (SC) e Santos (SP) apresenta extensas planícies costeiras, modeladas pelos ciclos transgressivos e regressivos ocorridos durante o Quaternário. Ao Norte de Santos e ao Sul de São Francisco do Sul o litoral é recortado, pois em vários pontos a Serra do Mar atinge a linha de costa.

Com base nas divisões geomorfológicas propostas por FitzGerald *et al.* (2007) para Santa Catarina e por Suguio & Martin (1978) para São Paulo, é possível enquadrar setores desses Estados em 3 tipos geomorfológicos de costa:

1) Costa com Promontórios e Barreiras Cuspidadas (do Cabo de Santa Marta a Enseada da Pinheira – SC – e de Santos à São Sebastião – SP):

Constituído de pequenos promontórios do substrato rochoso entre barreiras arenosas.

2) Costa com Promontórios Rugosos e Planície Costeira (da Enseada da Pinheira a Ponta do Vigia – SC – e de São Sebastião a Ubatuba – SP): Esses setores são dominados por grandes promontórios do substrato rochoso, reentrâncias e baías. Entre os promontórios, cristas de dunas frontais progradantes, cristas praias e planícies de cherniers (apenas em SC) contribuem para a suavização das irregularidades da linha de costa.

3) Costa com Planície Costeira e Estuários (da ponta do Vigia até a ilha de São Francisco do Sul – SC – e de Cananéia a Santos – SP): Esses trechos refletem o amplo aporte sedimentar, onde planícies de cristas de dunas são formadas entre grandes sistemas estuarinos. Esse tipo de costa se estende pelo Litoral Norte de Santa Catarina, litoral paranaense e Litoral Sul de São Paulo .

Segundo Tessler & Cazzoli y Goya (2005), o clima e a circulação atmosférica do Sul do Brasil são governados pela interação entre dois grandes sistemas atmosféricos: o Anticiclone Tropical do Atlântico Sul (ATAS) e os Anticiclones Polares Migratórios (APM). O ATAS é um centro de alta pressão responsável pelos ventos alísios que sopram de NE e E. Esses ventos ocorrem com frequência durante todo o ano, gerando para o litoral S/SE do Brasil, ondas provenientes do quadrante NE. Já os APM's são centros de alta pressão responsáveis pela passagem de frentes frias. Os sistemas frontais são as perturbações atmosféricas mais importantes para o clima do Sul e Sudeste do Brasil. Esses sistemas deslocam-se com uma velocidade média de 500 km/dia, gerando ondas dos quadrantes Sudoeste, Sul e Sudeste com períodos de 10 a 16 segundos e altura de 1 a 4 metros. O litoral Sul/Sudeste do Brasil apresenta regime de micromarés, predominantemente semi-diurno (mas com ocorrência de desigualdades diurnas) e com elevação de maré de sizígia de 0,46 a 1,06m (KLEIN, 2004). De acordo com Schettini *et al.* (1996) e Carvalho *et al.* (1996) a influência meteorológica no nível do mar é muito importante no Sul do Brasil.

## METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho está dividida em duas etapas: construção dos mosaicos e interpretação de imagens, conforme apresentado em fluxograma na Figura 2.

### Mosaicos

Para as praias do Estado de Santa Catarina foram utilizadas imagens do satélite QuickBird2, com

resolução espacial de 2,4 a 2,8 metros e capturadas entre 2003 e 2006, disponíveis no software Google Earth. Para o Litoral Norte do Estado de São Paulo foram utilizadas fotografias aéreas verticais coloridas (ortofotos) da CD-teca do INPE, do ano de 2001, com escala 1:25.000 e resolução de cerca de 1 m. Essas imagens foram disponibilizadas em formatos já previamente georeferenciados, com datum *South American Datum 1969*.

As imagens de Santa Catarina foram georeferenciadas em cartas produzidas pela Secretaria de Patrimônio da União (SPU), cujo datum também é o *South American Datum 1969*. Para isso foi utilizado o software ArcMap 8.3, fazendo com que as imagens formem mosaicos contínuos das áreas de estudo. Após o georeferenciamento, foram montadas cartas-imagem de cada praia ou baía, em diferentes escalas, servindo de base para a interpretação das imagens.

### Interpretação de Imagens Aéreas

Para classificar as praias quanto a seu estado morfodinâmico, foram observadas nas imagens as características que permitem distinguir os estados dissipativo, intermediário e refletivo:

#### Praias Dissipativas

Para identificar as praias dissipativas foram observados os seguintes aspectos:

- Presença de Bancos Múltiplos: A detecção dos bancos múltiplos foi feita observando os padrões da espuma deixada pela quebra das ondas, a qual aparece em branco nas imagens pela maior reflexão da energia

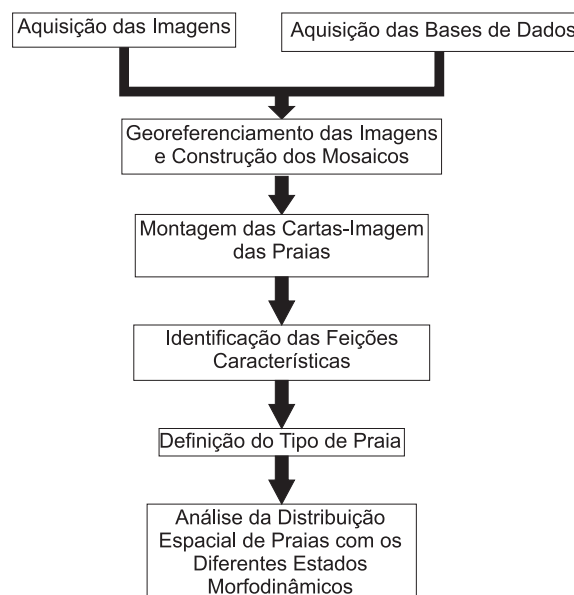


Figura 2 - Fluxograma da metodologia aplicada para a determinação do estado morfodinâmico de praias através da interpretação de imagens aéreas e da análise de sua distribuição espacial por número de praias e pela sua quilometragem.

luminosa; conforme pode ser observado na Figura 3. Os sistemas de bancos múltiplos geram extensas zonas de surfe (> 100 m). Em algumas praias onde não foi possível observar diretamente os bancos ou observou-se apenas um banco, foi adotada a largura/ declividade do pós-praia e da zona de espreadimento para realizar a classificação.

- Zona de Espreadimento extensa (>10 m), indicando a baixa declividade da praia.

#### Praias Intermediárias

As características observadas para a classificação de praias intermediárias foram:

- Presença de Banco Longitudinal, Rítmico ou Transversal: Os bancos foram identificados de duas maneiras: diretamente, no caso das praias onde a turbidez da água na imagem era menos acentuada, pois era

possível observar o banco e sua forma (Figura 4); ou indiretamente, a partir do padrão longitudinal da espuma deixada pela quebra das ondas. Padrões com pontos de quebra (espuma) intercalados com zonas sem quebra são indícios da presença de bancos rítmicos ou transversais, enquanto padrões de quebra de ondas contínuo ao longo da costa são indicativos de banco longitudinal.

- Presença de Cúspides e/ou Mega-Cúspides: As cúspides foram identificadas como sendo feições rítmicas na linha de costa de pequena escala (<100m), conforme ilustrado na Figura 4. Já as mega-cúspides foram identificadas como sendo feições rítmicas na linha de costa de grande escala (>100m).

