Mainara da Rocha Karniol-Marquez

Morfodinâmica de um segmento da praia da Ilha Comprida,
litoral sul do Estado de São Paulo

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico
da Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre em
Ciências, área de Oceanografia Química e Geológica

Orientador:

Prof. Dr. Michel Michaelovitch de Mahiques

SÃO PAULO

2007

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	01
1.1 Considerações iniciais	01
1.2 Trabalhos sobre morfodinâmica em praias	02
2. OBJETIVOS	05
3. ÁREA DE ESTUDO	06
3.1 Localização	06
3.2 Geologia da zona costeira sul paulista: evolução geral da área	07
3.3 Geomorfologia da zona costeira sul paulista: evolução geral da área	09
3.4 Planície Cananéia-Iguape	11
3.5 Praia da Ilha Comprida	17
3.6 Plataforma continental	20
3.7 Zona costeira sul paulista: oceanografia e meteorologia	21
4. MÉTODOS	25
4.1 Embasamento teórico	25
4.1.1 <i>Processos sedimentares em praias</i>	25
4.1.2 <i>Feições morfológicas de praias associadas aos agentes marinhos – ondas e marés</i>	28
4.1.3 <i>Utilização de Diferencial Global Positioning System / DGPS em levantamentos em praias</i>	29
4.1.4 <i>Granulometria</i>	31
4.1.5 <i>Sonar de varredura lateral, ecossonda e Roxann</i>	31
4.1.6 <i>Dados meteorológicos</i>	32
4.2 Atividades realizadas na elaboração da pesquisa	33
4.2.1 <i>Atividades de campo</i>	33
4.2.1.1 <i>Criação de um Ponto Fixo em Cananéia</i>	33
4.2.1.2 <i>Aquisição de dados na praia da Ilha Comprida</i>	34
4.2.1.3 <i>Aquisição de dados na porção submersa da praia da Ilha Comprida</i>	36
4.2.2 <i>Atividades de escritório e laboratório</i>	36
5. RESULTADOS	38
5.1 MAIO DE 2005	38

	Pág.
5.1.1 Condições meteorológicas e hidrodinâmicas – outono/2005.....	38
5.1.2 Porção emersa – outono/2005.....	44
5. AGOSTO DE 2005.....	53
5.2.1 Condições meteorológicas e hidrodinâmicas – inverno/2005.....	53
5.2.2 Porção emersa – inverno/2005.....	59
5.2.3 Porção submersa – inverno/2005.....	67
5.3 NOVEMBRO DE 2005.....	70
5.3.1 Condições meteorológicas e hidrodinâmicas – primavera/2005.....	70
5.3.2 Porção emersa – primavera/2005.....	76
5.4 JANEIRO DE 2006.....	84
5.4.1 Condições meteorológicas e hidrodinâmicas – verão/2006.....	84
5.4.2 Porção emersa – verão/2006.....	90
5.4.3 Porção submersa – verão/2006.....	100
6. DISCUSSÃO.....	103
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	110
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Localização da área de estudo.....	08
Figura 02. Representação esquemática e distribuição espacial dos quatro tipos mais comuns de associação morfológica entre o campo de dunas frontais e o prisma praial adjacente na Ilha Comprida(extraído de Nascimento Jr., 2006).....	19
Figura 03. Terminologia de ambientes e subambientes litorâneos.....	27
Figura 04. Comparação dos perfis topográficos obtidos com a utilização de métodos convencionais de levantamento e pelo modo <i>Stop and Go</i> do DGPS	30
Figura 05. Sistemas meteorológicos que atingiram a costa brasileira em maio de 2005 (INPE, 2006).....	39
Figura 06. Altura significativa e direção de onda para os dias 16, 18 e 20, 21, 23 e 25 de maio de 2005 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	40
Figura 07. Período médio para os dias 16, 18 e 20, 21, 23 e 25 de maio de 2005 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	41
Figura 08. Período de pico para os dias 16, 18 e 20, 21, 23 e 25 de maio de 2005 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	42
Figura 09. velocidade e direção do vento para os dias 16, 18 e 20, 21, 23 e 25 de maio de 2005 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	43
Figura 10. Topografia da Praia em 18/05/2005.....	45
Figura 11. Topografia da Praia em 21/05/2005.....	46
Figura 12. Topografia da Praia em 23/05/2005.....	47
Figura 13. Topografia da Praia em 25/05/2005.....	48
Figura 14.. Diferenças altimétricas entre os dias 18/05/2005 e 25/05/2005....	49
Figura 15. Perfis topográficos 1, 2, 3 e 4 para os dias 18, 21, 23 e 25 de maio de 2005.....	52
Figura 16. Sistemas meteorológicos que atingiram a costa brasileira em agosto de 2005 (INPE, 2006).....	54

Figura 17. Altura significativa e direção de onda para os dias 03, 05 e 06, 08, 09 e 10 de agosto de 2006 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	55
Figura 18. Período médio para os dias 03, 05 e 06, 08, 09 e 10 de agosto de 2006 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	56
Figura 19. Período de pico para os dias 03, 05 e 06, 08, 09 e 10 de agosto de 2006 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	57
Figura 20. Velocidade e direção do vento para os dias 03, 05 e 06, 08, 09 e 10 de agosto de 2005 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	58
Figura 21. Topografia da Praia em 05/08/2005.....	60
Figura 22. Topografia da Praia em 06/08/2005.....	61
Figura 23. Topografia da Praia em 09/08/2005.....	62
Figura 24. Diferenças altimétricas entre os dias 05/08/2006 e 06/08/2005.....	64
Figura 25. Diferenças altimétricas entre os dias 06/08/2006 e 09/08/2005.....	64
Figura 26. Perfis topográficos 1, 2, 3 e 4 para os dias 05, 06 e 09 de agosto de 2005.....	66
Figura 27. Batimetria da porção submersa para o dia 03/08/2005, entre a face litorânea e costa afora, adjacente à porção emersa da praia da Ilha Comprida.	67
Figura 28. Dados de Roxann da porção submersa para o dia 03/08/2005, entre a face litorânea e costa afora adjacente à porção emersa da praia da Ilha Comprida.....	69
Figura 29. Sistemas Meteorológicos que atingiram a costa brasileira em novembro de 2005 (INPE, 2006).....	71
Figura 30. Altura significativa e direção de onda para os dias 12, 13 e 14, 15, 16 E 17 de novembro de 2005 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	72
Figura 31. Período médio para os dias 12, 13 e 14, 15, 16 E 17 de novembro de 2005 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	73
Figura 32. Período de pico para os dias 12, 13 e 14, 15, 16 E 17 de novembro de 2005 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	74
Figura 33. Velocidade e direção do vento para os dias 12, 13 e 14 de novembro de 2005 (Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE).....	75

	Pág.
Figura 34. Topografia da Praia em 12/11/2005.....	77
Figura 35. Topografia da Praia em 13/11/2005.....	78
Figura 36. Topografia da Praia em 14/11/2005.....	79
Figura 37. Topografia da Praia em 15/11/2005.....	80
Figura 38. Topografia da Praia em 17/11/2005.....	81
Figura 39. Perfis topográficos 1, 2, 3 e 4 para os dias 12, 13, 14, 15 E 17 de novembro de 2005.....	83
Figura 40. Sistemas meteorológicos que atingiram a costa brasileira em janeiro de 2006 (INPE, 2006).....	85
Figura 41. Altura significativa e direção de onda para os dias 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 de janeiro de 2006.....	86
Figura 42. Período médio para os dias 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 de janeiro de 2006.....	87
Figura 43. Período de pico para os dias 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 de janeiro de 2006.....	88
Figura 44. Velocidade e direção do vento para os dias 24, 25 , 26, 27, 28, 29, 30 de janeiro de 2006.....	89
Figura 45. Topografia da Praia em 24/01/2006.....	90
Figura 46. Topografia da Praia em 25/01/2006.....	91
Figura 47. Topografia da Praia em 26/01/2006.....	92
Figura 48. Topografia da Praia em 27/01/2006.....	93
Figura 49. Topografia da Praia em 28/01/2006.....	94
Figura 50. Topografia da Praia em 29/01/2006.....	95
Figura 51. Topografia da Praia em 30/01/2006.....	96
Figura 52. Diferenças altimétricas entre os dias 24/01/2006 e 29/01/2006.....	97
Figura 53. Perfis topográficos 1, 2, 3 e 4 para os dias 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 de janeiro de 2006.....	99
Figura 54. Mosaico dos dados obtidos com o sonar de varredura lateral, em frente a praia da Ilha Comprida.....	100
Figura 55. Detalhe da porção submersa, em frente a praia da Ilha Comprida.....	101
Figura 56. Amostras do sedimento de superfície de fundo, coletadas no dia 23/01/2006.....	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 01. Distribuição da fração areia em 19/05/2005 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis.....	51
Gráfico 02. Distribuição da fração areia em 24/05/2005 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis.....	51
Gráfico 03. Distribuição da fração areia em 04/08/2005 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis.....	65
Gráfico 04. Distribuição da fração areia em 10/08/2005 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis	65
Gráfico 05. Granulometria do sedimento de superfície de fundo em 03/08/2005.....	68
Gráfico 06. Distribuição da fração areia em 12/11/2005 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis.....	82
Gráfico 07. Distribuição da fração areia em 17/11/2005 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis	82
Gráfico 08. Distribuição da fração areia em 23/01/2006 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis.....	98
Gráfico 09. Distribuição da fração areia em 29/01/2006 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis	98
Gráfico 10. Granulometria do sedimento de superfície de fundo em 23/01/2006.....	101
Gráfico 11: Previsão de maré 18-25/maio/2005.....	119
Gráfico 12: Previsão de maré 03-10/agosto/2005.....	119
Gráfico 13: Previsão de maré 12-17/novembro/2005.....	119
Gráfico 14: Previsão de maré 23-30/janeiro/2006.....	119

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela 01 Comparação entre os valores de amplitude e fase para as componentes de maré na Barra de Cananéia (Picarelli, 2001; Harari & Camargo, 1994).....	01
Tabela 02. Valores volumétricos e dados de ondas para as campanhas de maio, agosto e novembro de 2005 e janeiro de 2006.....	105
Tabela 04. amostras de praia – 19/05/2005.....	120
Tabela 05. amostras de praia – 24/05/2005.....	120
Tabela 06. amostras de praia – 04/08/2005.....	120
Tabela 07. amostras de praia – 10/08/2005.....	120
Tabela 08. amostras de praia – 12/11/2005.....	121
Tabela 09. amostras de praia – 17/11/2005.....	121
Tabela 10. amostras de praia – 24/01/2006.....	121
Tabela 11. amostras de praia – 29/01/2006.....	122
Tabela 12. amostras de superfície de fundo – 03/08/2005.....	122
Tabela 13. amostras de superfície de fundo – 23/01/2006.....	122
Tabela 14. Dados meteorológicos de pressão atmosférica, umidade relativa do ar e precipitação – 18-25/maio/2005.....	123
Tabela 15. Dados meteorológicos de pressão atmosférica, umidade relativa do ar e precipitação – 03-10/agosto/2005.....	123
Tabela 16. Dados meteorológicos de pressão atmosférica, umidade relativa do ar e precipitação – 12-17/novembro/2005.....	123
Tabela 17. Dados meteorológicos de pressão atmosférica, umidade relativa do ar e precipitação – 23-30/janeiro/2006.....	123

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são tantos, espero não esquecer de ninguém.

Muitas são as pessoas do Instituto Oceanográfico que foram importantes ao longo destes dois anos. Primeiramente, agradeço ao Prof. Michel por ter me aceito como sua aluna, ter proposto e acreditado que seria possível desenvolver este projeto. Agradeço ao Prof. Moysés por ter aberto as portas quando desenvolvi a Iniciação Científica no próprio Instituto Oceanográfico em 2003. Agradeço a sua sempre disponibilidade até na hora de mudar de orientador.

Edílson, obrigada pela força, pelos toques e pela paz nos campos, no laboratório e nos corredores do IO. Ao seu Chico, que nos guiou todos os dias para a praia. Obrigada também! Você me fez conhecer um pouco mais da cultura de Cananéia.

Ao Amauri, da base de Cananéia que sempre com alegria, tornou possível a construção do pilar do ponto fixo na base e ajudou nas questões de viabilidade das campanhas. Ao Walter e ao enroladinho pelas viagens pela BR 101. Agradeço à Letícia pelo apoio com as reservas de condução e da base. A sempre paciente Sida da Biblioteca. Ao seu Pedro da gráfica. A Eliete e a Angélica do DOF. Ao Marcelão, por algumas dicas do Surfer. E claro, não poderia esquecer da Didi da lanchonete, sempre prestativa e carinhosa com todos.

Agradeço também ao André por ter tomado a frente e ter comandado muito bem a campanha de janeiro de 2006, juntamente com a Samara. Ao Eduardo pela participação na campanha de novembro de 2005. Agradeço a Cristina pelas dicas iniciais e pela possibilidade da continuação de estudos efetuados com DGPS.

Agradeço ao Marcelo do Departamento de Topografia da POLI pela possibilidade de participar dos levantamentos de dados de seu doutorado, que serviu de aula sobre DGPS, como também pelas dicas e conversas constantes sobre assuntos do geóide e do elipsóide.

Ao Prof. Valdir Inocentini do INPE pelas figuras de onda e de vento.

Agradeço a FAPESP, por viabilizar a dedicação aos estudos e ao desenvolvimento da ciência por dois anos.

Agradeço meu pai que mesmo em caminhos diversos, foi um pai extremamente presente e que tornou possível muitas coisas boas ao longo do caminho.

Agradeço ao irmão Tiago, pelas sugestões nos assuntos mais ligados à geologia.

A minha mãe, Obrigada por tudo! Pela presença e pelo exemplo de força, e sem dúvida, pelo capricho nas correções e sugestões do texto da dissertação.

Ao Bethoven, pela paz e por ter nos proporcionado momentos de alegria.

Ao marido, companheiro e amigo André pelas constantes conversas sobre esta dissertação e, acima de tudo, pela família. Obrigada por tudo!

E quando um dia você ler estas palavras o meu agradecimento especial vai a você Nairê. Menina pequena que surgiu, me acompanhou dentro da barriga nos campos e que tanto tem me ajudado e me ensinado a ser mãe. Tua existência é completa. Obrigada filha!

Agradeço a força maior que existe em tudo e toda a energia que emana da vida.

RESUMO

A dinâmica de praia constitui conhecimento elementar em obras de engenharia e na compreensão da evolução costeira ao longo do Quaternário recente. Buscou-se avaliar a variação temporal de curto período da morfologia e do volume de sedimento em um segmento na porção sul da praia da Ilha Comprida, litoral sul de São Paulo. Os resultados permitiram algumas interpretações, tanto em escala diária, como sazonal. As morfologias e os volumes do trecho estudado apresentaram maior similaridade entre as campanhas de maio de 2005 e janeiro de 2006, com estágio morfodinâmico de praia dissipativa, e entre agosto e novembro de 2005, com estágio de praia intermediária do tipo banco e calha. As ondas de sul com alturas de até 1 m e período médio entre 7 e 8 s atuaram no processo de engordamento da praia emersa, enquanto que as ondas desta mesma direção com alturas a partir de 1,5 m e período médio entre 8 e 10 s exerceram papel erosivo. De forma inversa, as ondas de leste com até 1 m de altura e período médio entre 6 e 8 s exerceram papel erosivo e com até 1,5 m e período médio entre 6 e 7 s, papel deposicional.

ABSTRACT

The knowledge of beach dynamics is fundamental in any coastal engineering projects as well as in the coastal evolution comprehension during the Late Quaternary. The aim of this study is to evaluate the short-term variations in morphology and sediment volume in a beach segment located in the southern portion of the Ilha Comprida, southern coast of the state of São Paulo, Brazil. The results allowed us to get important conclusions on daily and seasonal variations in beach morphology and behaviour. The morphology and volume data show similarity between may/2005 and jan/2006, with dissipative morphodynamic state characteristics, as well as between aug/2005 and nov/2005, characterized by an intermediate morphodynamic state. Southerly waves reaching 1m high and mean period between 7 and 8 s acts on the emerged part of the segment in a depositional way as well as southerly waves higher than 1,5 m and period between 8 and 10 s cause erosion in the same part of the beach profile. Easterly waves act in an opposite way, with lower heights causing erosion and higher causing deposition.

1. INTRODUÇÃO

1.1 *Considerações iniciais*

O Brasil apresenta um litoral com mais de 8500 km de extensão e a metade da sua população encontra-se nos 200 km mais próximos ao mar. Os estados com maior densidade demográfica na zona costeira são Pernambuco, Rio de Janeiro, Paraíba, Ceará e São Paulo respectivamente (Moraes, 1999). A ocupação nestes trechos manifesta-se de forma concentrada, podendo-se observar verdadeiras explosões demográficas em algumas cidades.

Muitas destas cidades litorâneas têm suas economias baseadas no turismo, em geral pouco planejado e favorável a um crescimento demográfico desordenado, característico de países menos desenvolvidos, que acaba por comprometer a qualidade estética e ambiental destes sistemas.

Entende-se que a compreensão da geomorfologia costeira, uma área de conhecimento entre outras sobre processos físicos atuantes nas zonas costeiras, seja fundamental na identificação de tendências evolutivas destes segmentos. Estas tendências devem apoiar-se no dimensionamento do balanço sedimentar e nas mudanças relativas do nível do mar, entre outros aspectos a serem considerados em obras de engenharia ou em planos diretores de ocupação da orla.

A dinâmica de praia, um dos campos da geomorfologia costeira, constitui conhecimento elementar para obras de engenharia, tais como construção de avenidas a beira-mar, dragagens em desembocaduras de rios, construção de portos, marinas ou molhes, planos diretores de ocupação da orla, dentre outros. É importante, tanto para o planejamento urbano, quanto para a compreensão da evolução do sistema ao longo do Quaternário recente.

No estado de São Paulo, constatou-se que há poucos estudos realizados com enfoque em morfodinâmica de praia (Cazzoli, 1997; Barros & Tessler, 2003; Martins, 2000, 2006). Este trabalho justifica-se pela necessidade de ampliação do conhecimento sobre o assunto e, também, pela contribuição que possa oferecer a um planejamento de ocupação urbana que venha ser implementado no litoral sul do Estado do São Paulo, devido ao

acelerado processo de urbanização observado principalmente no norte da Ilha Comprida.

1.2 Trabalhos sobre morfodinâmica de praias

Pesquisas de longo período sobre morfodinâmica de praia, com caráter interdisciplinar, vêm sendo desenvolvidas em alguns países, como Austrália, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, França, Holanda, Inglaterra, Portugal. Entre outros trabalhos, destacam-se os realizados por Wright *et. al.* (1979); Wright & Short (1984); Brunsden & Morre, (1997); Baptista *et. al.*, (2002) e Haxel & Holman (2004). Alguns destes estudos oferecem elementos teóricos metodológicos que orientaram o desenvolvimento desta dissertação.

Wright & Short (*op. cit.*), em estudos sobre morfodinâmica em praias na costa australiana, propuseram seis estágios morfodinâmicos que variam de refletivo a dissipativo. Entre estes dois extremos que podem ser classificados sem grandes dificuldades, encontram-se quatro estágios intermediários, com caracterização morfodinâmica bem mais complexa e também menos estável. Deve-se salientar que uma mesma praia pode oscilar de um estágio a outro, conforme condições oceanográficas distintas.

A costa sudoeste da Inglaterra tem sido foco de estudo em morfodinâmica de praia, mas com atenção especial à história da ocupação e exploração de sua costa (Brunsden & Moore, *op. cit.*).

Haxel & Holman (*op. cit.*), em estudos sobre respostas dos sedimentos a variações climáticas em uma praia do tipo dissipativa, na costa noroeste dos Estados Unidos, concluíram que a variação de volume dos sedimentos de praia pode ser mais bem compreendida numa escala de monitoramento de anual a decenal. No entanto, estudos de curto período devem ser realizados para dar suporte a futuros estudos de longo período, ou seja, a determinação de monitoramento diário de uma região deve apoiar-se em estudos preliminares que justifiquem esse acompanhamento de longo período.

Esses autores têm coletado dados topográficos desde 1992 para *Agate Beach*, no noroeste da costa norte americana, e concluíram que os fluxos de sedimento ocorrem tanto transversal como longitudinal à costa.

No Brasil, ao contrário, têm-se desenvolvido pesquisas isoladas, com caráter interdisciplinar muito incipiente. Os estudos de morfodinâmica em praia têm sido realizados, com maior enfoque, nos seguintes estados: Rio Grande do sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia, destacando-se os trabalhos efetuados por Albino, 1999; Klein *et. al.*, 2002 e Calliari *et. al.*, 2003.

No estado de São Paulo, embora sejam poucos os estudos efetuados com enfoque em morfodinâmica de praia, cabe destacar os desenvolvidos por Cazzoli (1997); Martins, (2000); Barros & Tessler, (2003); Martins, (2006).

Em estudos de caracterização da dinâmica sedimentar atual nas praias de Cibratel e Itanhaém-Suarão, litoral sul de São Paulo, Cazzoli (*op. cit.*) identificou que na praia de Cibratel a dinâmica é controlada principalmente pela incidência de sistemas frontais – ocorrendo um transporte predominante *onshore* – *offshore*, com deriva litorânea mais efetiva para NE. Na praia de Itanhaém-Suarão, a desembocadura do Rio Itanhaém faz com que a sedimentação seja controlada por agentes marinhos e fluviais, com transporte de sedimento alternado entre a ação *onshore* – *offshore* com a ação da deriva litorânea para NE.

No entanto, quando ocorre passagem de sistemas frontais, com ondas de S/SE, a praia de Cibratel foi regida, predominantemente, pela atuação da deriva litorânea para NE e a praia de Itanhaém-Suarão, pela ação alternada de deriva litorânea principalmente para SE e de movimentos transversais à costa. Sob a ação das demais condições meteorológicas, a praia de Cibratel apresentou predomínio de transporte de sedimentos por deriva litorânea para SW em eventos mais intensos e movimentos transversais em eventos menos intensos. Na praia de Itanhaém-Suarão, o transporte de sedimentos ocorreu de forma inversa.

Martins (2000), analisando as variações morfológicas e sedimentares de curto período na praia da Bertiooga, litoral central do estado de São Paulo, observou que o Anticiclone Polar Móvel é o principal agente desencadeador dos processos erosivos e da fase construtiva inicial mais eficiente.

