

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE

MORFODINÂMICA DO VÉRTICE NOROESTE DA PENÍNSULA DE TRÓIA (PORTUGAL)

CURSO DE MESTRADO EM ESTUDOS MARINHOS E COSTEIROS
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO GESTÃO AMBIENTAL DE ZONAS COSTEIRAS



ANA MAFALDA MARQUES CARAPUÇO

FARO
2005

Declaro, de acordo com a alínea b) no nº2 do artigo 5º do Decreto-Lei nº216/92, de 13 de Outubro, que o conteúdo desta dissertação do curso de Mestrado em Estudos Marinhos e Costeiros, área de especialização em Gestão Ambiental de Zonas Costeiras é original.



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE

MORFODINÂMICA DO VÉRTICE NOROESTE DA PENÍNSULA DE TRÓIA (PORTUGAL)

CURSO DE MESTRADO EM ESTUDOS MARINHOS E COSTEIROS
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO GESTÃO AMBIENTAL DE ZONAS COSTEIRAS

ANA MAFALDA MARQUES CARAPUÇO

Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre no curso de mestrado em Estudos Marinhos e Costeiros

Trabalho orientado por:
Francisco A. de L. Andrade
(Professor do DBA da FCUL)

Trabalho co-orientado por:
Óscar M. F. C. Ferreira
(Professor do CIMA da FCMA-UAig)

FARO
2005

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
SERVIÇO DE DOCUMENTAÇÃO
26/08/05 62782
551468
CAR * 202

33617.

1

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO

Morfodinâmica do Vértice Noroeste da Península de Tróia (Portugal)

Orientador

Professor Doutor Francisco Arnaldo de Leite Andrade
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Co-orientador

Professor Doutor Óscar Manuel Fernandes Cerveira Ferreira
Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente da Universidade do Algarve

JÚRI

Presidente

Professor Doutor Tomasz Boski
Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente da Universidade do Algarve

Vogais

Professor Doutor César Augusto Canêlhas Freire de Andrade
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Professor Doutor Francisco Arnaldo de Leite Andrade
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Professor Doutor Óscar Manuel Fernandes Cerveira Ferreira
Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente da Universidade do Algarve

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho teve os seguintes apoios:

Instituto do Mar (IMAR) – atribuição de uma bolsa de assistente de investigação no âmbito do protocolo IMAR/IMOAREIA;

Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento (FLAD) – atribuição de uma bolsa de estudo nos E.U.A., no âmbito do programa de bolsas IMAR-FLAD no domínio das Ciências do Mar.

A realização deste estudo só foi possível devido ao apoio prestado por todos aqueles a quem apresento o meu reconhecimento:

Ao Prof. Doutor Francisco Andrade, orientador desta dissertação, agradeço o apoio e entusiasmo que dedicou a este trabalho e a crítica permanente que em muito contribuiu para a evolução e finalização desta dissertação. Agradeço ter-me aceite na sua equipa, o que me ensinou e as experiências profissionais extraordinárias por que passei nestes últimos anos.

Ao Prof. Doutor Óscar Ferreira, co-orientador desta dissertação, pela total disponibilidade em me receber e pelos seus indispensáveis comentários e sugestões.

Ao Prof. Doutor Gary Green, do *Moss Landing Marine Laboratory*, pelas saídas de campo às praias da Califórnia e pelas ideias discutidas ao longo de 2 meses sobre gestão costeira. Também à Shue Shaw e ao Peter Slattery, pela possibilidade de me torna parte da *Restoration Crew*, à Rachel, Vanessa e Darryl por me fazerem sentir, dentro do possível, em casa.

Ao Prof. Nuno Gomes, pela bibliografia cedida e por ter contribuído na minha integração nos estudos de dinâmica costeira.

A todos os colegas do Laboratório Marítimo da Guia, por um óptimo ambiente de trabalho.

Aos colegas de equipa, sem os quais este trabalho não existiria: Francisco, Adelaide, Vera, Sofia, Nuno, Joana, Ricardo, Tanya, Rui, Isabel, Patrícia e Maria. Agradeço muito a vossa ajuda e o excelente ambiente de trabalho que proporcionam.

Aos meus amigos, pelos bons momentos e por entenderem as minha ausências: Ana, Aní e Cunha Lopes, Adelino e Lena, Ana Pêgo, Ângela, Adi, Francisco e Isabel Marques, Isabel Silva, Maria e Patrícia, Marta Esteves, Lena Deus, Luía Faria, Luís Albardeiro, Nélia, Sofia Carnall, Sofia Mendonça e Sr. Martinho de Tróia. À Tanya, Mário, Ramalho, Luís e Verinha agradeço a amizade e todas as distrações que me proporcionaram que, invariavelmente, provocaram danos físicos.

À minha família, pela constante preocupação em saber como estava a correr "o meu estudo da praia". Um obrigada especial ao meu Avô, à Pim e à prima Marta.

Ao Francisco e Emília, pelo apoio incondicional e por nunca reclamarem nos momentos em que vos dei menos atenção. Ao Miró, que já faz parte do quarteto lá de casa, pela companhia no sofá e por nunca discordar das minhas teorias.

Ao Rui por tudo. A presença, a paciência e a boa-disposição constante e contagiante.

RESUMO

O objectivo do presente estudo foi interpretar a morfodinâmica do vértice Noroeste da península de Tróia, quantificando o seu comportamento a diferentes escalas temporais – sazonal e diária – e integrando os mecanismos condicionadores dessa dinâmica – os agentes meteorológicos e oceânicos.

A caracterização morfológica da área de estudo foi efectuada com base em levantamentos topográficos, com diferentes periodicidades:

- 1) bimestrais, entre Abril de 2001 e Abril de 2003, totalizando 13 levantamentos que abrangeram, cada um, uma área aproximada de 157 800 m²;
- 2) diários, entre 3 e 17 de Maio de 2003, num total de 15 levantamentos cobrindo, cada um, uma área aproximada de 22 200 m².

A caracterização dos agentes meteorológicos foi feita com base nas leituras da estação meteorológica de Tróia. Os agentes oceânicos foram caracterizados com base na bibliografia disponível.

O principal processo de evolução identificado na área de estudo foi o avanço da linha de costa em direcção a Oeste e conseqüente migração do vértice da península de Tróia, para Noroeste.

Em ambiente de praia, a área considerada encontra-se predominantemente em acreção – situação de Inverno, embora esteja sujeita a perdas sedimentares de baixa expressão e localizadas, no tempo e no espaço – situação de Verão. A dinâmica do sistema é principalmente controlada pela sazonalidade do clima de agitação. À escala diária, verificou-se a importância das variações morfológicas identificadas, tendo estas sido principalmente condicionadas pelo regime de vento e conseqüente agitação litoral.

Em ambiente dunar o aumento da volumetria das dunas e, em particular, o seu avanço na zona do vértice da península, em direcção a Noroeste, deverá estar associado ao aumento da disponibilidade sedimentar ao nível da berma da praia, contribuindo para o balanço volumétrico global positivo da área em estudo.

ABSTRACT

The objective of this research was the study of beach morphodynamic and coastal dynamic forcing factors of the northern tip of the Tróia peninsula, at seasonal and daily scales.

In order to detect morphological changes, topographic surveys were carried out at:

- 1) bimestrial scale, between April 2001 and April 2003, each survey covering an area of 157 800 m²;
- 2) daily scale, between the 3rd and 17th of May 2003, each survey covering an area of 22 200 m².

The wind regime was monitored using data from a local weather station, on the beach. Wave data and tidal ranges were characterized from existing models and from the tide forecasts for the Setúbal harbor.

The main process of evolution identified in the study area was the forward progression of the shoreline and consequent Norwest migration of the tip of the Tróia peninsula.

The beach area is in accretion - winter scenario - although low rate erosion phenomena were detected during summertime. The seasonal changes of the wave climate seem to be responsible for this pattern. At a daily scale, local wind regime seems to be the major forcing factor responsible for the highest volumetric variations detected. In the dune field an accretion trend was also found probably due to the sediment availability in the beach berm.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJECTIVOS	2
1.3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	3
1.3.1. EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA	3
1.3.2. FACTORES CONDICIONANTES DA DINÂMICA LITORAL	6
2. MÉTODOS	11
2.1. MORFOLOGIA	11
2.2. FACTORES CONDICIONANTES	11
2.2.1. REGIME DE VENTO	11
2.2.2. MARÉ	12
2.3. ESCALAS TEMPORAIS CONSIDERADAS	12
2.3.1. ESCALA SAZONAL	12
ÁREA DE ESTUDO	12
TRATAMENTO DE DADOS	13
<i>MORFOLOGIA</i>	13
<i>REGIME DE VENTO</i>	14
<i>MARÉ</i>	14
2.3.2. ESCALA DIÁRIA	16
ÁREA DE ESTUDO	16
TRATAMENTO DE DADOS	17
<i>MORFOLOGIA</i>	17
<i>REGIME DE VENTO</i>	18
<i>MARÉ</i>	18
ANÁLISE INTEGRADA DA MORFOLOGIA E DOS FACTORES CONDICIONANTES	20
2.4. COMPARAÇÃO DAS VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS BIMESTRAIS E DIÁRIAS	20

3. RESULTADOS	21
3.1. ESCALA SAZONAL	21
3.1.1. VARIAÇÃO MORFOLOGIA	21
3.1.2. FACTORES CONDICIONANTES	36
VENTO	36
3.2. ESCALA DIÁRIA	42
3.2.1. VARIAÇÃO MORFOLOGIA	42
3.2.2. FACTORES CONDICIONANTES	48
VENTO	48
MARÉ	50
ANÁLISE INTEGRADA DA MORFOLOGIA E DOS FACTORES CONDICIONANTES	50
3.2.3. COMPARAÇÃO DAS VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS DIÁRIAS E BIMESTRAIS	53
4. DISCUSSÃO	57
4.1. AMBIENTE DE PRAIA	57
4.2. AMBIENTE DUNAR	64
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	65
6. BIBLIOGRAFIA	67

ÍNDICE DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS	1
Figura 1.1. Localização da península de Tróia no território nacional. Área de estudo assinalada com uma elipse a tracejado.	2
Figura 1.2. Localização a. do arco Tróia-Sines e b. da península de Tróia (Imagem Landsat 5 TM , cor verdadeira, 1998).	3
Figura 1.3. Linha de costa definida sobre fotografia aérea, entre 1948 e 2000 (adaptado de Gomes & Carapuço, 2003).	5
Figura 1.4. Índices de agitação para uma onda de 5 m de altura, rumo de O15S (255°) com períodos de 12s e 8s (Hidromod, 2003).	7
Figura 1.5. Índices de agitação para uma onda de 5 m de altura, rumo de SO (225°) com períodos de 12s e 8s (Hidromod, 2003).	8
Figura 1.6. Modelo MOHID: velocidade (m/s) das correntes de maré em vazante e enchente de águas-vivas (Hidromod, 2003).	9
2. MÉTODOS	11
Figura 2.1. Estação meteorológica automática de Tróia a. localização e b. aspecto geral.	11
Figura 2.2. Área coberta pelos levantamentos bimestrais. O local do estabelecimento da estação total encontra-se representado em com o símbolo \dagger .	13
Figura 2.3. Localização e áreas médias dos sectores S_1 , S_2 e S_3 . O local do estabelecimento da estação total encontra-se representado com o símbolo \dagger .	16
Figura 2.4. Divisão do Sector S_2 nos sectores S_2 Norte (a vermelho) e S_2 Oeste (a laranja).	18
3. RESULTADOS	21
Figura 3.1. Modelos digitais de elevação: Abril de 2001 (A) a Abril de 2003 (N). A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.	22
Figura 3.1.(cont.). Modelos digitais de elevação: Abril de 2001 (A) a Abril de 2003 (N). A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.	23
Figura 3.1.(cont.). Modelos digitais de elevação: Abril de 2001 (A) a Abril de 2003 (N). A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.	24
Figura 3.1.(cont.). Modelos digitais de elevação: Abril de 2001 (A) a Abril de 2003 (N). A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna. Em Abril de 2003 (3.1.N.), a linha a tracejado representa a marca no cordão dunar consequência do alagamento pela maré.	25
Figura 3.2. Variação da linha de costa a. bimestral, entre Abril de 2001 e Abril 2003 e b. bianual, Abril de 2001 e Abril de 2003.	26
Figura 3.3. Variação da área acima da linha de costa, expressa em m ² .	26
Figura 3.4. Variação bimestral de cotas (m) entre Abril de 2001 e Abril de 2003. A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.	28
Figura 3.4.(cont.). Variação bimestral de cotas (m) entre Abril de 2001 e Abril de 2003. A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.	29
Figura 3.4.(cont.). Variação bimestral de cotas (m) entre Abril de 2001 e Abril de 2003. A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.	30
Figura 3.5. Variação bimestral de cotas (m) entre Abril de 2001 e Abril de 2003. A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.	31
Figura 3.6. Variação volumétrica bimestral nos ambientes de praia e duna, expressa em m ³ .	32
Figura 3.7. Localização dos perfis de praia P1 a P5.	34

Figura 3.8. Variação anual dos perfis de praia P1 a P5, entre Abril de 2001 e Abril de 2003 (cota sobrelevada 5x).	35
Figura 3.9. Regime de vento em Abril de 2002.	37
Figura 3.10. Regime de vento em Maio de 2002.	37
Figura 3.11. Regime de vento em Junho de 2002.	38
Figura 3.12. Regime de vento em Julho de 2002.	38
Figura 3.13. Regime de vento em Agosto de 2002.	39
Figura 3.14. Regime de vento em Setembro de 2002.	39
Figura 3.15. Regime de vento em Outubro de 2002.	39
Figura 3.16. Regime de vento em Novembro de 2002.	39
Figura 3.17. Regime de vento em Dezembro de 2002.	40
Figura 3.18. Regime de vento em Janeiro de 2003.	40
Figura 3.19. Regime de vento em Fevereiro de 2003.	41
Figura 3.20. Regime de vento em Março de 2003.	41
Figura 3.21. Regime de vento em Abril de 2003.	41
Figura 3.22. Modelos de elevação diários dos dias 3 e 17 de Maio de 2003.	43
Figura 3.23. Variação diária da linha de costa nos sectores S_1 , S_2 e S_3 .	44
Figura 3.24. Variação diária da área S_1 , S_2 e S_3 , expressa em percentagem.	45
Figura 3.25. Variação diária de cotas na vertical (m) entre os dias 5 e 6, 7 e 8, 14 e 15 e 3 e 17 de Maio de 2003. A linha a cheio representa o NMM, para o último dia considerado.	46
Figura 3.26. Variação volumétrica diária nos 3 sectores considerados, expressa em m^3/m^2 .	47
Figura 3.27. Localização dos perfis de praia PS_1 , PS_2 Norte, PS_2 Oeste e PS_3 sobre o MDE de 3 de Maio de 2003.	47
Figura 3.28. Variação dos perfis de praia PS_1 a PS_3 , entre 3 e 17 de Maio de 2003 (cota sobrelevada 2x).	48
Figura 3.29. Direcção e velocidade horária do vento durante o período de estudo. Os vectores têm origem no eixo horizontal. A hora da realização dos levantamentos encontra-se assinalada.	50
Figura 3.30. Amplitude de maré entre 3 e 17 de Maio de 2003, expressa em m.	51
Figura 3.31. Variação volumétrica diária no sector S_2 Norte, expressa em m^3/m^2 (eixo primário), e amplitude de maré, expressa em m (eixo secundário).	52
Figura 3.32. Variação volumétrica no sector S_2 Norte, expressa em m^3/m^2 (eixo primário), e velocidade média do vento, expressa em m/s (eixo secundário).	53
Figura 3.33.a. Diferenças de cota entre os MDE correspondentes aos dias 5 e 6 de Maio de 2003; b. escarpa de praia no sector S_2 Norte, observada a 6 de Maio; c. estado do mar no dia 6 de Maio na área do sector S_2 Norte.	53

Figura 3.34. Regime de vento e amplitude de maré, entre 3 e 17 de Maio de 2003.	54
Figura 3.35. Variação volumétrica diária e bimestral no sector S_1 expressa em m^3/m^2 .	55
Figura 3.36. Variação volumétrica diária e bimestral no sector S_2 Norte expressa em m^3/m^2 .	55
Figura 3.37. Variação volumétrica diária e bimestral no sector S_2 Oeste expressa em m^3/m^2 .	56
Figura 3.38. Variação volumétrica diária e bimestral no sector S_3 expressa em m^3/m^2 .	56
4. DISCUSSÃO	57
Figura 4.1. Variação da linha de costa entre Abril e Agosto de 2001 e 2002. Face do vértice orientada a NO: erosão (-) e a face orientada a O: acreção (+).	58
Figura 4.2. Variação da linha de costa entre Outubro de 2001 e Fevereiro de 2002 e entre Outubro de 2002 e Fevereiro de 2003. Os sinais + indicam acreção nas faces do vértice orientadas a NO e a O.	58
Figura 4.3. Delimitação dos Sectores N e O e formas de fundo adjacentes. Variação anual média da linha de costa entre Abril de 2001 e Abril 2003 (sobre fotografia de Abril de 2003).	60
Figura 4.4. Esquema representativo das barreiras físicas/morfológicas e hidráulicas presentes na área de estudo.	61
Figura 4.5. Variação da linha de costa entre a. Abril e Agosto de 2001 e 2002; a elipse a preto assinala o maior foco erosivo detectado entre Abril de 2001 e Abril de 2003 e; b. 3 e 17 de Maio de 2003. Face do vértice orientada a NO: erosão (-).	63

ÍNDICE DE TABELAS

2. MÉTODOS	
Tabela 2.1. Alturas da maré teórica (m), em Tróia, para as datas dos levantamentos bimestrais.	15
Tabela 2.2. Alturas da maré teórica (m), em Tróia, para as datas dos levantamentos diários.	19
3. RESULTADOS	
Tabela 3.1. Variações bimestrais, anuais e bianual em ambiente de praia e duna: área estável (%), variação média (m^3/m^2) e variação vertical máxima (VVM) positiva e negativa (m).	33
Tabela 3.2. Regime de ventos locais entre Abril 2002 e Abril de 2003. Frequências mensais por octantes, expressas em %.	42
Tabela 3.2.a. Regime de ventos locais com potencial de transporte sólido eólico entre Abril 2002 e Abril de 2003. Frequências mensais por octantes, expressas em %.	42
Tabela 3.2.b. Regime de calmas, entre Abril 2002 e Abril de 2003. Frequências mensais por octantes, expressas em %.	42
Tabela 3.3. Direcção do vento (% de ocorrência) e velocidades média e máxima (m/s) do vento, entre 3 e 17 de Maio de 2003.	49

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

1.1. ENQUADRAMENTO

A nível nacional e internacional, a política de gestão da zona costeira é objecto de um crescente interesse. Esta atenção sobre o litoral resulta da crescente percepção da vulnerabilidade desta interface entre o mar e a terra e da sua importância estratégica, como fonte de múltiplos recursos submetidos a fortes pressões devido, em parte, ao aumento da concentração de actividades e de população nas áreas litorais (CNADS, 2001).