- Presença de Correntes de Retorno: As correntes de retorno foram observadas pela tonalidade da água próximo à zona de arrebentação. Como elas têm alta

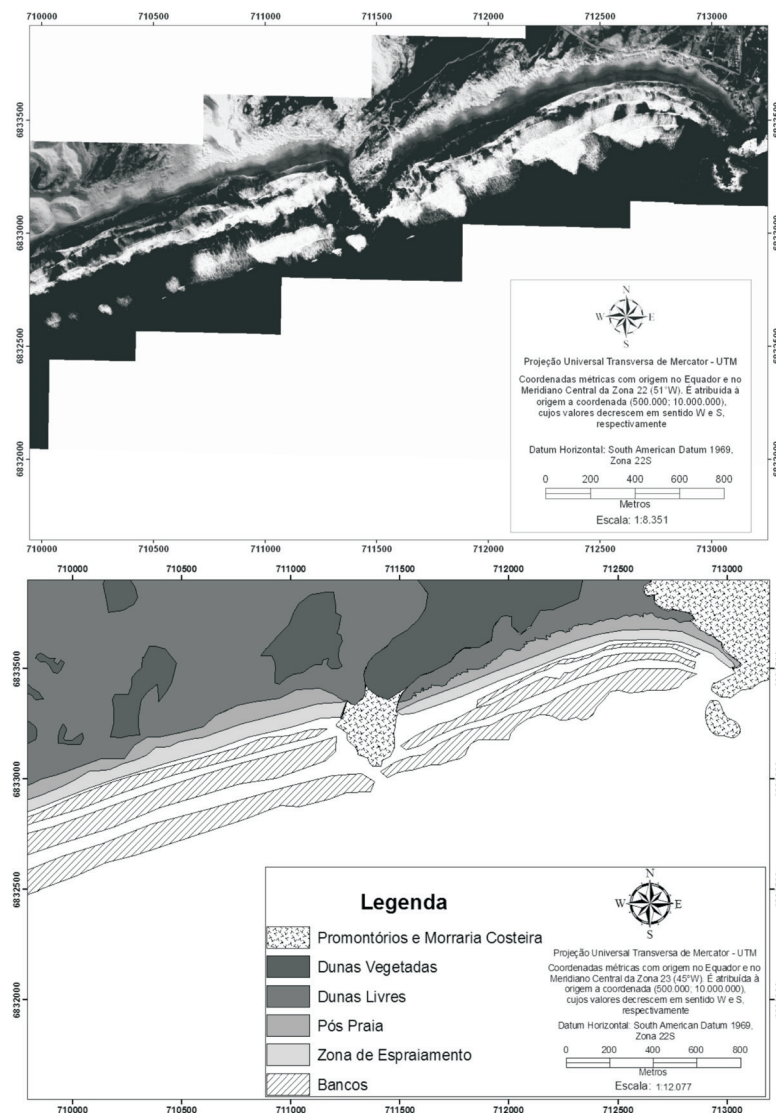


Figura 3 - Exemplo de praia dissipativa com presença de bancos múltiplos. Na porção inferior é apresentada uma carta com o mapeamento das feições observadas nas imagens, com destaque para os campos de dunas vegetadas e livres e dos sistemas de bancos longitudinais múltiplos. Carta-Imagem com imagens do Satélite QUICKBIRD da Praia da Cigana (à Oeste) e do Cardoso (à Leste), em Laguna – SC.



capacidade de transporte, sua presença é associada a tonalidades similares à dos sedimentos da praia, correspondente aos sedimentos em suspensão.

- Zona de Espreadimento Curta (de 5 a 10 m): Indício de declividade moderada.

### Praias Refletivas

As seguintes características foram utilizadas para classificar as praias refletivas:

- Quebra de ondas na base da zona de espreadimento: Como esse tipo de praia não apresenta bancos, a quebra de ondas só ocorre nas proximidades da zona de espreadimento, que é estreita devido à alta declividade da face praial (Figura 5).

- Presença de Cúspides: As cúspides foram identificadas como sendo feições rítmicas na linha de costa com pequena escala (<100m) (Figura 5).

### Limitações da Metodologia

A interpretação de imagens aéreas requer que seja possível ver e distinguir nas imagens as feições que caracterizam cada tipo de praia. Isso faz com que os resultados obtidos com o uso dessa metodologia sejam diretamente influenciados pela resolução e qualidade das imagens, pela cobertura de nuvens, luminosidade, transparência da água e pelas condições de ondas no momento de captura da imagem. Esses fatores influenciam principalmente a interpretação de feições submersas, como os bancos, já que esses podem se tornar invisíveis em condições de ondas muito pequenas e/ou águas muito turvas. Por isso, a classificação do estado morfodinâmico das praias deve levar em consideração a identificação e interpretação do maior número de feições possíveis, com o objetivo de minimizar os erros de classificação que



Figura 4 - Exemplo de praia intermediária com presença de bancos longitudinal, rítmico e transversal. Na porção inferior é apresentada uma carta com o mapeamento das feições observadas nas imagens, com destaque para as variações na morfologia do banco ao longo da praia. Carta-Imagem com fotografia aérea vertical (ortofoto da CD-teca do INPE) da Praia de Maresias, em São Sebastião – SP.

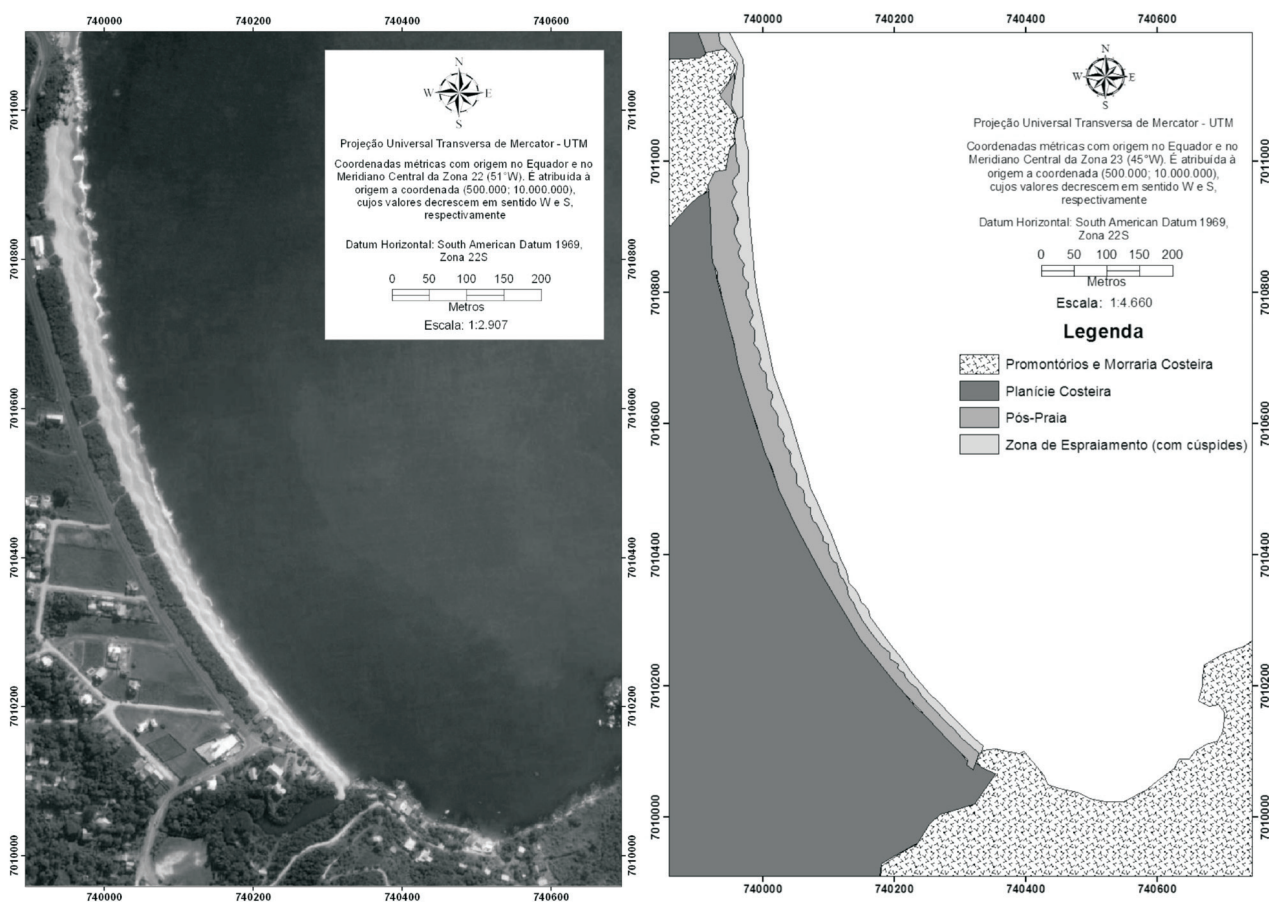


Figura 5 - Exemplo de praia refletiva, mostrando a ausência de bancos, presença de cúspides e a quebra de ondas ascendente na zona de espraimento. À direita é apresentada uma carta com o mapeamento das feições observadas na imagem, com destaque para a presença de cúspides, representadas pelas formas rítmicas na interface zona de espraimento/pós-praia. Carta-Imagem com imagem do Satélite QUICKBIRD da Praia de Taquaras, em Balneário Camboriú – SC

possam ser gerados pela impossibilidade de identificar determinadas feições.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para facilitar a interpretação dos resultados, a costa do Estado de Santa Catarina e do Litoral Norte do Estado de São Paulo foi dividida em setores com características geomorfológicas e dinâmicas similares. Os resultados são apresentados para cada setor (Figura 6).