A autora observou o predomínio de transporte de sedimentos, transversal à costa e correntes longitudinais locais para SW e NE, e que a corrente para SW foi a mais eficiente ao longo do período monitorado.

Barros & Tessler (2003) efetuaram estudos em três praias no norte do estado de São Paulo e concluíram que as ondas de E/NE, associadas ao Anticiclone tropical do Atlântico, são responsáveis pelos processos deposicionais prevaletentes, enquanto que as ondas relativas às frentes frias vindas de sul, são as principais responsáveis pelos processos erosivos.

Na praia de Itamambuca, a mais exposta aos eventos meteorológicos, as correntes longitudinais para NE, quando presentes ondas de S/SE e para SW, quando presentes ondas de E/NE, são também responsáveis pelo transporte sedimentar ao longo da praia (Barros & Tessler, 2003). De acordo com estes autores, embora os sistemas de ondas que atingem o litoral norte e sul paulista sejam os mesmos, as praias de bolso apresentam respostas mais rápida e mais intensa aos agentes meteorológicos.

Martins (2006), em trabalho sobre a variação temporal de curto período de volume de sedimento na praia da Sununga, praia de bolso no norte do estado de São Paulo, observou que a morfodinâmica ocorre principalmente pelo processo de rotação praial. Este processo é responsável pela alternância dos setores erodidos ou acrescidos, sendo que estes processos de erosão e recomposição dos perfis ocorrem em escala de dias.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste estudo é a avaliação da variação temporal de curto período da morfologia e do volume de sedimento em um segmento da praia da Ilha Comprida, litoral sul estado de São Paulo. Trata-se de uma proposta de avaliação interdisciplinar, com atenção especial para a relação entre condições meteorológicas, ação de ondas, maré e transporte sedimentar paralelo (*longshore*) e transversal (*onshore / offshore*) à linha de costa.

Nesta perspectiva, buscou-se estabelecer a variabilidade morfológica e volumétrica da praia como função do transporte de sedimento, o qual é condicionado por diferentes agentes hidrodinâmicos e meteorológicos, ao longo das quatro estações do ano.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 *Localização*

A área de estudo compreende um segmento praial na Ilha Comprida, litoral sul do estado de São Paulo (figura 01). O trecho delimitado tem 300 m de extensão e está localizado a 8,5 km ao norte da Barra de Cananéia e 500 m a norte do Rio Capivuru, um dos principais córregos que deságuam no sistema praial da Ilha Comprida.

Este segmento foi delimitado por não apresentar influência direta da barra de Cananéia, de acordo com dados batimétricos da carta náutica 1703 (Marinha do Brasil, 1985). A partir desses indicativos, pôde-se considerar esse segmento delimitado como representativo dos processos da dinâmica longitudinal e transversal da praia da Ilha Comprida, ou seja, sem influência direta das desembocaduras de Cananéia, ao sul, e de Icapara, ao norte, onde os processos de dinâmica sedimentar são muito mais complexos.

Todo o sistema praial da Ilha Comprida está orientado segundo direção geral SW-NE, direção esta que expõe a praia às ondas de quadrantes SW, S, SE, E e NE.

Figura 01: Localização da área de estudo

3.2. Geologia da zona costeira sul paulista: evolução geral da área

A área delimitada para este estudo pertence à Planície Costeira de Cananéia-Iguape, litoral sul do estado de São Paulo, que se encontra coberta, em grande parte, por sedimentos quaternários arenosos, homogêneos, compostos por areias finas muito bem selecionadas, que variam de continentais, na base, a de influência marinha, no topo.

Esta planície é formada, também, pelas Formações Pariquera-Açu (terciária), Cananéia e Ilha Comprida. Esses depósitos, que formam o conjunto de ilhas da planície, estão assentados sobre o Embasamento Cristalino de idade pré-cambriana e estão relacionados ao Grupo Açungui.

Este embasamento aflora em alguns locais ao longo desta planície, como nas imediações da ponte sobre o canal de Cubatão e, nas ilhas do Bom Abrigo e do Cardoso, na parte oceânica. Cortando esse conjunto, afloram rochas alcalinas cenozóicas que sustentam o morro de São João, na Ilha de Cananéia, e o morro do Morrete, na Ilha Comprida. Estas intrusões são ligadas pela Laje do Argolão e estão associadas tectonicamente ao Alinhamento de Guapiara, uma feição estrutural do Arco de Ponta Grossa (Spinelli, 2003).

Essa planície costeira está localizada na porção sudeste da margem continental brasileira, classificada como uma margem do tipo Atlântico e caracterizada pela presença de baixa atividade sísmica. Riccomini (1995) e Souza *et. al.* (1996) são alguns dos autores que encontraram evidências localizadas de atividade tectônica cenozóica ao longo da costa.

Souza (*op. cit.*) concluíram, por meio de modelamento de dados gravimétricos ao longo de dois perfis longitudinais às Ilhas, Comprida e Cananéia, que nesta porção do litoral ocorreram reativações tectônicas cenozóicas responsáveis pela formação do Gráben de Cananéia. Este processo foi identificado pela topografia aproximada do embasamento que é marcada por um sistema de falhas, provavelmente normais, com basculamento de blocos para NW. Além desta configuração topográfica, Souza (*op. cit.*) identificaram que a cobertura sedimentar se torna mais espessa rumo ao continente na área do baixo gravimétrico.

Segundo Riccomini (*op. cit.*), o Maciço Alcalino de Cananéia consiste em uma intrusão de forma elíptica com eixo maior orientado segundo a direção NE e apresenta um padrão de fraturamento relacionado a duas fases de deformação regional. A primeira, de idade cretácea superior, está ligada à extensão NE-SW ao longo do Alinhamento de Guapiara e a segunda, de idade paleogênica, refere-se a uma reativação cenozóica de antigas zonas de cisalhamento de direções ENE-WNW a E-W. Esta última apresenta caráter transcorrente sinistral, com compressão NE-SW e extensão NW-SE, e seria

responsável, em parte, pela instalação e deformação das bacias que compõem o *Rift* Continental do Sudeste do Brasil.

Almeida (1976) considera que os processos tectônicos cenozóicos no estado de São Paulo estão relacionados com a elevação epirogenética da Serra do Mar ocorrida no Plioceno. De acordo com Almeida & Carneiro (1998), o soerguimento dos sistemas montanhosos da Serra do Mar e da Mantiqueira pode ser explicado por processos de movimentação vertical relacionados às reativações tectônicas descontínuas de idades cretácea a terciária.

A Serra do Mar é um conjunto de escarpas festonadas que se estende do Rio de Janeiro a Santa Catarina por aproximadamente 1000 km, atingindo 1800 metros de altitude máxima no Estado do Paraná (Almeida & Carneiro, *op. cit.*). Constitui-se basicamente de rochas do Embasamento Cristalino de idade pré-cambriana inseridas no contexto do Complexo Costeiro (Almeida, *op. cit.*).

Apresenta uma variedade de gnaisses ricos em biotita e granada, intercalados a rochas magmáticas, corpos anfibolíticos, além de diques de diabásio e lamprófios de idade meso-cenozóica (Garda, 1995). Estes diques, por sua vez, estão relacionados aos processos de ruptura continental e posterior formação do Oceano Atlântico.

Segundo Almeida & Carneiro (*op. cit.*), este processo iniciado no Mesozóico, refere-se a uma divergência tectônica entre as placas sul-americana e africana, que foi responsável pela separação do supercontinente Gondwana. Lineamentos ao longo da costa paulista com orientação preferencial SW-NE são indicativos do estiramento decorrente desse processo de abertura (Almeida, 1976).

3.3 Geomorfologia da zona costeira sul paulista: evolução geral da área

Do ponto de vista morfológico, o litoral paulista apresenta duas porções com características diversas.

Ao norte, pequenas planícies recobertas essencialmente por sedimentos quaternários, formados por depósitos marinhos, na sua parte externa, e depósitos continentais, na interna, são separadas por pontões cristalinos que atingem diretamente as águas marinhas em quase toda a sua

extensão. A única grande planície nesta porção norte é a de Caraguatatuba. Ao sul, grandes planícies formadas essencialmente por depósitos marinhos flúvio-lagunares também são separadas entre si por pontões do Embasamento pré-cambriano (Suguio & Martin, 1978).

De acordo com estes autores, a partir dos limites naturais dos pontões do Embasamento Cristalino, o litoral paulista e sul fluminense pode ser dividido em cinco principais unidades morfológicas: (1) Cananéia-Iguape, (2) Itanhaém-Santos, (3) Bertioga-Ilha de São Sebastião, (4) Ilha de São Sebastião-Serra do Parati e (5) Baía da Ilha Grande. A passagem de uma unidade à outra ocorre de forma suave e as diferenças morfológicas entre essas unidades podem ser explicadas tanto por influência tectônica, quanto por diferenças na dinâmica de sedimentação.

A unidade de Cananéia-Iguape é formada por uma planície sedimentar litorânea de 130 km por 40 km, limitada a SW e NE por pontões do Embasamento Cristalino, de origem metamórfica, que atingem diretamente as águas marinhas (Tessler, 1988). Segundo Ross (1997), a Planície Litorânea de Iguape-Cananéia é uma planície cenozóica do tipo marinha, com altitudes que variam de 0 a 20 metros e declividade inferior a 2%.

Esta unidade descrita por Tessler (*op. cit.*) apresenta uma complexa rede hidrográfica, tendo na parte central de sua planície a drenagem do rio Ribeira de Iguape, que apresenta a maior vazão não apenas deste trecho, mas de todo o litoral paulista. Ao longo de sua planície, uma rede de canais lagunares e rios, que recebem a influência da maré, separam quatro grandes ilhas: Ilha do Cardoso, Ilha Comprida, Ilha de Cananéia e Ilha de Iguape (Suguio & Martin, *op. cit.*).

Martin *et. al.* (1982) estabeleceram que ao longo do Quaternário todo o litoral brasileiro esteve submetido a eventos de transgressões e regressões marinhas, que estão relacionados a eventos isostáticos, podendo estes ser de origem tectônica – tectonoeustasia, de alteração do geóide – geóidoeustasia e/ou climática – glaucioeustasia.

Os sedimentos que compõem as planícies litorâneas têm sido retrabalhados, tanto por movimentações diárias nestes ambientes costeiros, como por movimentações decorrentes de eventos isostáticos.

Ao longo do Quaternário foram observados dois principais eventos de subida do nível do mar na costa brasileira. O primeiro grande evento, considerado de origem gláucio-eustático por apresentar correlação em diversos locais do mundo, foi denominado, para a costa brasileira, como Transgressão Cananéia. O máximo desta transgressão ocorreu em torno de 120.000 anos AP, com até 8 m acima do nível atual, e foi seguida por um movimento regressivo, com o máximo em torno de 18.000 AP, com até 110 m abaixo do nível atual (Martin *et. al.*, 1982).

O segundo movimento transgressivo, denominado de Transgressão Santos, teve seu máximo em torno de 5.100 anos AP, com até 4 m acima do nível atual (Martin *et. al.*, 1985). De acordo com estes autores, essas variações observadas principalmente na costa sudeste brasileira, devem ser atribuídas ao levantamento regional de toda a superfície geoidal antes de 5.100 anos AP, por não apresentarem correlações em outros locais no mundo.

A planície Cananéia-Iguape é rodeada por rochas do Embasamento Cristalino da Serra do mar. Segue abaixo uma breve descrição de sua gênese e da composição de suas rochas e sedimentos.

3.4 Planície Cananéia-Iguape

As diferenças morfológicas acima descritas, entre as porções norte e sul do litoral paulista foram explicadas por Suguio & Tessler (1992). Estes autores atribuíram a gênese destas diferenças à morfologia de submersão, para a porção norte do litoral paulista, e morfologia de emersão, para a porção sul. Estas diferenças de origem, associadas a um condicionamento tectônico “favorável” à variação relativa do nível do mar e a uma dinâmica costeira específica, levaram às características geomorfológicas bem diferenciadas dos dias atuais.

A existência da planície de Cananéia-Iguape, no extremo sul do litoral paulista, está diretamente relacionada com as variações relativas do nível do mar, ao longo do Quaternário, como foi descrito no item anterior. Parte de sua extensão é formada por quatro grandes ilhas: do Cardoso, Comprida, de Iguape e de Cananéia. Estas ilhas são separadas entre si por sistemas de

canais lagunares e rios que se comunicam com o oceano pelas desembocaduras de Icapara, Cananéia e Ararapira (Suguio & Tessler, 1992).

Estas desembocaduras apresentam dinâmica sedimentar bastante complexa e têm sido foco de estudos realizados por diversos autores.

Barcelos (1975) identificou um banco arenoso emerso em maré baixa entre a Praia do Pontal e a Ilha do Bom Abrigo, de frente à Barra de Cananéia (foto 01). No momento de levantamento dos dados da presente pesquisa, em 2005 e 2006, este banco não estava emerso, o que demonstra as grandes modificações morfo-sedimentares próximas à Barra.

Foto 1: Vista panorâmica de um banco de areia emerso em maré baixa. Extremo sul da Ilha Comprida, com a Ilha do Bom Abrigo ao fundo (modificado de Barcelos, 1975).

Bonetti Filho (1995), ao analisar uma série de imagens de satélite, observou que a forte dinâmica da linha de costa no trecho da desembocadura do sistema apresentou variabilidade inter-anual significativa em alguns trechos.

Tessler & Mahiques (1998) efetuaram estudos, para os últimos 45 anos, sobre os processos erosivos e deposicionais nas três desembocaduras do sistema de Cananéia-Iguape e identificaram importantes mudanças laterais. Os autores observaram que para cada local erodido havia um outro de deposição associado e que, estas mudanças podem ser explicadas pela forte dinâmica que age nos canais internos ou pela interação entre o fluxo e refluxo das ondas e a ação das correntes nas desembocaduras do sistema lagunar.

Suguio & Martin (1978) propuseram um esquema evolutivo para explicar a origem da planície costeira de Cananéia/Iguape entre Cananéia e o morro da Juréia, que foi dividido em cinco principais estágios evolutivos.

1º *estágio*: marcado pela deposição de argilas arenosas transicionais e areias marinhas transgressivas da Formação Cananéia sobre a Formação Pariquera-Açu ~ 120.000 anos A.P.

2º *estágio*: período de regressão subsequente, com a formação de cordões litorâneos no topo da Formação Cananéia.

3º *estágio*: erosão da Formação Cananéia, pelo escoamento continental com o nível relativo do mar mais baixo que o atual em torno de 110m.

4º *estágio*: Transgressão Santos cobre parte da planície e forma um extenso sistema de lagunas e provável erosão das partes mais altas da Formação Cananéia.

5º *estágio*: recuo do nível relativo do mar, com formação das inúmeras cristas praias na Ilha Comprida e estabelecimento do atual complexo estuarino.

A Formação Pariquera-Açu, que se encontra sobre o Embasamento Cristalino e sob a Formação Cananéia, é constituída por orto e para-conglomerados e por sedimentos argilosos e arenosos, atribuídos respectivamente a leques aluviais e a depósitos fluviais e lacustres, com espessura aproximada de 118 m (Melo, 1990).

A Formação Cananéia, descrita por Suguio & Petri (1973), apresenta três seqüências litológicas da base para o topo: (1) sedimentos silticos-argilosos (até 14 m de espessura), (2) areias siltosas (até 12 metros de espessura) e (3) areia fina e muito bem selecionada (até 30 m de espessura). A sua origem está vinculada provavelmente a um evento anterior à Transgressão Cananéia.

Posteriormente, Suguio & Tessler (1985) classificaram a Formação Cananéia como um depósito argilo-arenoso de ambiente transicional, na base, e arenoso marinho no topo, relacionada à Transgressão Cananéia. Segundo estes autores, as estruturas sedimentares encontradas devem ter se originado em ambientes sub-aquosos pouco profundos e com intensa movimentação.

A Formação Ilha Comprida, informalmente nomeada por Suguio & Martin (*op. cit.*) de Formação Santos, é composta por depósitos sedimentares holocênicos nas planícies costeiras paulistas. Posteriormente, estes autores destacam que essa formação apresenta areias marinhas finas a muito finas, bem selecionadas e por estar geneticamente relacionada à Transgressão Santos e à regressão subsequente.

Ao sul da Barra de Cananéia encontra-se a Ilha do Cardoso, caracterizada por terrenos montanhosos que atingem altitude máxima de 814 m (Weber *et. al.*, 2001). Os sedimentos quaternários que compõem a Ilha estão restritos e localizados nas suas bordas junto à linha de costa atual ou ao longo do canal de Ararapira, formando uma área extensa e alongada de aproximadamente 20 km

As rochas ígneas que compõem esta Ilha são em sua maioria sienitos cortados por rochas de filiação granítica de natureza alcalina (Weber *op. cit.*) e, em sua porção setentrional, próximo ao contato com o complexo ígneo, afloram rochas metassedimentares. Estes metassedimentos apresentam baixo grau de metamorfismo, decorrente de intrusões de corpos sieníticos.

Esses autores analisaram os metassedimentos e observaram características gerais de bandamento rítmico, representado por intercalações de níveis francamente pelíticos e de níveis francamente psamíticos, verificando-se ainda a presença comum de estratificações cruzadas de baixo ângulo.

Estas rochas ígneas e metamórficas, acima descritas, integram os Terrenos do Domínio Paranaguá e evidenciam a relação geológica da Ilha com o continente. Tal relação indica uma possível continuidade nos metassedimentos da Ilha com rochas similares, que se estendem ao longo de toda a porção litorânea, desde Pariquera-Açu até a região de Guaraqueçaba e Paranaguá. Esses metassedimentos se mostram como faixas estreitas e alongadas, sugerindo que sua distribuição esteja condicionada aos grandes lineamentos de direção SW-NE (Weber *op. cit.*).

De forma resumida, os autores citados definiram idades neoproterozóicas para as rochas mais antigas da Ilha, formadas a partir do retrabalhamento de materiais crustais e, idades paleoproterozóicas para os metassedimentos.

A Ilha Comprida apresenta 70 km de comprimento, largura que varia de 3 a 5 km e altitudes quase sempre inferiores a 5 m (Suguio & Martin 1978). É separada do continente por uma laguna, denominada Mar Pequeno, que varia de 400 m a 1200 m. O único morro da Ilha, o Morrete, está localizado na porção sul e é considerado um corpo satélite de menor dimensão do morro de São João na Ilha de Cananéia. Estes dois corpos são formados por rochas

intrusivas alcalinas, de natureza eminentemente sienítica, cortam o Complexo do Embasamento Cristalino e estão associados ao condicionamento tectônico do Arco de Ponta Grossa (Spinelli, 2003).

Com exceção do Morrete, a Ilha é essencialmente arenosa. É descrita por Suguio & Martin (*op. cit.*) como uma ilha-barreira, formada através das contínuas variações do nível do mar durante o Quaternário. Estes autores adotaram um modelo para explicar a evolução sedimentar da Ilha Comprida ao longo do Quaternário.

A primeira fase, em 5100 anos AP, quando o nível relativo do mar atingiu seu máximo transgressivo (Transgressão Santos), somente trecho da porção centro-sudeste da ilha encontrava-se emersa, composta por sedimentos da Formação Cananéia. Em um segundo estágio, em 3500 anos AP, além das terras emersas acima descritas, a porção sudeste da ilha, também formada por sedimentos da Formação Cananéia, ficou exposta e a Ilha apresentou crescimento longitudinal. Deste período até a fase atual, a evolução da Ilha foi marcada por um crescimento longitudinal e alargamento da Ilha.

Atualmente, o sedimento da ilha é composto em mais de 80% pela formação Ilha Comprida, de idade holocênica (Suguio & Martin, 1994), e em torno de 18% de sua área foi mapeada por Suguio & Martin (1978) como sedimentos pleistocênicos da Formação Cananéia. Suguio *et. al.* (2003) confirmaram, através de datações pelo método de termoluminescência, a idade pleistocênica dos sedimentos que compõe a porção sul da Ilha.

Guedes (2003), em estudos sobre o padrão geométrico de truncamentos entre alinhamentos de cordões litorâneos, revela que o crescimento para NE foi acompanhado pelo engordamento simultâneo da Ilha, através da adição de cordões litorâneos curvados para NE, estando a Ilha completamente submersa no último máximo interglacial (Transgressão Santos). Além da evidência dos cordões litorâneos, em datações por termoluminescência e C^{14} , o autor encontrou idade holocênica (4530 anos AP) para o terço sudoeste da Ilha, considerada, supostamente, mais antiga por Suguio & Martin, (1978).

Este padrão de crescimento da Ilha para NE teria sido parcialmente interrompido pelo morro de Icapara. Somente quando o acúmulo de

sedimentos obliquamente à linha de costa atingiu uma determinada largura, o obstáculo pôde ser vencido, retornando, assim, o seu crescimento longitudinal e subsequente migração da Barra de Icapara para NE (Nascimento Jr., 2006; Guedes, 2003).

Com base na observação de campo e na análise estratigráfica do pacote sedimentar da planície, quanto à granulometria, à mineralogia e ao conteúdo de foraminíferos, Suguio & Petri (1973) subdividiram este pacote sedimentar em quatro seqüências. A seqüência I foi denominada de Formação Pariquera-Açu, as seqüências II e III de Formação Cananéia e a seqüência IV, de Formação Ilha Comprida.

A Ilha de Cananéia é uma ilha fluvio-lagunar composta predominantemente por sedimentos quaternários, com exceção da ponta da Aroeira (rochas antigas do Embasamento Cristalino) e do morro de São João (intrusão alcalina com 137 m de altura) (Spinelli, 2003).

A Ilha de Iguape é uma ilha “artificial”, que se tornou Ilha com a abertura de um canal entre o Rio Ribeira de Iguape e o Mar de Cananéia, ao lado da cidade de Iguape. Este canal, denominado Valo Grande, foi aberto em 1832, fechado na década de 20 do século passado e reaberto em uma enchente na década de 50.

Esta ilha, assim como as outras que compõem a Planície de Cananéia-Iguape, é composta por sedimentos quaternários depositados ao longo dos processos transgressivos / regressivos do nível relativo. Afloram, nesta Ilha, rochas do Embasamento Cristalino que estão concentradas no morro de Icapara, já próximo à desembocadura lagunar norte do sistema, desembocadura esta que tem o mesmo nome do morro.