O turismo é hoje um dos principais factores de utilização do litoral, estando associado a graves problemas de ordenamento do território e de ocupação de zonas de risco (CNADS, 2001), apresentado impactes negativos e de natureza cumulativa nos ambientes costeiros (Velooso Gomes & Taveira-Pinto, 1997). Segundo diversos autores (p. ex., Miller & Auyong, 1991; Hall, 2001), as actividades decorrentes da ocupação antrópica da zona costeira são as principais responsáveis pelo processo erosivo que, à semelhança do que se verifica na maioria dos litorais mundiais, está a afectar o litoral português (Dias, 1990).

O presente estudo incide no troço costeiro da secção terminal da península de Tróia, área na qual está previsto um conjunto de intervenções turísticas – o *TroiareSORT*. O aumento em c. de 4700 do número de camas turísticas, quase triplicando o actual número em exploração, representará um aumento de carga no sistema e comportará impactes resultantes desta ocupação (Andrade *et al.*, 1998).

À semelhança de c. de 70% do litoral continental português (Ferreira & Dias, 1993), com 943 Km de linha de costa (Dias, 2000), as praias em Tróia são de substrato arenoso. Simultaneamente dinâmicas e expostas a grandes pressões humanas, estes ambientes carecem da implementação de programas de gestão eficientes, que assentem em informação sobre o seu funcionamento natural e ritmos de evolução. O estudo da variabilidade morfológica das praias e dos factores condicionantes da morfologia litoral, permitirá que a ocupação prevista em Tróia se faça de forma a integrar e a adaptar-se à mobilidade característica destes ambientes, evitando situações de conflito com a natureza dinâmica da zona costeira.

1.2. OBJECTIVOS

O principal objectivo do presente estudo foi interpretar a morfodinâmica do vértice NO da península de Tróia (Figura 1.1.):

- 1) quantificando a sua evolução morfológica a diferentes escalas temporais: sazonal e diária;
- 2) relacionando a sua evolução com o dinamismo existente, integrando os mecanismos originadores dessa dinâmica: agentes oceânicos e meteorológicos.

Os objectivos propostos visam permitir a definição de medidas de planeamento e gestão do território que contemplem a dinâmica actual do sistema.

Dos ambientes costeiros, a praia é um dos sistemas mais dinâmicos. Esta poderá variar sazonalmente (Inverno vs. Verão) ou a escalas inferiores, tais como um ciclo de maré (p. ex. Davis, 1978; Masselink & Pattiaratchi, 2001). No presente estudo, à escala sazonal, pretendeu-se avaliar as variações morfológicas de médio prazo, com um ritmo sazonal a anual, caracterizável por uma maior ou menor intensidade dos factores condicionantes. À escala diária, pretendeu-se 1) estudar o contributo da actuação de alta frequência dos factores condicionantes da morfologia de praia e 2) avaliar a importância relativa das duas escalas de variação. Esta caracterização da morfologia da praia à escala diária é praticamente original em praias de regime mesotidal (Bernabeu *et al.*, 2003).

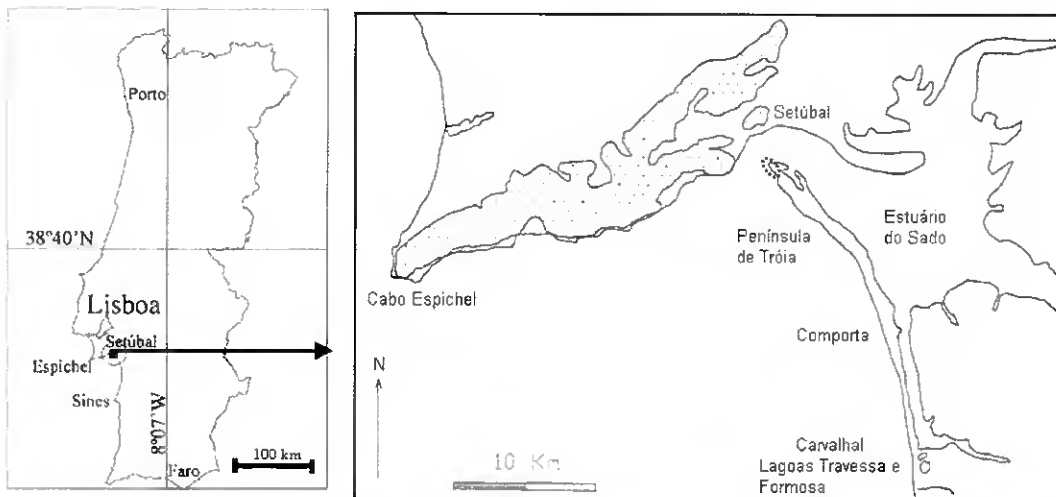


Figura 1.1. Localização da península de Tróia no território nacional. Área de estudo assinalada com uma elipse a tracejado.

O presente estudo utiliza informação e dados recolhidos no âmbito da Avaliação Ambiental Estratégica do *TroiareSORT* – empreendimento turístico da IMOAREIA em Tróia.

1.3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A península de Tróia localiza-se na costa SO Portuguesa, no extremo N do arco litoral Tróia-Sines (Figura 1.2.a.). Esta restinga arenosa de fisiografia alongada com orientação SE-NO, com c. de 15 km de extensão e largura variável entre 0.5 km e 1.5 km (Gomes *et al.*, 1990), constringe e limita a embocadura do estuário do Sado, a S (Figura 1.2.b.). A península de Tróia é uma das excepções no litoral Português, ao apresentar acreção patente na dinâmica dunar actual, traduzida nos sucessivos realinhamentos da duna frontal, adaptando-se e coexistindo com a rápida e extensa acreção aí verificada (Gomes *et al.*, 2001).

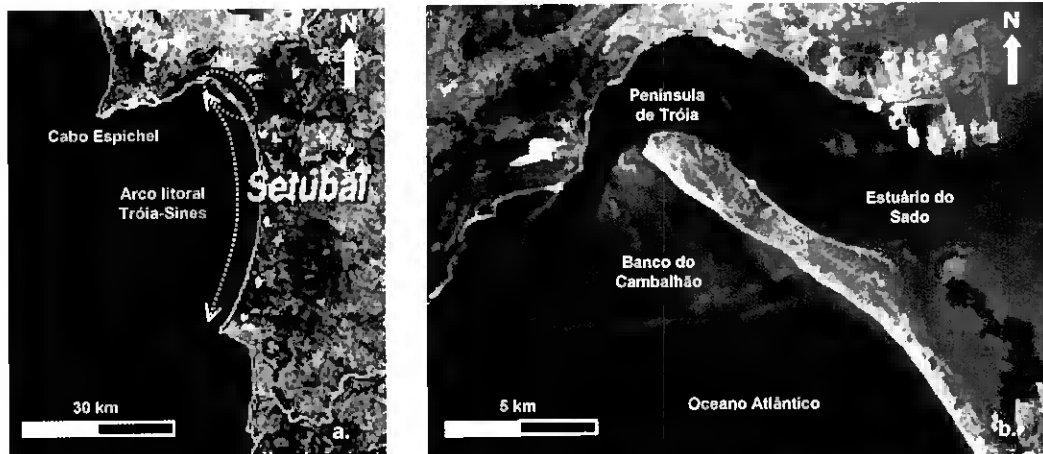


Figura 1.2. Localização **a.** do arco Tróia-Sines e **b.** da península de Tróia (Imagem *Landsat 5*™, cor verdadeira, 1998).

1.3.1. EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA

A península de Tróia desenvolveu-se nos últimos 5000 anos, resultando da deriva litoral e da consolidação de um sistema de antigas ilhas barreira durante o Holocénico (Dias, 1987; Quevauviller, 1987; Gomes, 1992), com um avanço da linha de costa de S para N, em resultado da permanente deposição de areias (Bettencourt *et al.*, 1998). A sua progressão para N, encontra-se limitada pelas correntes de vazante do estuário do Rio Sado, sendo a sua fronteira E igualmente condicionada pela dinâmica estuarina. A O, a península faz fronteira com o Oceano Atlântico.

Segundo Quevauviller (1987) e Gomes (1992), o arco litoral Tróia-Sines (Figura 1.2.a.) apresenta uma linha de costa estável desde 1877. No entanto, o troço terminal da península de Tróia, correspondente à extremidade N deste arco, é uma excepção ao aparente regime de estabilidade (Abecassis, 1987, 1994).

Neste troço, a variação da linha de costa, nas últimas seis décadas, reflectiu uma tendência generalizada de avanço resultando de um fenómeno localizado de acreção na sua margem NO (Gomes *et al.*, 2001; Gomes & Carapuço, 2003) (Figura 1.3.).

- Na face orientada a NE, a linha de costa apresentou-se estável entre 1948 e 2000. Este cenário de estabilidade foi aparentemente reforçado pela presença de pedras de lastro, depositadas a montante do actual cais dos *ferry-boats* (Figura 1.3. - 1. Pedras de Lastro), desde a Idade Média, com início a partir dos séculos XIV, XV e até ao século XVII (Alarcão *et al.*, 2003);

- A face N da península apresentou um avanço da linha de costa de c. de 100 m, desde 1948 a 2000 (Figura 1.3. - 2. Margem N). No entanto, verificou-se um recuo da linha de costa entre 1967 e 1977, na zona imediatamente a jusante do actual cais dos *ferry-boats*, na ordem dos 15 m;

- Na secção da Ponta do Adoxe registou-se o maior recuo da linha de costa no extremo N da península de Tróia (Figura 1.3. - 3. Ponta do Adoxe). O recuo da linha de costa, de c. de 30 m entre 1967 e 1977, e de c. de 20 m entre 1977 e 1989, encontra-se evidenciado por sinais de erosão do sistema dunar (Carapuço, 1999);

- Na zona de transição entre a Ponta do Adoxe, em erosão, e o vértice NO, em acreção, localizam-se as ruínas de um antigo chalé (Figura 1.3. - 4. Ruínas). Actualmente, estas parecem ter um papel preponderante na estabilização do sector onde se localizam;

- O vértice NO e a margem O deste troço da península, correspondentes à face oceânica, apresentam, desde 1948 até ao presente, a acreção como evento predominante, com um avanço máximo da linha de costa de c. de 380 m a O, sendo as secções mais dinâmicas da área de estudo (Figura 1.3. - 5. Vértice NO e vista parcial do Banco do Cambalhão).

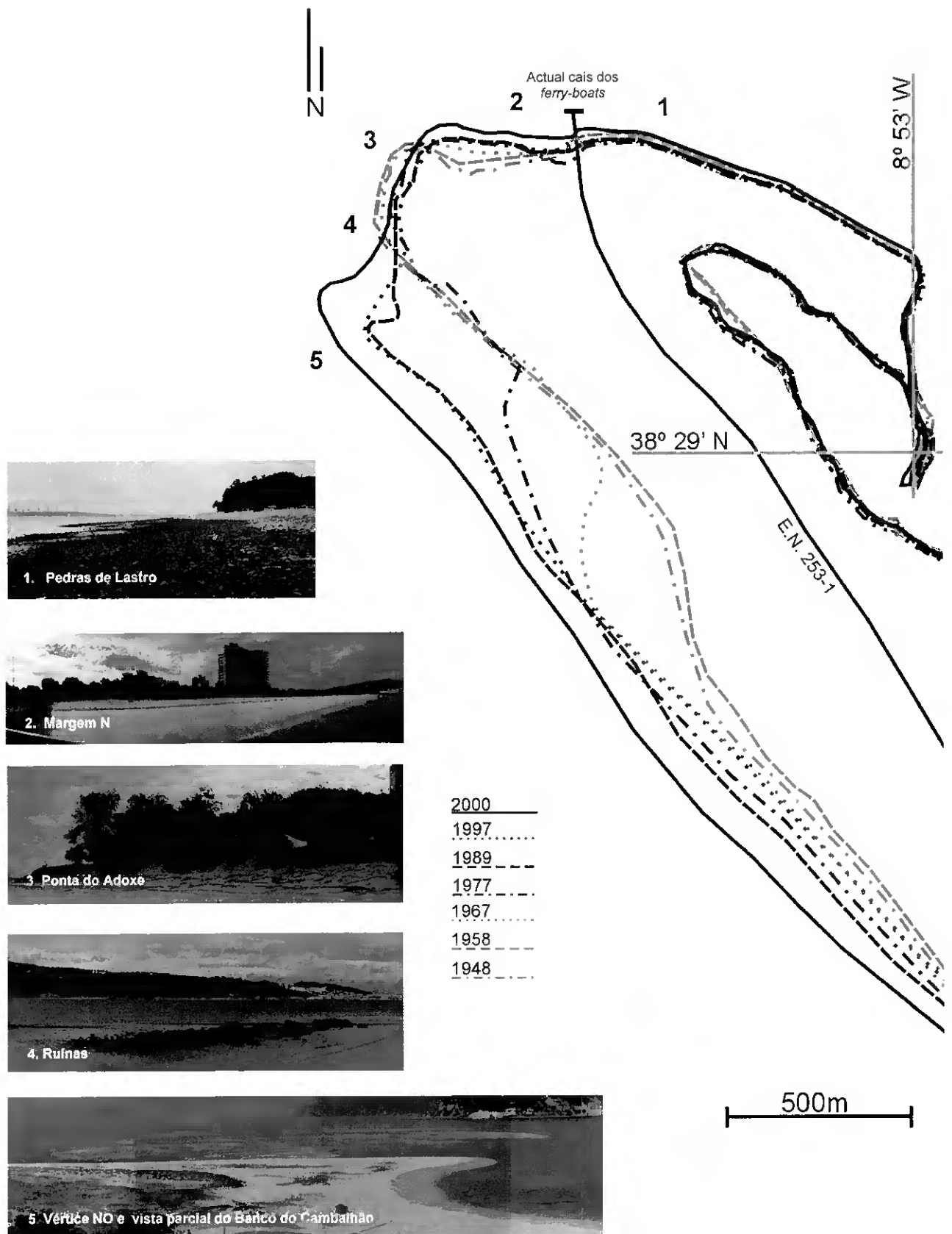


Figura 1.3. Linha de costa definida sobre fotografia aérea, entre 1948 e 2000 (adaptado de Gomes & Carapuço, 2003).

1.3.2. FACTORES CONDICIONANTES DA DINÂMICA LITORAL

A dinâmica litoral é principalmente controlada pela actuação de factores condicionantes, dos quais se destacam os processos hidrodinâmicos e os processos eólicos (p. ex., Komar, 1976).

Nos processos hidrodinâmicos, as ondas são o agente mais importante, sendo responsável pela quase totalidade da energia dissipada sobre a praia, da qual resultam: a erosão, o transporte (longilitoral e transversal) e a deposição de sedimentos (p. ex., Komar, 1976). Existem contudo, enquadramentos excepcionais, nos quais a intermitência da maré e as correntes por si geradas adquirem um papel preponderante no balanço sedimentar das praias adjacentes (p. ex., Davis & Barnard, 2003). Um dos exemplos destes casos de excepção são as zonas vizinhas de uma embocadura estuarina (Andrade, 1997), como o caso da península de Tróia.

O clima de agitação marítima incidente na costa ocidental Portuguesa é caracterizado por um peso importante das componentes de geração distante tendo, em geral, alturas e períodos superiores aos que ocorreriam por simples acção do vento local (Pires, 1989).

No entanto, a agitação marítima é controlada localmente pela batimetria e pelas características fisiográficas do litoral e, neste contexto, a península de Tróia é um dos casos particulares da costa portuguesa, pois encontra-se protegida da agitação marítima pela presença do cabo Espichel e costa da Arrábida a N e pelo banco intertidal do Cambalhão - o delta de vazante do estuário do Sado - a O (Abecassis, 1987, 1994; Marques, 1995, 1999).

Segundo diversos autores (p. ex., Quevauviller, 1986, 1987, 1988), o efeito de difracção originado pela presença do cabo Espichel e o efeito de refracção do banco do Cambalhão, originam uma rotação no rumo da ondulação, com conseqüente variação entre o ângulo de incidência ao largo e o ângulo de ataque da onda. Mesmo para rumos de NO, as cristas da onda atingem a costa de Tróia sempre de um modo paralelo a esta ou mesmo com direcção de SO.

Em conseqüência deste fenómeno, Tróia acaba por ser actuada, permanentemente ou quase, por um regime aluvionar genericamente de S para N, quer ao longo das praias, quer nos baixos adjacentes.

A influência da fisiografia local condiciona, não só a direcção mas também a altura da ondulação. Por este motivo, não se caracterizou o regime de agitação marítima em Tróia, a partir das leituras de bóias ondógrafo mais próximas, localizadas ao largo - Sines e Lisboa. Este procedimento só teria resultados válidos, face à aplicação de um modelo de propagação de ondas, que possibilitasse a caracterização da agitação marítima nos dias das campanhas realizadas e nos intervalos entre as mesmas.

Neste estudo foram utilizados os resultados do modelo REFDIR (Hidromod, 2003), que integra os fenómenos de refacção, difracção e rebentação (Figuras 1.4. e 1.5.).

Segundo o modelo REFDIR, a influência do banco do Cambalhão, que se traduz numa redução da altura da onda ao largo para 25% a 10%, faz com que não penetrem no interior do estuário ondas com alturas superiores a cerca de 0.5 m (Hidromod, 2003) (Figuras 1.4. e 1.5.). Este cenário foi simulado para uma situação de nível de maré de 3.5 m, por forma a obter a situação de penetração da agitação extrema. O ponto de referência nesta verificação foi a Ponta do Adoxe (Figura 1.3.).

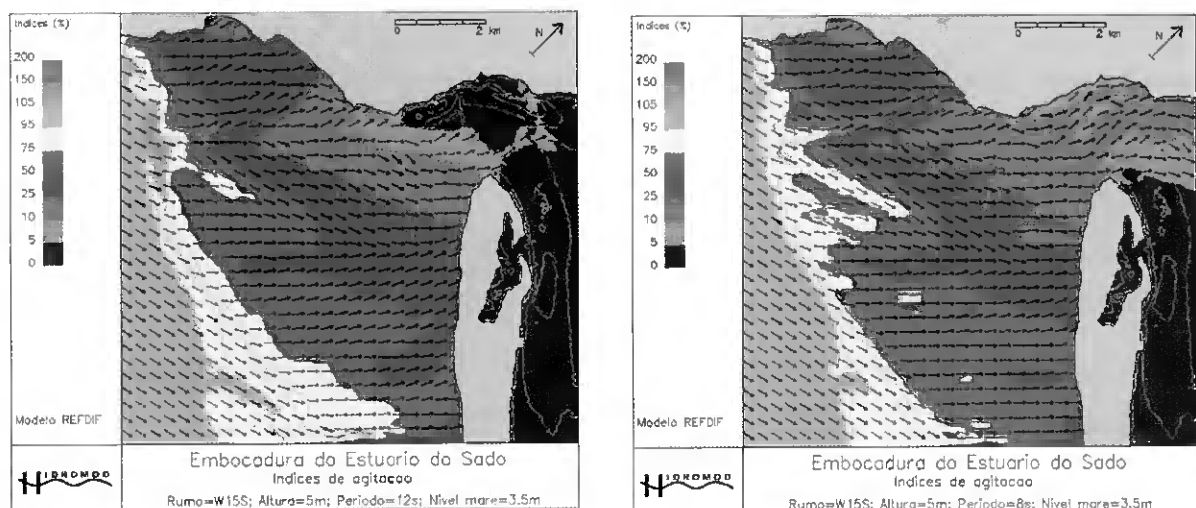


Figura 1.4. Índices de agitação para uma onda de 5 m de altura, rumo de O15S (255°) com períodos de 12s e 8s (Hidromod, 2003).