O litoral de Santa Catarina foi subdividido em três setores: Setor 1: Consiste no trecho entre o Cabo de Santa Marta Grande, no município de Laguna, e a Enseada da Pinheira, no município de Palhoça; Setor 2: Vai da Enseada da Pinheira até a Ponta do Vigia, no município de Penha; Setor 3: Trecho entre a Ponta do Vigia e o extremo Norte da Ilha de São Francisco do Sul.

O litoral Norte do Estado de São Paulo também foi dividido em três Setores: Setor 1: Trecho compreendido entre a Baía de Santos e a Ponta do Apra, no

município de São Sebastião. Setor 2: da Ponta do Apra até a Ponta Grossa, no município de Ubatuba, incluindo a Ilha de São Sebastião. Setor 3: Trecho entre a Ponta Grossa e o limite Norte do Estado de São Paulo.

Os resultados são apresentados com mapas e tabelas com a análise estatística das interpretações para cada setor. A lista das praias com seus resultados individuais da interpretação é disponibilizada no Apêndice A. A numeração das praias indicada nos mapas é correspondente à numeração presente no Apêndice A.

No Apêndice B, são apresentadas as classificações morfodinâmicas publicadas por Klein & Menezes (2001), Klein *et al.* (2005), Giacomini (2006), Abreu de Castilho (1995), Leal (1999), Torronteguy (2002), Faraco (2003) e Oliveira (2004) para Santa Catarina e Souza (1997) e Klein *et al.* (2006) para São Paulo. Também é apresentada a classificação proposta nesse trabalho, para comparação com as demais. A classificação de Tessler *et al.* (2006) para o Litoral Norte do Estado de São Paulo não é apresentada no Apêndice B (pois não é detalhada para cada

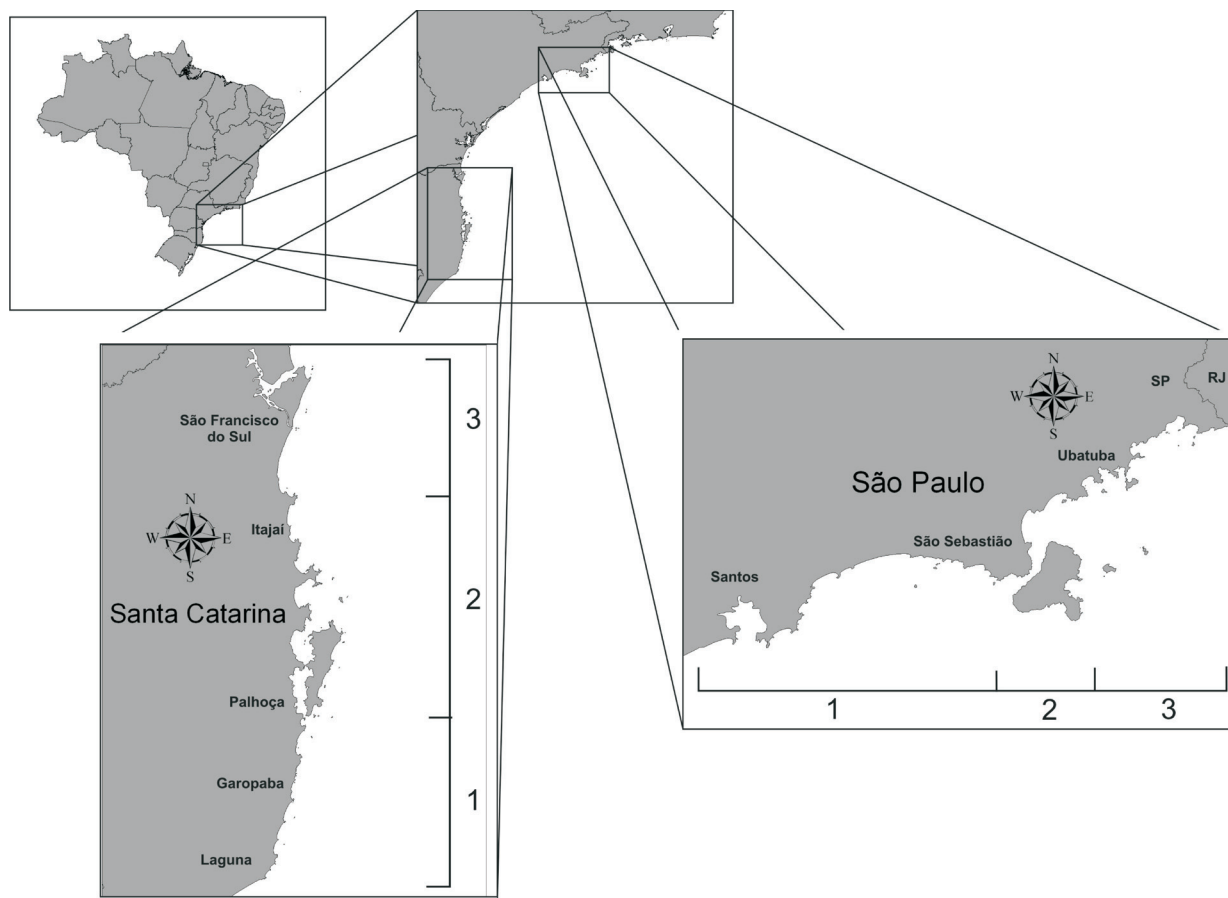


Figura 6 - Mapa das áreas de estudo, mostrando a divisão dos setores do Estado de Santa Catarina e do Litoral Norte de São Paulo.

praia individualmente), sendo descrita para cada setor. Após a apresentação dos resultados, são discutidas as diferenças observadas entre as classificações disponíveis na literatura e a classificação proposta pela interpretação de imagens aéreas.

As diferenças nas classificações podem ser atribuídas às condições meteorológicas e oceanográficas no momento da captura das imagens, que influenciam diretamente a morfodinâmica das praias e a imagem (Figura 7). Além disso, os dados desses trabalhos utilizados na comparação são dados modais de diversos levantamentos, enquanto a classificação proposta por esse trabalho foi desenvolvida com a interpretação de apenas uma série de imagens.

## Estado de Santa Catarina

### Setor 1

No setor 1 foram analisadas 34 praias, cujos resultados são apresentados na Tabela 1 e Figura 8. Foi observado o predomínio de praias dissipativas com múltiplos bancos (dois ou três bancos). Elas se concentram na região dos municípios de Imbituba e Laguna, a qual apresenta extensos campos de dunas na planície costeira adjacente.

As praias intermediárias são o segundo tipo mais freqüente dentre as praias do setor 1. Em todas foram observados bancos, sendo eles predominantemente bancos rítmicos. Foram observadas correntes de retorno e cúspides na maioria das praias intermediárias. Elas se concentram no trecho entre Garopaba e Paulo Lopes. Foi observada apenas uma

Tabela 1 - Resultados da interpretação de imagens aéreas das 34 praias (83 km) do setor 1 do Estado de Santa Catarina.

Estado Morfodinâmico	Percentual de Ocorrência (por n.º de praias)	Percentual de Ocorrência (por km de praias)	Bancos	Correntes de Retorno	Cúspides
Dissipativo	68%	74%	2 Bancos Longitudinais (43%) 3 Bancos Longitudinais (39%)	39%	57%
Intermediário	29%	25%	1 Banco Rítmico (80%)	70%	(Megacúspides) 100%
Refletivo	3%	1%	Ausente (100%)	15%	43%





Figura 7 - Carta-Imagem da Praia Grande em Laguna – SC, onde é possível observar no canto Norte a diferença de imagens com diferentes condições meteorológicas / oceanográficas.