Diversos autores buscaram encontrar as rochas fontes dos sedimentos que compõem o sistema como um todo. Barcelos (1975) relacionou a fonte dos sedimentos aos metassedimentos do Grupo Açungui, Tessler (1982), às rochas do Embasamento Cristalino e Tessler (1988) considerou, também, como fontes desses sedimentos, as áreas situadas na plataforma continental.

3.5 Praia da Ilha Comprida

Não foram encontrados estudos realizados na praia da Ilha Comprida, com enfoque em morfodinâmica, à luz das condições meteorológicas, como o proposto nesta dissertação. Com o objetivo de suprir esta lacuna, foi efetuada uma síntese de estudos feitos na Ilha Comprida em termos de sedimentação quaternária recente.

Barcelos (1975) foi um dos pioneiros na sistematização do conhecimento da sedimentação e de subambientes deposicionais da Ilha Comprida. O autor reconheceu cinco subambientes deposicionais: eólico-dunas, praial, marinho raso – cordões litorâneos, marinho raso – praial e mangue e reconheceu, também, que a deposição dos sedimentos na face marinha tem ocorrido em direção NE.

Este autor discriminou quatro cristas de dunas: as duas mais estáveis próximas do continente, a terceira mais ou menos estável e, a mais próxima da praia, ativa. As dunas mais altas encontram-se no sul da Ilha e atingem até 7 m de altura.

Para toda a praia da Ilha Comprida, Barcelos (*op. cit.*) concluiu que o sedimento é composto por areias finas, com concentração de minerais pesados em certos locais (como na praia do Pontal, no extremo SW da Ilha). Observou, ainda, que na praia do Pontal a textura do material torna-se mais grossa, devido à ação de ondas de maior energia.

Souza (1997), em estudos sobre as células de deriva litorânea e a erosão para todo o litoral do estado de São Paulo, verificou que nas desembocaduras lagunares de Cananéia e Icapara ocorrem intensos processos deposicionais associados à convergência de transportes costeiros e flúvio-lagunares.

Nascimento Jr. (2006) utilizou-se dos conceitos da morfodinâmica, granulometria e mineralogia do sedimento para compreender a geologia sedimentar da praia e das dunas frontais adjacentes à praia da Ilha Comprida.

Este autor encontrou areias finas a muito finas, em geral muito bem selecionadas, sendo que as areias das dunas frontais diferenciam-se sutilmente das areias da praia. Observou uma deriva litorânea predominante

para NE, a partir da diminuição do diâmetro médio, da melhora da seleção e da tendência para assimetria mais negativa rumo NE.

Ainda neste estudo, Nascimento Jr. (*op. cit.*) concluiu que nos primeiros 16 km da ilha, em sentido SW-NE, predomina estágio morfodinâmico de praia intermediária à dissipativa, com quebra de ondas em transição para mergulhantes. As dunas, neste trecho, apresentam morfologia de rampas de dunas frontais incipientes ancoradas em falésias vivas de dunas frontais estabelecidas e de depósitos mais antigos, alternando-se em alta frequência com formas dunares de terraço e cordão, a partir do km 9.

Depois deste primeiro trecho, predomina o estágio morfodinâmico dissipativo, com quebra deslizante das ondas, e a morfologia da praia caracteriza-se por ampla e larga faixa de espraio de baixa declividade (média $0,66^\circ$).

As dunas predominantes nesse trecho são mais estabilizadas (terraço e cordão), alternando-se em baixa frequência e de forma monótona. Nas extremidades e nas proximidades de córregos maiores, ao longo da Ilha, ocorrem montículos isolados de *Nebkhas*, por vezes associados aos terraços baixos. O autor verificou no local destas ocorrências, um aporte regular e/ou contínuo de sedimentos (especificamente no caso das extremidades da Ilha) e uma maior coesão das areias devido à alta umidade, dificultando a geração de formas dunares mais proeminentes.

Figura 02: Representação esquemática e distribuição espacial dos quatro tipos mais comuns de associação morfológica entre o campo de dunas frontais e a praia na Ilha Comprida (extraído de Nascimento Jr., 2006).

C: Cordões de dunas Frontais em praia dissipativa.

T: Terraço de Duna Frontal Incipiente em praia com franja eólica, em praia dissipativa:

R: Rampa de Dunas Frontais incipientes sobre escarpa de duna mais antiga/estabelecida, em praia intermediária a dissipativa.

N: Nebkhas isolados sobre terraço recoberto por franja eólica, em praia intermediária a dissipativa.

Nascimento Jr. (2006) confirma a deriva predominante para NE, descrita por Souza (1997), e que esta não deve ter se alterado significativamente durante as principais fases de evolução da Ilha Comprida. Entretanto, o autor defendeu a existência de duas células de deriva litorânea atuando na costa da Ilha: a primeira abrangendo em torno dos últimos 53 km da ilha, voltada para NE, e a segunda (subordinada) abrangendo os 10 km iniciais, com sentido de deriva para SW. Para o autor, na altura do km 10 da Ilha existe uma zona de divergência de deriva longitudinal, que é, portanto, uma fornecedora de sedimentos.

Nascimento Jr. (*op. cit.*) associou o acelerado deslocamento para NE da desembocadura de Icapara no extremo nordeste da Ilha, entre os anos de 1962 e 2000, ao aumento de vazão devido à abertura do Valo Grande, no canal interno junto à cidade de Iguape.

3.6 Plataforma continental

A plataforma continental do estado de São Paulo está localizada na margem continental sudeste da costa brasileira, classificada como margem do tipo Atlântica. A sua existência está associada à formação do Atlântico sul e aos eventos tectono-magmáticos, de reativação da plataforma sul-americana, ocorridos principalmente no Mesozóico e início do Cenozóico (Almeida, 1976). A remodelação de sua morfologia, assim como da planície costeira, tem ocorrido ao longo de todo o Quaternário.

Em todo o litoral paulista, a plataforma continental é bastante larga, observando-se que em frente à foz do Rio Ribeira de Iguape sua extensão é máxima, atingindo 210 km de comprimento, com passagem para o talude em profundidades entre 160 a 190 m.

Tessler (2001) comparou taxas de sedimentação entre a plataforma sul paulista com outras áreas marinhas de plataforma continental, em especial de áreas alimentadas por sistemas fluviais atuais de expressão e concluiu que há efetiva contribuição terrígena à plataforma sul paulista.

Embora o Rio Ribeira de Iguape não seja a única fonte de sedimentos que alimenta esta porção da plataforma, sua contribuição é bastante significativa no aporte sedimentar, tendo em vista a quantidade elevada de teores de elementos metálicos existentes nas áreas mineralizadas do Vale do Ribeira e encontradas, também, nas colunas sedimentares estudadas.

Ao longo de todo o Holoceno superior, Tessler (*op. cit.*) concluiu que, devido a estas taxas de sedimentação, houve um significativo e contínuo aporte de sedimentos terrígenos para a área da plataforma média, processo representativo da conjugação dos mecanismos de dinâmica costeira. Segundo o autor, esta dinâmica é condicionada pelos eventos climáticos do Atlântico Sul e pelos efeitos da Corrente do Brasil sobre as massas de água da plataforma continental.

3.7 Zona costeira sul paulista: oceanografia e meteorologia

A compreensão da combinação dos efeitos meteorológicos e oceânicos se faz necessária, uma vez que ventos fortes e temporais, geralmente associados à passagem de sistemas frontais, podem causar um aumento excessivo do nível do mar e afetar, dentre outros, os sistemas de correntes costeiras (Camargo, 1998).

Especialmente nas latitudes menores que 40° , as condições atmosféricas no Atlântico Sul não são tão severas quanto no Mar do Norte ou mesmo no Pacífico, onde ocorrem grandes tempestades e furacões. No entanto, em algumas situações, consideráveis sistemas frontais atingem o litoral brasileiro, provocando estragos significativos (Candella, 1997).

O Brasil é atingido por duas principais massas de ar, que são provenientes do Anticiclone Tropical Atlântico e do Anticiclone Polar Migratório (Fonzar, 1994). Estes dois sistemas de massa de ar, que predominam e condicionam a circulação atmosférica no Oceano Atlântico, determinam por consequência, os sistemas de ondas que se propagam para o litoral sul paulista.

A intensidade destes sistemas de massa de ar é medida pelo valor atingido em seu centro. Quanto mais baixa for a pressão, mais intenso é considerado o ciclone e mais fortes serão os ventos de superfície e, conseqüentemente, maiores serão as alturas das ondas geradas.

O Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) é um anticiclone semifixo, com centro de ação em porções de baixa latitude do Atlântico e é o responsável pelos alísios que atingem o leste do continente.

No verão, os alíseos chegam acima dos 10° S de SE e E e desta porção até 40° S, de NE e NW. No inverno, geralmente a ação dos ventos alíseos não ultrapassa os 20° S.

Diferentemente do ATA, os Anticiclones Polares Migratórios (APM) movem-se rapidamente. Eles apresentam ar frio na troposfera inferior, enfraquecem com a altitude, têm curta duração e são pouco espessos, sendo formados nas áreas de alta latitude – regiões polares e subpolares. Estes anticiclones geralmente estão associados a um tempo bom e calmo (Fonzar,

1994). São sistemas em evolução, dinâmicos e que tendem a um equilíbrio. Quando o equilíbrio térmico é alcançado, estes deixam de ser móveis.

Os sistemas frontais são manifestados pela ação dos ventos, que sopram ao redor de seu centro no sentido horário, no Hemisfério Sul, e no sentido anti-horário, no hemisfério Norte. Às vezes, os ventos se tornam mais intensos em localidades cujas ondas não se propagam para o continente. Outras vezes, no entanto, os ventos fortes que estão à esquerda do centro de baixa pressão criam condições favoráveis para as ondas se propagarem para o litoral.

As ondas que atingem a costa dependem diretamente do tamanho da pista, intensidade do vento, tempo de duração e distância do sistema em relação à costa. Estes quatro fatores conjugados determinarão as condições com que os trens de ondas atingirão a costa. Se o sistema gerar ondas intensas longe da costa, ocorrerá a formação de um *swell*, caracterizado por apresentar trens de ondas alinhados, ou seja, com período de pico próximo ao período médio e comprimentos de ondas muito próximos.

Segundo Ponçano *et. al.* (1999), o Anticiclone Tropical Atlântico, é menos efetivo no transporte arenoso ao longo da costa, enquanto Anticiclone Polar Migratório é o responsável pela deriva litorânea, sob condições atmosféricas de pré-frontais, tempestades e pós-frontais.

Segundo o autor acima citado, sob pré-frontais, as ondas que incidem do quadrante sul geram correntes de deriva litorânea para NE, sob tempestades, que correspondem à ação direta das frentes, ocorrem correntes de deriva de NE à SW e sob pós-frontais, ocorrem correntes de deriva litorânea predominantemente no sentido SW.

Ainda para estes autores, o litoral apresenta dois distintos padrões de dinâmica: no litoral sul há o predomínio de deriva, com sentido de deslocamento para NE, que é interrompida localmente por desembocaduras fluviais, e no litoral norte, há transporte arenoso mais diversificado devido à quantidade de enseadas e ilhas. No litoral norte, as correntes de deriva litorânea podem ser inferidas a partir das configurações de cada enseada e da localização das desembocaduras fluviais.

Segundo Tessler (1988), a dinâmica de transporte de fundo do litoral sul paulista é dominada principalmente por sistemas de ondas, com exceção

das regiões próximas às desembocaduras, onde as correntes de maré parecem ter maior relevância. As fases de passagem de sistemas de frente resultam no mais efetivo processo de transporte arenoso de fundo, neste litoral.

Ainda segundo Tessler (*op. cit.*), no litoral sul do estado de São Paulo, trens de onda provenientes de S/SE geram correntes de deriva litorânea para NE e trens de onda incidentes dos quadrantes N/NE geram correntes de deriva litorâneas para SW. São estes sistemas de correntes de deriva litorânea os principais agentes na redistribuição de sedimentos provenientes da cobertura sedimentar atual da plataforma continental interna, bem como dos sedimentos de origem continental.

Em estudos efetuados pela GEOBRÁS (1966), a partir da comparação de observações de ondas com ventos locais, concluiu-se que a direção das ondas que atingem a costa está vinculada somente aos centros de geração oceânicos e não sofrem interferência de ventos locais.

Os dados de maré mais próximos da área de estudo, são os dados referentes à Barra de Cananéia. Vale destacar os estudos efetuados por meio de modelagem numérica por Harari & Camargo (1994) e Picarelli (2001). Os resultados alcançados por esses estudos obtiveram dados muito semelhantes.

Componentes	Picarelli (2001)		Harari & Camargo (1994)		
	H (cm)	G (graus)	H (cm)	G (graus)	
O ₁	11	119	12	120	
K ₁	9	190	8	184	
M ₂	34,5	170	35	166	
S ₂	23	167	24	168	
M ₃	8	336	7	330	

Tabela 01: comparação entre os valores de amplitude e fase para as componentes de maré na Barra de Cananéia, obtidas por Picarelli (2001) e Harari & Camargo (1994).

Nas séries temporais de elevação da superfície do nível do mar (Picarelli, *op. cit.*; Harari & Camargo, *op. cit.*), as marés na região da Barra de Cananéia apresentam caráter predominantemente semi-diurno, com grandes amplitudes em marés de sizígia quando comparadas às de quadratura. As preamares e baixamares consecutivas são bem diferenciadas, o que caracteriza as marés como de desigualdades diurnas.

Em simulações, utilizando o modelo *Princeton Ocean Model*, referentes à composição das nove principais componentes de maré na região costeira centro-sul do Estado de São Paulo, Picarelli (2001) encontrou para condições de sizígia, correntes de superfície na máxima vazante na Barra de Cananéia de até 91 cm/s. A baixamar subsequente atingiu valores de até -85 cm.

Garcia *et. al.* (2003) efetuaram uma base digitalizada de dados batimétricos e de agitação em águas profundas para todo o litoral paulista. Os resultados para a porção sul do estado foram obtidos a partir dos dados da campanha realizada pelo Serviço de Pesquisas Hidráulicas (SPH) no período de março de 1968 a julho de 1969, próximo à Ilha do Bom Abrigo.

Com os resultados desta campanha, não foram verificadas tendências de concentração na direção das ondas ao longo do ano, a não se entre fins de outubro de 1968 e início de janeiro de 1969, quando as direções foram quase que exclusivamente de leste. Para rumos de observação entre 50 e 199, o período médio variou entre 9 e 13 segundos.

4. MÉTODOS

4.1 *Embasamento teórico*

4.1.1 *Processos sedimentares em praias*

A identificação dos agentes oceanográficos e da sua influência sobre a costa é fundamental para uma melhor compreensão dos processos costeiros, A ação destes agentes provoca erosão, transporte e deposição de sedimentos, o que resulta nas constantes modificações da configuração do litoral (Muehe, 1994).

Estes processos, aliados aos processos que acarretam no aporte de sedimentos, resultam na morfodinâmica costeira. Esta apresenta uma diversidade de aspectos que pode ser objeto de análise em estudos sobre a dinâmica de praias, tais como: em tendências evolutivas de segmentos costeiros, em dimensionamento de balanço sedimentar e nas tendências erosivas. Cabe ainda destacar que outros aspectos podem ser analisados quando se tem em vista obras de engenharia ou de planos diretores de ocupação da orla.

A morfodinâmica costeira é um ajuste mútuo da topografia e da dinâmica do fluido, envolvendo o transporte de sedimentos (Bruun, 1960). Assim, a dinâmica do fluido controla o transporte de sedimento, resultando em variações da morfologia no tempo. Esta dinâmica do fluido, observada na face da praia, é resultado de todos os processos hidráulicos sendo que estes apresentam determinadas características, segundo a direção e período dos trens de ondas que incidem na costa.

A morfodinâmica é resultado da interação entre processos distintos, com limite não linear entre os componentes destes processos (Cowell & Thom, 1994).

Segundo Komar (1983), o principal agente na erosão costeira são as ondas, das quais devem ser examinadas: geração, características próprias, viagem do trem de ondas e eventual tipo de arrebentação na costa. Segundo o autor, estas ondas são responsáveis pela geração de correntes costeiras que,

em resposta aos seus movimentos erodem, transportam e depositam os sedimentos da praia.

Há dois principais tipos de movimentos gerados a partir da ruptura das ondas: transversal (*cross-shore*) e longitudinal (*longshore*) (Alfredini, 2005). O transporte transversal é caracterizado por erosão ou enchimento da praia, mudanças estas referentes à passagem de frentes e períodos de calmarias, respectivamente.

Este autor descreve que à medida que a onda atinge profundidades mais rasas, ocorre a sua interação com o fundo e a água presente no fundo começa a movimentar-se, provocando o avanço das partículas de água no rumo de propagação da onda.

As mudanças morfológicas, que implicam em mudanças volumétricas, podem ocorrer em escala de tempo que varia de (1) instantânea – escala de segundos a dias, (2) eventos – de dias, ou estações do ano a décadas, (3) engenharia – de anos a centenas de anos, e (4) geológica – de anos a milênios (Cowell & Thom, 1994). Neste trabalho, foi chamada de mudanças de curto período, as instantâneas e relacionadas a eventos e, de longo período, as mudanças em escala de engenharia e geológica.

As mudanças morfológicas de curto período mais acentuadas de uma praia estão relacionadas à passagem de sistemas meteorológicos, e estes podem causar importantes movimentações de sedimento. No entanto, a vulnerabilidade da praia em relação à ação de eventos climáticos é, também, dependente da diferença entre a frequência e intensidade de eventos e o período de recuperação da praia (Morton, 1995a).

Na falta de estudos de longo período, conhecer os períodos de recuperação, baseado nas características da praia e do evento torna-se ferramenta primordial no dimensionamento das implicações do balanço sedimentar (Ferreira, 2006). Segundo o autor, a intensidade do evento não deve ser baseada somente na altura e direção de onda, mas na duração do evento, no nível da água e na seqüência de eventos, ou seja, a análise do evento deve ser feita sob uma perspectiva de eventos seqüenciados, e não individualmente.

Segundo Muehe (1994) as praias são depósitos de sedimentos, mais comumente arenosos, acumulados por ação de ondas que, por apresentar mobilidade, se ajustam às condições de ondas e marés.

A classificação do estágio morfodinâmico de praias utilizada nesta pesquisa está baseada na proposta por Wright & Short (1984), que em termos morfodinâmicos, pode variar de refletiva à dissipativa, com quatro estágios intermediários entre estes.

Diversos autores brasileiros, na tentativa de padronizar a terminologia de praias, com base em autores nacionais e internacionais, criaram perfis hipotéticos, classificando morfologicamente estes ambientes transicionais entre a litosfera e a hidrosfera, valendo-se destaque aos trabalhos de Muehe, *op. cit.*; Hoefel, 1995 e Angulo, 1996.

Nestas tentativas muitas são as confusões das terminologias utilizadas, tanto para os termos em inglês quanto em português. Com o objetivo de padronizar os termos utilizados nesta dissertação foi adotada a classificação proposta por Angulo (*op. cit.*).

Figura 03: Terminologia de ambientes e subambientes litorâneos (Angulo, 1996).

As falésias ou dunas, localizadas na costa, serão nomeadas, neste estudo, de dunas frontais, por se enquadrarem melhor na configuração morfológica do sistema praia da Ilha Comprida.

4.1.2 Feições morfológicas de praias associadas aos agentes marinhos – ondas e marés

As mudanças em praias podem ocorrer em diferentes frequências e podem envolver mudanças no volume de sedimento, na morfologia ou em ambos (Wright *et. al.*, 1984).

A morfologia de um perfil de praia apresenta algumas feições que merecem destaques, pois algumas destas feições foram observadas ao longo dos levantamentos de dados desta pesquisa: na antepraia, as cúspides e as marcas onduladas; no pós-praia, os bermas, e na costa, as dunas frontais e cristas de praia.

Segundo Inman & Guza (1982), há dois tipos de cúspides praias: os formados na zona de surfe pelo sistema de circulação local e aqueles formados na face da praia pela ação do espraiamento das ondas.

A distância entre as cúspides é controlada pelas características das ondas próximas da costa. Assim, o crescimento destas feições ocorre pela interação entre as ondas incidentes e a movimentação da topografia (Inman & Guza, *op. cit.*). O modelo de formação de cúspides, proposto por estes autores, determina que as ondas próximas, embora necessárias no processo inicial de perturbação das formas de leito, não devem persistir para que ocorra o desenvolvimento topográfico pleno destas feições.

Em análise sobre as cúspides e a dinâmica de praias, Antia (1989) determinou que a formação e a persistência das cúspides são mais significantes em praias do tipo refletivas e que em praias dissipativas, as cúspides desempenham um papel passivo no processo global de ajustamento do perfil volumétrico.

As marcas onduladas são feições extremamente comuns em ambientes dominados por ondas e marés e a escala e a forma destas feições estão diretamente relacionadas à escala dos processos envolvidos em suas formações. Estas marcas são excelentes indicativos da direção de corrente gerada, seja por ação de ondas, maré ou vento.

Baseado nos experimentos de outros autores, Suguio (1980) determinou que a formação das marcas onduladas está relacionada às

correntes de tração que movem os sedimentos ao longo do leito por rolamento e saltação. O regime de fluxo determinará a escala das feições formadas, e a menor velocidade capaz de produzir microondulações em areia fina é da ordem de 20 cm/s.

Segundo Hesp (1999), podem ser três a gênese das dunas frontais: eólica, ondas de tempestade e aquelas associadas aos cordões litorâneos emersos. As cristas de praias, no entanto, são depósitos de construção de origem exclusivamente marinha e são alinhadas ao espraçamento, ou então, construídas por ondas de tempestades.

4.1.3 Utilização de Diferencial Global Positioning System / DGPS em levantamentos topográficos em praias

Optou-se pela utilização exclusiva de dados coletados com DGPS em detrimento de dados obtidos com outros métodos, por considerar que o DGPS permite levantamentos topográficos com um grau de densidade amostral que supera, em muito, os levantamentos de dados em praia baseados somente em perfis topográficos (Martins, 2006). Cabe destacar, também, que estudos realizados por Morton *et. al.* (1995b) e Martins (*op.cit.*), em análise das variações morfo-sedimentares, as superfícies topográficas apresentam um grau de precisão muito alto.