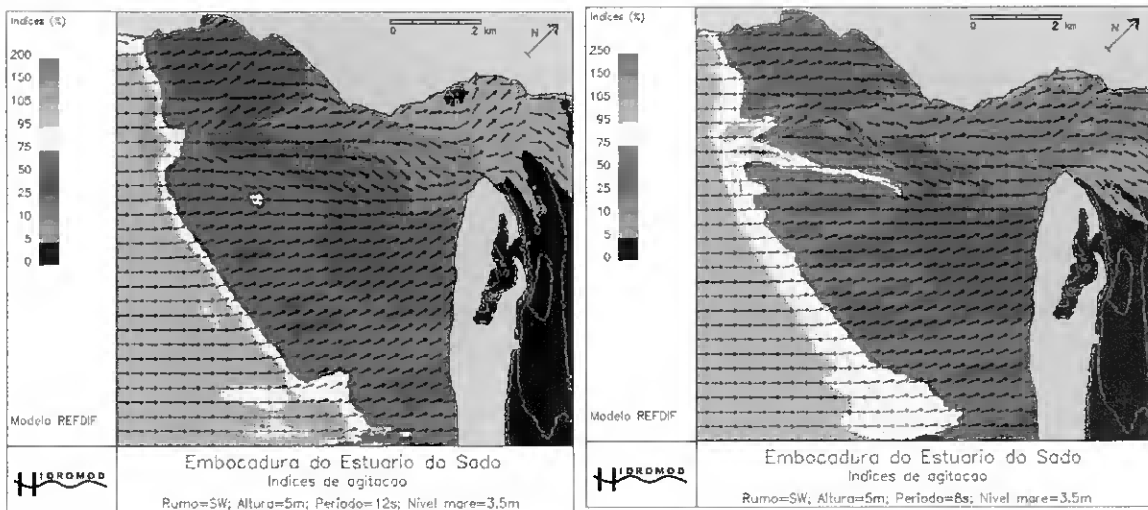


Figura 1.5. Índices de agitação para uma onda de 5 m de altura, rumo de SO (225°) com períodos de 12s e 8s (Hidromod, 2003).

Na península de Tróia como, aliás, ao longo de toda a faixa costeira portuguesa, as marés são do tipo semidiurno, com um período de 12 horas e 25 minutos e apresentando amplitudes máximas de cerca de 3.5 metros em águas-vivas e mínimas de cerca de 1.5 metros em águas-mortas (IH, 2000), sendo a maré característica do domínio mesotidal segundo a classificação de Davies (1964).

A maré é um factor determinante na modelação da morfologia de praia considerando que a sua amplitude:

- 1) Determina a área de praia passível de sofrer transporte hidrodinâmico dado que, em marés de maior amplitude, a área intertidal é mais extensa, ou seja, a área afectada pelo hidrodinamismo de maré é maior;
- 2) Determina a intensidade das correntes de maré, com velocidades máximas em marés de águas-vivas e mínimas em marés de águas-mortas;
- 3) Influencia determinantemente a acção dos outros agentes: clima de agitação marítima e regime de ventos:
 - a) em preia-mar de águas-vivas (maior cota de maré) a interacção entre a onda e o fundo será mínima. Consequentemente, as ondas podem atingir a praia com mais energia e maior capacidade modeladora do que em situações de baixa-mar, ou mesmo em preia-mar de águas-mortas (menores cotas de maré), quando a energia da onda será parcial ou totalmente dissipada por contacto com o fundo, principalmente, para os rumo de O, SO e S, devido à presença do banco do Cambalhão, dado que esta estrutura de acumulação actua como um quebra-mar eficaz para ondas destes rumos;

- b) a relação entre a amplitude da maré e a actuação do vento estabelece-se a dois níveis:
- em preia-mar de águas-vivas é maior a área de geração (*fecht*) na qual o vento poderá actuar e gerar vagas maiores com impacto mais significativo na morfologia de praia;
 - a face de praia encontra-se exposta à actuação directa do vento em muito maior extensão em baixa-mar de marés de grande amplitude, ou seja, encontra-se mais vulnerável à acção deste agente forçador.

Segundo Gomes & Carapuço (2003), as correntes de vazante são dominantes sobre as correntes de enchente na modelação da península de Tróia.

De acordo com os resultados do modelo MOHID (Hidromod, 2003), a área total em que as correntes adquirem uma velocidade entre 1 e 3 m/s, é maior no cenário de vazante, potenciando maior remobilização sedimentar do que em situação de enchente (Figura 1.6.).

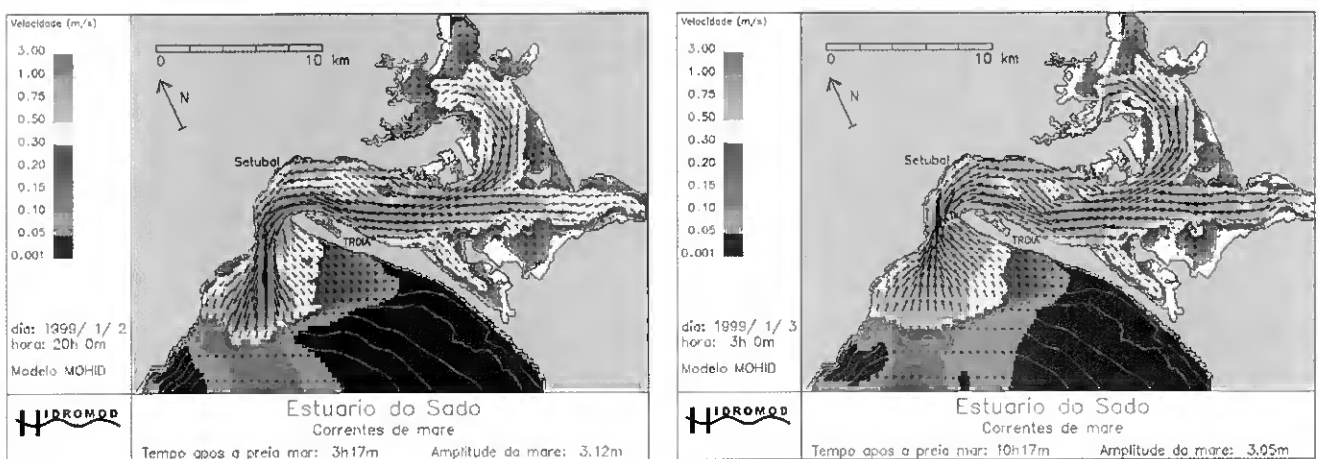


Figura 1.6. Modelo MOHID: velocidade (m/s) das correntes de maré em vazante e enchente de águas-vivas (Hidromod, 2003).

Dos agentes meteorológicos, o vento é o principal agente condicionante da morfologia das praias, pela sua importância na modelação das dunas litorais (p. ex., Goldsmith, 1978; Carter, 1988). O seu estudo permite ainda deduzir o tipo de vaga gerada pela sua actuação sobre a superfície do mar e quais as correntes que lhe estão associadas (p. ex., Komar, 1976).

Devido ao enquadramento geográfico da península de Tróia, que resulta na protecção do seu extremo N à actuação da agitação ao largo, o estudo do regime de ventos é de extrema importância, sendo este o agente responsável pela agitação litoral incidente neste troço costeiro.

O regime de ventos na costa ocidental portuguesa é determinado pela influência quase permanente do bordo leste do Anticiclone dos Açores, pela influência semi-permanente da depressão de origem térmica que se forma sobre a Península ibérica no Verão e pela influência de depressões frontais transientes em especial no Inverno (Divisão de climatologia, 1987). Em Tróia, verifica-se a dominância dos rumos de N, NE e NO (Carapuço, 1999). Os ventos de E e SE são os menos frequentes. As velocidades mais elevadas encontram-se associadas aos ventos de S e SO, enquanto que os ventos de E são os que apresentam velocidades inferiores.

2. MÉTODOS

2.1. MORFOLOGIA

A caracterização da morfologia de praia e duna foi feita com recurso a levantamentos topográficos efectuados com uma estação total TCR307 da *Leica Geosystems*. Este instrumento de medição apresenta um erro máximo de 7" na determinação de ângulos, originando um erro de posicionamento circular, função da distância. Como a distância máxima entre a estação e a mira foi de 600 m, o erro vertical máximo associado ao equipamento correspondeu a um círculo de 2 cm de diâmetro, ou seja, a um erro vertical máximo de +/- 1 cm. Admitiu-se que o erro induzido pelo operador/porta-miras duplicou o erro associado ao equipamento de medição tendo sido considerado um erro final máximo de +/- 2 cm.

A malha espacial de cobertura do terreno foi, em média, de c. de 5 m x 5 m e, no máximo, de c. de 7 m x 7 m. Adicionalmente, assegurou-se sempre o levantamento das quebras de declive da superfície da praia e de outros acidentes topográficos, procurando minimizar a perda de informação relevante.

2.2. FACTORES CONDICIONANTES

2.2.1. REGIME DE VENTO

Em Março de 2002, procedeu-se à instalação de uma estação meteorológica automática em Tróia, sobre o sistema dunar frontal na extremidade NO da península, no âmbito do protocolo Instituto do Mar (IMAR) / IMOAREIA (Figura 2.1.). A caracterização do regime de vento teve como base os registos de alta frequência, a intervalos de 1 min, das leituras de direcção e intensidade do vento, colectadas a 2.5 m do solo.

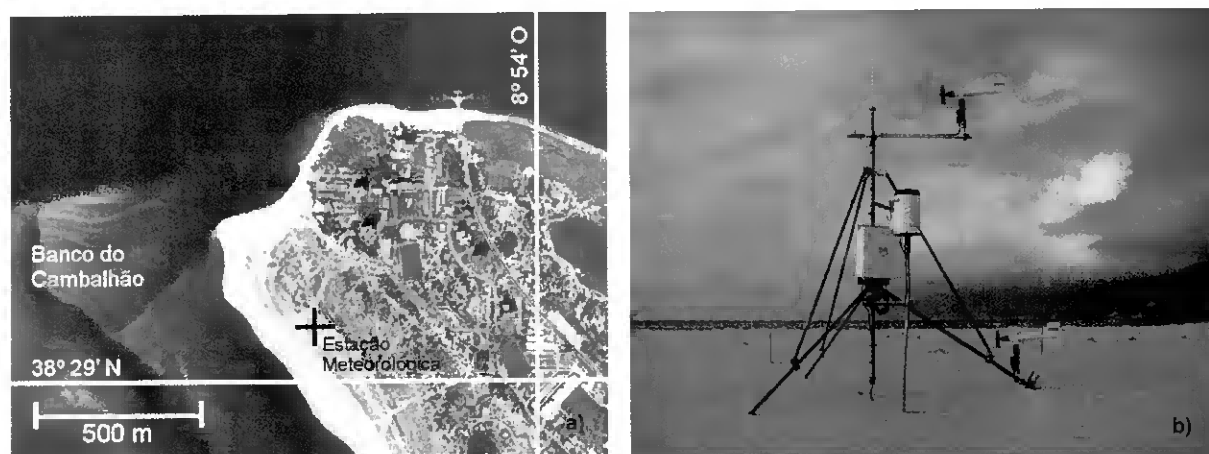


Figura 2.1. Estação meteorológica automática de Tróia **a.** localização e **b.** aspecto geral.

2.2.2. MARÉ

Os dados de maré utilizados neste estudo foram os previstos para o Porto de Setúbal (Tróia), tendo sido obtidos na Tabela de Marés do Instituto Hidrográfico (IH, 2000, 2001 e 2002).

2.3. ESCALAS TEMPORAIS CONSIDERADAS

2.3.1. ESCALA SAZONAL

O estudo sazonal da morfologia de praia e factores condicionantes foi efectuado entre Abril de 2001 e Abril de 2003. Excepção feita para a caracterização do regime de ventos, iniciada em Abril de 2002, com a instalação da referida estação meteorológica.

A escolha do mês de Abril para início deste estudo deveu-se à aparente estabilidade morfológica da área de estudo nesta altura do ano, indiciada em estudos realizados previamente (Andrade *et al.*, 2003; Gomes *et al.*, 2003).

Os resultados obtidos nos estudos supracitados sugeriram igualmente que uma caracterização morfológica bimestral da área-alvo seria representativa dos principais processos de evolução identificados. Este intervalo temporal foi adoptado no presente estudo, procurando-se uma solução de compromisso entre uma caracterização representativa da morfologia da área de estudo e uma periodicidade exequível.

Procedeu-se ao levantamento da morfologia da zona intertidal durante a baixa-mar das maiores marés de águas-vivas do mês e a restante área - berma da praia e duna - durante as horas excedentes de cada dia, perfazendo um total de quatro dias de levantamento por campanha.

ÁREA DE ESTUDO

A caracterização morfológica da área de estudo abrangeu o vértice NO da península de Tróia (Figura 2.2.), perfazendo uma área média por levantamento de c. de 157 800 m². A área de estudo integrou os diferentes ambientes morfológicos presentes: praia – berma de praia, face de praia e parte superior do terraço de maré; e duna – primária e embrionária.



Figura 2.2. Área coberta pelos levantamentos bimestrais. O local de estabelecimento da estação total encontra-se representado com o símbolo \oplus .

TRATAMENTO DE DADOS

MORFOLOGIA

Os dados dos levantamentos topográficos foram analisados com recurso ao programa Surfer[®] vs. 8.01 da *Golden Software, Inc.*. Estes dados permitiram calcular modelos digitais de elevação (MDE) para cada campanha, tendo sido definida uma janela de trabalho constante limitada pelas coordenadas -67950, -130100 e -67400, -130900 (Projeção de *Gauss*, Elipsóide internacional, *Datum 73* – Vértice Geodésico Melriça), com cotas referidas ao nível médio do mar (NMM).

Como processo de interpolação no cálculo dos MDE, foi utilizado o método de *kriging* (Cressie, 1991), com uma malha espacial de 1 m x 1 m, obtendo-se assim uma malha constante para os diferentes MDE. Na comparação de cada par de levantamentos foi definida a área comum e foi nesta área que os diferentes indicadores foram calculados.

Os indicadores da variação morfológica considerados foram:

1. Linha de costa – Definida como a linha de cota 0 (NMM) (+2 m ZH). Analisou-se a sua evolução e sentido de migração. Variações expressas em m linear;
2. Área – Associada à evolução da linha de costa. Os limites considerados na sua determinação foram a linha de costa (cota 0 - NMM; +2 m ZH) e, em terra, o limite da área de estudo, coincidente com o campo dunar. Entre pares de levantamentos, a sua variação foi expressa em m²; a área estável, definida como a área na qual a variação de cota foi inferior ao erro do método, foi expressa em %, relativamente à área comum.

3. Volume – Em ambiente de praia, os limites considerados na determinação do volume associado a cada levantamento bimestral foram, em terra, o limite praia/duna; e, no mar, adoptou-se uma cota constante. Em ambiente dunar considerou-se todo o volume acima do limite praia/duna. Em ambos os ambientes considerados, a variação volumétrica foi calculada com recurso à regra trapezoidal (Press *et al.*, 1988), utilizada igualmente por outros autores (p. ex., Ferreira, 1998). A transição entre os ambientes de praia/duna foi definida pela cota +3 m (NMM) (+5 m ZH). Esta foi obtida como o valor médio entre as cotas da berma da praia e da duna embrionária. As variações volumétricas para os ambientes de praia e duna foram expressas em m³ e normalizadas em m³/m². As variações verticais máximas (VVM) de cota para os mesmos ambientes, foram expressas em m. No processo de mapeamento das variações verticais entre pares de levantamentos, foi definida a diferença de cota para cada ponto da malha ($z_2 - z_1$).

4. Perfil de praia – Em relação com os principais fenómenos morfológicos detectados, foram localizados cinco perfis "tipo". A quantificação do avanço/recuo linear de cada perfil, expressa em m, foi feita ao nível da cota 0 (NMM) (+2 m ZH).

REGIME DE VENTO

Na caracterização do regime de ventos, a direcção foi dividida em octantes, tal como proposto por diversos autores (p. ex., Mendes & Coelho, 1989) e a velocidade em cinco classes, de acordo com a divisão proposta por Gomes (1992). Para cada direcção e classe de velocidade, foi calculada a correspondente percentagem de ocorrência. Das percentagens de ocorrências determinadas, foi calculada a percentagem de ventos potencialmente eficazes no transporte sólido eólico – ventos com velocidade superior a 6 m/s a 2.5 m de altura do solo e de direcção N, NO, O, SO e S (Gomes, 1992; Gomes *et al.*, 2001) e a percentagem de calmas – vento com velocidade inferior a 0.5 m/s a 10 m de altura do solo (Mendes & Coelho, 1989). Como o anemómetro da estação meteorológica de Tróia se encontra a 2.5 m do solo, recorreu-se à equação proposta por Mendes & Coelho (1989) na conversão da altura de referência na determinação de calmas.

Na organização da base de dados e na determinação dos parâmetros mencionados foi utilizado o programa *Microsoft EXCEL vs. 2000* da *Microsoft*. Na elaboração dos gráficos mensais referentes aos rumos do vento e à sua velocidade, foi utilizado o programa *Grapher® vs. 4.0* da *Golden Software, Inc.*.

MARÉ

Os dias em que decorreram as campanhas bimestrais foram escolhidos em função das maiores amplitudes de maré de cada mês.

O pressuposto subjacente à escolha de marés de maior amplitude foi o de que estas corresponderão, na área em estudo, a uma maior hidrodinâmica de maré – maior prisma de maré no estuário do Sado e, portanto, maiores correntes de maré no vértice da península de Tróia – o que poderá potencialmente gerar maiores variações morfológicas. Ou seja, será o momento que os fenómenos que se pretendem detectar serão mais aparentes. Adicionalmente, a extensão da área intertidal é máxima.

Na tabela 2.1. encontram-se os dados de maré para as datas dos levantamentos, entre Abril de 2001 e Abril de 2003 (IH, 2000, 2001 e 2002). A altura de maré é referida ao nível do zero hidrográfico (ZH) que, na área de estudo, está 2.00 m abaixo do NMM (NMM) (IH, 2000).

Tabela 2.1. Altura e hora da baixa-mar (BM) diurna teórica (m), em Tróia, para as datas dos levantamentos bimestrais.