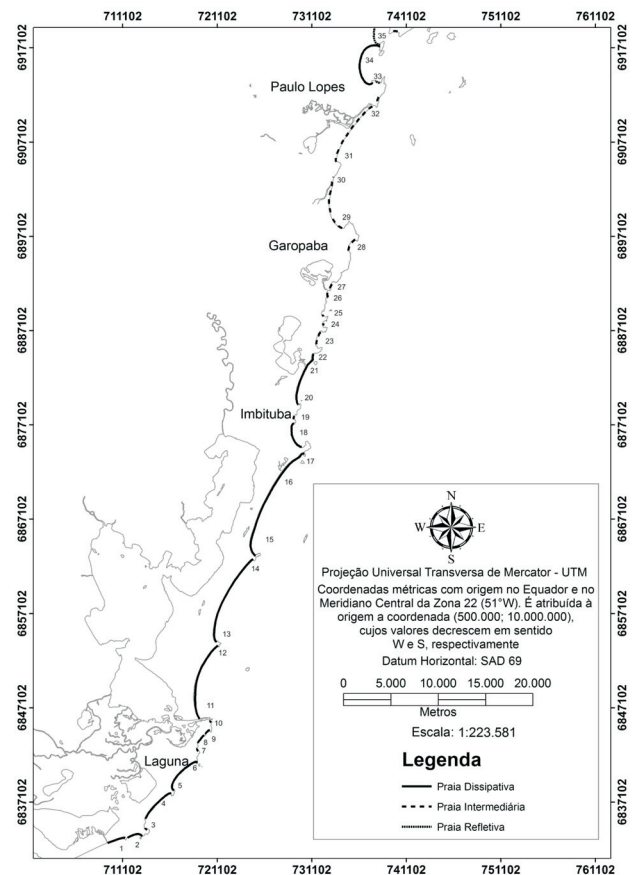


Figura 8 - Carta-Imagem com a classificação morfodinâmica das praias do setor 1 do Estado de Santa Catarina. A numeração das praias é a mesma apresentada na lista de praias do Apêndice A.

praia refletiva, a Praia de Cima, localizada na enseada da Pinheira. Ela se apresentou com cúspides.

No setor 1 de SC ocorre apenas uma diferença entre a classificação apresentada nesse trabalho e a classificação proposta por Klein *et al.* (2005) para 12 praias desse setor. Esses autores classificaram a praia de Garopaba como sendo dissipativa e ela foi interpretada como sendo intermediária, pela presença de bancos rítmicos e de canais de correntes de retorno.

### Setor 2

Foram analisadas 102 praias no setor 2, conforme apresentado na Tabela 2 e Figura 9. Esse setor é dominado por praias refletivas, que se apresentaram com cúspides presentes em um terço delas. Sua predominância ocorre associada às Baías Norte e Sul (entre a Ilha de Santa Catarina e o continente), além da Península de Porto Belo e da Enseada de Tijucas. Esses locais são ambientes abrigados, com o domínio de vagas geradas pelo vento local e com pouca capacidade de retrabalhamento do sedimento mais grosso (exceto em eventos de alta energia). Um exemplo disso é a Enseada de Tijucas, onde há uma praia refletiva associada a uma planície lamosa. De

acordo com Klein & Menezes (2001) e FitzGerald *et al.* (2007), nessa enseada a planície costeira apresenta cordões de cherniers, caracterizados por cristas de areia grossa com biodetrítos (depositada em eventos de alta energia) intercaladas e sobre uma base lamosa (oriunda da carga de sedimentos finos transportados pelo rio Tijucas que se deposita durante os períodos de energia de ondas reduzida). As praias refletivas também são observadas na porção exposta da Ilha de Santa Catarina (e.g. Praia da Armação) e no trecho entre as enseadas de Balneário Camboriú e Itapema, conhecido como Costa Brava.

As praias intermediárias são o segundo tipo mais freqüente no setor 2. Elas se apresentaram sempre com banco, predominantemente na forma de bancos rítmicos. Correntes de retorno e cúspides se fazem presente em diversas praias. Essas praias ocorrem apenas em locais expostos. Já as praias dissipativas são as menos freqüentes, se apresentando na maioria dos casos com 2 bancos longitudinais. Essas praias se encontram associadas a regiões expostas, enseadas semi-expostas ou à foz de rios (e.g. Rio Itajaí-Açu).



Tabela 2 - Resultados da interpretação de imagens aéreas das 104 praias (196 km) do setor 2 do Estado de Santa Catarina.

Estado Morfodinâmico	Percentual de Ocorrência (por n.º de praias)	Percentual de Ocorrência (por km de praias)	Bancos	Correntes de Retorno	Cúspides
Dissipativo	12%	16 %	2 Bancos Longitudinais (58%)	46%	35% (Megacúspides)
Intermediário	24%	26%	1 Banco Rítmico (60%)	68%	56%
Refletivo	64%	58%	Ausente (100%)	5%	34%

Comparando a classificação apresentada por Klein *et al.* (2005) com a classificação aqui proposta, 11 das 32 praias analisadas em ambos os trabalhos apresentam discordância entre as classificações. Elas são as praias do Sonho, Armação, Ingleses, Canasvieiras e Perequê, interpretadas como refletivas e classificadas como dissipativas (todas são praias semi-expostas a abrigadas); Joaquina, Santinho e Atalaia, interpretadas como dissipativas e classificadas como intermediárias (todas com bancos longitudinais); e Caravelas, Palmas, Mariscal e Bombas, interpretadas como intermediárias e classificadas pelos autores como dissipativas (à exceção de Caravelas com um banco longitudinal, todas com um banco rítmico).

A classificação proposta por Klein & Menezes (2001) para 18 praias do Litoral Centro-Norte de Santa Catarina apresenta apenas duas discordâncias em relação à classificação apresentada nesse trabalho. Elas são as praias de Mariscal, interpretada como intermediária pela presença de um banco rítmico e classificada pelos autores como dissipativa, e a praia de Laranjeiras, interpretada como dissipativa sem banco (abrigada) e classificada como refletiva a intermediária.

Para a Ilha de Santa Catarina, existem trabalhos pontuais como os de Abreu de Castilhos (1995) para a praia da Armação, Leal (1999) para a praia de Moçambique, Torronteguy (2002) para as praias da Joaquina e do Campeche, Faraco (2003) para a praia

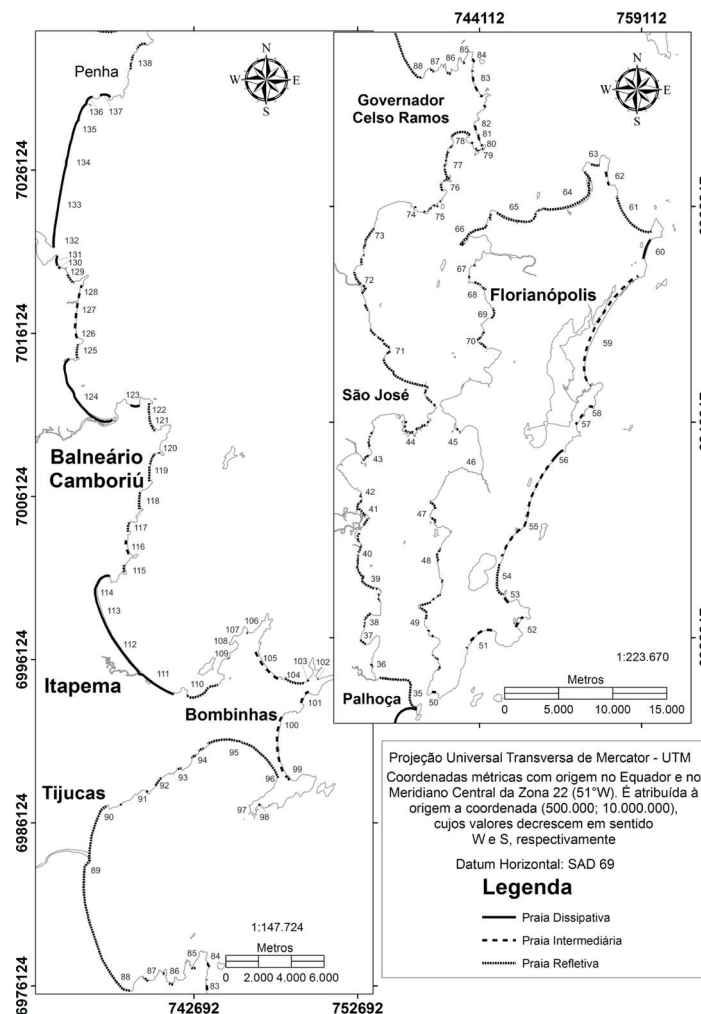


Figura 9 - Carta-Imagem com a classificação morfodinâmica das praias do setor 2 do Estado de Santa Catarina. A numeração das praias é a mesma apresentada na lista de praias do Apêndice A.