Morton *et. al.* (*op. cit.*) realizaram o levantamento topográfico de uma praia na costa da Flórida, utilizando-se de DGPS e teodolito. Foram coletados dados nos mesmos pontos com os dois métodos e a partir da figura 03 é possível identificar que as diferenças altimétricas entre estes dois métodos são inferiores a 2 cm.

Figura 04: Comparação dos perfis topográficos obtidos com a utilização de métodos convencionais de levantamento e pelo modo *Stop and Go* do DGPS. Os símbolos estão superpostos em cada estação porque as alturas são essencialmente as mesmas (modificado de Morton *et. al.*, 1995b).

O DGPS tem sido largamente utilizado no levantamento topográfico de praias desde meados da década de 90, em diversos países (Morton *et. al.*, 1993; Brunsden & Morre, 1997; Baptista *et al.*, 2002 e Haxel & Holman, 2004, dentre outros).

No Brasil, estudos incipientes e isolados em morfodinâmica de praia têm se apropriado deste método, valendo-se destaque para o trabalho desenvolvido, na costa paulista, por Martins (2006).

A aquisição de dados com DGPS pode ser do tipo estático ou cinemático. No modo cinemático, os dados podem ser aquisitados ponto a ponto (*stop and go*) ou de forma contínua.

No modo *stop and go* para dados pós-processados, o maior erro com a utilização do modelo *Trimble 4800* (no eixo *z*) é de até 2 cm, decaindo a precisão em torno de 1 cm a cada 1 km de distância do ponto de referência. Já os dados no modo contínuo, a precisão é de 40 cm, podendo decair conforme características locais.

4.1.4 Granulometria

A utilização da granulometria na análise sedimentar permite a identificação de variações da energia deposicional podendo esta ser relacionada ao regime de maré, e aos processos fluviais e eólicos ou à ação de ondas.

Optou-se pela utilização de análises granulométricas como forma de caracterização do sedimento que compõem a área de estudo. Assim, as coletas no início e no final de cada campanha tiveram como objetivo identificar as variações da energia deposicional ao longo de cada campanha.

A determinação dos parâmetros granulométricos foi realizada no Laboratório de Sedimentologia do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo / IOUSP, por meio do analisador *Malvern* 2000. Os dados obtidos foram organizados no software *Labse*, com os correspondentes valores em ϕ [-log2 (mm)] para os parâmetros estatísticos de diâmetro médio e desvio padrão gráfico, determinados segundo Folk & Ward (1957).

4.1.5 Sonar de varredura lateral, ecossonda e Roxann

Segundo Vital *et. al.* (2005), as investigações realizadas em áreas submersas na costa brasileira foram iniciadas no século XVIII, pela expedição *HMS CHALLENGER*. Mas, foi a partir da década de 60 do século passado que universidades e instituições brasileiras deram início a pesquisas de geologia e geofísica marinha e, desde então, inúmeros trabalhos têm sido desenvolvidos nestas áreas.

Estas investigações se baseiam em métodos e técnicas que podem ser feitos de forma direta ou indireta. A forma direta ocorre quando há amostragem de sedimentos ou de rochas do fundo oceânico por meio de equipamentos ou diretamente no local. As formas indiretas, amplamente utilizadas, são as que permitem obter informações do fundo oceânico por meio de métodos geofísicos, sem ter contato com o material de estudo (Vital *op. cit.*).

Os principais métodos geofísicos utilizados são gravimetria, magnetometria, sísmico, geoeletrico, radiometria e geotermia. Para este

trabalho, optou-se pela utilização de métodos sísmicos, mais especificamente, pela técnica de sonografia de varredura lateral, pois esta técnica permite observar as características morfológicas e sedimentológicas da superfície do fundo do mar (Vital *et. al.*, 2005).

Pelo método sísmico, várias fontes são utilizadas para gerar uma onda acústica, enquanto que pela técnica de sonografia, um único feixe lateral de ondas acústicas permite obter uma “imagem” da superfície do fundo do mar. Nesta técnica, as frequências mais baixas são utilizadas para mapear grandes áreas, e as mais altas, áreas menores e com melhor resolução (Vital *op. cit.*)

As ecossondas são instrumentos utilizados para detectar algum objeto ao longo da coluna da água, mas, ainda, têm sido amplamente utilizadas na determinação da profundidade dos fundos marinhos. São instrumentos que utilizam, também, os princípios da acústica, na qual um sinal elétrico é emitido e transformado por um transdutor num pulso acústico, sendo este direcionado para a área que se quer mapear. Quando um objeto na coluna d’água ou o fundo marinho é atingido, parte da energia acústica é refletida e recebida pelo transdutor sob a forma de um eco, que é reconvertido em energia elétrica.

Sabendo-se que a velocidade do som na água é em torno de 1500 ms^{-1} , a determinação da profundidade de um objeto na coluna d’água ou da superfície do fundo é feita pela medida do tempo decorrido entre a emissão do pulso e a recepção do eco. Obtém-se, assim, a distância entre o transdutor do objeto de estudo.

4.1.6 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos que deram suporte às análises morfodinâmicas deste trabalho foram obtidos do modelo global WaveWatch III (WWatch III), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE, por meio do Prof. Dr. Valdir Inocentini.

O modelo global WWatch III tem como objetivo prever a agitação marítima, que é feita com base em dados de vento de superfície. Deste modelo foram obtidas as figuras referentes (1) à direção e altura de onda, (2) ao

período médio de onda (3) ao período de pico de onda e (4) à velocidade e direção do vento.

O modelo gera saída de dados a cada 3 horas para todos os pontos de grade. Optou-se pelos dados referentes às 6 h GMT, equivalente às 9 h da manhã do horário local, garantido, assim, as características meteorológicas em torno do começo de cada dia de monitoramento.

4.2 Atividades realizadas para a elaboração da pesquisa

A realização deste estudo compreendeu duas etapas principais: (1) campanhas de coleta de dados em um segmento da porção emersa da praia da Ilha Comprida e parte da face litorânea adjacente e (2) análise e tratamento dos dados.

4.2.1 Atividades de campo

Os levantamentos topográficos na praia da Ilha Comprida foram realizados com dois DGPS. A utilização desse instrumento implicou na aquisição simultânea de dados na área a ser mapeada e em um ponto topográfico de referência. Para tanto, foi criado um ponto fixo na base sul de apoio à pesquisa do Instituto Oceanográfico, locado à cerca de 4 km da área monitorada na praia.

4.2.1.1 Criação de um Ponto Fixo em Cananéia

A criação do ponto fixo na base sul de apoio à pesquisa do Instituto Oceanográfico foi necessária, para que a utilização do DGPS na praia funcionasse com tempo de aquisição de dados a cada 1 s. Este tempo amostral permitiu o levantamento de dados contínuos na face da praia por meio de um triciclo.

Para a implementação deste ponto fixo, foram realizadas duas campanhas no mês de março de 2005. A primeira teve como objetivo estabelecer o local de construção de um pilar para implementação do coletor DGPS Trimble 4700, e a segunda, aquisitar duas sessões de dados, cada uma com duas horas de duração. As coordenadas de referência foram extraídas de Trabanco (2003)

Os dados gerados nestas duas sessões foram pós-processados com os dados de um outro ponto fixo, também da base sul de apoio à pesquisa do Instituto Oceanográfico, que está programado para coletar dados com tempo amostral a cada 15 s. Este ponto pertencente ao Laboratório de Marés e dos Processos Temporais Oceânicos / MAPTOLAB do Departamento de Oceanografia Física do Instituto Oceanográfico.

4.2.1.2 Aquisição de dados na praia da Ilha Comprida

Foram quatro as campanhas de monitoramento do segmento de praia da Ilha Comprida: de outono – de 18 a 25 de maio de 2005, de inverno – 03 a 10 de agosto de 2005, de primavera – de 12 a 17 de novembro de 2005 e de janeiro – de 24 a 30 de janeiro de 2006.

A área de estudo encontra-se situada logo após o Rio Capivuru, apresenta 300 metros de extensão e largura que vai da crista do primeiro berma (início da vegetação rasteira), no pós-praia, até a linha da água, na antepraia. Para auxiliar a compreensão das mudanças morfológicas e granulométricas, foram monitorados quatro perfis eqüidistantes em 100m, transversais ao alinhamento da praia.

Nos locais previstos para o levantamento de cada perfil foi determinada a orientação dos mesmos, buscando estabelecer uma direção perpendicular à linha de praia. Esta orientação foi definida de forma aproximada, por meio de medição com bússola Brunton transversal à direção da praia.

Os dados para o modelo numérico de terreno da praia foram coletados diariamente ao longo das quatro campanhas com a utilização do coletor DGPS Trimble 4800 e foram configurados conforme o elipsóide de referência WGS84. Optou-se pela utilização de dados pós-processados, em detrimento

de dados em tempo real (Real Time Kinematic – RTK), devido a dificuldades na criação de um ponto de referência na praia da Ilha Comprida. Os dados foram aquisitados no modo *stop and go* em todas as campanhas.

As datas dos quatro levantamentos foram orientadas pelos períodos de marés de sizígia – previsão consultada na tabua de marés do Instituto Oceanográfico (www.mar8.io.usp.br). Optou-se pela baixamar máxima, próxima ao meio do levantamento de cada campanha, visando à maior exposição da praia ao longo do monitoramento. No levantamento de outono, a lua nova ocorreu no dia 23/05, no de inverno, lua cheia em 05/08, no de primavera, lua nova em 15/11 e no verão, lua nova em 28/01.

Foram coletados sedimentos em três pontos para cada um dos quatro perfis: amostras na porção superior da praia (A) – junto ao início da vegetação rasteira, outra na porção inferior (C) – junto à linha da água, e uma terceira (B), em um ponto intermediário entre os pontos A e C. Quando observada textura diferente do sedimento ao longo dos perfis, foi coletada uma amostra extra (D).

Foram feitos registros fotográficos e descrições diárias das principais feições observadas na antepraia para auxiliar a visualização da morfologia da praia.

Para todos os dias de monitoramento, foram adquiridas previsões meteorológico-oceanográficas (Prof. Dr. Valdir Inocentini, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, da Universidade de São Paulo), que foram fundamentais na análise da morfologia do ambiente litorâneo estudado. Para tanto, obteve-se, a partir do modelo numérico WWach III, as figuras referentes a (1) altura e direção de onda, (2) período médio de onda, (3) período de pico de onda e (4) velocidade e direção do vento.

4.2.1.3 Aquisição de dados na porção submersa da praia da Ilha Comprida

Para a caracterização da batimetria da porção submersa da área de estudo, foi realizado, no início da campanha de inverno, perfis de eco sondagem e coleta de sedimentos de superfície de fundo. Para tanto, utilizou-se da eco sonda *Oceandata Bathy* 500 MF, com transdutor de 50 kHz,

na qual foi acoplado o *Roxann*, para a verificação das diferenças texturais do sedimento ao longo destes perfis. O sedimento de superfície de fundo foi coletado com um pegador do tipo *Van Veen*.

Ainda como forma de caracterização desta porção submersa, foi realizado, para a campanha de verão, um mapeamento com o sonar de varredura lateral *Marine Sonics*, operando com transdutor de 300 kHz, o qual permitiu maior detalhamento da superfície de fundo da área submersa. O sedimento de superfície de fundo foi coletado, também, com o objetivo de caracterização granulométrica.

Os sedimentos de superfície de fundo coletados, assim como os sedimentos da porção emersa, foram submetidos à queima do carbonato biodetrítico e a análise granulométrica baseou-se na classificação proposta por Folk & Ward (1957).

4.2.2 Atividades de escritório e laboratório

Os dados topográficos foram tratados no próprio *software* do DGPS, *Trimble Geometric Office* versão 1.6 e as planilhas geradas neste programa foram transferidas para o *software Surfer* versão 8.0, no qual foram geradas figuras de superfícies topográficas e de diferenças altimétricas entre os dias de monitoramento, por meio do método de interpolação *Kriging*. Os cálculos de volume (m^3/m) foram feitos, também, no *software Surfer* versão 8.0.

Optou-se pela utilização de uma mesma máscara da antepraia para todos os dias de levantamento, para facilitar a comparação das diferenças morfológicas e volumétricas entre os dias monitorados. Este *Blank* apresentou em torno de 250 m de comprimento x 70 m de largura, totalizando uma área de 33336 m², que foi utilizada juntamente com a quota de -2,5 m como limite inferior do sistema para os cálculos de volume.

A batimetria obtida com a ecossonda foi gerada no *software Surfer*, versão 8.0, também com método de interpolação *Kriging*. O mosaico dos dados coletados com o sonar de varredura lateral foi gerado no *software Sonarweb*, e a figura gerada foi transferida para o *software Surfer* 8.0 para posteriores tratamentos dos dados.

Foram coletadas 134 amostras, sendo 112 na porção emersa e 22 na submersa. O sedimento foi lavado com água doce, secado em estufa a 60° C e submetido à queima de carbonato biodetrítico. Optou-se por este procedimento para que fragmentos carbonáticos não fossem contabilizados na distribuição granulométrica.

Para cada amostra, 10g de sedimento seco foram submetidas ao ataque de ácido clorídrico diluído a 10% por 24 horas. Quando não mais reagente, o excesso da solução foi retirado e a amostra submetida a uma nova lavagem. Depois de secas, foram colocadas novamente em estufa a 60° C. As amostras foram pesadas para conhecer a porcentagem de CaCo_3 e a granulometria do sedimento foi determinada em analisador *Malvern* 2000.

Os resultados obtidos, a partir deste método, foram transportados para o software *Labse*, que permite determinar as características granulométricas com parâmetros estatísticos granulométricos propostos por Folk & Ward (1957). Os dados foram dispostos em tabelas e parte destes resultados foi plotado em gráficos elaborados no software *Excel*.

5. RESULTADOS

5.1 MAIO DE 2005

5.1.1 Condições meteorológicas e hidrodinâmicas – outono/2005

Em maio de 2005, sete sistemas frontais atuaram no País e quatro destes passaram pelo litoral sul de São Paulo nos dias de monitoramento (www.inpe.br).

A semana que antecedeu o monitoramento de outono, assim como os quatro primeiros dias do monitoramento (18, 19, 20 e 21), foi marcada pelos sistemas 02, 03 e 04 (figura 05). Os anticiclones à retaguarda destes sistemas foram os responsáveis pela geração de ondas, ao largo da costa paulista, de 1 a 2 m de altura de direção leste (figura 06 e 10) predominantemente, períodos médios variando de 5 s a 7 s (figuras 07 e 11) e período de pico de 8 s (figuras 08 e 12). Os ventos vinham de leste/nordeste no dia 16 e sul/sudoeste, nos dias 18 e 20, de 2 a 4 m/s (figuras 09 e 13).

No dia 21, o quarto sistema do mês a atingir a área de estudo (sistema 05, figura 05), com centro próximo à costa sul-sudeste brasileira, se desenvolvia e no dia 22, as ondas de direção sul, ao largo da plataforma sul, paulista tinham até 3 m de altura. Neste dia, as ondas chegavam à costa com 1 a 1,5 m de altura de sul (figura 10). O período médio foi de 8s e período de pico de 10 s (figuras 11 e 12). Na costa, o vento de nordeste do dia 21 à 2m/s, passou a soprar de sul/sudoeste no dia 23 com até 4m/s.

A maior elevação ao longo dos dias de monitoramento foi observada no dia 23, quando o nível do mar atingiu o berma na maré alta da madrugada do dia 22 para o dia 23 (foto 06, figura 17). Além disto, este dia foi marcado pelas maiores ondas que atingiram a praia, com até 2 m de altura de sul/sudoeste e até 3 m ao largo da costa, com período médio de 10 s e período de pico de 11 s (figuras 11 e 12).

No dia 24, as ondas ainda vinham de sul, com o sistema se deslocando para leste. No dia 25, as ondas na costa chegavam ainda com 1,5 m de altura de sul (figura 10), mas diminuíram ao largo da costa para 2 m / 2,5 m. Os períodos médios e de pico diminuíram, também, para 8 e 9 s

respectivamente (figuras 11 e 12) e os ventos eram de sudoeste, a 4 m/s (figura 13).

Figura 05: Sistemas Meteorológicos que atingiram a costa brasileira em maio de 2005 (INPE, 2006).

A previsão de maré para os dias de monitoramento de maio indicou amplitudes em torno de 1 a 1,5 m entre as preamares e as baixamares. As preamares ocorreram no início da madrugada e no meio da tarde e as baixamares ao longo da manhã e já próximo a 0 h.

O pico da preamar e da baixamar variou em torno de meia hora mais tarde de um dia para outro. As maiores amplitudes observadas ocorreram nos dias 22, 23, 24 e 25 de maio com até 1,5 m de variação (de 0 m a 1,5 m de altura) e a menor no dia 18 e 19 com variação em 1 m de amplitude (de 0,25 m a 1,25 m) (anexo, gráfico 11).

Figura 06: Altura significativa e direção de onda para os dias 16, 18, 20, 21, 23 e 25 de maio de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

Figura 07: Período médio para os dias 16, 18, 20, 21, 23 e 25 de maio de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

Figura 08: Período de pico para os dias 16, 18, 20, 21, 23 e 25 de maio de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
ANALISE:16/MAY/2005 00UTC (SEGUNDA) +06h Litoral_S/SE
VALIDO PARA:16/MAY/2005 06UTC (SEGUNDA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
ANALISE:18/MAY/2005 00UTC (QUARTA) +06h Litoral_S/SE
VALIDO PARA:18/MAY/2005 06UTC (QUARTA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
ANALISE:20/MAY/2005 00UTC (SEXTA) +06h Litoral_S/SE
VALIDO PARA:20/MAY/2005 06UTC (SEXTA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
ANALISE:21/MAY/2005 00UTC (SABADO) +06h Litoral_S/SE
VALIDO PARA:21/MAY/2005 06UTC (SABADO)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
ANALISE:23/MAY/2005 00UTC (SEGUNDA) +06h Litoral_S/SE
VALIDO PARA:23/MAY/2005 06UTC (SEGUNDA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
ANALISE:25/MAY/2005 00UTC (QUARTA) +06h Litoral_S/SE
VALIDO PARA:25/MAY/2005 06UTC (QUARTA)

Figura 09: Velocidade e direção do vento para os dias 16, 18, 20, 21, 23 e 25 de maio de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

5.1.2 Porção emersa – outono/2005

Esta campanha foi marcada pelas maiores variações morfológicas e volumétricas se comparada às variações obtidas nos outros períodos de monitoramento.

No dia 18/05, a praia apresentou declividade relativamente uniforme, com dois setores topográficos distintos. O primeiro, a sudoeste, com maior declividade devido à menor quantidade de sedimentos na sua porção inferior (perfil 1, figura 19) e o segundo, a nordeste, caracterizado por uma declividade parecida com o setor sudoeste em sua porção superior, mas com uma porção mais plana na parte inferior, devido ao acúmulo de sedimentos nesta porção inferior norte (figura 10). A morfologia do sistema esteve marcada por cúspides não uniformes por toda a antepraia (figura 10).

As principais feições, observadas na face da praia e antepraia, foram as cúspides localizadas (foto 02, figura 10), marcas onduladas de corrente – unidirecional e bidirecional e na porção seca, marcas onduladas de vento e a crista do primeiro berma, já coberta por vegetação rasteira (foto 03).

Os ventos de sudoeste estiveram fortes e foram aumentando do início da campanha até o dia 22, o que possibilitou visualizar o transporte eólico dos sedimentos, principalmente na porção superior da antepraia, onde o sedimento estava seco.

A maior variação morfológica e volumétrica desta campanha se deu entre os dias 18/05 e 21/05, com uma perda de 3748 m³ de sedimento no trecho estudado. Pôde ser observada a retirada de sedimentos da porção inferior nordeste da antepraia, mudança esta que tornou mais uniforme a declividade da praia (figuras 11, 12 e 13).

Este ajuste morfológico pode ser observado, também, com a mudança nos perfis 1, 2 e 4, do dia 18 para o dia 21/05 (figura 15).

Verificou-se a tendência de organização das cúspides na porção superior, com a distância entre suas cristas mais regular do dia 18 para o dia 21/05, e o aparecimento de cúspides na porção inferior do sistema, de base mais larga que as da porção superior.

Figura 10: Topografia da Praia em 18/05/2005. As setas indicam as cúspides.

Foto 02: Cúspides ao longo da antepraia. crista

Foto 03: Vegetação rasteira sobre a do primeiro berma.

Até o dia 21 de maio, as ondas de leste de até 1 m de altura e com período de pico de 7 a 9 s foram responsáveis pela homogeneização da topografia da praia: com erosão nos locais de maior acúmulo de sedimento

(porção noroeste inferior) e deposição naquele de menor quantidade (porção sudeste inferior). A porção superior não apresentou quaisquer modificações por

Figura 11: Topografia da Praia em 21/05/2005

Foto 04: Linhas de deixa no meio da antepraia.

não ter sido alcançada pela água, devido às variações de maré (perfis topográficos, figura 15 e superfícies topográficas).

No dia 23/05, a declividade ficou ainda mais uniforme, desaparecendo as cúspides localizadas no meio da área de observação.

Figura 12: Topografia da Praia em 23/05/2005.

Foto 05: Linha de deixa sobre a vegetação rasteira com destruição da crista do primeiro berma.

Foto 06: Evidência de água sobre o primeiro berma.

Embora estas variações morfológicas sejam muito sutis, ainda assim é possível verificar, através dos perfis, a declividade da praia ainda mais uniforme no dia 23.

A maior elevação do nível do mar decorrente das variações de maré ocorreu na madrugada do dia 23. Isto pode ser observado com o aplainamento da crista do primeiro berma (foto 05) decorrente de água sobre este (foto 06).

Figura 13: Topografia da Praia em 25/05/2005.

Foto 07: Crista do primeiro berma destruída com a subida do nível do mar.

O trecho de estudo apresentou perda de sedimento em 2453 m³ em relação ao dia 21/05, relacionada, predominantemente, à porção inferior central.

No dia 25/05, a praia se apresentou ainda mais retificada e a declividade mais uniforme do que o observado nos dias anteriores, característica que pode ser vista com a retificação das cotas e também com os perfis (figura 15).

O resultado da última maré alta no dia 25, que foi responsável pelo aplainamento por completo da crista do primeiro berma, pode ser observado comparando-se a fotografia 07 da figura 13 com a fotografia 03, da figura 10.