ANO	Mês	DIA	HORA (hh:mm)	BM DIURNA (m - ZH)	
2001	Abril	07	08:18	0.3	
		08	09:00	0.2	
		09	09:39	0.3	
		10	10:15	0.4	
	Junho	21	08:26	0.5	
		22	09:12	0.5	
		23	09:57	0.5	
	Agosto	24	10:44	0.6	
		19	08:44	0.4	
		20	09:30	0.3	
	Outubro	21	10:14	0.3	
		22	10:57	0.4	
		16	08:06	0.4	
	Dezembro	17	08:49	0.3	
		18	09:31	0.3	
		19	10:11	0.5	
	2002	Fevereiro/ Março	14	08:15	0.7
15			08:58	0.7	
16			09:39	0.7	
17			10:18	0.8	
Abril		27	08:56	0.2	
		28	09:40	0.1	
		01	10:22	0.1	
		02	11:03	0.2	
Junho		25	07:25	0.3	
		26	08:10	0.2	
		27	08:53	0.2	
Agosto		28	09:34	0.3	
		23	07:25	0.7	
		24	08:11	0.6	
Outubro		25	08:55	0.6	
		26	09:36	0.7	
		23	08:59	0.7	
Dezembro	24	09:31	0.6		
	25	10:02	0.7		
	26	10:32	0.7		
2003	Fevereiro	06	08:22	0.3	
		07	09:06	0.3	
		08	09:48	0.3	
		09	10:30	0.4	
	Abril	03	07:42	0.6	
		04	08:29	0.5	
		05	09:16	0.5	
	Abril	06	10:02	0.5	
		17	09:16	0.3	
		18	09:56	0.3	
		19	10:36	0.3	
	Abril	20	11:16	0.4	
		01	08:46	0.6	
		02	09:15	0.6	
		03	09:42	0.6	
			04	10:09	0.7

2.3.2. ESCALA DIÁRIA

De acordo com os objectivos estabelecidos, para compreender a relevância dos fenómenos de maior frequência, foram também analisadas as variações morfológicas diárias entre 3 e 17 de Maio de 2003, perfazendo um ciclo de maré de águas-vivas – águas-mortas – águas-vivas. Ou seja, desde uma amplitude e energia de maré máxima, a mínima e até máxima novamente.

Os levantamentos topográficos diários foram iniciados na primeira baixa-mar diurna, perfazendo um ciclo baixa-mar diurna – preia-mar diurna – baixa-mar nocturna – preia-mar nocturna – baixa-mar diurna, portanto com um intervalo de c. de 24h45m, o que corresponde à frequência máxima possível do levantamento da área intertidal. Este intervalo foi mantido até ao limite possível, sendo alterado apenas quando a baixa-mar do levantamento começou a ocorrer já demasiado tarde no dia (cf. Tabela 2.2.).

A escolha do mês de Maio para a realização da campanha, deveu-se ao facto, de nesta altura do ano, prevalecer o regime de nortada, sendo esta a situação característica em território nacional (Moura *et al.*, 1988). Ainda que a península de Tróia se localize a S da serra da Arrábida, o efeito de sombra gerado por este maciço rochoso não parece afectar a frequência dos ventos que sopram desta direcção pois, segundo diversos autores (Carapuço, 1999; Gomes *et al.*, 2003), a Nortada representa c. de 23% da frequência de ocorrência dos ventos em Tróia.

ÁREA DE ESTUDO

A caracterização da morfologia de praia incidiu em três sectores litorais – S₁, S₂ e S₃ – no vértice NO da península de Tróia (Figura 2.3.).



SECTOR	ÁREA MÉDIA POR LEVANTAMENTO (m ²)
S ₁	6 200
S ₂	16 600
S ₃	2 600

Figura 2.3. Localização e áreas médias dos sectores S₁, S₂ e S₃. O local do estabelecimento da estação total encontra-se representado com o símbolo \oplus .

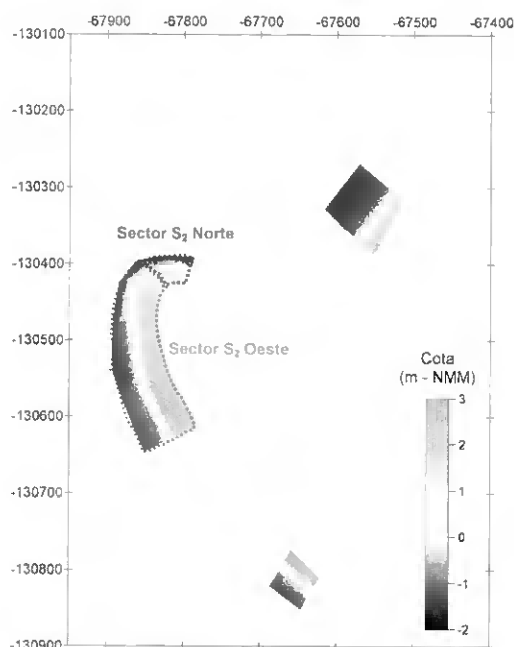
A escolha dos sectores mencionados pretendeu abranger troços costeiros com diferentes dinâmicas e orientações. A área de estudo integrou apenas o ambiente de praia – berma de praia, face de praia e parte superior do terraço de maré.

TRATAMENTO DE DADOS

MORFOLOGIA

O procedimento de cálculo dos MDE e dos indicadores da variação morfológica considerados, foram análogos aos adoptados à escala sazonal. As diferenças entre escalas encontram-se apenas associadas ao modo como os indicadores foram expressos. Assim sendo:

1. Linha de costa – Definida como a linha de cota 0 (NMM) (+2 m ZH). Analisou-se a sua evolução e sentido de migração. Variações expressas em m linear;
2. Área – Associada à evolução da linha de costa. Expressa em percentagem, em função da área diária de cada sector, permitindo a comparação entre as variações de área dos diferentes sectores, dado que estes apresentavam diferentes dimensões (Figura 2.3.);
3. Volume – Os limites considerados na determinação do volume associado a cada levantamento diário foram, em terra, a área coberta pelos levantamentos; e, no mar, adoptou-se uma cota constante. As variações foram expressas em m^3 e normalizadas em m^3/m^2 . O sector central – S_2 – foi dividido em duas áreas distintas, respectivamente, expostas a N e a O – S_2 Norte e S_2 Oeste (Figura 2.4.). Esta opção baseou-se nos resultados obtidos na análise morfológica à escala sazonal, que evidenciou um comportamento distinto para as faces N e O do vértice da península. As variações verticais máximas (VVM) de cota foram expressas em m. No processo de mapeamento das variações verticais entre pares de levantamentos, foi definida a diferença de cota para cada ponto da malha ($z_2 - z_1$).
4. Perfil de praia – Em relação com os principais fenómenos morfológicos detectados, foram localizados quatro perfis "tipo". A quantificação do avanço/recuo linear de cada perfil, expressa em m, foi feita ao nível da cota 0 (NMM) (+2 m ZH).



SECTOR	ÁREA MÉDIA POR LEVANTAMENTO (m ²)
S ₂ Norte	2 600
S ₂ Oeste	14 000

Figura 2.4. Divisão do Sector S₂ nos sectores S₂ Norte (a vermelho) e S₂ Oeste (a laranja).

REGIME DE VENTO

Na caracterização do regime de ventos, entre 3 e 17 de Maio de 2003, para cada octante, foram determinadas médias e máximos de velocidade. Para cada direcção foi calculada a correspondente percentagem de ocorrência.

Na organização da base de dados e na determinação dos parâmetros mencionados foi utilizado o programa *Microsoft EXCEL vs. 2000* da *Microsoft*.

Foram também construídos gráficos vectoriais de direcção e intensidade horária do vento, à semelhança dos utilizados por outros autores (p. ex., Kok *et al.*, 2001), tendo sido utilizado, na sua execução, o programa *AutoCAD 2002* da *AutoDesk Inc.*

MARÉ

A amplitude de maré foi determinada pelas diferenças dos valores de altura da maré entre a baixa-mar em que se realizou cada levantamento topográfico e a preia-mar antecedente. Este cálculo foi efectuado com recurso ao programa *Microsoft EXCEL vs. 2000*, igualmente utilizado na produção de gráficos relacionados com este parâmetro.

Tabela 2.2. Altura e hora da maré teórica (m), em Tróia, para as datas dos levantamentos diários.

DIA	HORA (hh:mm)	ALTURA DE MARÉ (m - ZH)
03	03:44	3.2
03	09:40	0.7
03	15:57	3.2
03	22:00	0.8
04	04:16	3.1
04	10:09	0.8
04	16:28	3.1
04	22:33	0.8
05	04:49	2.9
05	10:40	0.9
05	17:01	3.0
05	23:08	0.9
06	05:25	2.8
06	11:14	1.1
06	17:39	2.9
06	23:49	1.0
07	06:09	2.6
07	11:56	1.2
07	18:25	2.8
08	00:42	1.1
08	07:06	2.5
08	12:53	1.4
08	19:27	2.7
09	01:54	1.2
09	08:22	2.5
09	14:16	1.4
09	20:44	2.7
10	03:19	1.2
10	09:46	2.5
10	15:45	1.4
10	22:04	2.8
11	04:33	1.0
11	10:58	2.7
11	16:57	1.2
11	23:13	3.0
12	05:34	0.8
12	11:55	3.0
12	17:55	0.9
13	00:10	3.2
13	06:26	0.6
13	12:45	3.2
13	18:46	0.9
14	01:02	3.4
14	07:14	0.4
14	13:31	3.4
14	19:34	0.5
15	01:50	3.5
15	08:00	0.3
15	14:16	3.6
15	20:21	0.3
16	02:38	3.6
16	08:45	0.3
16	15:01	3.6
16	21:07	0.3
17	03:25	3.6
17	09:29	0.3
17	15:47	3.6
17	21:53	0.3

NOTA: a hora e cota de maré em foram efectuados os levantamentos encontram-se a **bold**.

ANÁLISE INTEGRADA DA MORFOLOGIA E DOS FACTORES CONDICIONANTES

A análise à escala diária foi efectuada num único período, de 3 a 17 de Maio de 2003, permitindo articular os resultados obtidos para a morfologia de praia - resposta do sistema - com a maré (amplitude) e regime de vento - factores condicionantes.

O único sector onde os resultados foram significativos e, como tal, analisados, foi o sector S₂ Norte - o sector mais dinâmico em estudo.

A amplitude de maré, considerada como indicadora da energia hidrodinâmica associada à maré, foi determinada, tal como mencionado anteriormente, pelas diferenças dos valores de cota da maré entre cada baixa-mar em que se realizaram levantamentos topográficos e a preia-mar imediatamente antecedente.

Na caracterização do regime de ventos foram consideradas as leituras de direcção e velocidade médias e máximas, entre a baixa-mar antecedente a cada levantamento topográfico e a baixa-mar em que este se realizou. Os ventos de direcção NE, E e SE foram excluídos desta análise pois, sendo ventos de terra, a sua contribuição para a modelação da praia será sempre reduzida (Abecassis, 1987, 1994; Marques *et al.*, 1995; Marques, 1999).

2.4. COMPARAÇÃO DAS VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS BIMESTRAIS E DIÁRIAS

A comparação das variações volumétricas às duas escalas temporais consideradas permitiu perceber e avaliar a importância do contributo das variações diárias na morfologia de praia.

Nesta análise, foram calculadas, para as áreas dos sectores considerados à escala diária - S₁, S₂ Norte, S₂ Oeste e S₃ - as variações volumétricas medidas entre Abril e Junho de 2001 e Abril e Junho de 2002, permitindo comparar as duas escalas de variação, na mesma época do ano.

3. RESULTADOS

3.1. ESCALA SAZONAL

3.1.1. VARIAÇÃO MORFOLÓGICA

A figura 3.1. apresenta os modelos digitais de elevação (MDE) elaborados a partir dos dados dos levantamentos das campanhas bimestrais, efectuadas entre Abril de 2001 e Abril de 2003.

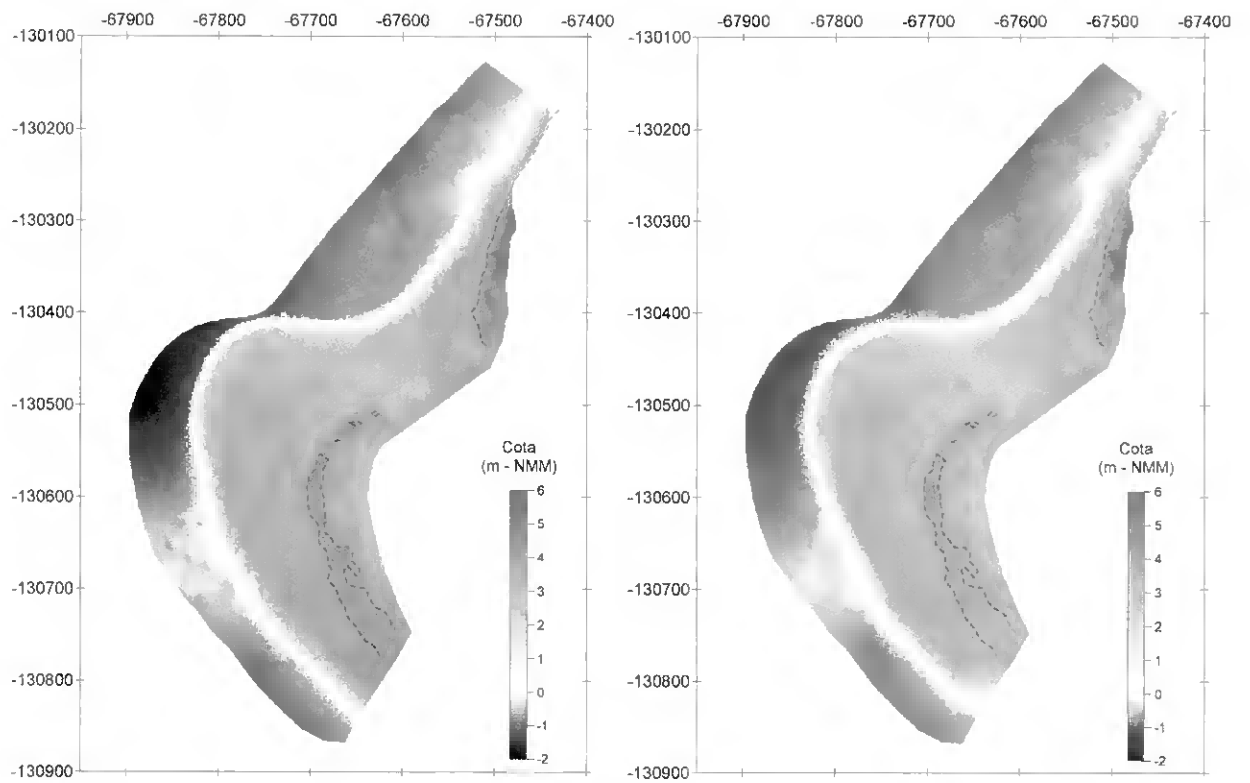
Entre Abril e Agosto de 2001 (Figura 3.1.A. a 3.1.C.), a área de estudo apresentou a sua forma praticamente constante. Em Outubro de 2001, começou a sofrer alterações, por erosão a O e acreção a SO (Figura 3.1.D.), traduzidas na variação na linha de costa - cota 0 (NMM) no MDE - de, respectivamente, recuo e avanço. Este comportamento foi análogo ao verificado em Dezembro de 2001 (Figura 3.1.E.) e Fevereiro de 2002 (Figura 3.1.F.) quando os fenómenos descritos para os troços orientados a O e SO, foram acompanhados da migração do vértice da península, para NO.

De Fevereiro a Abril de 2002 (Figuras 3.1.F. e 3.1.G.), o vértice sofreu uma alteração na sua forma, aproximando-se mais da situação verificada em Abril de 2001 (Figura 3.1.A.). Entre Abril e Agosto de 2002 (Figura 3.1.G a 3.1.I.), o cenário permaneceu aparentemente estável, à semelhança do identificado no ano anterior. Entre Outubro de 2002 e Abril de 2003 (Figura 3.1.J. a 3.1.N.) a variação morfológica mais expressiva encontrou-se novamente associada à migração do vértice da península para NO. O troço a SO e o limite NE da área de estudo - troço adjacente à zona das ruínas do antigo chalé, cf. figura. 1.3. - mantiveram uma forma sensivelmente constante ao longo do período de estudo.

A comparação dos modelos digitais de elevação de Abril de 2001 e Abril de 2003 (Figura 3.1.A. a 3.1.N.), permitiu ainda identificar, no geral, o aumento da volumetria das dunas e, em particular, o seu avanço, em direcção a NO, na zona do vértice da península.

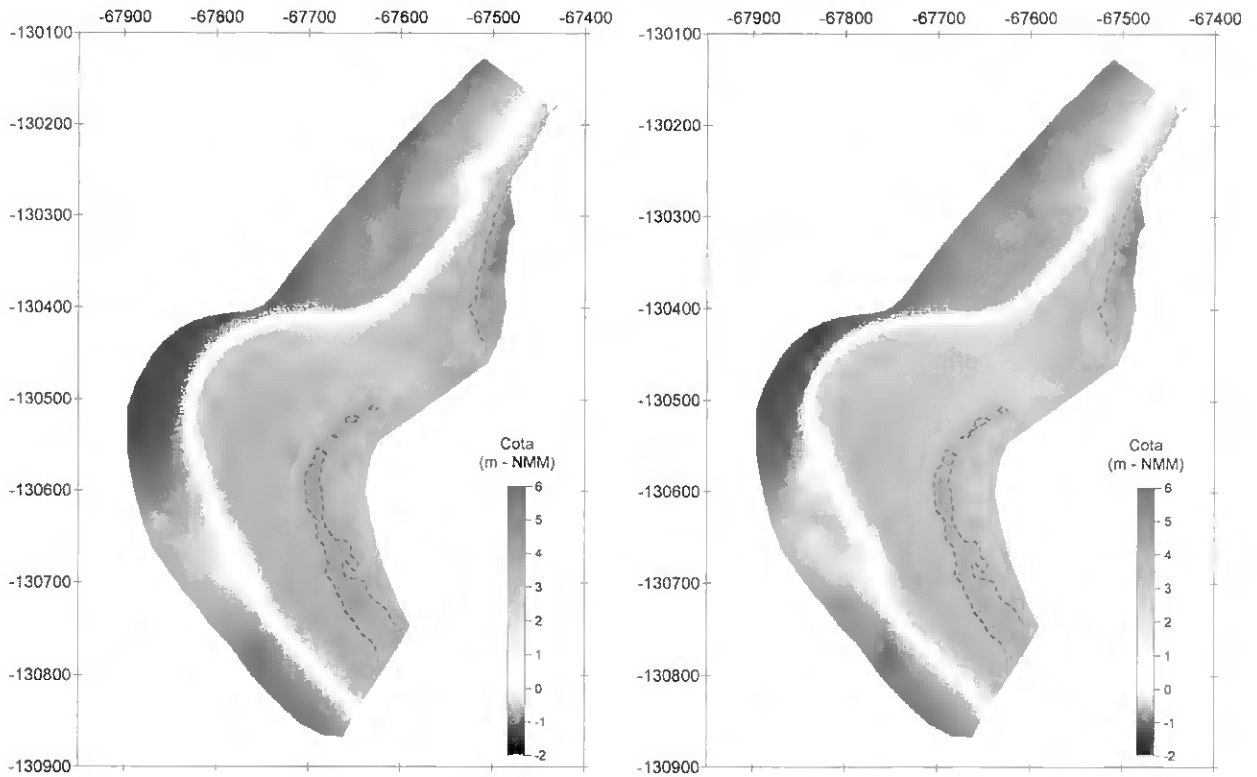
Na área de estudo, a principal descontinuidade detectada no cordão dunar, corresponde a uma marca resultante de alagamentos pela maré (*overtopping*), na zona delimitada a tracejado no modelo de elevação de Abril de 2003 (Figura 3.1.N.). Estes eventos não promoveram qualquer corte no cordão dunar mas afectaram o seu pleno desenvolvimento na zona assinalada na figura 3.1.N..