dos Ingleses e Oliveira (2004) para a praia de Pântano do Sul. Além destes trabalhos, Giacomini (2006) apresenta um atlas morfodinâmico para as praias da Ilha de Santa Catarina. Entre os trabalhos pontuais, apenas duas diferenças foram observadas. Abreu de Castilhos (1995) classificou a praia da Armação como refletiva com canto sul intermediário, enquanto a praia foi interpretada apenas como refletiva pela ausência de bancos e zona de espraiamento estreita. Já Faraco (2003) classificou a praia dos Ingleses como intermediária e ela foi interpretada como refletiva. O atlas morfodinâmico de Giacomini (2006) incorpora essas classificações pontuais com dados de campo e propõe sua própria classificação. Dentre as 26 praias analisadas por ambos os trabalhos, apenas 6 discordam: Santinho (interpretada como dissipativa pela

presença de dois bancos longitudinais e classificada como intermediária), Ingleses (interpretada como refletiva pela ausência de bancos e classificada como dissipativa a intermediária), Lagoinha, Canasvieiras, Jurerê e Daniela (praias abrigadas interpretadas como refletivas e classificadas como dissipativas).

### Setor 3

No setor 3 foram analisadas 20 praias (Figura 10), cujos resultados são apresentados na Tabela 3. As praias refletivas são as mais frequentes, apresentando cúspides em sua maioria. Como são praias com grau de exposição alto a moderado, acredita-se que seu estado morfodinâmico seja mais dependente do tipo de sedimento do que do grau de proteção.

Tabela 3 - Resultados da interpretação de imagens aéreas das 20 praias (85 km) do setor 3 do Estado de Santa Catarina.

Estado Morfodinâmico	Percentual de Ocorrência (por n.º de praias)	Percentual de Ocorrência (por km de praias)	Bancos	Correntes de Retorno	Cúspides
Dissipativo	5%	1 %	1 Banco Longitudinal (100%)	100%	0%
Intermediário	20%	43%	1 Banco Rítmico (66%)	100%	33%
Refletivo	75%	56%	Ausente (100%)	60%	73%

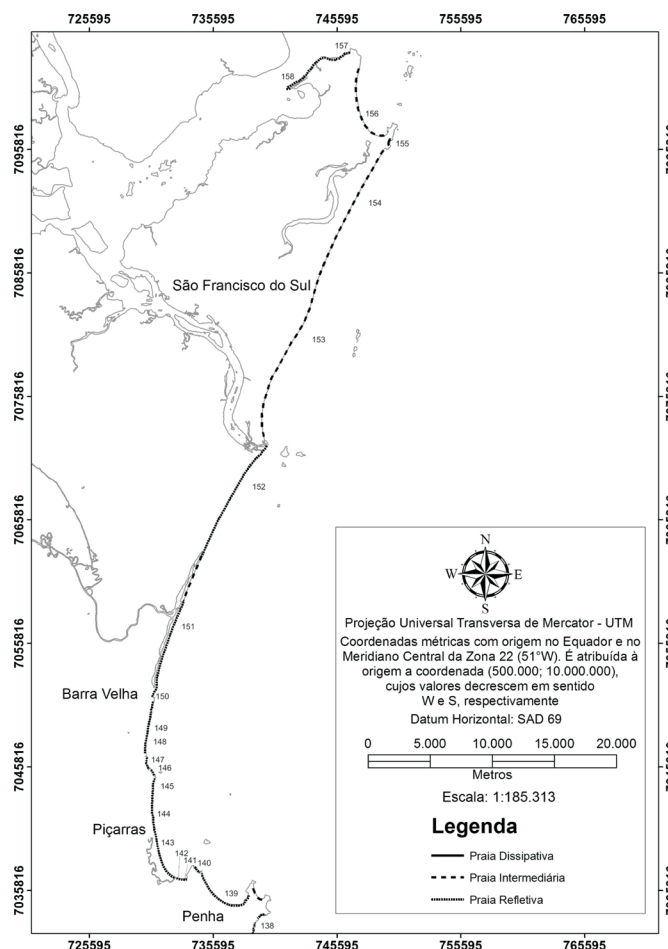


Figura 10 - Carta-Imagem com a classificação morfodinâmica das praias do setor 3 do Estado de Santa Catarina. A numeração das praias é a mesma apresentada na lista de praias do Apêndice A.

Praias intermediárias são o segundo estado morfodinâmico mais freqüente no setor 3, apresentando-se sempre com bancos rítmicos e correntes de retorno. Apenas a Prainha de São Francisco do Sul é dissipativa, apresentando 1 banco longitudinal e correntes de retorno.

Das 14 praias do Setor 3 analisadas por Klein *et al.* (2005), 6 apresentam discordância em relação à classificação aqui proposta. As praias de Piçarras, Palmeiras, Tabuleiro, Costão e Barra do Sul foram interpretadas como sendo refletivas e classificadas pelos autores como intermediárias. Já a praia de Itaguaçu e Ubatuba foi interpretada como intermediária por apresentar bancos rítmicos e transversais. Comparando com a classificação de Klein & Menezes (2001) para 4 praias do setor 3, foi observada apenas

uma discordância, na praia da Armação do Itapocorói, interpretada como refletiva e classificada pelos autores como intermediária.

### Litoral Norte do Estado de São Paulo

#### Setor 1

Os resultados da interpretação das 32 praias do setor 1 do litoral Norte do Estado de São Paulo são apresentados na Tabela 4 e na Figura 11. As mais freqüentes são as praias dissipativas que apresentam predominantemente 1 banco longitudinal, mas foram observados até 4 bancos (Praia da Baleia em São Sebastião). Essas praias são mais freqüentes nos trechos expostos, mas também ocorrem em porções abrigadas.

Tabela 4 - Resultados da interpretação de imagens aéreas das 32 praias (81 km) do setor 1 do Litoral Norte de São Paulo

Estado Morfodinâmico	Percentual de Ocorrência (por n.º de praias)	Percentual de Ocorrência (por km de praias)	Bancos	Correntes de Retorno	Cúspides
Dissipativo	53%	74 %	1 Banco Longitudinal (53%)	30%	35% (Megacúspides)
Intermediário	19%	15%	1 Banco Rítmico (67%)	33%	0%
Refletivo	28%	11%	Ausente (100%)	0%	11%