O trecho de estudo apresentou um ganho de 1374 m³ de sedimento associado, provavelmente à porção mais inferior do sistema.

De forma geral, observou-se um aplainamento da praia, que pode ser verificado com a retificação das cotas e com o desaparecimento das cúspides – representadas pelas suaves ondulações nas cotas de -0,5m e -1m, entre os dias 18/05 e 25/05. Embora a porção mais superior da antepraia, próxima à cota de 0m, não tenha apresentado mudanças representativas ao longo desta campanha, a campanha de outono foi marcada por uma perda de 4827 m³ de sedimentos.

As mudanças altimétricas verificadas ao longo da campanha, de acréscimo de sedimento da ordem de 0,5 m na porção inferior sudoeste e erosão de sedimento na porção superior e inferior nordeste, podem ser observadas na figura 14 e nos perfis transversais (figura 15).

Figura 14: Diferenças altimétricas entre os dias 18/05/2005 e 25/05/2005.

Com os perfis topográficos, este processo de retificação da praia, devido à redistribuição de sedimento ao longo da antepraia, também pode ser observado (figura 15), sendo que os perfis do dia 18/05 aparecem bastante diferentes dos perfis dos outros dias. As maiores mudanças ocorreram nas porções inferiores, principalmente dos perfis 1, 2 e 4, do dia 18/05 para o dia 21/05.

O sedimento coletado no início e no final do levantamento da campanha de outono era composto, predominantemente, por areias finas e areias médias (diâmetro médio entre 1,64 e 2,53 phi e desvio padrão entre 1,64 a 2,00 phi) (anexo, tabela 04). Somente as amostras dos pontos 3C e 4C, de 19/05, e 1C e 2C, de 24/05, continham mais de 50% de areias médias (gráficos 01 e 02).

As areias grossas apareceram em todas as amostras com quantidades inferiores a 5%, com exceção da amostra 3C de 19/05, com 20%.

A quantidade de areia média variou bastante de um dia para o outro. No dia 19/05, observou-se que no primeiro perfil e nas amostras 2B e 2D

(amostra localizada entre o ponto 2B e o 2C), as areias médias compunham em 10% o sedimento. Nas amostras mais a nordeste do sistema, a quantidade de areia média apresentou uma tendência de crescimento de 30% a 60%, conforme a localização dos pontos no perfil; nas porções superiores, valores próximos a 30% e nas porções inferiores, valores próximos a 60%. No dia 24/05 houve um incremento significativo da quantidade desta fração nas amostras localizadas mais próximas à linha da água, que atingiu valores de 60% nas amostras 1C e 2C e 40% nas amostras 3C e 4C.

No dia 19/05, a porcentagem de areia fina no sedimento apresentou uma tendência de diminuição em direção nordeste, sendo que as amostras com maior quantidade foram 1C e 2A, com 30% e as com menor quantidade foram 3C e 4C, com valores próximos a zero. No dia 24/05, a quantidade de areia nesta fração praticamente se manteve inferior a 5%, apresentando 10%, somente, nas amostras da porção superior (anexo, tabela 05).

As areias finas predominaram no sedimento da praia como um todo. No dia 19/05, valores de 60 a 80%, com exceção das amostras 3C e 4C com 30 e 40% respectivamente. No dia 24/05, percebeu-se um aumento de areias finas ao longo de todo o perfil 4 e da amostra 3C, com quantidades entre 60 e 80% e uma diminuição para 40% nas amostras 1C e 2C, que passaram, então, a ter maior quantidade de areias médias.

Gráfico 01: Distribuição da fração areia em 19/05/2005 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis.

Gráfico 02: Distribuição da fração areia em 24/05/2005 – amostras A, B, C para os quatro perfis.

Figura 15: Perfis topográficos 1, 2, 3 e 4 para os dias 18, 21, 23 e 25 de maio de 2005.

5.2 AGOSTO DE 2005

5.2.1 Condições meteorológicas e hidrodinâmicas – inverno/2005

Em agosto de 2005, seis sistemas frontais atuaram no país, e quatro destes foram registrados no litoral sul de São Paulo (www.inpe.br). Somente um sistema passou pela área de estudo no período de monitoramento.

Os dias 03, 05 e 06 foram marcados por um regime de ondas e ventos muito semelhante, sem a presença de um sistema frontal. As ondas vinham de leste com até 1,5 m de altura sobre a plataforma e 1 m na costa (figura 16), período médio e período de pico em 7 s, com exceção do período de pico de 8 s no dia 06/08 (figura 17). Os ventos vinham de nordeste a 2 m/s (figura 20).

No dia 08, mudanças marítimas já podiam ser vislumbradas, podendo-se verificar uma ondulação de sul, com ondas de 1,5 m de altura ao largo da costa e bem próximas da praia (figura 17). O período médio e de pico permaneceram em 7 s na praia (figura 18) e os ventos sopraram de sul, a 4 m/s (figura 24). No dia 09, as ondas chegavam à praia com até 2 m de altura e ao largo da costa com 2,5 m (figura 17).

Este foi o único sistema que atingiu a área de estudo durante os dias de monitoramento. Ele ingressou pelo interior do Rio Grande do Sul, Bolívia e Paraguai no dia 06/08 e, devido ao rápido deslocamento, posicionou-se sobre o litoral da região sudeste no dia 07/08, permanecendo semi-estacionário ao largo de Ubatuba/São Paulo, entre os dias 08 e 09/08 (sistema 2, figura 16).

Neste período, a formação de um centro de baixa pressão entre o litoral de São Paulo e Santa Catarina reorganizou esta frente fria e foi responsável pela formação de um anticiclone, desenvolvido muito próximo à costa, gerando estas ondas de sul que atingiram a costa com até 3m de altura. Esta frente fria e o sistema de baixa pressão associado permaneceram sobre o oceano até o dia 13, enfraquecendo posteriormente.

O dia 10 foi marcado por grandes mudanças oceanográficas decorrentes deste anticiclone, que gerou ondas com até 3 m de altura na praia e 3,5 / 4 m ao largo da costa. O período médio ficou em 9 s e período de pico em 10s (figuras 17 e 18) e os ventos estavam fortes e muito próximos à costa, soprando de sul a 6 m/s (figura 20).

A elevação do nível do mar, decorrente de maré meteorológica, impediu a realização do levantamento topográfico no dia 10/08/2005, sendo feitas somente observação e registro fotográfico das feições formadas na face da praia, bem como coleta de sedimentos.

Figura 16: Sistemas meteorológicos que atingiram a costa brasileira em agosto de 2005 (INPE, 2006).

A previsão de maré para os dias de monitoramento do inverno se mostrou muito parecida com a previsão do outono, com o deslocamento dos picos de preamar e baixamar em torno de 2 horas mais de um dia para o outro. As maiores amplitudes ocorreram entre os dias 04 e 08, com 1,3 m (de 0,2 m a 1,5m de altura), e menores amplitudes nos dias 03 e 10, com 1 m de variação (de 0,25 m a 1,25 m) (anexo, gráfico 12).

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ALT.SIG_(m)_E_DIRECAO
 ANALISE:03/AUG/2005 00UTC (QUARTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:03/AUG/2005 06UTC (QUARTA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ALT.SIG_(m)_E_DIRECAO
 ANALISE:05/AUG/2005 00UTC (SEXTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:05/AUG/2005 06UTC (SEXTA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ALT.SIG_(m)_E_DIRECAO
 ANALISE:06/AUG/2005 00UTC (SABADO) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:06/AUG/2005 06UTC (SABADO)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ALT.SIG_(m)_E_DIRECAO
 ANALISE:08/AUG/2005 00UTC (SEGUNDA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:08/AUG/2005 06UTC (SEGUNDA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ALT.SIG_(m)_E_DIRECAO
 ANALISE:09/AUG/2005 00UTC (TERCA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:09/AUG/2005 06UTC (TERCA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ALT.SIG_(m)_E_DIRECAO
 ANALISE:10/AUG/2005 00UTC (QUARTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:10/AUG/2005 06UTC (QUARTA)

Figura 17: Altura e direção de onda para os dias 03, 05, 06, 08, 09 e 10 de agosto de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

Figura 18: Período médio para os dias 03, 05, 06, 08, 09 e 10 de agosto de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE PERÍODO_DE_PICO (s)
 ANALISE:03/AUG/2005 00UTC (QUARTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:03/AUG/2005 06UTC (QUARTA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE PERÍODO_DE_PICO (s)
 ANALISE:05/AUG/2005 00UTC (SEXTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:05/AUG/2005 06UTC (SEXTA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE PERÍODO_DE_PICO (s)
 ANALISE:06/AUG/2005 00UTC (SABADO) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:06/AUG/2005 06UTC (SABADO)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE PERÍODO_DE_PICO (s)
 ANALISE:08/AUG/2005 00UTC (SEGUNDA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:08/AUG/2005 06UTC (SEGUNDA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE PERÍODO_DE_PICO (s)
 ANALISE:09/AUG/2005 00UTC (TERÇA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:09/AUG/2005 06UTC (TERÇA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE PERÍODO_DE_PICO (s)
 ANALISE:10/AUG/2005 00UTC (QUARTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:10/AUG/2005 06UTC (QUARTA)

Figura 19: Período de pico para os dias 03, 05, 06, 08, 09 e 10 de agosto de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:03/AUG/2005 00UTC (QUARTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:03/AUG/2005 06UTC (QUARTA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:05/AUG/2005 00UTC (SEXTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:05/AUG/2005 06UTC (SEXTA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:06/AUG/2005 00UTC (SABADO) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:06/AUG/2005 06UTC (SABADO)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:08/AUG/2005 00UTC (SEGUNDA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:08/AUG/2005 06UTC (SEGUNDA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:09/AUG/2005 00UTC (TERÇA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:09/AUG/2005 06UTC (TERÇA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:10/AUG/2005 00UTC (QUARTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:10/AUG/2005 06UTC (QUARTA)

Figura 20: Velocidade e direção do vento para os dias 03, 05, 06, 08, 09 e 10 de agosto de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

5.2.2 Porção emersa – inverno/2005

Comparando as superfícies e os perfis do mês de agosto com os do mês de maio, pode-se observar que a praia apresentou menor quantidade de sedimento sobre a antepraia, com 7965 m³ a menos de sedimento na campanha de inverno (relativo ao último dia de maio e o primeiro de agosto monitorado). Isto pode ser verificado pelas menores distâncias entre as cotas das superfícies de agosto, como também, pelas menores altitudes na porção superior do sistema verificadas nos perfis.

No dia 05/08, a praia apresentou declividade uniforme até a cota de -2 m e menor declividade na porção inferior do sistema. Esta menor declividade demonstra um maior acúmulo de sedimentos na porção inferior do sistema (figura 21).

Este acúmulo de sedimentos pode ser visto, também, nos perfis 1, 2 e 3 que apresentam maior quantidade de sedimento quando comparados com os mesmos perfis do dia 06/08 (figura 26).

No dia 06/08, a porção superior da antepraia permaneceu com a mesma inclinação observada no dia anterior e a porção inferior foi erodida uniformemente, processo que tornou a praia mais inclinada (figura 30) e que pode ser verificada também com os perfis (figura 26). Este processo erosivo apresentou uma perda de sedimento de 1227 m³.

No último dia do levantamento topográfico do mês de agosto, em 09/08, a porção superior da antepraia se manteve praticamente igual e o sedimento foi re-depositado na porção inferior do sistema, processo observado com o deslocamento para baixo da cota de -2 m na e com o desaparecimento da cota de -2,5 m (figura 23). Este ganho de sedimentos foi de 2793 m³.

De forma geral, verificou-se que as superfícies topográficas dos dias 05, 06 e 09 de agosto apresentaram-se muito similares, variando principalmente do dia 05 para o dia 06/08, com processo de erosão, e deste para o dia 09/08, com processo de deposição na face da praia no sentido transversal à costa (figuras 24, 25 e 26). O balanço entre os dias 18 e 25 de maio de 2005, foi de ganho de 1565 m³ de sedimento.

Figura 21: Topografia da Praia em 05/08/2005.

Foto 08: Marcas onduladas na antepraia.

As principais feições observadas ao longo da praia foram marcas onduladas ao vai e vem do espraçamento (foto 08, figura 21), localizadas nas porções mais inferiores da praia e marcas onduladas de vento (foto 09, figura 22), localizadas próximas à crista do primeiro berma, onde o sedimento encontrava-se bastante seco.

Figura 22: Topografia da Praia em 06/08/2005.

Foto 09: Marcas onduladas na porção superior da antepraia.

As marcas onduladas de vento encontravam-se perpendicular à praia (devido aos ventos de nordeste) e as marcas onduladas decorrentes do vai e vem do espraçamento, paralelas à praia.

Figura 23: Topografia da Praia em 09/08/2005.

Foto 10: Linha de deixa próxima ao primeiro berma.

Este aporte de sedimentos também pode ser verificado nos perfis topográficos da figura 26, que apresentam altitudes, na porção inferior, próximas às observadas no dia 05/08.

As mudanças sedimentares observadas entre o primeiro e último dia de monitoramento da campanha de inverno foram as mais significativas dentre todos os levantamentos.

Com a entrada do anticiclone, todo o sedimento da antepraia se apresentou praticamente igual. No dia 04/08, a porcentagem de cada fração variou não somente ao longo de cada perfil, como também em direção norte (gráfico 03), mas no dia 10/08, estas porcentagens se tornaram iguais, o que pode ser visto no gráfico 04.

No dia 04/08, o sedimento de todas as amostras era composto em mais de 50% por areias finas, sendo que as amostras A apresentaram maiores valores (80%, amostra 1A e em torno de 70% para as outras amostras A). As amostras 1B e 2B apresentaram em torno de 60% e as amostras 3B e 4B, em torno de 40%. Nas amostras C, 50% do sedimento era composto por areias finas (anexo, tabela 06).

A porcentagem de areia grossa ficou em torno de zero e as areias muito finas apresentaram valores em torno de 15%. As areias médias tenderam a variar de forma oposta a quantidade de areias finas, com tendência de maiores quantidades em direção nordeste. Antagonicamente à quantidade de areia fina, as areias médias apareceram em maior quantidade nas amostras B, com valores em torno de 40%. As amostras A e C apresentaram valores em torno de 20% a 30%, com exceção das amostras 3A e 3C.

No dia 10/08, embora o sedimento tenha se apresentado praticamente igual ao longo de toda a praia, houve uma leve tendência de diminuição das frações finas e aumento da fração média na direção nordeste. Em torno de 80% do sedimento era composto por areias finas, de 10% (amostra 1A) a 30% (amostra 3C) por areias médias, em torno de 10% de areias muito finas e praticamente zero de areias grossas (anexo, tabela 07).

Figura 24: Diferenças altimétricas entre os dias 05/08/2006 e 06/08/2005

Figura 25: Diferenças altimétricas entre os dias 06/08/2006 e 09/08/2005.

Gráfico 03: Distribuição da fração areia em 04/08/2005 – amostras A, B, C e D os quatro perfis.

Gráfico 04: Distribuição da fração areia em 10/08/2005 – amostras A, B, C para os quatro perfis.

Figura 26: Perfis topográficos 1, 2, 3 e 4 para os dias 05, 06 e 09 de agosto de 2005.

5.2.3 Porção submersa – inverno/2005

No início da campanha de inverno foi realizado levantamento de dados da porção submersa entre a face litorânea e costa afora, em uma área em torno de 600 metros – longitudinalmente à praia, por 1,2 km costa afora. As profundidades encontradas variaram de 3 a 8 m, com uma declividade mais acentuada entre as isóbatas entre -3 a -5 m e isóbatas mais distantes a partir dos 5 m de profundidade (figura 27).

Estas diferenças de distância entre as isóbatas, de -3 a -5 e -5 a -8 m, levam a supor a presença de um banco arenoso, que pode ser considerado como a segunda arrebentação de ondas. Foi observada a existência de uma zona de arrebentação bem próxima à praia, que não pode ser registrada devido à pouca profundidade do local.

A partir da profundidade de -5 m, a morfologia desta porção submersa evidencia a presença de um canal. Sua presença neste local pode estar associada à existência do Rio Capivuru, que deságua próximo a este trecho submerso apresentado.

Figura 27: Batimetria da porção submersa para o dia 03/08/2005, entre a face litorânea e costa afora, adjacente à porção emersa da praia da Ilha Comprida. Os pontos coloridos representam os sedimentos de superfície de fundo.

Foram coletadas 10 amostras de superfície de fundo (figura 35) e a distribuição granulométrica indicou que mais de 60% do sedimento das amostras 2, 3, 4, 6, 7, 8, e 9 eram compostos por siltes (gráfico 05) – que variou de silte médio a silte grosso (anexo, tabela 12). As amostras 1, 5 e 10 apresentaram sedimentos compostos, em sua maioria, por areias finas a muito finas.

Gráfico 05: Granulometria do sedimento de superfície de fundo em 03/08/2005.

A concentração de carbonato de cálcio variou de 1 a 33%, com as menores concentrações relacionadas às amostras de areia fina e areia muito fina. A maior concentração foi de 33% para a amostra 8, localizada na porção centro-norte da área submersa (anexo, tabela 12).

A partir de registros efetuados com *Roxann*, foi possível determinar uma tendência bem evidente das diferenças texturais dos sedimentos que compõem este sistema atualmente submerso. Embora este aparelho não esteja calibrado para o tipo de sedimento que compõem a costa sudeste brasileira, determinou-se a granulometria do sedimento a partir da relação da textura observada pelo aparelho com a granulometria encontrada nas amostras de sedimento acima descritas.

A porção mais próxima à praia estava marcada, na sua maioria, por dois tipos texturais mais evidentes (cores claras), classificadas como areia fina a muito fina. A partir de profundidades entre -5,5 e -6 m, a textura do sedimento mudou consideravelmente, apresentando, a partir deste ponto, praticamente a mesma tendência (cores escuras), de grãos variando entre silte

grosso a silte médio. Ocorreram concentrações de carbonato de cálcio distribuídas por toda a porção submersa, com maiores evidências na porção centro-norte (figura 28).

Figura 28: Dados de Roxann da porção submersa para o dia 03/08/2005, entre a face litorânea e costa afora adjacente à porção emersa da praia da Ilha Comprida.

5.3 NOVEMBRO DE 2005

5.3.1 Condições meteorológicas e hidrodinâmicas – primavera/2005

Em novembro de 2005, sete sistemas frontais atuaram no país, e quatro foram registrados no litoral sul de São Paulo (www.inpe.br). Somente um sistema atingiu a área de estudo no período do monitoramento.

As condições meteorológicas e de agitação marítima permaneceram muito similares entre os dias de monitoramento no mês de novembro. As ondas vinham do quadrante leste até o dia 16/11, sem a presença de um sistema frontal. Ao largo da costa sul paulista, as ondas tinham até 2,5 m, nos dias 12 e 13/11, e baixaram para 2 m a partir do dia 14/11. Na praia, as ondas tinham 1 m até 14/11, baixaram para 0,5 m no dia 15 e voltaram a ter até 1 m nos dias 16 e 17, quando de sul (figura 30).

O período médio das ondas que chegavam à praia foi de 7 s até o dia 16/11 e de 10 s, no dia 17 (figura 31). O período de pico permaneceu em 7 s até o dia 15/11, foi de 8 s no dia 16/11 e no dia 17, de 11s (figura 32).

Nos dias 12 e 13/11, o vento soprou de leste a 2 m/s. No dia 14, o vento aumentou um pouco a velocidade, soprando a 4 m/s já com influência do quadrante nordeste (figura 33). Nos dias 15 e 16/11, o vento permaneceu de nordeste, diminuindo novamente a 2m/s. No dia 17/11, o vento, ainda a 2 m/s, soprava de nordeste, mas já com influência de sul (figura 33).

O terceiro sistema frontal do mês, o único que atingiu a área de estudo, chegou à Florianópolis no dia 16/11 e no dia 16 à tarde já atingia o sul do estado de São Paulo, trazendo ondas de sul, com 1 m de altura na costa (sistema 4, figura 29).

Figura 29: Sistemas Meteorológicos que atingiram a costa brasileira em novembro de 2005 (INPE, 2006).

A previsão de maré para os dias de monitoramento indicou duas preamares e duas baixamares bastante evidentes. As preamares ocorreram no início da madrugada e no meio da tarde e as baixamares ao longo da manhã e já próximo as 0 h.

A previsão de maré para os dias de monitoramento indicou amplitudes em torno de 1 m entre as preamares e as baixamares. As preamares ocorreram no início da madrugada e no meio da tarde e as baixamares ao longo da manhã e já próximo a 0 h.

O pico da preamar e da baixamar variou em torno de meia hora mais tarde de um dia para outro, com a maior amplitude observada no dia 13/11 (de 0,2 m a 1,3 m) e com a menor no dia 17/11, com 0,8 m de amplitude (de 0,4 m a 1,2 m) (anexo, gráfico 13).

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:12/NOV/2005 00UTC (SABADO) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:12/NOV/2005 06UTC (SABADO)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:13/NOV/2005 00UTC (DOMINGO) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:13/NOV/2005 06UTC (DOMINGO)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:14/NOV/2005 00UTC (SEGUNDA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:14/NOV/2005 06UTC (SEGUNDA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:15/NOV/2005 00UTC (TERÇA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:15/NOV/2005 06UTC (TERÇA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:16/NOV/2005 00UTC (QUARTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:16/NOV/2005 06UTC (QUARTA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:17/NOV/2005 00UTC (QUINTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:17/NOV/2005 06UTC (QUINTA)

Figura 30: Altura e direção de onda para os dias 12, 13, 14, 15, 16 e 17 de novembro de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

Figura 31: Período médio para os dias 12, 13, 14, 15, 16 e 17 de novembro de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:12/NOV/2005 00UTC (SABADO) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:12/NOV/2005 06UTC (SABADO)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:13/NOV/2005 00UTC (DOMINGO) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:13/NOV/2005 06UTC (DOMINGO)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:14/NOV/2005 00UTC (SEGUNDA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:14/NOV/2005 06UTC (SEGUNDA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:15/NOV/2005 00UTC (TERÇA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:15/NOV/2005 06UTC (TERÇA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:16/NOV/2005 00UTC (QUARTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:16/NOV/2005 06UTC (QUARTA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE
 ANALISE:17/NOV/2005 00UTC (QUINTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:17/NOV/2005 06UTC (QUINTA)

Figura 32: Período de pico para os dias 12, 13, 14, 15, 16 e 17 de novembro de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:12/NOV/2005 00UTC (SABADO) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:12/NOV/2005 06UTC (SABADO)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:13/NOV/2005 00UTC (DOMINGO) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:13/NOV/2005 06UTC (DOMINGO)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:14/NOV/2005 00UTC (SEGUNDA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:14/NOV/2005 06UTC (SEGUNDA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:15/NOV/2005 00UTC (TERÇA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:15/NOV/2005 06UTC (TERÇA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:16/NOV/2005 00UTC (QUARTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:16/NOV/2005 06UTC (QUARTA)

MODELO WW3 – BRASIL SUDESTE VEL_(m/s)_E_DIR_DO_VENTO
 ANALISE:17/NOV/2005 00UTC (QUINTA) +06h Litoral_S/SE
 VALIDO PARA:17/NOV/2005 06UTC (QUINTA)

Figura 33: Velocidade e direção do vento para os dias 12, 13, 14, 15, 16 e 17 de novembro de 2005 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

5.3.2 Porção emersa – primavera/2005

No dia 12/11, a antepraia apresentou características muito similares às observadas no meio da campanha do inverno, o que pode ser verificado com a semelhança das superfícies topográficas (exemplo, figuras 24 e 36) e com a baixa variação volumétrica; de perda de 884 m³.