A. Abril de 2001

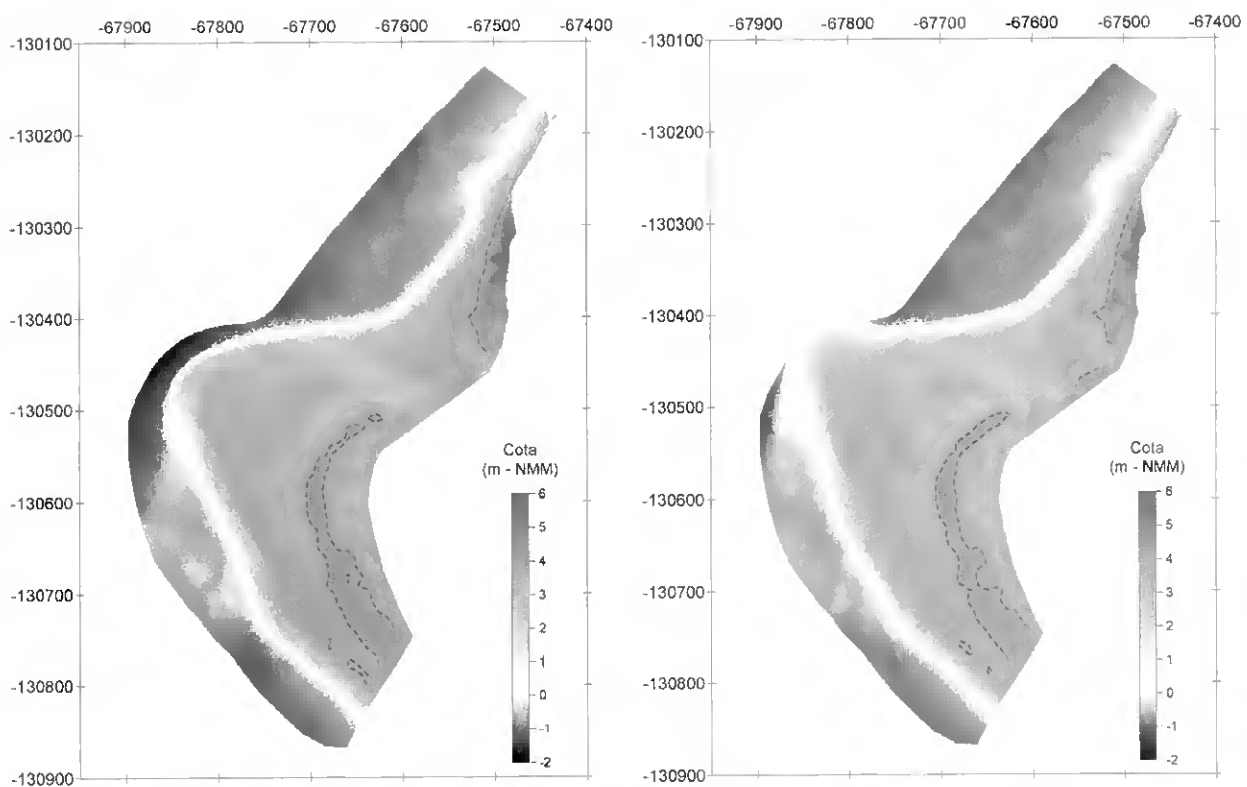
B. Junho de 2001



C. Agosto de 2001

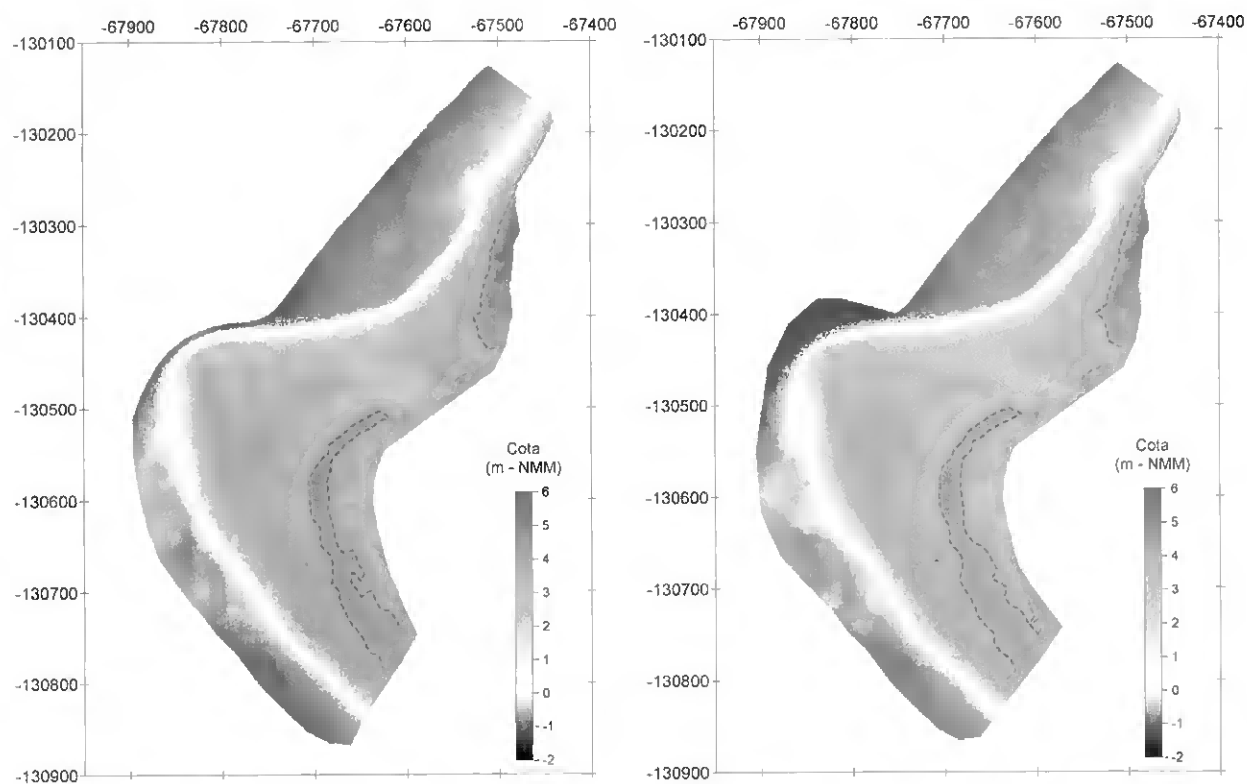
D. Outubro de 2001

Figura 3.1. Modelos digitais de elevação: Abril de 2001 (A) a Abril de 2003 (N). A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.



E. Dezembro de 2001

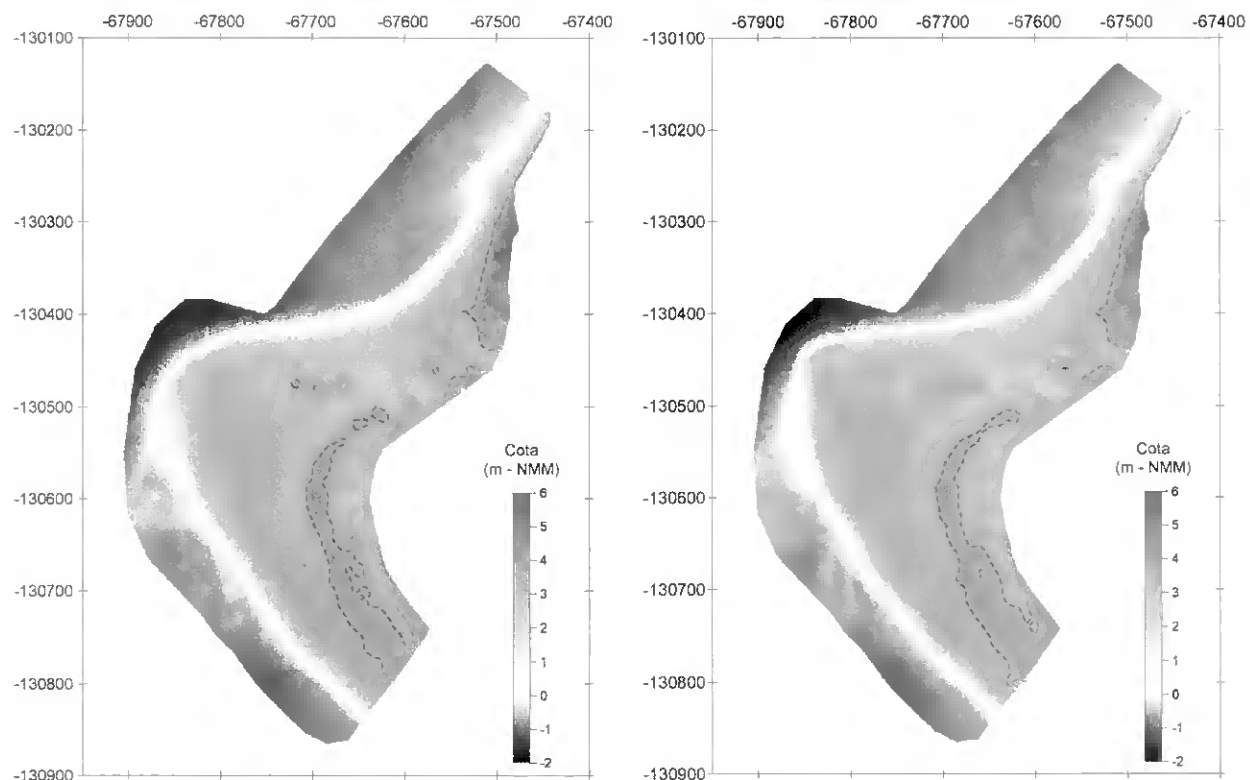
F. Fevereiro de 2002



G. Abril de 2002

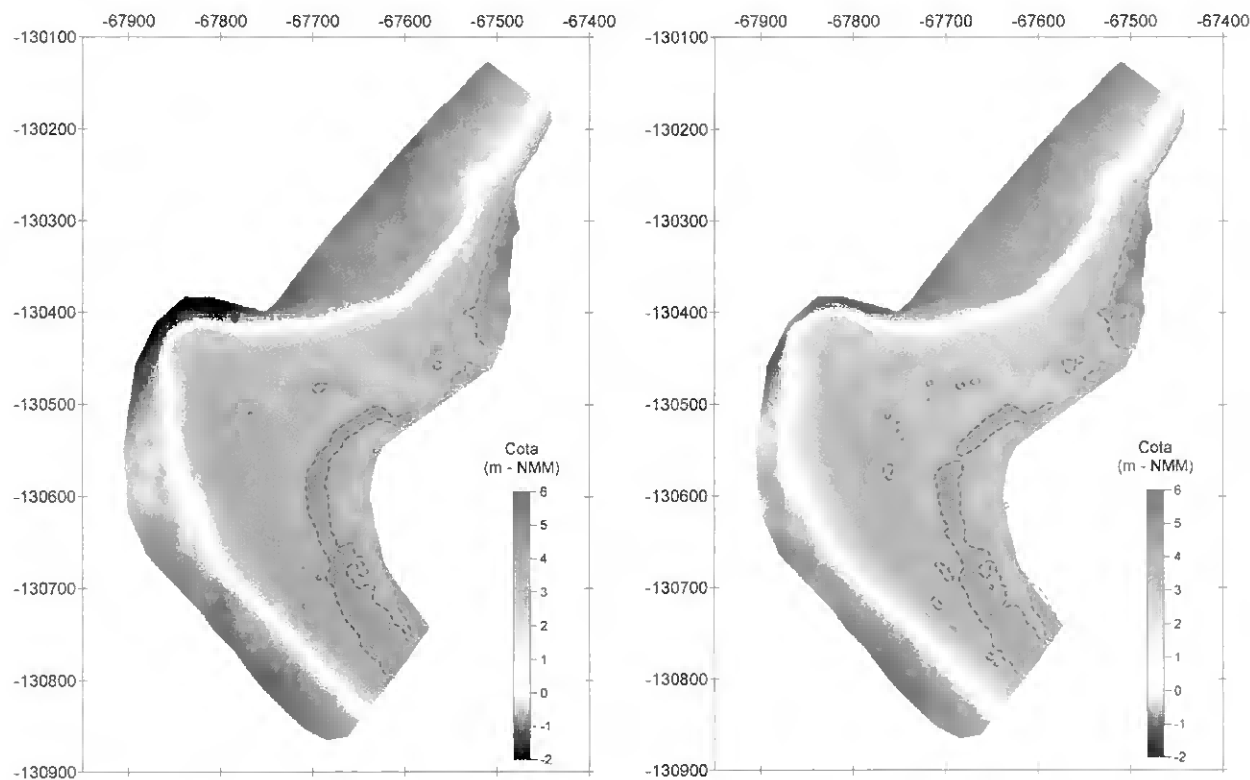
H. Junho de 2002

Figura 3.1.(cont.). Modelos digitais de elevação: Abril de 2001 (A) a Abril de 2003 (N). A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.



I. Agosto de 2002

J. Outubro de 2002



L. Dezembro de 2002

M. Fevereiro de 2003

Figura 3.1.(cont.). Modelos digitais de elevação: Abril de 2001 (A) a Abril de 2003 (N). A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.

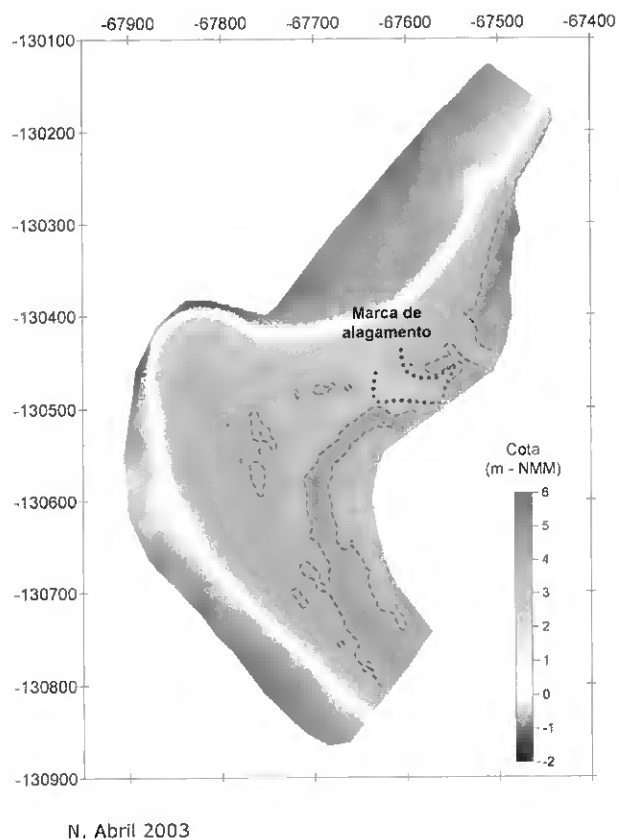


Figura 3.1.(cont.). Modelos digitais de elevação: Abril de 2001 (A) a Abril de 2003 (N). A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna. Em Abril de 2003 (3.1.N.), a linha azul a tracejado representa a marca no cordão dunar consequência do alagamento pela maré.

As figuras 3.2.a. e 3.2.b representam, respectivamente, a variação bimestral e bianual da linha de costa, entre Abril de 2001 e Abril de 2003. Verificou-se, no geral, o seu avanço sendo, no entanto, possível identificar a presença de quatro troços com dinâmicas distintas:

- Troço 1: a N, orientado a NO e N, que se comporta como o troço mais constante durante todo o período em estudo;
- Troço 2: correspondente ao vértice NO da área considerada, orientado a N e NO, muito variável, com uma dinâmica dominante de acreção;
- Troço 3: orientado a O e SO, com uma dinâmica muito inconstante traduzida em fenómenos de erosão e acreção, sendo o último o fenómeno dominante;
- Troço 4: a S, orientado a SO, constante durante todo o período em estudo com excepção para alguns fenómenos acrecionários de pequena escala e localizados no tempo.

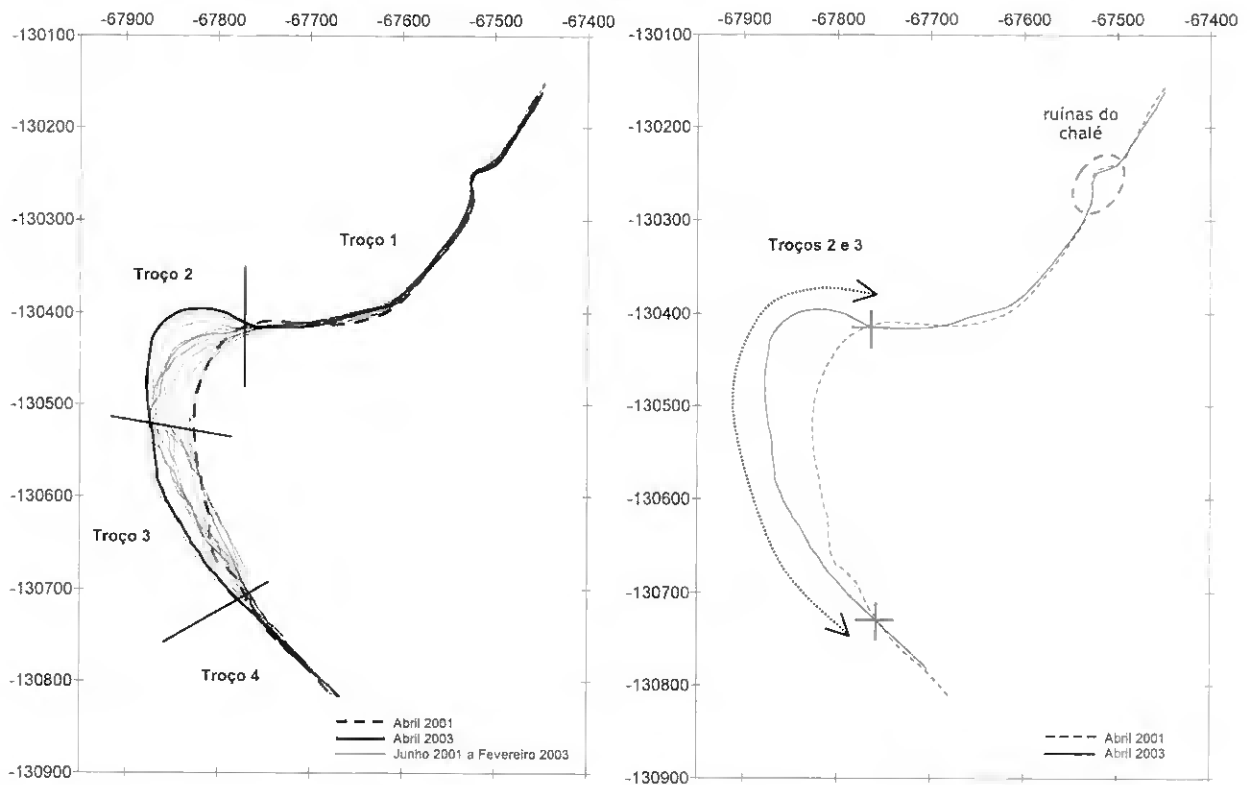


Figura 3.2. Variação da linha de costa **a.** bimestral, entre Abril de 2001 e Abril de 2003 e **b.** bianual, Abril de 2001 e Abril de 2003.