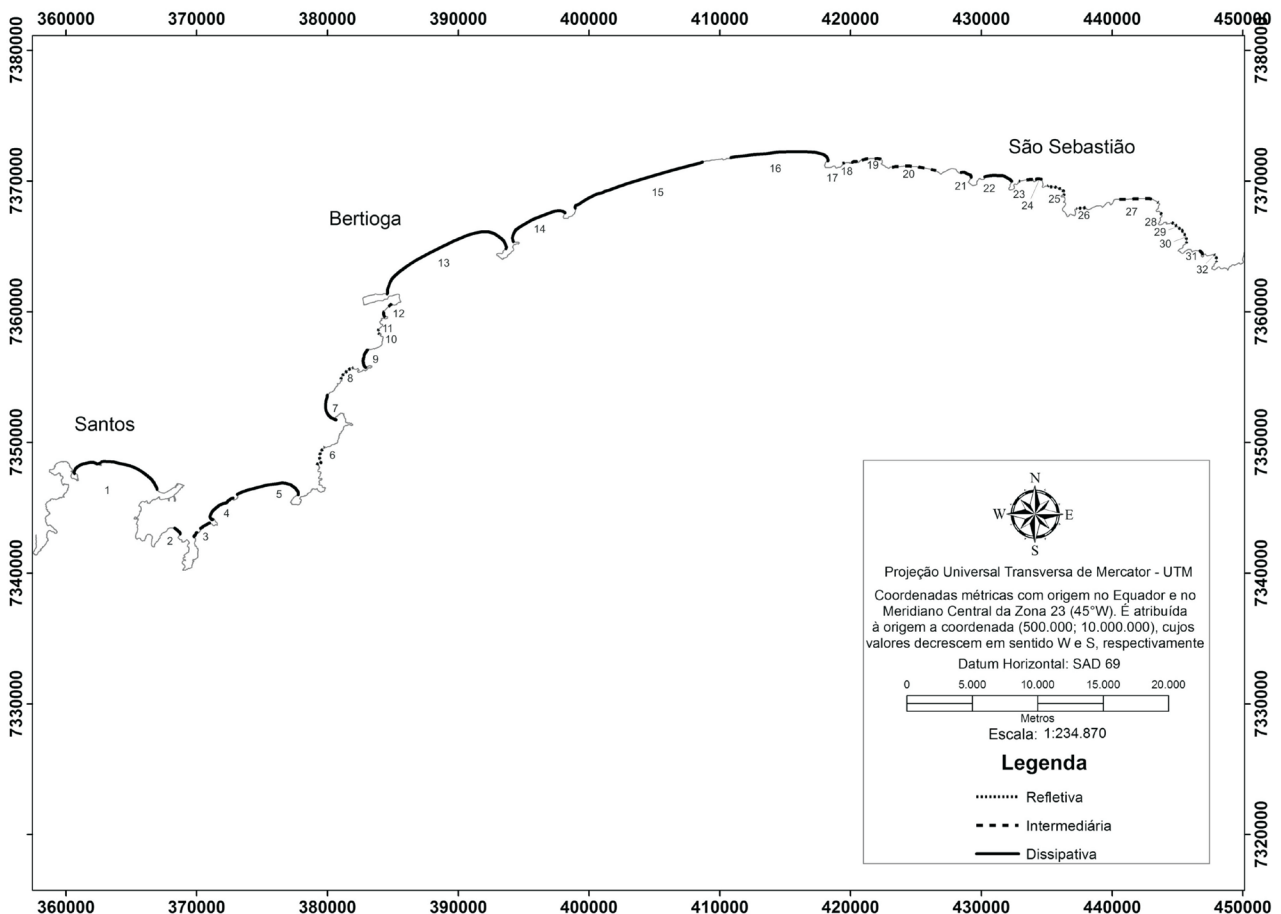


Figura 11 - Carta-Imagem com a classificação morfodinâmica das praias do setor 1 do Litoral Norte de São Paulo. A numeração das praias é a mesma apresentada na lista de praias do Apêndice A.

O segundo estado morfodinâmico mais freqüente são as praias refletivas, ocorrendo tanto em locais expostos quanto abrigados. Já as praias intermediárias são as menos freqüentes, contendo principalmente um único banco rítmico.

Comparando a classificação apresentada nesse trabalho com a classificação proposta para 20 praias do Setor 1 por Souza (1997), observa-se discordância em 5 praias. As praias de Guaiúba, Tombo, Baleia e Camburizinho (todas com bancos longitudinais, chegando a 4 na praia da Baleia) foram interpretadas como dissipativas e classificadas pela autora como intermediárias à refletivas. Já a praia de Pernambuco foi interpretada como refletiva pela ausência de bancos e classificada como dissipativa.

Outro trabalho utilizado na comparação foi o de Tessler *et al.* (2006), que apresentam uma revisão sobre as características geomorfológicas do litoral paulista, focando especialmente nos processos erosivos que ocorrem nesse litoral. Esses autores não realizaram uma análise individual das praias, mas apresenta descrições das características morfodinâmicas de setores do litoral. A descrição dos setores apresentados pelos autores coincide com a classificação apresentada nesse trabalho para o setor 1 de SP: praias dissipativas na Baía de Santos e praias de enseada com morfodinâmica variada de Guarujá a Bertioga, em função de suas dimensões, exposição aos trens de ondas incidentes e proximidade do embasamento cristalino. Os autores indicam que as praias entre Bertioga e Barra do Una possuem características dissipativas a intermediárias, enquanto as praias de pequenas dimensões entre Jaqueí a Toque-toque Grande apresentam estados morfodinâmicos distintos.

### Setor 2

No setor 2 foram analisadas 52 praias, sendo os resultados apresentados na Tabela 5 e na Figura 12. Observa-se um amplo domínio de praias refletivas, associado à Ilha de São Sebastião e ao Canal de São Sebastião, que geram uma zona abrigada e com dinâmica de baixa energia.

As demais praias do setor são praias dissipativas, ocorrendo tanto em regiões expostas quanto abrigadas. Em sua maioria não apresentaram banco visível, devido à proteção das ondulações mais energéticas gerada pela Ilha de São Sebastião e à baixa dinâmica presente no momento da captura da imagem. Esse setor não apresentou praias intermediárias.

No setor 2, a única diferença em relação à classificação de Souza (1997) para 9 praias é para a praia de Tabatinga, interpretada como refletiva pela ausência de bancos e classificada pela autora como intermediária a dissipativa. Tessler *et al.* (2006) apresentam diferença na classificação da praia de Caraguatatuba.

Eles a classificaram como intermediária com uma planície lamosa no canto sul e ela foi interpretada como dissipativa (três bancos longitudinais) com planície lamosa. Eles também indicam a ocorrência de praias de areia fina a grossa e com declividades variadas no Canal de São Sebastião, praias íngremes na porção exposta da Ilha de São Sebastião, praias de enseada com morfodinâmica variada entre Mococa e Tabatinga e classificam a praia de Massaguaçu como refletiva; mas todas essas indicações concordam com a classificação interpretada nesse Estado.

### Setor 3

Foram analisadas 49 praias no setor 3 e seus resultados são apresentados na Tabela 6 e na Figura 13. O estado morfodinâmico predominante é de praias dissipativas, principalmente com 1 banco longitudinal. Algumas praias dissipativas abrigadas apresentaram cúspides de pequena escala. Esse tipo de praia ocorre em todas as baías do setor, tendo pouca relação com o grau de exposição das faces praias ao oceano aberto.

As praias refletivas são o segundo estado mais freqüente, encontrando-se predominantemente nas porções mais abrigadas das baías. Já as praias intermediárias são as menos freqüentes, sendo caracterizadas pela presença de 1 banco rítmico e ocorrência de correntes de retorno. Essas praias ocorrem apenas nas regiões expostas.

Das 19 praias do setor 3 analisadas por Souza (1997), apenas três foram classificadas diferentemente da classificação apresentada nesse trabalho. Essas diferenças estão nas praias de Cruzeiro e Itaguá, Vermelha do Norte e Itamambuca (canto Sul), todas interpretadas como dissipativas e classificadas pela autora como refletivas a intermediárias. Analisando os dados de campo de Klein *et al.* (2006) de 18 praias do setor 3, observa-se a discordância da classificação de 6 praias com a classificação aqui proposta: Prumirim e Puruba, interpretadas como intermediárias e classificadas como refletivas pelos autores, e Brava do Almada, Picinguaba, Brava de Camburi e Camburi, interpretadas como dissipativas e classificadas como intermediárias. Tessler *et al.* (2006) afirmam que a morfodinâmica das praias desse setor são dependentes do grau de exposição aos trens de ondas incidentes.

## CONCLUSÕES

Analisando os resultados das 291 praias analisadas, pode-se concluir que:

Regiões com baixa dinâmica tendem a ser dominadas por praias refletivas. Contudo, praias dissipativas podem ser observadas desde que haja disponibilidade de sedimento fino, seguindo o Modelo



Tabela 5 - Resultados da interpretação de imagens aéreas das 52 praias (52 km) do setor 2 do Litoral Norte de São Paulo.