Havia um banco arenoso na porção inferior (foto 11), que esteve em processo de desaparecimento e que foi praticamente destruído até o último dia de observação (foto 17). Como este banco apresentou altitudes inferiores a 20 cm em relação ao restante adjacente da antepraia, sua presença somente pode ser percebida no perfil 1: no dia 12/11, o banco aparece na porção mais inferior do sistema, tendo praticamente sumido no dia 14/11. (figura 39).

O sedimento que compõem o banco emerso parece ter sido transferido para a porção submersa adjacente próxima, característica esta observada com a modificação da quebra das ondas.

Ainda no dia 12/11, a porção superior da antepraia como um todo apresentou características morfológicas e altimétricas muito parecidas, variando somente a morfologia da porção inferior. Estas diferenças levaram a divisão da praia em dois setores: a sudoeste, com menor declividade devido ao acúmulo de sedimentos em sua porção inferior – presença do banco arenoso, e a nordeste, com maior declividade (figura 46). Isto também pode ser verificado com as diferenças nos perfis transversais (perfil 1 e 4 do dia 12/11, figura 39).

Do dia 12 para o dia 13/11, a cota de -2 m foi retilinearizada devido ao processo erosivo da porção sudoeste da praia (figura 35), mas com a porção nordeste apresentando, ainda, maior declividade. A praia apresentou um ganho de 2750 m³. As características morfológicas observadas neste dia se mantiveram muito similares até 17/11 (figura 38).

Do dia 13 para o último dia de monitoramento, em 17/11, a principal mudança observada na praia foi o deslocamento da cota de -2,5 m para baixo, que pode ser verificado por um pequeno acúmulo de sedimentos na porção nordeste inferior (figuras 36, 37 e 38). Isto pode ser observado, também, no perfil 3, figura 39.

Figura 34: Topografia da Praia em 12/11/2005.

Foto 11: Banco arenoso na face da praia.

De forma geral a praia apresentou mudanças morfológicas muito discretas ao longo do monitoramento da primavera, sendo a menor variação da antepraia ao longo de uma mesma campanha. Isto pode ser observado nas figuras topográficas dos dias 12, 13, 14, 15 e 17 de novembro (figuras 34 a 38) e nos perfis topográficos, que são muito semelhantes (figura 39).

Figura 35: Topografia da Praia em 13/11/2005.

Foto 12: Linha de deixa no meio da antepraia.

Observou-se um aumento discreto da inclinação da antepraia, o que pode ser verificado com o deslocamento, em direção a linha da água, das cotas -2 m e -2,5 m (figuras 34 a 38). Como esta diferença é muito pequena, as variações entre os perfis quase não são percebidas (figura 39).

Figura 36: Topografia da Praia em 14/11/2005.

Foto 13: Canal atrás do banco arenoso visto da face da praia.

Foto 14: Marcas onduladas presentes no canal: as setas indicam os dois sentidos da corrente.

Do dia 13 para o dia 14, a praia apresentou um ganho de 1096 m³. Do dia 14 para o dia 15, uma perda de 344 m³ e deste para o dia 17, um ganho de 24 m³. O balanço final desta campanha apresentou um ganho de sedimento de 3526 m³, associado principalmente às variações ocorridas na porção inferior do sistema com processo de deposição.

Figura 37: Topografia da Praia em 15/11/2005.

Foto 15: Linhas de deixa na antepraia.

A composição do sedimento nos dias 12 e 16/11 foi um pouco diferente, quando comparada com a do sedimento coletado nas campanhas anteriores. Pode-se observar, também, uma tendência de diminuição das areias finas e respectivo aumento da areia média em direção ao norte da praia.

Figura 38: Topografia da Praia em 17/11/2005.

Foto 16: Linha de deixa mais próxima à vegetação rasteira, do que observado no dia 15/11.

Foto 17: Visualmente, a declividade da praia encontra-se suave e uniforme, assim como observado na figura.

Nos dois dias de amostragem, a quantidade de areias grossas no sedimento se manteve muito próxima ao zero. A quantidade de areia muito fina decaiu em quantidade das amostras A para as amostras C, variando de 20% a zero (anexo, tabelas 08 e 09).

Para os dois dias, a quantidade de areias finas apareceu sempre em oposição a quantidade de areias médias. No entanto, no dia 16/11, o sedimento se apresentou mais homogêneo ao longo da praia, com exceção das amostras 1C, 4B (em torno de 50% de areias finas e os outros 50% de areias médias) e 4C (60% de areias médias e 40% de areias finas). No restante das amostras, o sedimento era composto entre 60 a 80% de areias finas e entre 15 e 30% de areias médias.

No dia 12/11, observou-se, para todos os perfis, que a quantidade de areia fina decaiu das amostras A para as amostras C, sendo que os perfis 1, 2 e 3 se apresentaram parecidos (com valores variando entre 80% e 60%, com exceção da amostra 3C, com 40% de areias finas). O perfil 4 apresentou valores de 60% de areias finas para os pontos A e B e 20% para o ponto C.

Gráfico 06: Distribuição da fração areia em 12/11/2005 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis.

Gráfico 07: Distribuição da fração areia em 16/11/2005 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis.

Figura 39: Perfis topográficos 1, 2, 3 e 4 para os dias 12, 13, 14, 15 e 17 de novembro de 2005.

5.4 JANEIRO DE 2006

5.4.1 Condições meteorológicas e hidrodinâmicas – verão/2006

Em janeiro, seis sistemas atuaram no país (figura 40) e destes, quatro passaram pela área de estudo (www.inpe.br). Somente o quinto sistema do mês – o terceiro que atingiu o sul do estado de São Paulo, ocorreu no período do monitoramento (sistema 5, figura 40).

Este quinto sistema frontal configurou-se no extremo sul do Rio Grande do Sul, associado a uma ciclogênese sobre o Uruguai no dia 20/01. No dia 21, a frente fria associada deslocou-se pelo interior do Rio Grande do Sul e rapidamente atingiu o litoral do estado de São Paulo, onde permaneceu entre os dias 22 e 23/01. Este sistema deslocou-se rapidamente, posicionando-se no litoral sul de São Paulo entre os dias 24 e 25 de janeiro.

As ondas que chegavam à costa junto com esta frente vinham de sudeste, com no máximo 1 m de altura na praia e 1,5 m ao largo da costa (figura 41), período médio e período de pico em 6 s para o dia 24/01 e em 7 s para o dia 25/01 (figuras 42 e 43). Os ventos sopravam de leste / nordeste a 2 m/s (figura 44).

A partir do dia 26, as condições meteorológicas e oceanográficas se mantiveram bastante parecidas com as observadas nos dois primeiros dias da campanha. Nos dias 26, 27 e 28, as ondas passaram a vir de sul, ainda com 1 m de altura na praia e 1,5 m ao largo da costa (figura 41), período médio e período de pico em 8 s (figuras 42 e 43) e ventos de sudoeste no dia 26 e de sudeste nos dias 27 e 28 a 2 m/s (figura 44).

No dia 29, as ondas se mantiveram com 1 m de altura na praia e 1,5 m ao largo da costa de direção sul (figura 41). O período médio ficou em 8 s e período de pico em 10 s (figuras 42 e 43), com ventos soprando a 2 m/s de direção leste (figura 44).

No dia 30, as ondas na praia chegavam ainda com 0,5 m na praia e 1 m ao largo da costa (figura 41), período médio e período de pico em 7 s (figuras 42 e 43) e ventos de nordeste a 2 m/s (figura 44).

Figura 40: Sistemas Meteorológicos que atingiram a costa brasileira em janeiro de 2006 (INPE, 2006).

A previsão da maré para os dias de monitoramento da campanha do verão foi a mais diferente de todas as outras observadas, pois a amplitude se mostrou bastante diferente entre os primeiros e os últimos dias de campo.

Nos primeiros dias, as amplitudes de maré ficaram em torno de 0,5 m (de 0,5 m a 1 m de altura) e nos últimos, em torno de 1,5 m (de -0,2 m a 1,4 m) e verificou-se que o pico de maré baixa da manhã não ultrapassou o 0,5m de altura (anexo, gráfico 14).

Figura 41: Altura e direção de onda para os dias 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 de janeiro de 2006 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

Figura 42: Período médio para os dias 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 de janeiro de 2006 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

Figura 43: Período de pico para os dias 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 de janeiro de 2006 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

Figura 44: Velocidade e direção do vento para os dias 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 de janeiro de 2006 (cortesia Prof. Dr. Valdir Inocentini, INPE, 11/07/2006).

5.4.2 Porção emersa – verão/2006

Figura 45: Topografia da Praia em 24/01/2006.

Foto 18: Antepraia, visualmente, com mais sedimento do que nos outros monitoramentos

Foto 19: Presença de cúspides que se estendem ao longo da antepraia.

A topografia da antepraia se manteve bastante semelhante entre os dias 24 e 25/01, com a presença de cúspides ao longo da porção superior. No dia 25,

Figura 46: Topografia da Praia em 25/01/2006.

Foto 20: Cúspides ao longo da antepraia.

a área de estudo apresentou perda de 515 m³ de sedimento, relacionada à porção inferior do sistema que apresentou quotas de -2,6 m (figura 46).

No dia 26/01, a principal mudança observada referiu-se ao rebaixamento da cota de -2 m e à sobrelevação das cotas de -1m e -1,5 m no meio da antepraia (figura 47 e perfil 1, figura 53). Este processo pareceu

apresentar relação direta com o deslocamento de sedimentos, ocorrendo retirada de sedimentos da porção

Figura 63: Topografia da Praia em 26/01/2006.

inferior e deposição – na mesma perpendicular – na porção superior, com ganho final de 861 m³ em relação ao dia 25.

No dia 26/01, a porção superior da praia apresentou morfologia um pouco diferente dos outros dias, com dois principais canais de escoamento da água decorrente da forte chuva que ocorreu na madrugada deste dia, com até 8,2mm de água (anexo, tabela 15).

No dia 27/01, a morfologia da praia voltou às características observadas nos dias 24 e 25/01; com a largura entre as cotas de -1 m e -1,5 m e -1,5 m e -2 m evidenciando uma inclinação mais suave e retilinearizada da antepraia (figura 48). Embora estas variações tenham sido muito pequenas, ainda assim é possível verificar as mudanças nos perfis 2 e 3 (figura 53) e um ganho de 208 m³ de sedimento em relação ao dia 26/01.

Os dias 28 e 29/01 foram marcados por características morfológicas muito semelhantes e pelo desenvolvimento das cúspides localizadas na porção

superior do sistema (foto 23 e figuras 49 e 50). No dia 28/01, a praia perdeu 1274 m³ em relação ao dia 27 e no dia 29, 241 m³ em relação ao dia 28.

Figura 48: Topografia da Praia em 27/01/2006.

Foto 21: Cúspides ao longo da antepraia.

No dia 30/01, as cúspides foram parcialmente destruídas e os sedimentos redistribuídos principalmente na porção superior do sistema. Isto pode ser observado com o aumento da distância entre as cotas - 0,5 m e - 1 m

(figura 51). A partir da cota de -0,5 m, na porção superior da antepraia não houve alteração morfológica significativa.

Figura 49: Topografia da Praia em 28/01/2006.

Foto 22: Antepraia com declividade uniforme.

O dia 30 apresentou um ganho de 861 m³ de sedimento em relação ao dia 29, relacionado, provavelmente, ao acréscimo de sedimentos na porção inferior ao sistema.

A porção emersa da praia da Ilha Comprida não apresentou grandes mudanças morfológicas e de volume de sedimento ao longo do monitoramento de

Figura 66: Topografia da Praia em 29/01/2006.

Foto 23: Cúspides bastante uniformes assim como observado na figura. As setas amarelas representam a crista e as vermelhas os cavados das cúspides.

janeiro de 2006. De forma geral, houve um ganho de sedimentos na porção inferior, uma perda, ao longo das cristas das cúspides e um novo ganho na porção logo acima destas feições (figura 52), totalizando o menor balanço de sedimento obtido, de somente 25 m³.

Figura 67: Topografia da Praia em 30/01/2006.

Foto 24: Linha de deixa bem demarcada e próxima ao pós-praia.

Foto 25: Marcas onduladas na ante-praia.

Pôde-se observar (figuras 45 a 50) que a praia manteve inclinação muito parecida de 24/01 até 29/01, apresentando, no dia 30/01 (figura 51), inclinação máxima dos dias de verão monitorados. Esta maior declividade pode ser identificada, observando-se a diferença de posição da cota de -2 m no dia 30/01.

Além desta mudança de inclinação, as cúspides, de forma geral, apresentaram crescimento ao longo do monitoramento, verificando-se que o máximo de desenvolvimento destas feições ocorreu no dia 29/01 (figura 50). É possível observar cúspides bem desenvolvidas pela eqüidistância entre suas cristas (foto 24, figura 50).

A antepraia apresentou mais sedimento acumulado se comparada às superfícies topográficas das outras campanhas, o que também pode ser observado nos perfis (figura 53).

Figura 52: Diferenças altimétricas entre os dias 24/01/2006 e 29/01/2006.

O sedimento coletado ao longo da antepraia apresentou diâmetro médio de 1,67 phi a 2,58 phi (areias médias a areias finas), verificando-se que as únicas amostras com mais de 50% de areias médias foram as 1D e 3D para 23/01 e 3D e 4D para 29/01 (anexo, tabelas 10 e 11). O desvio padrão variou de 0,39 a 0,82 phi (de bem selecionado a moderadamente selecionado) e assimetria se manteve praticamente em 0, assim como observado no sedimento dos outros levantamentos.

De forma geral, a quantidade de areias muito finas se manteve entre 0 e 20%, com tendência de maiores porcentagens nas amostras B (anexo, tabela 11). Observou-se maior concentração de areias finas nas amostras A, que variou dos 60 aos 80%. A porcentagem de areia fina aumentou de 20% no perfil 1 a 60% no perfil 4 para o dia 23/01. Para o dia 24/01, a porcentagem de areias finas se manteve em torno de 50% nas amostras 1D, 2D e 3D, caindo para 20% na amostra 4D (gráficos 08 e 09).

A quantidade de areias médias foi em torno de 20% nas amostras A, em torno de 10% nas amostras B, de 20 a 40% nas amostras C e em torno de 40% nas amostras D (com exceção das amostras 1D – 70%, 3D – 60% para o dia 23/01 e 3D – 50% e 4D – 80% para 29/01). As areias grossas só apareceram nas amostras D e com porcentagens inferiores a 10% (gráfico 08 e 09).

Do dia 23/01 para o dia 29/01, observou-se uma homogeneização do sedimento ao longo das porções superior, média e inferior da antepraia, com quantidades decrescentes de areia fina das porções superiores para porções inferiores dos perfis e respectivos aumento de areia média.

Não foi possível verificar a tendência de variação da granulometria do sedimento rumo nordeste, assim como observado em maior ou menor grau nas outras campanhas (gráficos 08 e 09).

Gráfico 08: Distribuição da fração areia 23/01/2006 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis.

Gráfico 09: Distribuição da fração areia em 29/01/2006 – amostras A, B, C e D para os quatro perfis.

Figura 53: Perfis topográficos 1, 2, 3 e 4 para os dias 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 de janeiro de 2006.

5.4.3 Porção submersa – verão/2006

No início da campanha de verão foi realizado, como caracterização, um levantamento de dados com sonar de varredura lateral da porção submersa entre a face litorânea e a costa afora, em uma área em torno de 700 metros – longitudinalmente à praia, por 1,2 km costa afora.

Os dados obtidos com esse instrumento permitiram aferir uma diferença de textura do sedimento, principalmente entre porções mais rasas das mais profundas. Nota-se na figura 54, que os locais mais escuros devem representar sedimentos mais grossos, enquanto os mais claros, sedimentos mais finos.

Em detalhe da porção submersa, um banco arenoso paralelo à linha de costa pode ser visualizado e foi identificado como o início da zona de arrebentação. Além deste banco, marcas onduladas também paralelas à linha de costa são feições indicativas de correntes preferenciais transversais à linha de costa. No setor mais a sul da porção estudada, um núcleo de sedimento mais grosso pode ser visualizado (figura 55).

Figura 54: Mosaico dos dados obtidos com o sonar de varredura lateral, em frente à praia da Ilha Comprida

Figura 55: Detalhe da porção submersa obtida com sonar de varredura lateral, em frente à praia da Ilha Comprida.

Foram coletadas 10 amostras nos mesmos pontos de coleta de sedimento de superfície de fundo da campanha do inverno de 2005 (figura 56). Com exceção das amostras 1, 4, 6 e 10, o sedimento era composto por mais de 40% de silte – que varia de silte médio a silte grosso, e entre 20 e 40% de areias muito finas (anexo, tabela 13). As amostras 1, 4, 6 e 10 apresentaram concentrações em torno de 40% de areias finas e 40% de areias muito finas. Menos de 10% do sedimento, de cada amostra, eram compostos por areias médias e argila (gráfico 10).

Gráfico 10: Granulometria do sedimento de superfície de fundo em 23/01/2006.

Figura 56: Amostras do sedimento de superfície de fundo, coletadas no dia 23/01/2006.

Na figura 56 é possível identificar que, com exceção das amostras 4 e 6, em porções mais rasas (amostras 1 e 10) o sedimento apresenta diâmetro médio maior e em locais mais fundos, diâmetro médio menor.

6. DISCUSSÃO

Os resultados alcançados permitiram algumas interpretações, tanto em escala de tempo diária, como sazonal. Foi possível identificar que a morfologia praial variou de uma campanha para outra, com a forma e os valores volumétricos mais próximos entre os meses de maio de 2005 e janeiro de 2006 e de agosto e novembro de 2005.

Na campanha de maio de 2005, a praia apresentou maior acúmulo de sedimento na porção inferior do sistema, se comparada às das campanhas subseqüentes de agosto e novembro, quando se constatou superfícies muito similares com declividade uniforme e maior variação de altitude da praia. Em janeiro de 2006, além do aparecimento de cúspides bem visíveis, o sistema apresentou maior acúmulo de sedimentos na praia emersa como um todo, assim como na campanha de maio do ano anterior, mas com maior concentração de sedimentos na porção superior da antepraia, junto às cúspides.

Assim como as superfícies, o volume do trecho estudado se apresentou mais próximo entre as campanhas de maio de 2005 e janeiro de 2006 – com valores da ordem de 25.000 m³, e entre agosto e novembro de 2005 – com valores da ordem de 16.000 m³ de sedimento (tabela 02).

Foi constatado que a praia variou de estágio morfodinâmico, passando de dissipativa – campanhas de maio de 2005 e janeiro de 2006, a intermediária do tipo banco e calha – campanhas de agosto e novembro de 2006. Embora não tenham sido efetuadas medidas para a classificação do estágio morfodinâmico da praia proposta por Wright & Short (1984), optou-se por esta classificação devido às diferenças morfológicas bastante evidentes entre as campanhas.

As diferenças morfológicas e volumétricas encontradas entre uma campanha e outra devem ser entendidas como resultado não somente da energia de um único sistema meteorológico, mas da sucessão de frentes que acabam por transformar o perfil praial, conforme observou Komar (1976). Nesta perspectiva, o que pôde ser identificado, de fato, foi a perda de sedimentos entre a campanha de agosto em relação à de maio de 2005 e o

ganho de sedimentos na campanha de janeiro de 2006 com relação à de novembro de 2005.

Em observações sobre as ondas incidentes na região da Ilha do Bom Abrigo (Garcia *et. al.*, 2003), não foi verificada tendência de concentração na direção das ondas ao longo do ano, a não ser entre fins de outubro de 1968 e início de janeiro de 1969, quando as direções foram quase que exclusivamente de leste.

A somatória de sistemas com ondas de sul que atingem o litoral sul paulista durante todo o ano, pode explicar o balanço final negativo entre maio e agosto de 2005, quando provavelmente as ondas de sul, que atingem a costa neste período, ultrapassam 1,5 m de altura. Já entre os meses de novembro e janeiro, a incidência maior de ondas de leste, com altura provável de 1,5 m, resulta em um processo deposicional do sistema, assim como observado ao se comparar os dados de volume entre as campanhas de novembro de 2005 e de janeiro de 2006.

O balanço sedimentar variou de uma campanha a outra, com balanço final para cada campanha – valores com relação ao valor inicial do 1º dia, de perda de 4827 m³ (16% do total) em maio de 2005, de ganho de 1565 m³ (9% do total) em agosto de 2005, de ganho de 3526 m³ (26% do total) em novembro de 2005 e de ganho de 25 m³ (praticamente 0% do total) em janeiro de 2006.

A campanha de maio de 2005 apresentou a maior mobilidade volumétrica de todos os monitoramentos, com 6201 m³ erodidos em 6 dias (do dia 18/05 ao dia 23/05). Este valor representou 21% de todo o sedimento mobilizado do trecho estudado. Em novembro de 2005 ocorreu a maior mobilidade de sedimentos relativa à quantidade de sedimento disponível, com ganho de 3846 m³ (ou 29% do total), processo este ocorrido em 3 dias (do dia 12 ao dia 14/11). Já a campanha de janeiro de 2006 foi a que apresentou o menor balanço de sedimentos, com balanço final próximo a 0%.