A variação da linha de costa, além de apresentar diferenças associadas à orientação dos troços considerados, apresentou igualmente diferenças sazonais: no Verão, a linha de costa apresentou-se praticamente constante; no Inverno, e considerando somente a resultante líquida, verificou-se que a linha de costa avançou no Troço 3, concomitantemente com a migração do vértice - Troço 2 - para NO.

A variação da área acima da linha de costa é apresentada na figura 3.3. sendo considerada um indicador da variação da linha de costa. A sua análise reforça as diferenças sazonais mencionadas.

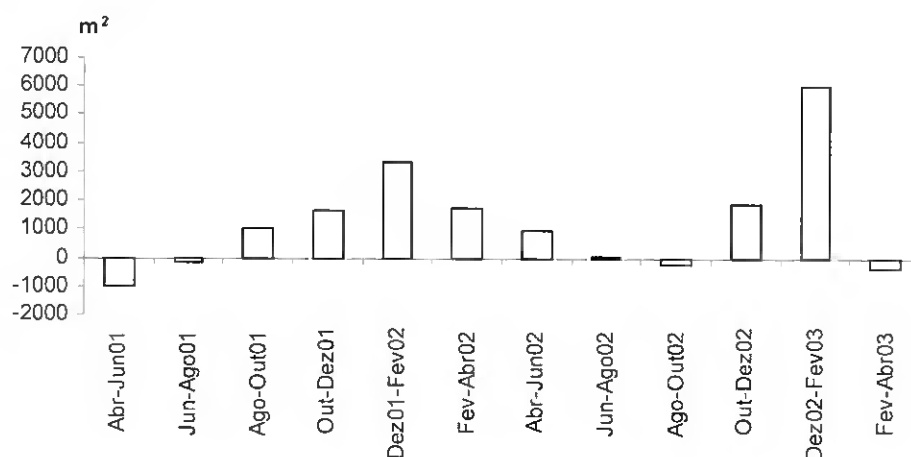


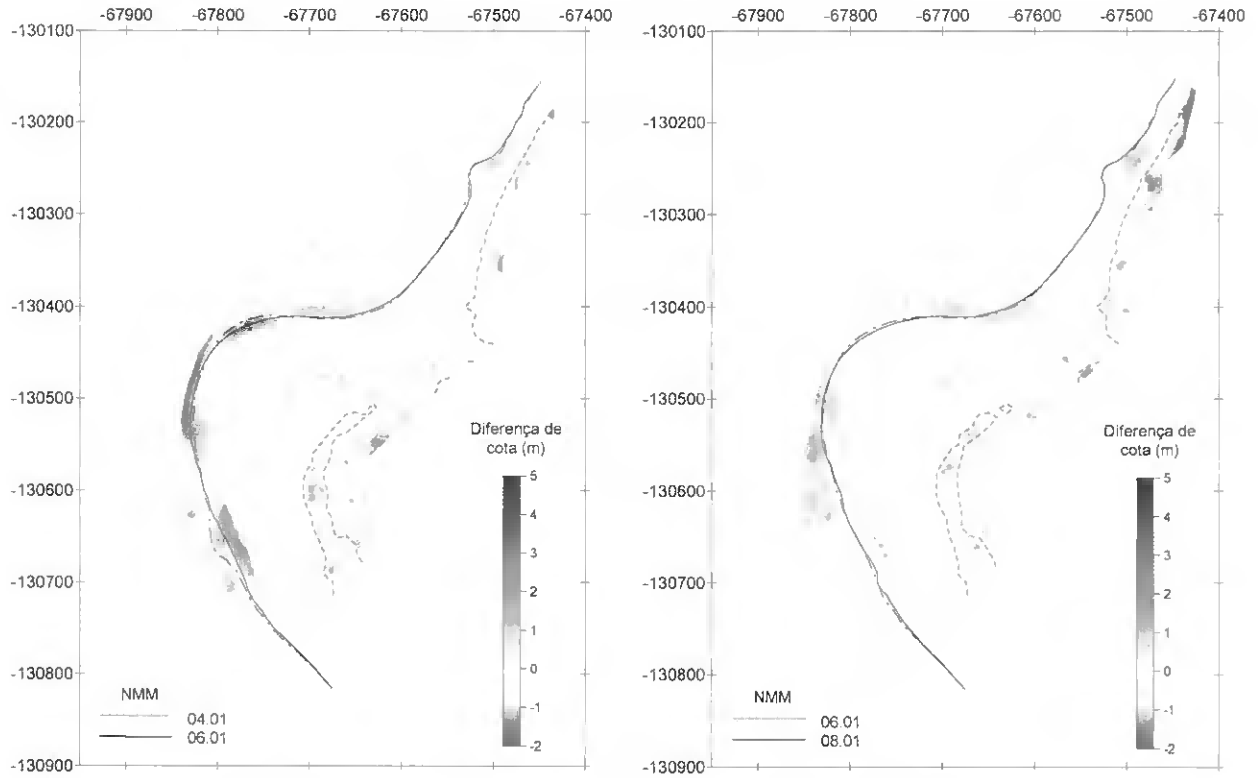
Figura 3.3. Variação da área acima da linha de costa, expressa em m^2 .

A análise das figuras 3.2. e 3.3 sugere o fenómeno acrecionário como o dominante na área em estudo, traduzido no avanço generalizado da linha de costa, com um máximo de cerca de 70 m para NO, concomitantemente com o ganho de área acima da linha de costa, entre Abril de 2001 e Abril de 2003, de c. de 20416 m².

A figura 3.4. apresenta as diferenças verticais a cada dois meses. É possível identificar os sectores mais dinâmicos da área de estudo e as alterações associadas à evolução da duna, entre Abril de 2001 e Abril de 2003.

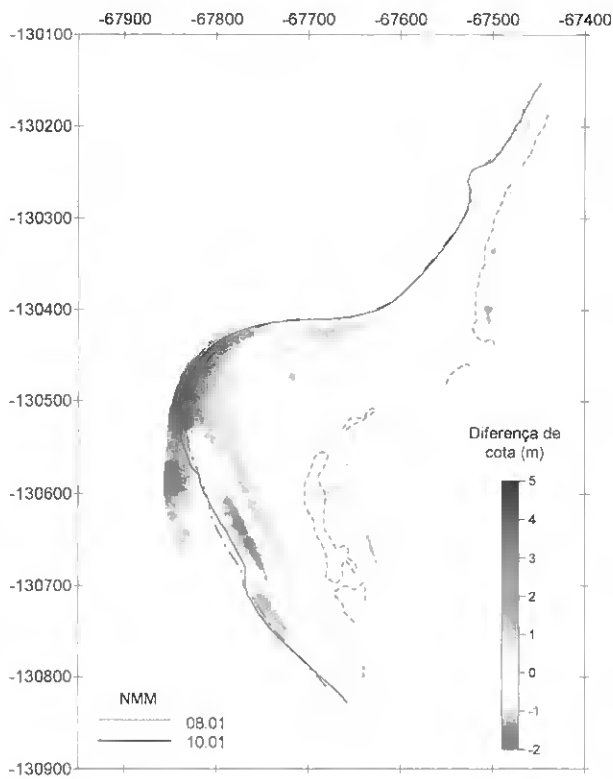
Entre Abril e Agosto de 2001, os fenómenos morfológicos mais evidentes ocorreram em ambiente de praia, no vértice NO da área de estudo (Figuras 3.4.A e 3.4.B.). Estes traduziram-se em focos de erosão e acreção associados à face de praia. Os focos erosivos apresentaram maior expressão. O cenário descrito reflectiu-se na variação da linha de costa com recuo na face N e avanço na face O. Em ambiente dunar, as maiores variações verticais encontram-se a NE na área de estudo. Entre Agosto de 2001 e Abril de 2002, o fenómeno acrecionário associado ao vértice NO da área de estudo, foi o mais marcante na alteração da morfologia da praia (Figura 3.4.C. a 3.4.F.). A migração da linha de costa, principalmente evidente nos troços orientados a NO e O, reflectiu esta tendência de acreção. O sistema dunar apresentou igualmente indícios de fenómenos acrecionários e erosivos, respectivamente, a SE e NE da área de estudo considerada, ainda que de menor expressão do que os fenómenos identificados em ambiente de praia.

Entre Abril e Agosto de 2002 (Figuras 3.4.G. e 3.4.H), a intensidade dos fenómenos acrecionários identificados no vértice NO da área de estudo foi menor do que entre Agosto 2001 e Abril de 2002 (Figura 3.4.C. a 3.4.F.). A linha de costa apresentou igualmente variações de menor expressão. O sistema dunar apresentou variações com um padrão constante desde o início do estudo, apresentando focos acrecionários e erosivos localizados. Entre Agosto de 2002 e Abril de 2003 (Figura 3.4.I. a 3.4.M.), os fenómenos acrecionários anteriormente identificados no vértice NO, ganham novamente expressão, promovendo um padrão de acumulação contínuo, a cotas coincidentes com a face e berma de praia. No geral, verificou-se o avanço da linha de costa principalmente entre Dezembro de 2002 e Fevereiro de 2003 (Figura 3.4.L.). Em ambiente dunar, as variações verticais foram negligenciáveis.

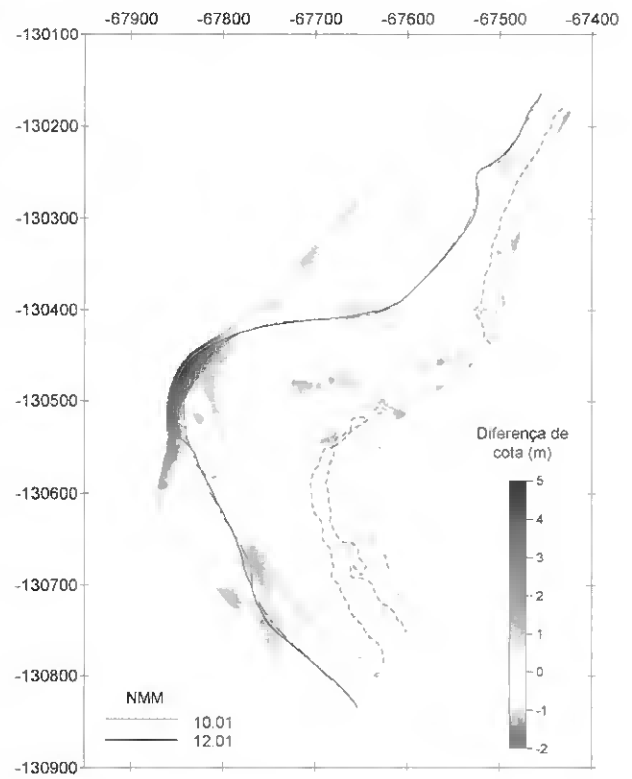


A. Abril a Junho de 2001

B. Junho a Agosto de 2001

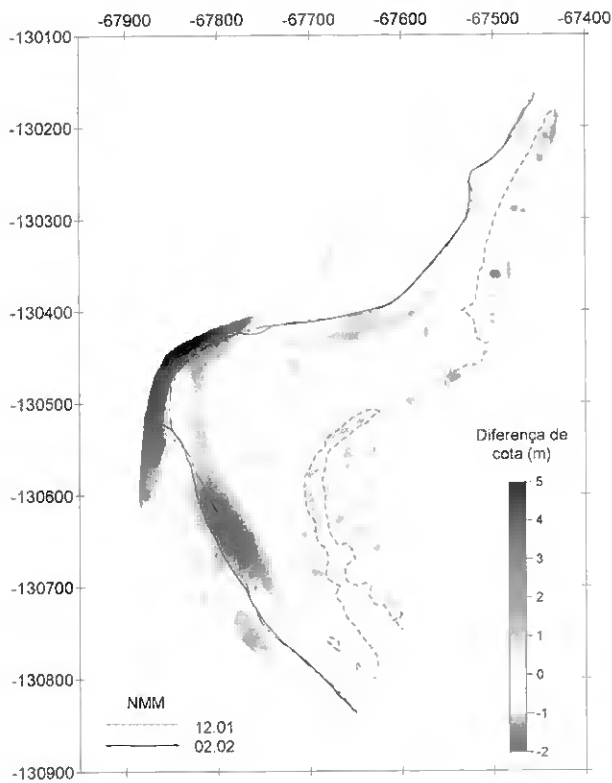


C. Agosto a Outubro de 2001

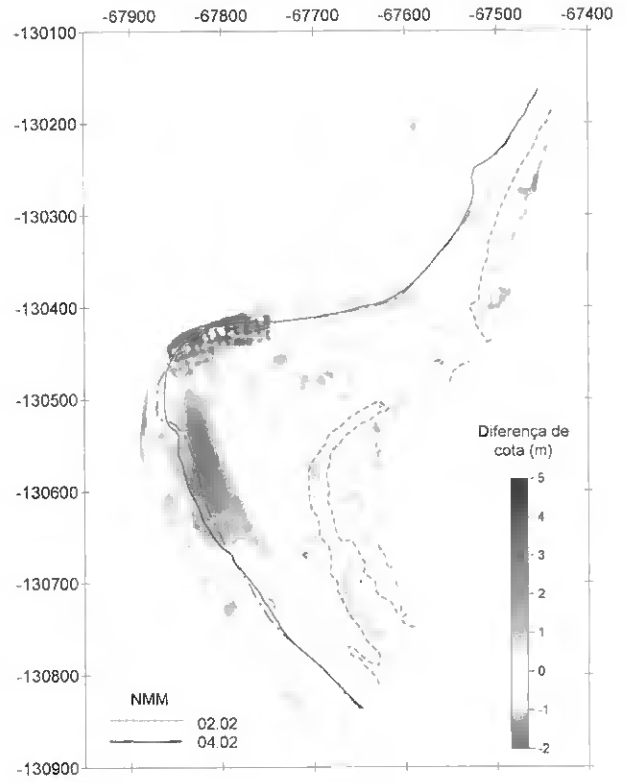


D. Outubro a Dezembro de 2001

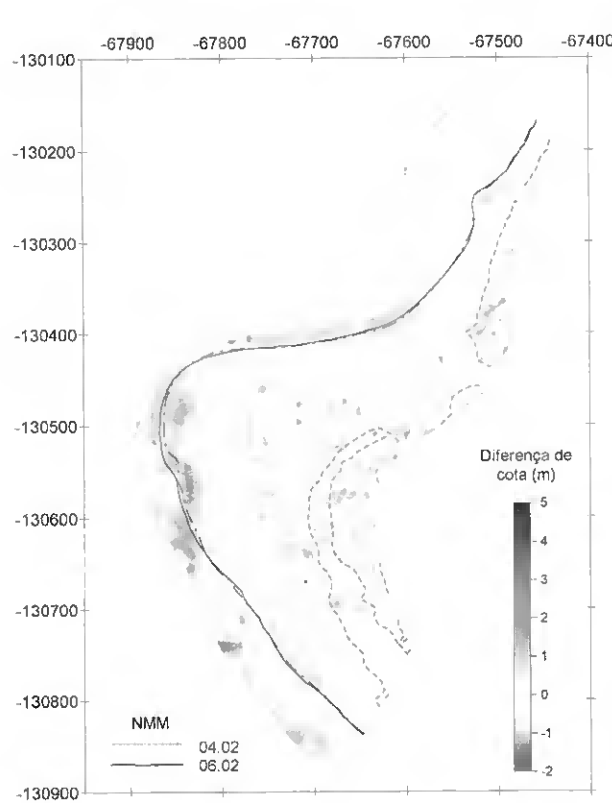
Figura 3.4. Variação bimestral de cotas (m) entre Abril de 2001 e Abril de 2003. A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.