Estado Morfodinâmico	Percentual de Ocorrência (por n.º de praias)	Percentual de Ocorrência (por km de praias)	Bancos	Correntes de Retorno	Cúspides
Dissipativo	31%	44 %	Ausente (62%)	0%	0%
Intermediário	0%	0%	-	-	-
Refletivo	69%	56%	Ausente (100%)	0%	3%

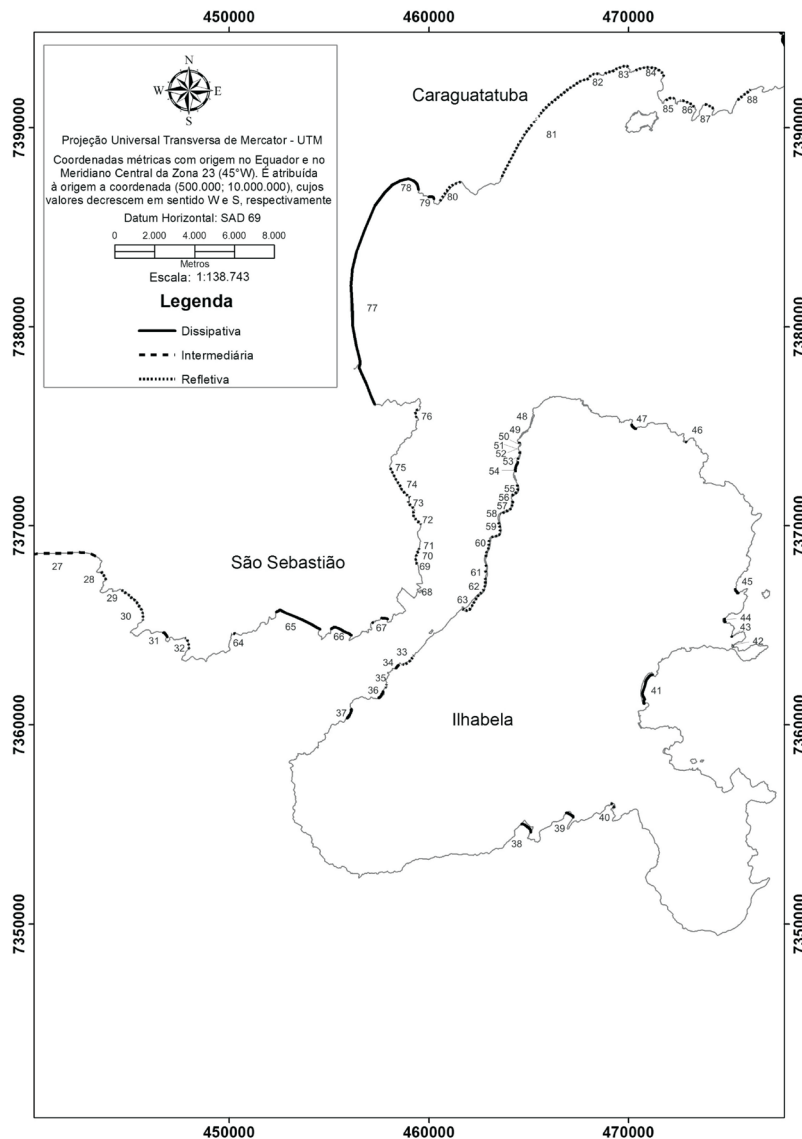


Figura 12 - Carta-Imagem com a classificação morfodinâmica das praias do setor 2 do Litoral Norte de São Paulo. A numeração das praias é a mesma apresentada na lista de praias do Apêndice A.

Seqüencial de Perfil Praial, proposto por Klein & Menezes (2001). As praias intermediárias ocorrem apenas nas porções expostas do litoral;

Observou-se a coincidência da interpretação de imagens aéreas com: (1) a classificação proposta para o litoral Centro-Norte catarinense por Klein & Menezes (2001) (com apenas 3 exceções); (2) 77% da classificação das praias da Ilha de Santa Catarina de Giacomini (2006); (3) classificação proposta por Oliveira (2004) para a praia de Pântano do Sul, (4) Leal

(1999) para a praia de Moçambique e (5) Torronteguy (2002) para as praias da Joaquina e do Campeche; (6) 69% da classificação de Klein *et al.* (2005) de 58 praias do litoral de Santa Catarina; (7) 77% dos dados de campo de Klein *et al.* (2006) sobre 18 praias do setor 3 do Litoral Norte do Estado de São Paulo; (8) classificação de Tessler *et al.* (2006) (com apenas 1 exceção) para setores do Litoral Norte de São Paulo e (9) com 81% da classificação proposta por Souza (1997) para 48 praias do litoral Norte paulista. Com

Tabela 6 - Resultados da interpretação de imagens aéreas das 49 praias (46 km) do setor 3 do Litoral Norte de São Paulo.

Estado Morfodinâmico	Percentual de Ocorrência (por n.º de praias)	Percentual de Ocorrência (por km de praias)	Bancos	Correntes de Retorno	Cúspides
Dissipativo	53%	77 %	2 Bancos Longitudinais (45%) 3 Bancos Longitudinais (24%)	46%	26%
Intermediário	14%	11%	1 Banco Rítmico (68%)	71%	(Megacúspides) 0%
Refletivo	33%	12%	Ausente (100%)	15%	25%

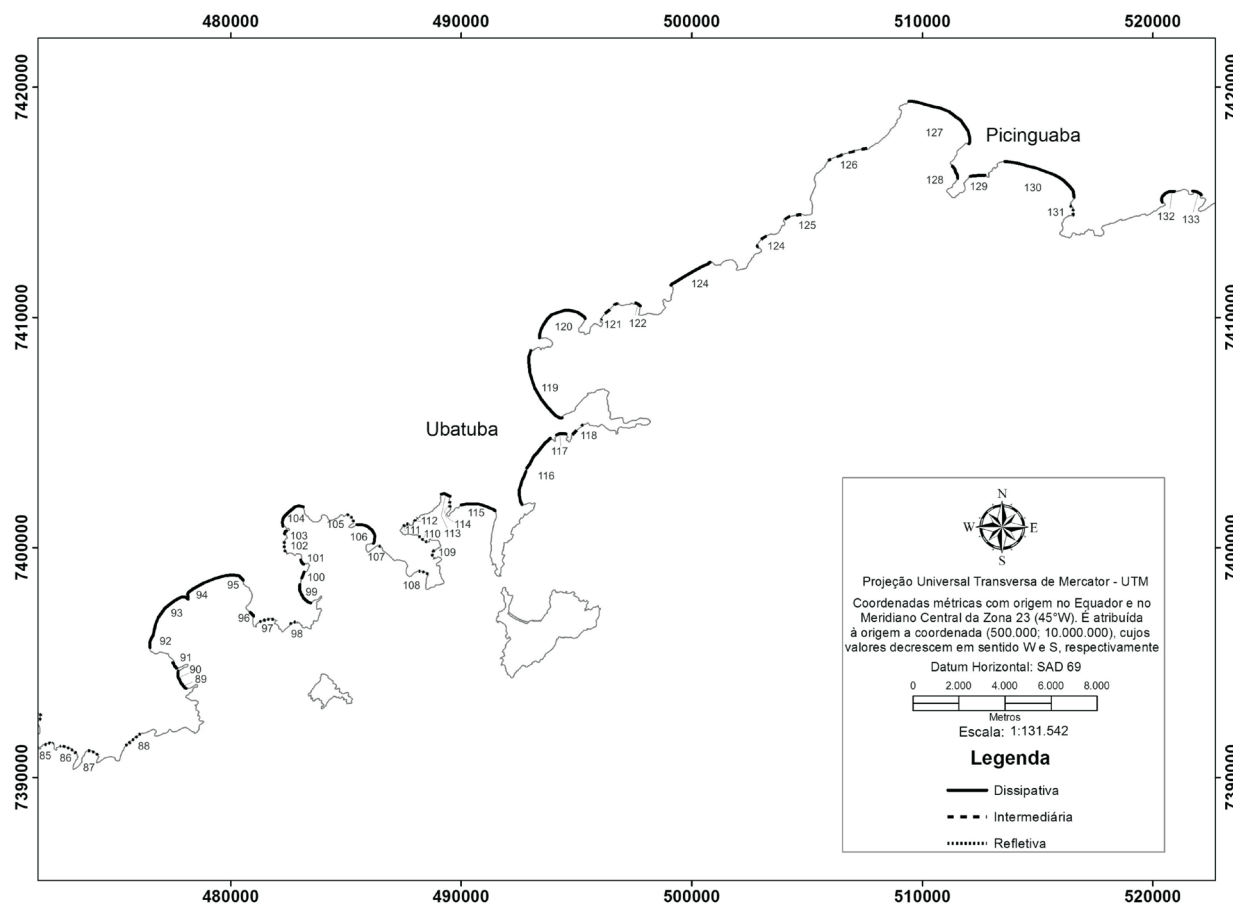


Figura 13 - Carta-Imagem com a classificação morfodinâmica das praias do setor 3 do Litoral Norte de São Paulo. A numeração das praias é a mesma apresentada na lista de praias do Apêndice A.