Foram observadas algumas tendências, entre os dados meteorológicos, morfológicos e os de variações volumétricas, descritas a seguir.

No início das campanhas de maio e agosto de 2005 e janeiro de 2006, ondas de leste com 1 m de altura e período médio entre 7 e 8 s foram

responsáveis por um processo erosivo da praia, em seu setor mais inferior. Na campanha de maio, estas condições meteorológicas foram sucedidas por ondas de sul com 2 m de altura que acabaram por erodir o sistema. Na campanha de agosto de 2005, ondas também de sul com 1 m de altura acabaram por depositar sedimentos sobre a porção emersa da praia (tabela 02).

Dia	volume diário (m3)	Volume acumulado (m3)				Ondas			
		em relação à superfície anterior	%	em relação ao 1º dia	%	Altura	Período médio	Período de pico	Direção
maio									
18	28420					1	8	8	E
21	24671	-3748	13	-3748	13	1	9	11	E
23	22217	-2453	9	-6201	21	2	9	11	S
25	23592	1374	6	-4827	16	1,5	8	9	SE
agosto									
5	16647					1	7	7	E
6	15420	-1227	7	-1227	7	1	7	7	E
9	18213	2793	18	1565	9	1	7	8	S
novembro									
12	13151					1,5	7	7	E
13	15902	2750	20	2750	20	1,5	7	7	E
14	16998	1096	7	3846	29	1,5	6	7	E
15	16653	-344	2	3502	26	1	6	7	E
17	16678	24	0	3526	26	1,5	10	11	S
janeiro									
24	25450					1	6	6	E
25	24934	-515	2	-515	2	1	7	7	E
26	25796	861	3	346	1	1	8	9	S
27	26004	208	1	554	2	1	7	8	S
28	24730	-1274	5	-720	3	1,5	8	8	S
29	24489	-241	1	-961	4	1,5	8	10	S
30	25475	986	4	25	0	1	7	7	S

Tabela 02: Valores volumétricos e dados de ondas para as campanhas de maio, agosto e novembro de 2005 e janeiro de 2006.

Na campanha de novembro de 2005, observou-se que as ondas de leste com 1,5 m de altura e período médio entre 6 e 7 s foram responsáveis pelo processo deposicional até o dia 14/11, observado principalmente no setor inferior do sistema. No dia 15/11, as ondas ainda de leste diminuíram para 1 m

de altura e período médio em 6 s, o que provocou um processo erosivo do sistema, também na porção inferior. Com a entrada de ondas de sul com 1,5 m de altura e período médio em 10 s no dia 17/11, a praia manteve praticamente o mesmo volume, com acreção de 24 m³.

Em janeiro de 2006, ondas de leste com 1 m de altura foram responsáveis por erosão do sistema. As ondas de sul chegaram à costa com 1 m de altura a partir do dia 26 e atuaram no processo de deposição de sedimentos nos dias 26 e 27. Nos dias 28 e 29, as ondas ainda de sul aumentaram para 1,5 m de altura e acabaram por erodir o sistema. No dia 30, as ondas, ainda de sul, diminuíram para 1 m de altura e passaram a atuar novamente no processo deposicional da porção emersa da praia.

Essa tendência observada neste trecho da Ilha Comprida, com engordamento da praia, quando presentes ondas de sul até a 1 m com período médio entre 7 s e 8 s, e erosão, quando presentes ondas de leste até 1 m com período médio entre 6 s e 8 s, não corrobora com os resultados observados por diversos autores, dentre os quais Barros & Tessler (2003), Calliari (2003) e Pereira & Calliari (2003).

Para Barros & Tessler, as ondas de leste são responsáveis por processos deposicionais prevaletentes e as ondas de sul por processos erosivos em praias do norte paulista. Para Calliari *et. al.* (2005), as ondas de sul/sudeste com período médio acima de 9 s são as principais causadoras do processo erosivo observado no Farol da Conceição na costa do Rio Grande do Sul. Pereira & Calliari (2005) também observaram acreção do perfil praiial na Praia do Cassino, Rio Grande do Sul, quando presentes ondas de sudeste e leste, com altura menor que 0,75 m e período de pico entre 9 s e 10 s.

Os resultados alcançados na presente pesquisa complementam os resultados adquiridos pelos autores acima mencionados. Pois, embora as ondas de sul e de leste, inferiores a 1 m, tenham atuado sobre o balanço sedimentar diferentemente do descrito pela literatura, as ondas acima de 1,5 m, tanto de sul como de leste, foram responsáveis diretamente pelas mudanças volumétricas da porção emersa da praia, com erosão e deposição respectivamente.

Algumas hipóteses podem ser levantadas para explicar estas diferenças de resultados das variações morfológicas e volumétricas, quando presentes ondas de sul e de leste de diferentes alturas.

As ondas de sul com altura acima de 1,5 m e período médio entre 8 s e 10 s – registradas nas campanhas de maio e novembro de 2005 e janeiro de 2006, apresentam alta energia e acabam erodindo diretamente a porção emersa da praia. A energia destas ondas não se dissipa exclusivamente sobre a porção submersa da praia e, somada à maré meteorológica, a energia da onda – por meio do espraçamento – acaba atingindo porções bastante superiores da praia e atuando no processo erosivo.

As ondas de sul até 1 m de altura e período médio entre 7 s e 8 s, registradas nas campanhas de agosto de 2005 e janeiro de 2006, são capazes de remobilizar sedimentos na porção submersa da praia, mas não têm energia suficiente para erodir a porção emersa. Quando estas ondas estão presentes, o espraçamento somado às variações de maré parece ser responsável pela deposição na porção emersa da praia, deste sedimento re-suspenso pela ação das ondas.

As ondas de leste com 1,5 m de altura e período médio entre 6 s e 7 s só foram registradas na campanha de novembro de 2005, quando a praia apresentou estágio morfodinâmico de praia intermediária do tipo banco e calha. Ao longo deste monitoramento foi observada a destruição do banco presente na porção mais inferior do sistema, e o sedimento deste banco parece ter sido transferido para a porção emersa da praia.

As ondas de leste inferiores a 1 m de altura e período médio entre 6 s e 8 s foram registradas nas quatro campanhas e em todas estas campanhas, a praia respondeu com processo erosivo. Uma hipótese para explicar este processo é que estas ondas apresentam baixa energia e não são capazes de remobilizar quantidades significantes de sedimentos da porção submersa. Com esta falta de sedimentos em suspensão na água, a variação da maré acaba sendo a responsável pela retirada de sedimentos da porção emersa, pois conforme ocorre o sobe e desce do nível do mar, parte do sedimento da porção emersa acaba sendo erodido.

A corrente resultante para NE (Tessler, 1988; Souza, 1997; Nascimento Jr., 2006) e o estoque de sedimentos dos bancos arenosos nos

arredores da desembocadura de Cananéia devem contribuir com sedimentos para a área de estudo, podendo influenciar neste 'atraso' dos ciclos erosivos e deposicionais do sistema, quando presentes ondas de sul e de leste inferiores a 1 m.

O transporte longitudinal foi observado principalmente na campanha de outono (figura 18), quando se verificou a ocorrência de erosão na porção nordeste e deposição da porção sudoeste, evidenciando um transporte no sentido SW. Mas, para o restante das campanhas, o transporte ocorreu, para o segmento monitorado, predominantemente transversal à costa (figuras 32, 33 e 68), ocorrência também observada nas praias de Cibratel por Cazzoli (1997) e de Bertioga por Martins (2000).

Ocorre que os movimentos de vai e vem do espraçamento, cuja intensidade é determinada segundo a energia das ondas vigentes, somados às variações de maré, são determinantes no processo de deposição e erosão dos sedimentos da porção emersa da praia.

As feições de escala decamétrica observadas, durante os monitoramentos de maio de 2005 e janeiro de 2006, foram as cúspides. Na campanha de maio, estas feições estiveram presentes com ondas leste e foram destruídas com a entrada das ondas de sul com 2 m de altura e período médio em 10 s. A ondulação, somada à subida do nível do mar decorrente das variações de maré, foi responsável pela destruição por completo destas feições e conseqüente alinhamento das cotas altimétricas.

Na campanha de janeiro de 2006, as cúspides foram mais facilmente visualizadas por apresentarem-se mais desenvolvidas, quando comparadas às da campanha de maio de 2005. Estas feições cresceram primeiramente sob condições de ondas de leste, com 1 m de altura e período médio em 7 s. Posteriormente, com ondas de sul também com 1 m de altura e período médio em 8 s, estas feições continuaram presentes e apresentaram melhor desenvolvimento no terceiro dia após a entrada desta ondulação de sul.

Os dados granulométricos evidenciaram que o sedimento do segmento monitorado na Praia da Ilha Comprida é composto, predominantemente, por areia fina, de moderadamente a muito bem selecionada, assim como observado por Souza (1997) e Nascimento Jr. (2006) para toda a Praia da Ilha Comprida.

Foi observado que, quando presentes ondas de leste, o valor do diâmetro médio (em ϕ) diminuiu tanto rumo NE, quanto da porção superior para a inferior da praia. Com a entrada de sistemas de sul, o sedimento tendeu à melhor seleção e o valor do diâmetro médio apareceu com uma discreta diminuição rumo NE e praticamente igual, da porção inferior à superior da praia.

Segundo pressupostos de McLaren (1981), o processo de deposição na Ilha deve ser do Tipo II, caracterizado pela deposição de sedimentos mais finos na direção da corrente.

Quanto à área submersa adjacente, a porção mais externa da zona de arrebatção do sistema encontra-se entre as isóbatas de -3 e -5 m de profundidade (figura 35). As informações obtidas, por meio dos dados do *Roxann*, sonar de varredura lateral e da coleta de sedimentos, levam a supor que a troca de sedimentos da praia com a plataforma interna parece ser interrompida próxima à isóbata de -6 m, quando se verifica a ocorrência de sedimentos lamosos.

Não foi possível identificar alterações no balanço sedimentar da praia, decorrentes da presença do canal identificado na porção submersa (figura 35). Para que uma possível interferência pudesse ser identificada, seria necessário um monitoramento de período mais longo tanto neste segmento da praia, como também em outros trechos da Ilha.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho permitiu ampliar o conhecimento e a discussão sobre a dinâmica de sedimentos na praia da Ilha Comprida.

A variação temporal de curto período da morfologia e do volume de sedimento no segmento da praia monitorado ocorreu de maneira bastante evidente, chegando à variação de 50% do total do volume do segmento da praia entre as campanhas de maio e agosto de 2005 e entre novembro de 2005 e janeiro de 2006. A maior variação diária ocorreu do dia 12 para o dia 13/11, com 2750 m³ depositados, o que representou 20% do total volumétrico do segmento da praia.

Embora o transporte longitudinal tenha sido observado no segmento estudado principalmente na campanha de outono, o transporte na porção emersa ocorreu, predominantemente, transversalmente à costa.

A morfologia da praia de verão se apresentou mais acrescida e a de inverno mais erodida, assim como descrito na literatura.

Foram observadas superfícies mais parecidas entre as campanhas de maio de 2005 e janeiro de 2006, ambas com volumes parecidos, com cúspides ao longo da antepraia e com estágio morfodinâmico de praia dissipativa. Entre as campanhas de agosto e novembro de 2005, as superfícies e os volumes também se apresentaram bastante similares, ambas com a presença de bancos na porção inferior do sistema e com estágio morfodinâmico de praias intermediárias do tipo banco e calha.

A somatória de sistemas com ondas de sul que atingem o litoral sul paulista durante todo o ano pode explicar o balanço final negativo entre maio e agosto de 2005, quando provavelmente as ondas de sul, que atinge a costa neste período, ultrapassam 1,5 m de altura. Já entre os meses de novembro e janeiro, a incidência maior de ondas de leste, com alturas acima de 1,5 m, resulta em um processo deposicional do sistema.

Os resultados confirmaram a alternância da corrente de deriva litorânea para SW e NE, pelo menos na porção sul da Ilha Comprida.

A avaliação integrada do comportamento da dinâmica meteorológica com a morfologia e o volume da praia permitiu reconhecer a importância das ondas de sul, com período médio acima de 8 s na morfodinâmica praial. Quando estas ondas estão presentes, elas exercem influência tanto no transporte transversal à costa, como também no transporte longitudinal – por meio da corrente de deriva litorânea rumo NE, responsável pela transferência de sedimentos da desembocadura ao longo do sistema praial.

As ondas de sul com até 1 m de altura atuaram no processo de engordamento da praia emersa, enquanto que as ondas desta mesma direção a partir de 1,5 m de altura passaram a exercer papel erosivo no estoque de sedimentos. De forma inversa, as ondas de leste com até 1 m de altura exerceram papel erosivo e com 1,5 m, papel deposicional.

Esta diferença dos resultados obtidos, quando comparados com os de outros autores, deve estar relacionada a uma resposta ‘atrasada’ no transporte transversal na porção emersa quando presentes ondas de sul e de leste até 1 m de altura.

No entanto, estudos mais detalhados sobre a influência das ondas de sul e de leste, com as diversas alturas e períodos possíveis, devem ser realizados tanto neste trecho, como em outros locais da costa paulista.

Quanto à área submersa adjacente, a troca de sedimentos da praia com a plataforma interna parece ser interrompida próxima à isóbata de -6 m, quando se verifica a ocorrência de sedimentos lamosos, onde provavelmente se encontra a profundidade de fechamento da praia.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albino, J. 1999. Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga a Povoação, ES. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 175p.
- Alfredini P. 2005. Processos litorâneos. In: Alfredini, P. Obras e gestão de portos e costas. A técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental. São Paulo, Editora Edgard Blucher. P. 111-164.
- Almeida, F. F. M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos basin. Anais Acad. Bras. Ciênc., 48 (suplemento): 15-26.
- Almeida, F. F. M. de & Carneiro, C. D. R. 1998. Origem e Evolução da Serra do Mar. Rev. Bras. Geoc., 28 (2): 135-150.
- Angulo, J. R. 1996. Problemas na terminologia de ambientes e subambientes litorâneo clásticos dominados por ondas. Bolm. Paran. Geoc., 44: 51 – 57.
- Antia, E. E. 1989. Beaches cusps and beach dynamics: a quantitative field appraisal. Coast. Eng., 13: 263-272.
- Baptista, P; Bastos, L. C.; Bernardes, C. & Dias, A. 2002. A GPS based system for monitoring sand movements – The Aveiro Coastline Case. Littoral, The Changing Coast, 347-351.
- Barcelos, J. H. 1975. Sedimentação e subambientes deposicionais da Ilha Comprida, São Paulo. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 155p.
- Bonetti Filho, J. 1995. Transporte de sedimentos por suspensão nas proximidades da barra de Cananeia-SP. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 2v.
- Barros, M. O. de & Tessler, M. G. 2003. Profile changes on Fazenda, Puruba and Itamambuca beaches, Ubatuba on the northern coast of São Paulo state, Brazil, as related to meteorological conditions. J. Coast. Res., 35: 184-183.
- Bruun, P. & Gerritsen, F. 1960. Stability of coastal inlets. Amsterdam : North-Holland Pub. Co. 123p.
- Brundsen, D. & Moore, R. 1997. Engineering geomorphology on the coast: lessons from west Dorset. Geomorphology, 31: 391-409.

- Calliari, L.; Boukareva, I.; Pimenta, F & Speranski, N. 2003. Classification of the southern brazilian coast according to storm wave patterns and geomorphologic evidence of coastal erosion. J. Coast. Res., 35:339-342.
- Camargo, R. de. 1998. Estudo numérico das circulações atmosférica e oceânica na região da Baía de Paranaguá. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico, 181p.
- Candella, R. N. 1997. Estudo de casos de ondas no Atlântico Sul através de modelagem numérica. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, 80p.
- Cazzoli, S. V. 1997. Dinâmica sedimentar atual das praias de Cibratel e Itanhém-Suarão, município de Itanhaém, Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 188p.
- Cowell, P. J. & Thom, B. G. 1994. Morphodynamics of coastal evolution. In: Carter, R.W.G. & Woodroffe, C.D. (EDS). Coastal Evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics. New York, Cambridge University Press. P. 33-86.
- Ferreira, O. 2006. The role of storm groups in the erosion of sandy coasts. Earth Surface Processes and Landforms, 31: 1058-1060.
- Folk, R. L & Ward, W. C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. J. sedim. Petrol. 27 (1): 3-27.
- Fonzar, B. C. 1994. A circulação atmosférica na América do Sul: os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente: Localização e trajetórias. Cad. Geoc., 11: 11-33.
- Garcia, P. D.; Araújo, R. N.; Silva, G. C.; Baptistelli, S. C.; Gireli, T. Z.; Amaral, R. R. & Alfredini, P. 2003. Preparo de bases batimétricas, de agitação e circulação para o litoral do Estado de São Paulo. Bol.Téc. Esc. Polit. USP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, BT/PHD/105. 56p.
- Garda, G. M. 1995. Diques básicos e ultrabásicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 156p.

- GEOBRÁS. 1966. Complexo Valo Grande Mar Pequeno Rio Ribeira de Iguape. Relatórios. Serviço do Vale do Ribeira. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Secretaria dos Serviços e Obras Públicas. Governo do Estado de São Paulo. 2v. 441p.
- Guedes, C. C. F. 2003. Os cordões litorâneos e as dunas eólicas da Ilha Comprida, Estado de São Paulo. Trabalho de Formatura. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 52p.
- Harari, J. & Camargo, R. 1994. Simulação da propagação dos nove principais componentes de maré na plataforma sudeste brasileira através de modelo numérico hidrodinâmico. Bolm. Inst. Oceanogr. 42(1-2):35-54.
- Haxel, J. H. & Holman, R. A. 2004. The sediment response of a dissipative beach to variations in wave climate. Mar. Geol., 206: 73-99.
- Hesp, P. A. 1999. The beach backshore and beyond. In: SHORT, A. D. (ED.). Handbook of beach and shoreface morphodynamics. London, Wiley. 145-170p.
- Hoefel, F. G., 1998. Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica. Editora da Univali. 92p.
- Inman, D. L. & Guza, R. T. 1982. The origin of swash cusps on beaches. Mar. Geol., 49: 133-148.
- Klein, A. H de F.; Benedet filho, L. & Schumacher, D. H. 2002. Short-term beach rotation processes in distinct headland bay beach systems. J. Coast. Res., 18: 442-458.
- Komar, P. D. 1983. Handbook of Coastal Processes and Erosion. Florida, CRC Press. 305p.
- Komar, P. D. 1976. Beach processes and sedimentation. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc. 409p.
- McLaren, P. 1981. An interpretation of trends in grain size measures. J. Sed. Petrol. 51(2): 611-624.
- Marinha do Brasil. 1985. Hidrografia e Navegação. Carta sul. 3ª edição. N° 1703.
- Martin, L.; Flexor, J. M.; Blitzkow, W. D. & Suguio, K. 1985. Geoid change indications along the Brazilian coast during the last 7.000 years. In: International Coral Reef Congress, 5. Tahiti. Proceedings. 3: 85-90.

- Martin, L.; Morner, N. A.; Flexor, J. M. & Suguio, K. 1982. Reconstrução de antigos níveis marinhos do Quaternário. Publicação Especial da Comissão Técnica-científica do Quaternário. Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo. 154p.
- Martins C. C. 2000. Variações morfológicas e sedimentares de curto período em perfis praias, praia da Bertiooga/SP. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 161p.
- Martins, C. C. 2006. Morfodinâmica de praia refletiva: estudo de caso na praia da Sununga, litoral norte do Estado de São Paulo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 209p.
- Melo, M. S. de. 1990. Formação Pariquera-Açu e depósitos relacionados: sedimentação, tectônica e geomorfogênese. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 211p.
- Moraes, A. C. R. 1999. Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil. São Paulo. Editora Hucitec, Edusp. 229p.
- Morton, R. A.; Gibeaut, J. C. & Paine, J. G. 1995a. Meso-scale transfer of sand during and after storms: implications for prediction of shoreline movement. *Mar. Geol.*, 126: 161-179.
- Morton, R. A.; Leach, M. P.; Paine, J. G & Cardoza, M. A.. 1995. Monitoring beach changes using GPS surveying techniques. 1995b. *J. Coast. Res.* 9 (3): 702-720.
- Muehe, D. 1994. Geomorfologia costeira. *In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. Geomorfologia. Uma atualização de bases e conceitos.* São Paulo, Editora Afiliada. P. 253-297.
- Nascimento Jr. D. R. 2006. Morfologia e sedimentologia ao longo do sistema praia-duna frontal de Ilha Comprida, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 97p.
- Pereira, p. s. & Calliari, L. J. 2005. Variação morfodinâmica diária da praia do Cassino, RS, durante os verões de 2002/2003 no setor do terminal turístico. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 9 (1): 7-11.
- Picarelli, S. S. 2001. Modelagem numérica da circulação de maré na região costeira centro-sul do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 116p.

- Ponçano, W. L., Tessler, M. G., Freitas, C. G. L. de & Mahiques, M. M. 1999. Tendências regionais de transporte de sedimentos arenosos ao longo das praias paulistas. *Geociências*. IV(6): 102-115.
- Riccomini, C. 1995. Padrão de fraturamentos do maciço alcalino de Cananéia, Estado de São Paulo: relações com a tectônica mesozóico-cenozóica do sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 25 (2): 79-84.
- Ross, J. F. S. 1997. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Laboratório de geomorfologia. Departamento de Geografia. Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo.
- Souza, C. R de G. 1997. As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 2v.
- Souza, L. A. P. de; Tessler, M. G. & Galli, V. L. 1996. O Gráben de Cananéia. *Rev. Bras. de Geoc.*, 26 (3): 139-150.
- Spinelli, F. P. 2003. As rochas alcalinas de Cananéia, litoral sul do Estado de São Paulo: características petrográficas, mineralógicas e geoquímicas. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 134p.
- Suguio, K. 1980. Rochas sedimentares. São Paulo, Editora Edgard Blucher. 500p.
- Suguio, K. & Martin, L. 1978. Formações Quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. In: *International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary*. Special publication. Sociedade Brasileira de Geologia. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 55p.
- Suguio, K. & Petri, S. 1973. Stratigraphy of the Iguape-Cananéia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo, Brazil. Part I: Field Observations and grain size analysis. *Bol. IG. Instituto de Geociências*. Universidade de São Paulo. 4: 1-20.
- Suguio, K. & Tessler, M. G. 1985. Considerações sobre o ambiente de sedimentação da Formação Cananéia, Pleistoceno Superior do Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Vol. 57 (4): PAG?