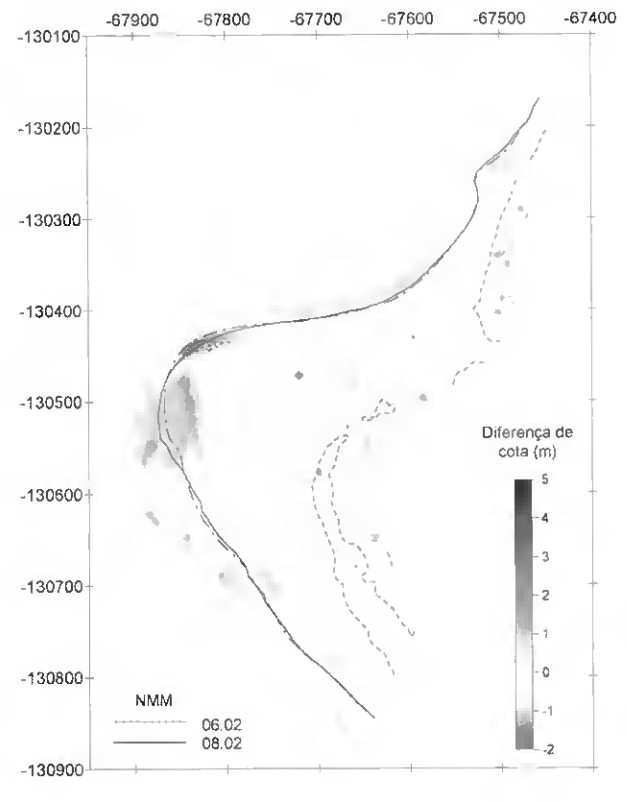
E. Dezembro de 2001 a Fevereiro de 2002



F. Fevereiro a Abril de 2002

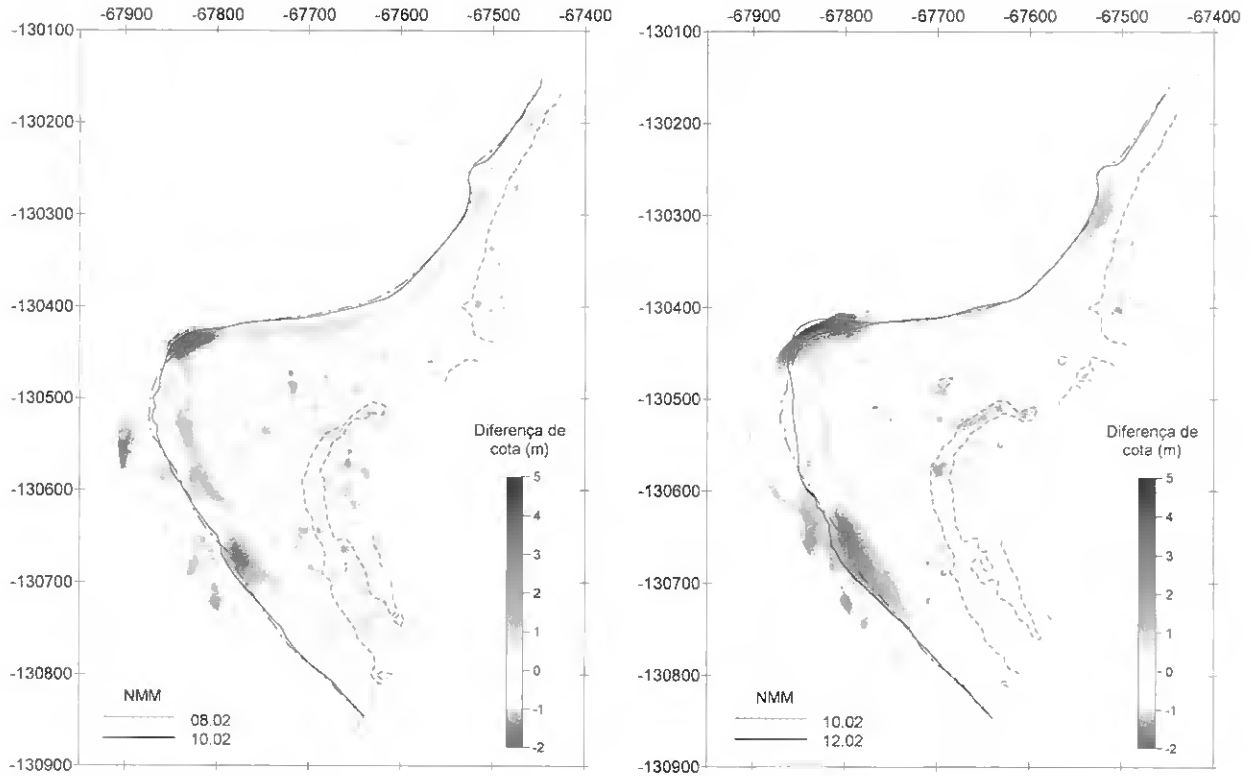


G. Abril a Junho de 2002



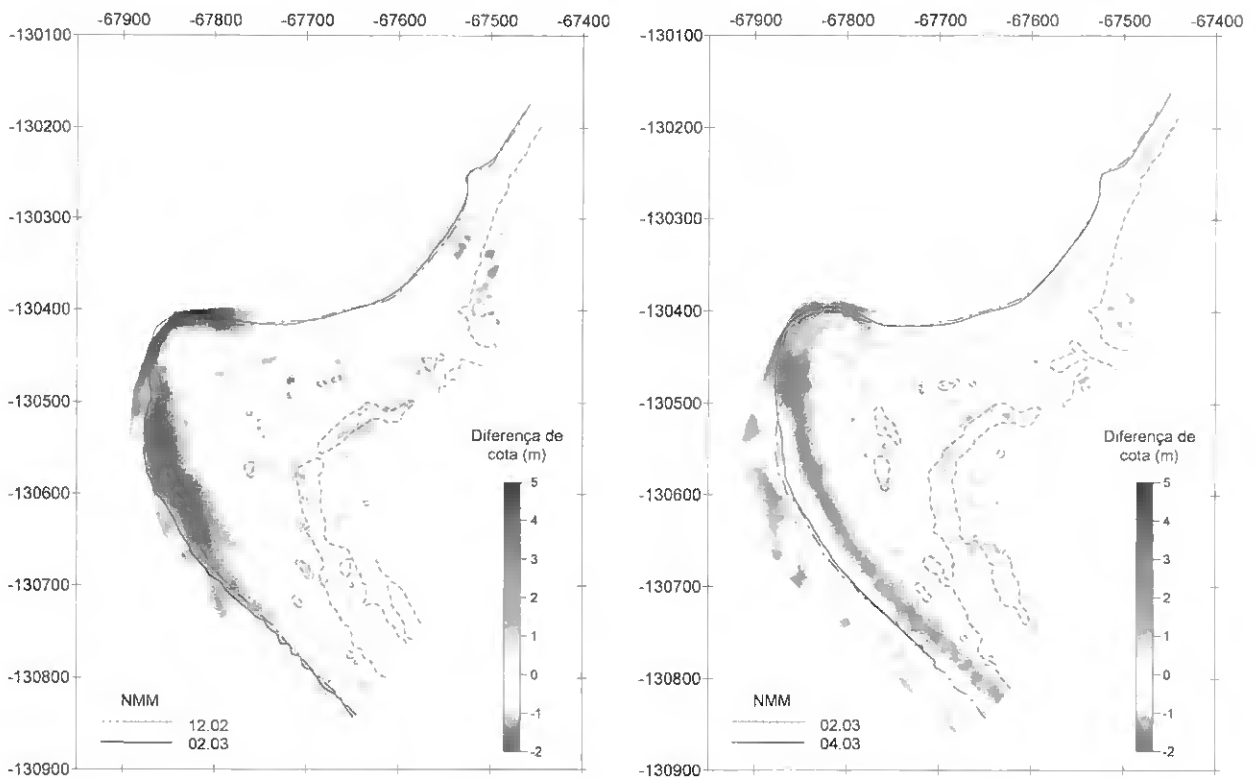
H. Junho a Agosto de 2002

Figura 3.4.(cont.). Variação bimestral de cotas (m) entre Abril de 2001 e Abril de 2003. A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.



I. Agosto a Outubro de 2002

J. Outubro a Dezembro de 2002



L. Dezembro 2002 a Fevereiro de 2003

M. Fevereiro a Abril de 2003

Figura 3.4.(cont.). Variação bimestral de cotas (m) entre Abril de 2001 e Abril de 2003. A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.

A figura 3.5. apresenta as variações topográficas entre Abril de 2001 e Abril de 2003. A sua análise evidencia a elevada variabilidade da área de praia, traduzida na acreção marcada no vértice NO - variação vertical máxima (VVM) positiva de +4.6 m e na presença de um foco erosivo a E do vértice - VVM negativa de -1.4 m. O aumento da duna, em extensão e volumetria, principalmente na área circundante à marca resultante dos alagamentos pela maré, ainda que relevante, apresentou uma ordem de grandeza inferior às variações identificadas na restante área de praia. A análise da figura 3.6. e da tabela 3.1. reflecte essa mesma diferença entre os ambientes de praia e duna.

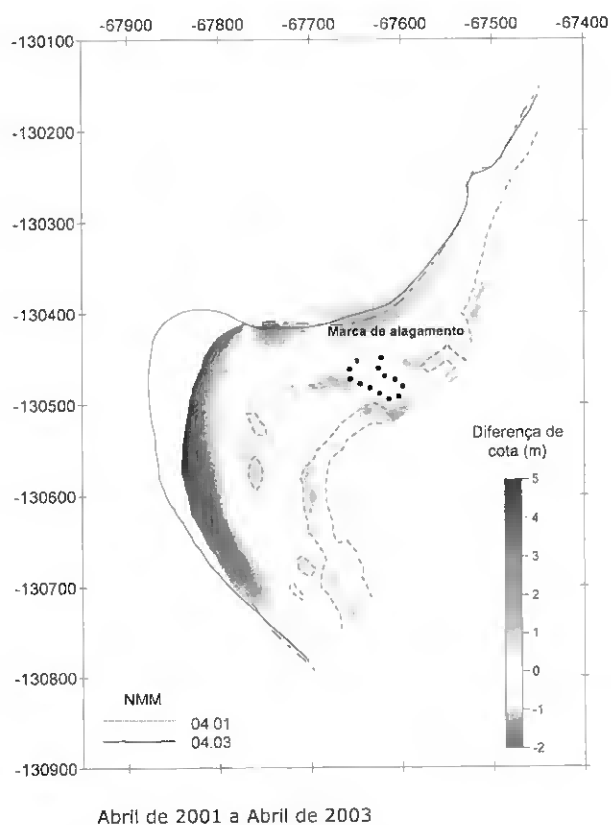


Figura 3.5. Variação bimestral de cotas (m) entre Abril de 2001 e Abril de 2003. A linha a tracejado representa a transição ambiente de praia/duna.

A figura 3.6. apresenta as variações volumétricas bimestrais, expressas em m^3 , entre Abril de 2001 e Abril de 2003, para os ambientes de praia e duna. As variações volumétricas associadas à praia são muito mais expressivas, existindo momentos em que as variações volumétricas da duna são negligenciáveis.

Integrando as variações volumétricas dos dois ambientes em estudo, a análise da figura 3.6. revela dois períodos erosivos, entre Abril e Junho de 2001 e Junho e Agosto de 2002, com perdas sedimentares, respectivamente, de $6947 m^3$ e de $4826 m^3$. Os restantes intervalos temporais foram caracterizados por fenómenos de acreção.

No primeiro ano, entre Abril de 2001 e Abril de 2002, a acreção máxima registou-se entre Dezembro de 2001 e Fevereiro de 2002, com um ganho volumétrico de 14020 m³. No ano seguinte, o ganho de volume mais expressivo verificou-se no mesmo período, com c. de 10440 m³.

Considerando a totalidade do período em estudo e os dois ambientes em estudo, registou-se:

- na praia uma acreção de 58831 m³; 32366 m³ entre Abril de 2001 e Abril de 2002 e 26466 m³ entre Abril de 2002 e Abril de 2003;
- na duna uma acreção de 1288 m³; 438 m³ entre Abril de 2001 e Abril de 2002 e 850 m³ entre Abril de 2002 e Abril de 2003.

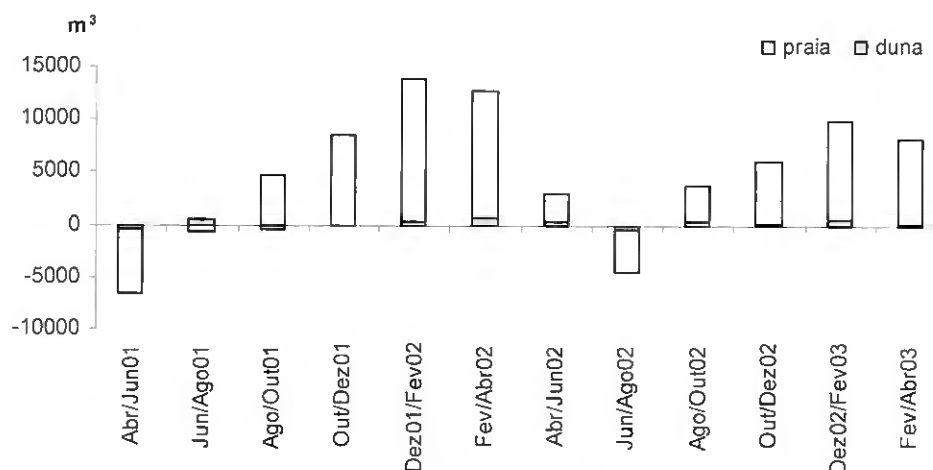


Figura 3.6. Variação volumétrica bimestral nos ambientes de praia e duna, expressa em m³.

A tabela 3.1. apresenta os resultados bimestrais, anuais e para o total do período em estudo, na praia e na duna, em termos de área estável (%), variação média (m³/m²) e variação vertical máxima (VVM) positiva e negativa (m).

Pela sua análise é possível verificar que foi em ambiente de praia que se registaram as maiores alterações morfológicas, sendo o ambiente dunar o mais estável.

Ao longo de todo o período de estudo, a praia apresentou uma acreção de c. de 0.43 m³/m². Para o mesmo período, e a duna revelou acreção de c. de 0.10 m³/m².

Tabela 3.1. Variações bimestrais, anuais e bianual em ambiente de praia e duna: área estável (%), variação média (m^3/m^2) e variação vertical máxima (VVM) positiva e negativa (m).

	AMBIENTE DE PRAIA				AMBIENTE DUNAR			
	ÁREA ESTÁVEL %	VARIÇÃO MÉDIA m^3/m^2	VVM		ÁREA ESTÁVEL %	VARIÇÃO MÉDIA m^3/m^2	VVM	
			⁺ (m)	⁻ (m)			⁺ (m)	⁻ (m)
ABR/JUN 01	35,8	-0,05	1.2	1.1	80.3	-0.05	0.5	0.7
JUN/AGO 01	57.7	residual	0.5	0.6	94.9	0.06	1.6	0.1
AGO/OUT 01	48.0	0.03	2.1	1.2	97.1	-0.05	0.5	0.4
OUT/DEZ01	44.8	0.06	3.4	1.1	97.3	residual	0.4	0.5
DEZ01/FEV02	46.6	0.10	4.1	0.3	98.5	residual	0.7	1.2
FEV/ABR 02	47.3	0.09	1.4	0.7	95.2	0.06	0.9	0.3
ABR/JUN 02	50.9	residual	0.7	0.5	90.6	residual	0.5	1.0
JUN/AGO 02	37.0	-0.03	0.9	1.4	85.1	-0.04	0.4	0.5
AGO/OUT 02	39.4	0.03	1.7	-1.2	94.3	residual	0.5	0.7
OUT /DEZ 02	50.0	0.04	3.4	1.0	90.9	residual	0.6	0.5
DEZ 02/FEV 03	43.0	0.07	3.4	0.6	92.2	0.05	0.9	1.0
FEV/ ABR 03	39.1	0.06	1.4	1.0	96.7	residual	0.4	0.5
ABR/01 A ABR/02	44.3	0.23	5.0	1.2	83.5	0.04	0.8	0.5
ABR/02 A ABR/03	6.6	0.19	4.9	1.2	79.6	0.07	0.8	0.8
ABR/01 A ABR/03	18.2	0.43	4.6	1.4	67.5	0.10	1.1	0.5

Em síntese, pelo estudo da morfologia da área de estudo, é possível afirmar que:

- a variação de área, durante o período de estudo foi positiva, na ordem dos 20416 m^2 , dos quais 6038 m^2 associados à duna e 14378 m^2 , associados à praia;
- a variação volumétrica, durante o período de estudo foi positiva, na ordem dos 60119 m^3 , dos quais 1288 m^3 na área de duna de 13054 m^2 , e 58831 m^3 na área de praia de 137929 m^2 ; para o mesmo intervalo temporal a acreção média nestes ambientes foi de, respectivamente, 0.10 m^3/m^2 e 0.43 m^3/m^2 ;
- os fenómenos de acreção mais relevantes ocorreram preferencialmente em situação de Inverno;
- as maiores variações morfológicas encontraram-se em ambiente de praia, associadas ao vértice NO da área considerada;
- em ambiente dunar, as variações verticais mais expressivas localizaram-se preferencialmente na zona NE da área de estudo.

As figura 3.7. e 3.8. apresentam, respectivamente, a localização e resultados correspondentes aos cinco perfis – P1 a P5 – estudados.

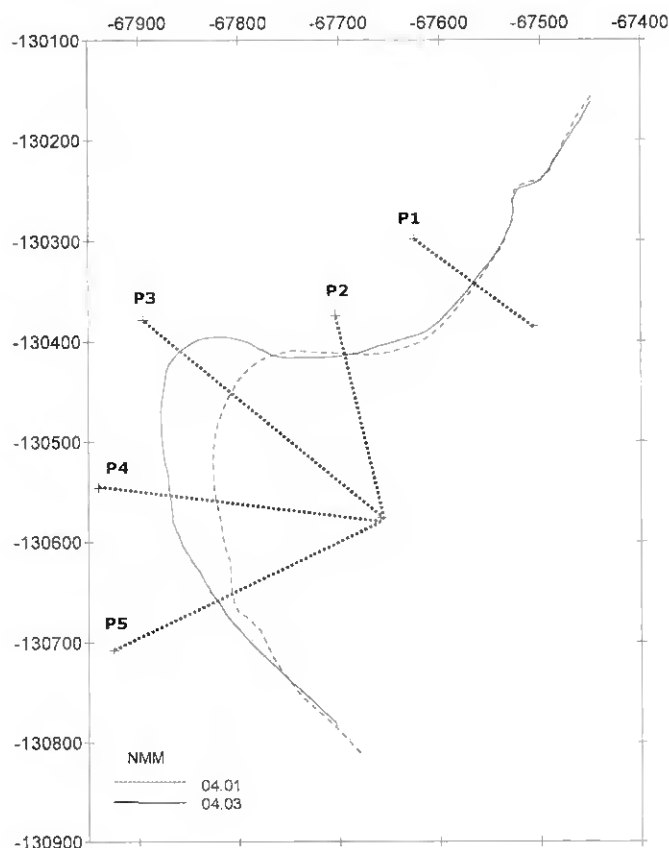


Figura 3.7. Localização dos perfis de praia– P1 a P5.

O perfil P1, com orientação NO, apresentou-se bastante estável. As variações morfológicas mais relevantes traduziram-se em acreção ao nível da duna e face de praia, com VVM na ordem de, respectivamente, +0.5 m e +0.3 m. De referir um ligeiro rebaixamento da cota da berma e, concomitantemente, o aumento da sua largura, com avanço da crista da berma (P1 - Figura 3.8.).

Em ambiente de praia, o perfil P2, orientado a N, evidenciou erosão ao nível da face de praia, traduzida numa perda de cota de c. de 0.5 m entre Abril de 2001 e Abril de 2003 (P2 - Figura 3.8.). Os fenómenos de erosão reflectiram-se igualmente no cordão dunar coincidente com o início do perfil traduzidos numa redução de cota de c. de 0.7m. Apenas se registou acreção no cordão embrionário, traduzida num aumento de cota de c. de 1.0 m.

O perfil P3, foi o perfil que apresentou maior variabilidade, apresentando uma progressão marcada e contínua para NO, consequência do aumento da largura da berma em c. de 70 m, associada ao maior avanço da linha de costa registado durante o período de estudo (P3 - Figura 3.8.).

O perfil P4 orientado a O, apresentou como variação morfológica mais expressiva, o aumento da largura da berma, à semelhança do perfil P3. Este avanço, de c. de 50 m, teve maior expressão entre Abril de 2001 e Abril de 2002 – contrariamente ao registado em P3, com uma agradação gradual do perfil. Foi neste mesmo período que se registou acreção ao nível da duna, traduzida numa VVM de c. de +0.6 m e, ao nível do terraço de maré, numa VVM de c. de +2.0 m (P4 - Figura 3.8).

O perfil P5 orientado a SO, apresentou um aumento de cota na duna de c. de 0.4 m e um aumento da cota do terraço de maré de c. de 0.9 m, entre Abril de 2001 e Abril de 2002 (P5 - Figura 3.8). Contudo, a variação mais evidente foi, novamente, o aumento da largura da berma da praia em c. de 20 m. Este avanço do perfil ocorreu entre Abril de 2002 e Abril de 2003.