isso é possível concluir que a interpretação de imagens aéreas é um excelente método para determinar indiretamente o estado morfodinâmico de praias, desde que se tenha boas imagens e um interprete treinado e com experiência;

A interpretação das imagens representa, apenas, o momento de captura da imagem. Variações no estado de mar ou nas condições meteorológicas podem influenciar a praia e a imagem, influenciando conseqüentemente a sua interpretação. Praias intermediárias podem ter sua morfodinâmica alterada com variações na altura das ondas incidentes;

Os resultados apresentados são oriundos de uma única série de imagens. Do ponto de vista modal, a análise de uma série temporal de imagens aéreas

produziria resultados mais confiáveis; similarmente ao que é feito nos estudos de morfodinâmica baseados nas variações da morfologia (e.g. perfis praiais);

A principal limitação desse trabalho está associada à determinação do estado morfodinâmico de praias em regiões abrigadas (e.g. Baías Norte e Sul e Canal de São Sebastião), pois como a dinâmica nesses ambientes é pequena, as feições analisadas para a classificação podem se apresentar em uma escala tão pequena que não é distinguível dependendo da resolução das imagens. As principais coincidências entre as classificações proposta e disponível na literatura estão associadas às praias expostas, cuja interpretação costuma ser mais simples e clara.

A metodologia de classificação de praias através da interpretação de imagens aéreas é uma ferramenta que pode ser muito útil para o desenvolvimento de planos de gerenciamento costeiro, incluindo estudos de sensibilidade a derramamentos de óleo (Cartas SAO), de ecologia de praias e até mesmo no auxílio na definição do tipo de uso e ocupação do solo de diferentes áreas dentro de planos diretores de municípios costeiros, principalmente devido ao seu baixo custo e da rápida obtenção dos resultados da análise.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Professor Dr. Douglas Gherardi do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo fornecimento de fotografias aéreas do Litoral Norte do Estado de São Paulo, ao professor Dieter Muehe (UFRJ) pela revisão do manuscrito inicial e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/UNIVALI) pelo financiamento de uma Bolsa de Iniciação Científica concedida a um dos autores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu de Castilhos, J.A. (1995) Estudo evolutivo, sedimentológico e morfodinâmico da praia da Armação – Ilha de Santa Catarina – Florianópolis – SC. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina. 134 p.
- Calliari, L.J.; Muehe, D.; Hoefel, F. & Toldo, E. (2003) Morfodinâmica praial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 51: 63-78.
- Carter, R. W. G. (1991). *Coastal Environments: an Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines*. 3. ed. London: Academic Press.
- Carvalho, J.L.B, Klein, A.H.F, Schettini, C.A.F. & Jabor, P.M., (1996) Marés meteorológicas em Santa Catarina: Influência do vento na determinação de parâmetros de projeto para obras costeiras. In: *Proceedings III Simpósio sobre Oceanografia*, São Paulo, p 380.
- Emery, K.O. & Kuhn, G.G. (1982) Sea cliffs: their processes, profiles and classification. *Geological Society of America Bulletin* 93(7): 644-654.
- Faraco, K.R. (2003). Comportamento morfodinâmico e sedimentológico da Praia dos Ingleses - Ilha de Santa Catarina - SC, durante o período de 1996 - 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina. 119 p.
- FitzGerald, D.M., Cleary, W.J., Buynevich, I.V., Hein, C.J., Klein, A.H.F., Asp, N. & Angulo, R. (2007) Strandplain evolution along the southern coast of Santa Catarina, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 50: 152-156
- Giacomini, J. (2006) Atlas Morfodinâmico das Praias Arenosas da Ilha de Santa Catarina, Brasil. Monografia (Graduação em Oceanografia) – UNIVALI.
- Guia Quatro Rodas Praias (2006) Abril: São Paulo. 258p.
- Hsu, J.R. C; Benedet, L; Klein, A. H. F.; Raabe, A. L. A.; Tsai, C-P. & Hsu, T-W. (2008) Appreciation of Static Bay Beach Concept for Coastal Management and Protection. *Journal of Coastal Research*, 24(1): 198-215.
- Klein, A. H. F. (2004) Morphodynamics of Headland Bay Beaches: Examples from the coast of Santa Catarina State, Brazil. Tese – Universidade do Algarve. Faro, 218 pp.
- Klein, A. H. F. & Menezes, J. T. (2001) Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast. *Journal of Coastal Research* 17(4): 812-835.
- Klein, A. H. F.; Mocellim O.; Menezes, J. T.; Berbilli, M.; Vintém, G.; Dafferner, G.; Diehl, F. L.; Sperb, R. M. & Santana, G. G. (2005) Beach Safety Management on the Coast of Santa Catarina, Brazil. *Z. Geomorph. N.F.* 141: 47-58.
- Klein, A.H.F.; Tessler, M.G.; Silva, G.V. & Nuber, E. (2006) Análise da Viabilidade de Interpretação Morfodinâmica de Praias Arenosas Através de Fotografias Aéreas: Exemplos do Litoral Norte do Estado de São Paulo. In: *Resumos III Simpósio Brasileiro de Oceanografia*, 2006. São Paulo.
- Leal, P.C. (1999) Sistema Praial Moçambique - Barra da Lagoa, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil: Aspectos Morfológicos, Morfodinâmicos, Sedimentológicos e Ambientais. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina, 132 p.
- Oliveira, U.R. (2004) Comportamento morfodinâmico e granulometria do arcopraial Pântano do Sul - Açores, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina, 102 p.
- Schettini, C.A.F, Carvalho, J.L.B. & Jabor, P. (1996) Comparative hydrology and suspended matter distribution of four estuaries in Santa Catarina State – southern Brazil. In: *Proceedings, Workshop on Comparative Studies of Temperate Coast Estuaries*. Bahia Blanca.
- Short, A. D. (Ed.). (1999) *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. New York, Wiley. 379pp.
- Short, A. D. (2006) Australian Beach Systems – Nature and Distribution. *Journal of Coastal Research*, 22: 11-27.

- Souza, C. R. G. (1997) As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo. Tese – Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Suguio, K. & Martin, L. (1978) Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense (Quaternary marine formations of the State of São Paulo and southern Rio de Janeiro). In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. SBG/IGUSP, Special Publication n° 1. São Paulo. 55 p.
- Tessler, M. G. & Cazzoli y Goya, S. (2005) Processos Condicionantes do Litoral Brasileiro. Revista do Departamento de Geografia 17: 11-23.
- Tessler, M. G.; Cazzoli y Goya, S.; Yoshikawa, P. S. & Hurtado, S. N. (2006). São Paulo. In: MUEHE, D. (2006). Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro. 1ª Ed. MMA, Brasília.
- Torrenteguy, M.C. (2002) Sistema Joaquina – Morro das Pedras e praias adjacentes da costa leste da Ilha de Santa Catarina: aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e fatores condicionantes. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina. 158 p.
- Wright, L.D. & Short, A.D. (1984) Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis. Marine Geology, 56: 93-118.

Submetido: Abril/2010  
Revisado: Setembro/2010  
Aceito: Dezembro/2010