- Suguio, K. & Tessler, M. G. 1992. Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). Roteiros das excursões do 37º Congresso Brasileiro de Geologia. 31p.
- Suguio, K., Tatumi, S. H., Kowata, E. A., Munita, C. S. & Paiva, R. P. 2003. Upper Pleistocene deposits of the Comprida Island (São Paulo State) dated by thermoluminescence method. *Anais da Academia de Ciências*. 75 (1): 91-96.
- Tessler, M. G. 1982. Sedimentação atual na região lagunar de Cananéia - Iguape, Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 2v.
- Tessler, M. G. 1988. Dinâmica sedimentar Quaternária no litoral sul paulista. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 277p.
- Tessler, M. G. 2001. Taxas de sedimentação holocênica na plataforma continental sul do Estado de São Paulo. Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 155p.
- Tessler, M. G. & Mahiques, M. M. de. 1998. Erosional and depositional processes on the southern coast of the state of São Paulo: a case study of Cananéia-Iguape System. *An. Acad. Bras. Ci.* 70 (2): 267-275.
- Trabanco, J. L. A. 2003. Conceitos e técnicas modernas de monitoramento da rosta terrestre e sua vinculação com o estudo do nível médio do mar – uma análise das estações maregráficas de Cananéia e Ubatuba. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 310p.
- Vital, H.; Esteves, L. S.; Araújo, T. C. M de & Patchineelam, S. M. 2005. Oceanografia geológica e geofísica da plataforma continental brasileira. In: Souza, C. R. de G; Suguio, K.; Oliveira, A. M. dos S & Oliveira, P. E de. *Quaternário do Brasil*. São Paulo, Editora Holos. P. 153-175.
- Weber, W.; Basei, M. A. S.; Siga JR., O. & Sato, K. 2001. O Magmatismo Alcalino Neoproterozóico na Ilha do Cardoso, Sudeste do Estado de São Paulo. *Revista do Instituto de Geociências, USP. Série Científica*, 1: 115-127p.
- Wright, L. D.; Chapell, B. G.; Thom, M. P.; Bradshaw, P. & Cowell, P. J. 1979. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. *Mar. Geol.*, 32: 105-140.

- Wright, L. D.; Short, A. D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. Mar. Geol., 56: 93-118
- Wright, L. D.; Short, A. D. & Green. 1984. Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model. Mar. Geol., 62: 339-364.
- www.inpe.br, acesso realizado em 23 de outubro de 2005.
- www.mar8.iouusp.br, acesso realizado em 25 de outubro de 2005.

ANEXOS

Gráfico 11: Previsão de maré 18-25/maio/2005

Gráfico 12: Previsão de maré 03-10/agosto/2005

Gráfico 13: Previsão de maré 12-17/novembro/2005

Gráfico 14: Previsão de maré 23-30/janeiro/2006

Tabela 04: amostras de praia - 19/05/2005

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)						AREIA (%)				CARBONATO
AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO		DESVIO PADRÃO		ASSIMETRIA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITA FINA	Caco3 (%)
1A	2,49	areia fina	0,38	bem selecionado	0,00	0,00	10,21	80,26	9,53	0,5
1B	2,53	areia fina	0,40	bem selecionado	0,00	0,00	10,12	76,92	13,46	2,0
1C	2,19	areia fina	0,50	bem selecionado	0,02	0,23	8,28	63,66	27,74	2,0
2A	2,16	areia fina	0,52	moderadamente selecionado	0,00	0,72	9,71	62,53	27,04	2,0
2B	2,50	areia fina	0,43	bem selecionado	0,01	0,00	12,47	74,37	13,16	2,0
2C	2,36	areia fina	0,53	moderadamente selecionado	-0,01	0,15	26,18	61,73	11,93	1,0
2D	2,60	areia fina	0,41	bem selecionado	-0,01	0,00	7,81	74,94	17,25	34,0
3A	2,24	areia fina	0,49	bem selecionado	-0,01	0,22	32,09	61,59	6,09	0,0
3B	2,19	areia fina	0,46	bem selecionado	0,01	0,15	34,98	61,10	3,76	0,0
3C	1,64	areia média	0,54	moderadamente selecionado	0,02	12,29	61,50	26,02	0,20	4,0
4A	2,20	areia fina	0,50	moderadamente selecionado	0,00	0,38	35,23	58,82	5,56	0,5
4B	2,23	areia fina	0,50	moderadamente selecionado	0,00	0,26	32,73	60,42	6,60	1,0
4C	1,86	areia média	0,57	moderadamente selecionado	0,04	6,20	53,75	37,72	2,33	2,5

Tabela 05: amostras de praia - 24/05/2005

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)						AREIA (%)				CARBONATO
AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO		DESVIO PADRÃO		ASSIMETRIA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITA FINA	Caco3 (%)
1A	2,47	areia fina	0,38	bem selecionado	-0,01	0,00	11,79	79,29	8,91	1,0
1B	2,41	areia fina	0,40	bem selecionado	-0,01	0,00	15,86	76,81	7,34	1,0
1C	1,88	areia média	0,50	moderadamente selecionado	0,01	3,67	55,67	39,70	0,95	1,0
2A	2,43	areia fina	0,39	bem selecionado	-0,01	0,00	14,14	78,35	7,50	0,5
2B	2,34	areia fina	0,41	bem selecionado	-0,01	0,00	21,09	73,49	5,43	1,0
2C	1,80	areia média	0,50	bem selecionado	0,01	5,26	59,63	34,70	0,40	2,0
3A	2,33	areia fina	0,44	bem selecionado	-0,01	0,01	24,06	69,34	6,59	0,5
3B	2,25	areia fina	0,41	bem selecionado	0,00	0,01	28,08	68,75	3,15	1,0
3C	2,08	areia fina	0,45	bem selecionado	0,01	0,48	43,08	54,60	1,84	1,0
4A	2,37	areia fina	0,41	bem selecionado	-0,01	0,00	18,69	74,95	6,36	2,0
4B	2,26	areia fina	0,45	bem selecionado	0,00	0,01	28,72	66,36	4,92	4,5
4C	2,14	areia fina	0,45	bem selecionado	0,01	0,14	37,86	58,71	2,48	0,0

Tabela 06: amostras de praia - 04/08/2005

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)						AREIA (%)			CARBONATO	
AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO		DESVIO PADRÃO		ASSIMETRIA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITA FINA	Caco3 (%)
1A	2,45	areia fina	0,40	bem selecionado	-0,01	0,00	13,45	77,57	8,98	0,0
1B	2,16	areia fina	0,58	moderadamente selecionado	-0,01	1,96	37,70	52,83	7,50	3,0
1C	2,28	areia fina	0,51	moderadamente selecionado	0,00	0,22	29,87	61,40	8,52	2,0
2A	2,34	areia fina	0,43	bem selecionado	-0,01	0,01	22,63	70,93	6,43	0,5
2B	2,27	areia fina	0,61	moderadamente selecionado	0,00	1,33	32,84	53,63	12,20	5,0
2C	2,28	areia fina	0,60	moderadamente selecionado	0,00	1,12	32,18	54,63	12,08	1,0
3A	2,32	areia fina	0,46	bem selecionado	-0,01	0,01	25,44	67,80	6,76	0,5
3B	2,11	areia fina	0,63	moderadamente selecionado	0,00	3,51	40,14	48,37	7,98	7,0
3C	2,41	areia fina	0,50	moderadamente selecionado	-0,01	0,00	21,95	65,52	12,52	1,5
4A	2,20	areia fina	0,46	bem selecionado	0,00	0,10	33,80	62,25	3,95	0,5
4B	2,04	areia fina	0,58	moderadamente selecionado	0,02	2,98	44,77	47,30	4,95	2,5
4C	2,18	areia fina	0,58	moderadamente selecionado	0,00	1,65	36,91	52,99	8,45	1,0

Tabela 07: amostras de praia - 10/08/2005

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)						AREIA (%)				CARBONATO
AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO		DESVIO PADRÃO		ASSIMETRIA	GROSSA	MÉDIA	FINAM	MUITA FINA	A Caco3 (%)
1A	2,48	areia fina	0,40	bem selecionado	-0,01	0,00	11,98	77,63	10,39	1,0
1B	2,39	areia fina	0,40	bem selecionado	-0,01	0,00	17,47	75,98	6,55	0,5
1C	2,49	areia fina	0,42	bem selecionado	-0,01	0,00	12,99	75,58	11,44	0,5
2A	2,50	areia fina	0,40	bem selecionado	-0,01	0,00	11,23	77,49	11,28	0,5
2B	2,39	areia fina	0,40	bem selecionado	-0,01	0,00	17,53	75,67	6,81	0,5
2C	2,41	areia fina	0,41	bem selecionado	-0,01	0,00	16,34	75,91	7,76	0,5
3A	2,42	areia fina	0,43	bem selecionado	-0,02	0,00	17,21	73,33	9,47	2,0
3B	2,34	areia fina	0,41	bem selecionado	-0,01	0,00	21,08	73,26	5,66	1,0
3C	2,28	areia fina	0,46	bem selecionado	-0,01	0,00	27,75	66,33	5,92	1,0
4A	2,35	areia fina	0,41	bem selecionado	-0,01	0,00	20,40	73,83	5,76	1,0
4B	2,38	areia fina	0,40	bem selecionado	-0,01	0,00	18,12	75,40	6,48	1,0
4C	2,38	areia fina	0,44	bem selecionado	-0,01	0,00	20,73	70,83	8,45	1,0

Tabela 08: amostras de praia - 12/11/2005

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)						AREIA (%)				CARBONATO
AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO		DESVIO PADRÃO		ASSIMETRIA	GROSSA	MÉDIA	FINAM	UITA FINA	A Caco3 (%)
1A	2,51	areia fina	0,49	bem selecionado	-0,01	0,00	15,85	67,56	16,59	0,5
1B	2,55	areia fina	0,40	bem selecionado	0,00	0,00	9,07	76,87	14,06	1,0
1C	2,15	areia fina	0,57	moderadamente selecionado	0,01	1,18	39,47	52,06	7,28	3,0
2A	2,42	areia fina	0,44	bem selecionado	-0,01	0,00	18,21	71,99	9,83	0,5
2B	2,28	areia fina	0,64	moderadamente selecionado	0,01	1,59	32,21	52,93	11,63	2,0
2C	2,12	areia fina	0,56	moderadamente selecionado	0,01	1,56	40,54	51,88	6,01	1,0
3A	2,43	areia fina	0,41	bem selecionado	-0,01	0,00	15,56	76,12	8,31	0,5
3B	2,07	areia fina	0,49	bem selecionado	0,00	0,98	33,86	52,55	2,61	0,5
3C	1,85	areia média	0,48	bem selecionado	0,00	3,61	57,85	38,18	0,35	2,0
4A	2,14	areia fina	0,50	bem selecionado	0,01	0,53	38,87	56,42	4,17	1,0
4B	2,04	areia fina	0,45	bem selecionado	0,00	0,60	45,80	52,42	1,17	1,0
4C	1,68	areia média	0,43	bem selecionado	0,00	6,00	70,32	23,78	0,00	1,0

Tabela 09: amostras de praia - 17/11/2005

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)						AREIA (%)				CARBONATO
AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO		DESVIO PADRÃO		ASSIMETRIA	GROSSA	MÉDIA	FINAM	UITA FINA	A Caco3 (%)
1A	2,46	areia fina	0,41	bem selecionado	-0,01	0,00	13,71	76,47	9,82	1,0
1B	2,26	areia fina	0,45	bem selecionado	0,00	0,01	29,20	65,81	4,97	0,5
1C	1,96	areia média	0,56	moderadamente selecionado	0,02	3,76	49,46	43,98	2,80	3,0
2A	2,43	areia fina	0,41	bem selecionado	-0,01	0,00	15,17	76,29	8,54	1,0
2B	2,37	areia fina	0,42	bem selecionado	-0,01	0,00	19,88	73,41	6,70	1,0
2C	2,29	areia fina	0,51	moderadamente selecionado	0,00	0,14	29,77	61,56	8,53	1,0
3A	2,25	areia fina	0,49	bem selecionado	0,00	0,08	31,25	62,14	6,53	0,5
3B	2,26	areia fina	0,46	bem selecionado	0,00	0,02	29,54	65,12	5,30	2,0
3C	2,29	areia fina	0,50	bem selecionado	0,00	0,02	29,03	62,83	8,11	1,0
4A	2,25	areia fina	0,50	moderadamente selecionado	-0,01	0,18	31,59	61,26	6,96	3,0
4B	1,98	areia média	0,44	bem selecionado	0,00	0,84	50,62	47,95	0,58	0,5
4C	1,88	areia média	0,49	bem selecionado	0,00	3,28	55,78	40,31	0,62	0,5

Tabela 10: amostras de praia - 24/01/2006

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)						AREIA (%)				CARBONATO
AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO		DESVIO PADRÃO		ASSIMETRIA	GROSSA	MÉDIA	FINAM	UITA FINA	A Caco3 (%)
1A	2,42	areia fina	0,45	bem selecionado	-0,01	0,00	18,70	71,21	10,09	1,0
1B	2,58	areia fina	0,41	bem selecionado	0,00	0,00	8,17	75,85	16,18	1,5
1C	2,44	areia fina	0,50	bem selecionado	-0,01	0,01	19,81	66,34	13,84	1,5
1D	1,87	areia média	0,46	bem selecionado	0,01	7,79	66,92	25,28	0,00	1,0
2A	2,44	areia fina	0,38	bem selecionado	-0,02	0,00	13,04	79,72	7,23	1,0
2B	2,55	areia fina	0,45	bem selecionado	0,00	0,00	11,85	71,60	16,45	1,0
2C	2,51	areia fina	0,51	moderadamente selecionado	0,00	0,00	17,03	64,78	18,19	2,5
2D	2,03	areia fina	0,82	moderadamente selecionado	0,00	11,66	36,00	39,86	12,47	2,0
3A	2,32	areia fina	0,45	bem selecionado	-0,01	0,00	25,04	68,27	6,89	1,0
3B	2,50	areia fina	0,42	bem selecionado	-0,01	0,00	12,32	75,63	12,04	0,5
3C	2,28	areia fina	0,53	moderadamente selecionado	0,00	0,28	30,86	59,89	8,96	2,0
3D	1,87	areia média	0,57	moderadamente selecionado	0,02	6,24	52,72	38,88	2,15	2,0
4A	2,47	areia fina	0,45	bem selecionado	-0,01	0,00	15,92	71,40	12,88	1,0
4B	2,48	areia fina	0,41	bem selecionado	-0,01	0,00	12,80	76,54	10,66	1,0
4C	2,12	areia fina	0,56	moderadamente selecionado	0,02	1,41	40,99	61,67	5,92	1,0
4D	2,26	areia fina	0,60	moderadamente selecionado	-0,01	1,22	32,84	54,36	11,57	2,5

Tabela 11: amostras de praia - 29/01/2006

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)						AREIA (%)			CARBONATO	
AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO		DESVIO PADRÃO		ASSIMETRIA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	Caco3 (%)
1A	2,44	areia fina	0,40	bem selecionado	-0,01	0,00	14,80	76,56	8,64	0,5
1B	2,43	areia fina	0,45	bem selecionado	-0,01	0,00	17,72	71,31	10,96	1,0
1C	2,24	areia fina	0,49	bem selecionado	0,01	0,06	32,39	61,12	6,42	1,0
1D	2,16	areia fina	0,65	moderadamente selecionado	-0,01	3,40	37,17	49,14	10,29	1,0
2A	2,44	areia fina	0,44	bem selecionado	0,01	0,00	16,71	72,31	10,98	1,5
2B	2,55	areia fina	0,44	bem selecionado	0,00	0,00	19,01	71,01	9,98	0,5
2C	2,11	areia fina	0,51	moderadamente selecionado	0,00	0,89	40,56	54,81	3,74	1,0
2D	2,12	areia fina	0,57	moderadamente selecionado	0,01	1,79	40,36	51,44	6,41	3,0
3A	2,47	areia fina	0,40	bem selecionado	-0,01	0,00	13,12	76,76	10,12	1,0
3B	2,40	areia fina	0,45	bem selecionado	-0,01	0,00	20,25	70,14	9,70	1,0
3C	2,30	areia fina	0,50	moderadamente selecionado	-0,01	0,05	28,90	62,50	8,54	2,0
3D	2,00	areia média	0,61	moderadamente selecionado	0,02	4,50	46,32	44,22	4,96	2,5
4A	2,52	areia fina	0,40	bem selecionado	-0,01	0,00	10,58	76,86	12,55	0,5
4B	2,34	areia fina	0,45	bem selecionado	-0,01	0,01	23,54	68,91	7,54	0,5
4C	2,26	areia fina	0,50	bem selecionado	0,00	0,02	31,20	61,42	7,36	0,5
4D	1,60	areia média	0,39	bem selecionado	0,01	6,68	77,71	15,61	0,00	0,5

Tabela 12 amostras de superfície de fundo 03/08/2005

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)						AREIA (%)			SILTE	ARGILA	CARBONATO
AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO		DESVIO PADRÃO		ASSIMETRIA	MÉDIA	FINA	M.FINA	%	%	Caco3 (%)
1	2,81	areia fina	0,45	bem selecionado	0,02	3,47	61,98	34,51	0,04	0,00	1,0
2	5,15	silte médio	1,86	pobremente selecionado	0,24	1,49	8,18	21,19	59,11	10,03	18,5
3	5,26	silte médio	1,91	pobremente selecionado	0,16	5,21	8,36	17,43	64,16	10,05	18,0
4	5,45	silte médio	1,65	pobremente selecionado	0,3	0,00	1,57	18,28	69,77	10,39	18,5
5	3,69	areia muito fina	1,32	pobremente selecionado	0,44	1,37	30,79	40,47	25,81	2,93	1,0
6	4,88	silte grosso	1,77	pobremente selecionado	0,23	1,79	10,29	23,18	57,29	7,44	12,0
7	5,81	silte médio	1,62	pobremente selecionado	0,22	0,00	0,10	11,90	75,24	12,76	12,0
8	5,64	silte médio	1,61	pobremente selecionado	0,26	0,00	0,71	13,81	74,20	11,28	33,0
9	5,82	silte médio	1,66	pobremente selecionado	0,23	0,00	0,60	12,18	73,62	13,60	1,0
10	2,82	areia fina	0,41	bem selecionado	-0,01	2,26	63,13	33,86	0,01	0,00	1,0

Tabela 13 amostras de superfície de fundo 23/01/2006

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)						AREIA (%)			SILTE	ARGILA	CARBONATO
AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO		DESVIO PADRÃO		ASSIMETRIA	MÉDIA	FINA	M.FINA	%	%	Caco3 (%)
11	3,43	areia muito fina	1,50	pobremente selecionado	0,39	10,53	33,96	30,95	21,82	2,74	5,0
12	4,70	silte grosso	2,12	muito pobremente seleciona	0,21	7,74	14,20	21,64	47,12	9,30	8,0
13	4,22	silte grosso	1,99	pobremente selecionado	0,34	13,45	20,77	25,92	37,87	6,68	7,0
14	3,93	areia muito fina	1,60	pobremente selecionado	0,49	2,46	27,42	36,65	29,00	4,46	3,0
15	4,31	silte grosso	1,75	pobremente selecionado	0,49	0,55	22,14	34,56	36,27	6,48	5,5
16	3,17	areia muito fina	0,84	moderadamente selecionado	0,32	0,62	40,42	49,25	8,05	1,66	2,5
17	4,39	silte grosso	1,80	pobremente selecionado	0,41	2,85	18,02	31,15	41,32	6,51	8,0
18	4,55	silte grosso	2,10	muito pobremente seleciona	0,34	6,2	18,98	23,96	41,10	9,27	11,0
19	5,08	silte médio	1,99	pobremente selecionado	0,25	3,33	8,52	23,32	53,34	10,94	8,0
20	3,20	areia muito fina	1,11	pobremente selecionado	0,43	0,85	41,54	43,42	10,42	3,76	3,0

DIA	Pressão Atmosférica (mm)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação (mm)
18	758,6	90,6	0
19	757,6	89	0
20	758	91,6	0
21	757,7	88,4	1,7
22	761,6	87,4	0,5
23	761,4	87,4	0,7
24	756,6	89,4	14,8
25	757,6	87,4	7,4

Tabela 14: Dados meteorológicos de Pressão Atmosférica, Umidade Relativa do Ar e Precipitação, obtidos na Estação meteorológica da base de Cananéia “Dr. João de Paiva Carvalho” para os dias 18 a 25 de maio de 2005.

DIA	Pressão Atmosférica (mm)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação (mm)
3	764,9	88,7	0
4	765,3	88,3	0
5	765,4	88,7	0
6	764,3	88,4	0
7	767,3	89	0,17
8	768	x	2,8
9	764,9	x	8,2
10	763,7	x	1,5

Tabela 15: Dados meteorológicos de Pressão Atmosférica, Umidade Relativa do Ar e Precipitação, obtidos na Estação meteorológica da base de Cananéia “Dr. João de Paiva Carvalho” para os dias 03 a 10 de agosto de 2005.

DIA	Pressão Atmosférica (mm)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação (mm)
12	761,9	94	1,7
13	761,2	91,7	1
14	760,4	93,7	0
15	759,9	92,7	0
16	758,5	84,4	0
17	758,4	90,7	4,2

Tabela 16: Dados meteorológicos de Pressão Atmosférica, Umidade Relativa do Ar e Precipitação, obtidos na Estação meteorológica da base de Cananéia “Dr. João de Paiva Carvalho” para os dias 12 a 17 de novembro de 2005.

DIA	Pressão Atmosférica (mm)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação (mm)
23	759	89	5,8
24	758,2	87,7	1
25	758,2	87,4	8,2
26	761,1	87,4	5,2
27	762,5	88,7	8,2
28	761,1	93,4	0,7
29	759,4	93	4,4
30	758,9	90	0,1

Tabela 17: Dados meteorológicos de Pressão Atmosférica, Umidade Relativa do Ar e Precipitação, obtidos na Estação meteorológica da base de Cananéia “Dr. João de Paiva Carvalho” para os dias 23 a 30 de janeiro de 2006.