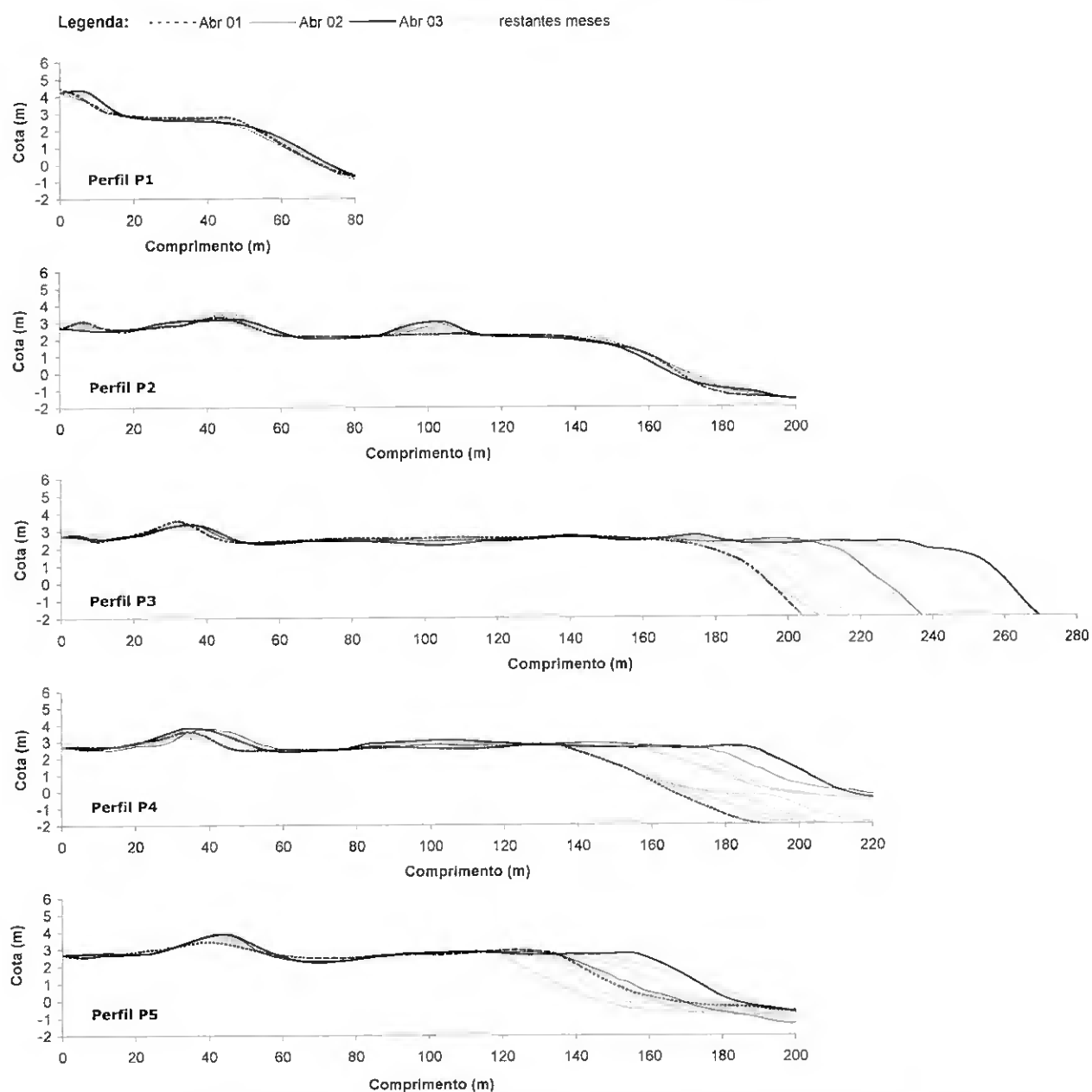


Figura 3.8. Variação anual dos perfis de praia P1 a P5, entre Abril de 2001 e Abril de 2003 (cota sobrelevada 5x).

Exceptuando os perfis P1 e P2, a unidade morfológica que apresentou maior variabilidade foi a berma da praia. O aumento da sua largura atinge as dezenas de metros nos perfis P3 a P5, com um avanço máximo, de c. de 70 m, registado no perfil P3 e um mínimo, de c. de 20 m, em P5. De referir que a deslocação da posição relativa da berma da praia, associada ao seu robustecimento, ocorreu em momentos temporais diferentes consoante a localização do perfil.

As restantes unidades morfológicas estudadas em ambiente de praia – face de praia e parte superior do terraço de maré – apresentaram uma forma relativamente constante. Exceptua-se o perfil P5 que apresentou um aumento de cota importante ao nível do terraço de maré.

Em ambiente dunar, no geral, registou-se o aumento da cota da duna, reflectindo uma tendência dominante de acreção. Exceptua-se o perfil P2, no qual se registou um rebaixamento da cota da duna primária.

3.1.2. FACTORES CONDICIONANTES

VENTO

As figuras 3.9. a 3.21. conjugam a direcção e intensidade mensal do vento para o período entre Abril de 2002 e Abril de 2003.

No mês de Abril de 2002, mais de 80% das leituras corresponderam a ventos de rumo N, NE e NO, com frequências de, respectivamente, 40%, 29% e 13% (Figura 3.9.). Os ventos de rumo N apresentaram as velocidades mais elevadas, superiores a 10 m/s, com máximos a atingirem os 12 m/s. Os ventos com rumos de N e NO apresentaram velocidades elevadas, superiores a 6 m/s, respectivamente em 11% e 3% das ocorrências registadas. Em Abril de 2002, a percentagem de ocorrência de ventos considerados eficazes no transporte sólido eólico foi de 15%. A percentagem de calmas foi de 0.1%.

Em Maio de 2002, os rumos de NE, N e NO foram os dominantes, com frequências de ocorrência de, respectivamente, 32%, 26% e 17% perfazendo 75% das ocorrências mensais (Figura 3.10.). Tal como em Abril de 2002 (Figura 3.9.), os ventos de E, SE e S foram prática ou totalmente inexistentes, estando as velocidades mensais mais reduzidas associadas aos rumos de E e SE. Os rumos de N, NO e O apresentaram velocidades superiores a 6 m/s. No geral, as velocidades registadas foram inferiores às de Abril de 2002. Cerca de 9% das ocorrências registadas neste mês apresentaram potencial de transporte sólido eólico. A percentagem de calmas em Maio, foi superior a Abril de 2002, mas ainda assim reduzida – 0.6%.

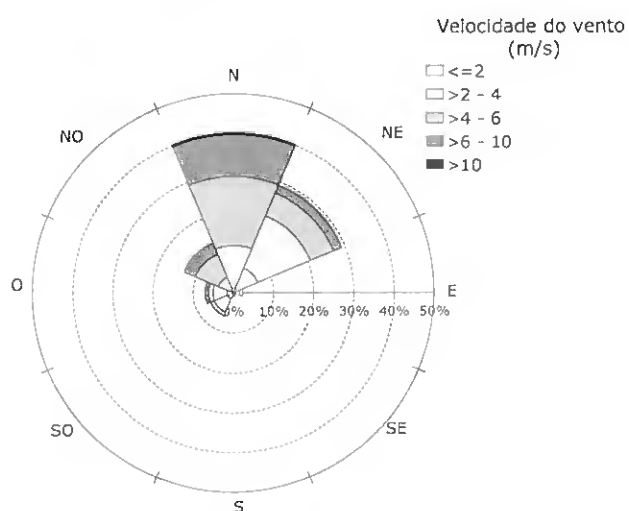


Figura 3.9. Regime de vento em Abril de 2002.

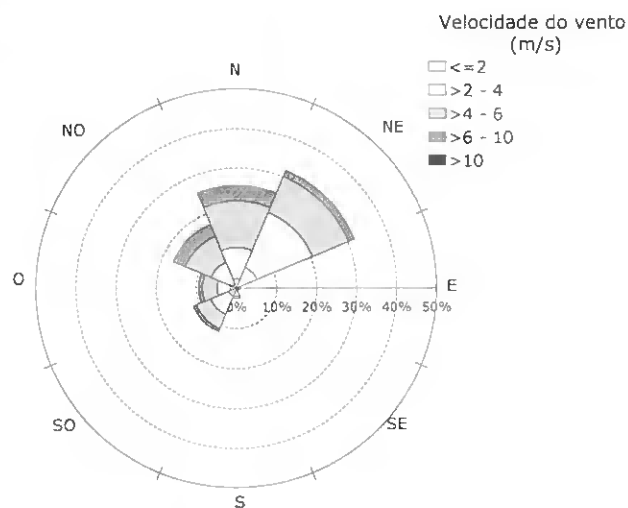


Figura 3.10. Regime de vento em Maio de 2002.

Nos meses de Junho e Julho de 2002 c. de, respectivamente, 62% e 76% das leituras registadas corresponderam aos rumos de N, NE e NO (Figuras 3.11. e 3.12.) à semelhança do verificado nos meses de Abril e Maio do mesmo ano (Figuras 3.9. e 3.10.). As velocidades mais elevadas estiveram, em ambos os meses, associadas a ventos de direcção N e NO (> 6 m/s) e as mais reduzidas a ventos de rumos E e SE. A percentagem de ventos com potencial de transporte eólico em Junho e Julho foi de, respectivamente, 10% e 12%. A percentagem de calmas de, respectivamente, 1.1% e 0.5%. No geral, as velocidades do vento em Junho e Julho foram inferiores às registadas em Abril e Maio. De referir que os ventos de rumo de SO atingiram percentagens de ocorrência de, respectivamente, 16% e de 12%.

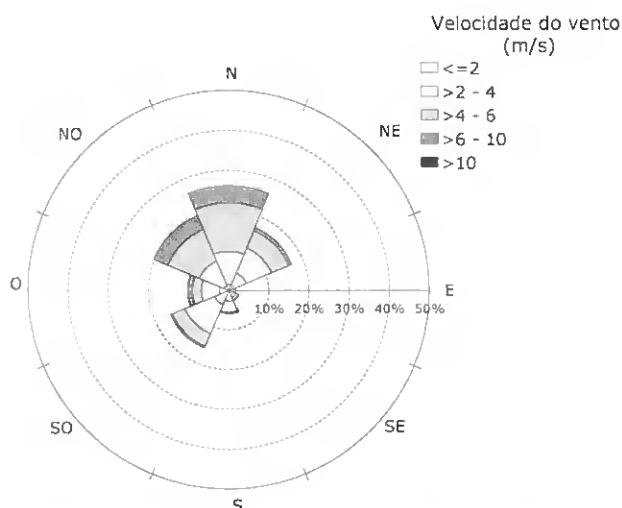


Figura 3.11. Regime de vento em Junho de 2002.

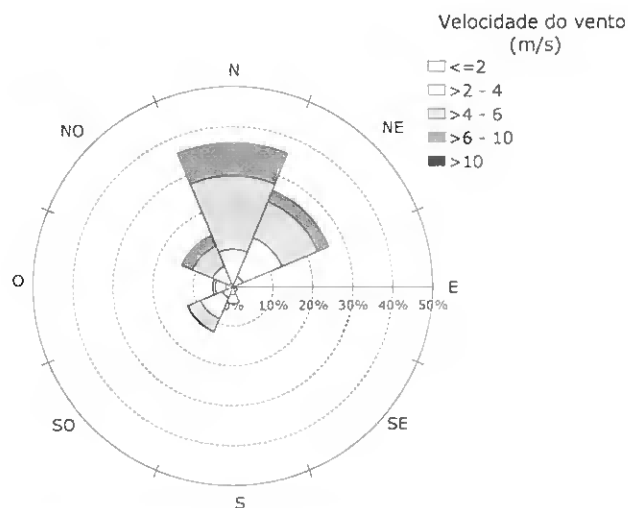


Figura 3.12. Regime de vento em Julho de 2002.

Em Agosto de 2002, os rumos de N, NO e SO foram os dominantes com, respectivamente, 30%, 21% e 17% das ocorrências registadas (Figura 3.13.). As velocidades de vento mais reduzidas registaram-se para os rumos de E (<4 m/s) e SE e S (<6 m/s). Os ventos dos restantes octantes apresentaram velocidades sempre inferiores a 10 m/s. Neste mês, cerca de 7% das ocorrências de vento registadas apresentaram potencial de transporte eólico. A percentagem de calmas foi de 1.4%.

Em Setembro de 2002, os ventos de rumo N e NO deixaram de ser os dominantes, sendo os ventos de SO e S a apresentarem as maiores percentagens de ocorrências de, respectivamente, 28% e 19% (Figura 3.14.).

Neste mês, as velocidades de vento voltaram a atingir valores superiores a 10 m/s, encontrando-se as velocidades mais elevadas associadas aos ventos de S, com máximos de 14 m/s. Os ventos de E apresentaram, novamente, as velocidades mais reduzidas, sempre inferiores a 6 m/s. Os registos obtidos, sugerem que c. de 9.2% dos ventos em Setembro, apresentaram potencial de transporte eólico. A percentagem de calmas foi de 2.1%.

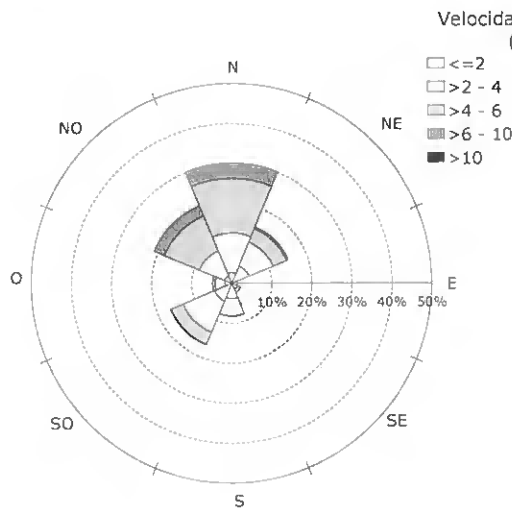


Figura 3.13. Regime de vento em Agosto de 2002.

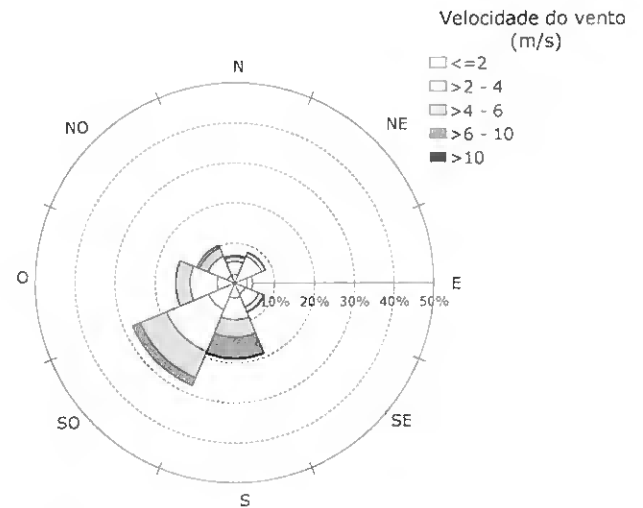


Figura 3.14. Regime de vento em Setembro de 2002.

Nos meses de Outubro e Novembro de 2002, o vento de rumo NE foi o dominante com percentagens de ocorrência de 22% e 23% (Figuras 3.15. e 3.16.). O vento de direcção SO, dominante no mês de Setembro, foi o segundo rumo mais frequente com, respectivamente, 20% e 18% de percentagem de ocorrência. Contudo, os ventos de SO apresentaram velocidades superiores (>10 m/s) aos ventos de rumos NE (< 6m/s). Em Outubro, c. de 12% dos ventos apresentaram potencial de transporte eólico. Em Novembro, c. de 15%. A percentagem de calmas em Outubro e Novembro foi de, respectivamente, 2.4% e 1.4%.

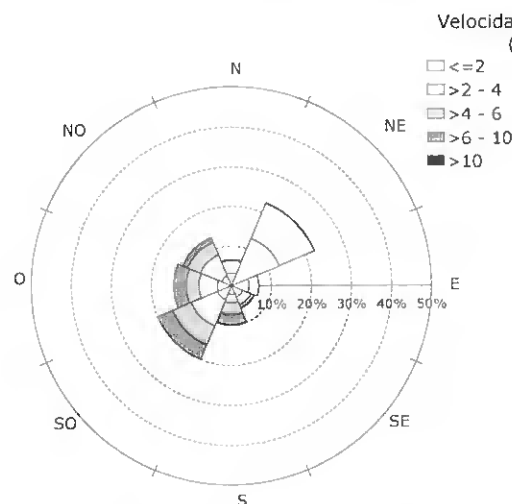


Figura 3.15. Regime de vento em Outubro de 2002.

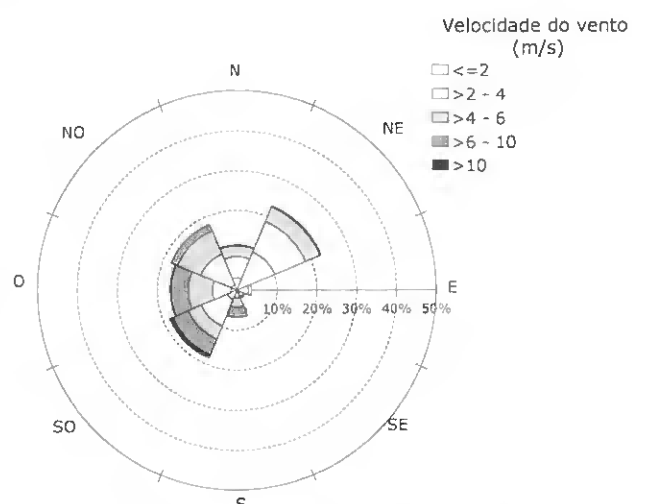


Figura 3.16. Regime de vento em Novembro de 2002.

Em Dezembro de 2002, os ventos de rumo NE e SO foram os dominantes (Figura 3.17.), tal como nos dois meses antecedentes. Contudo, as velocidades mais elevadas registadas em Dezembro encontraram-se associadas aos ventos de rumo S, sendo que 2.2% dos ventos deste octante apresentaram velocidades superiores a 10 m/s, com máximos de 18 m/s. Os rumos de SO e O apresentaram igualmente ventos com velocidades elevadas (>6m/s). Os ventos com velocidades mais baixas foram de direcção E. A percentagem de leituras com potencial de transporte eólico foi de 22%, o valor mais elevado do período considerado. A percentagem de calmas foi de 1.2%.

Em Janeiro de 2003, os rumos dominantes foram, novamente, NE e SO com, respectivamente, 53% e 12% de percentagens de ocorrência (Figura 3.18.). Contudo, as velocidades de vento mais elevadas (> 6 m/s), encontraram-se associadas aos rumos de N, NO, O, SO e S, ultrapassando os rumos de SO e S os 10 m/s. Os ventos de terra apresentaram velocidades inferiores a 10 m/s. A percentagem de ventos com potencial de transporte eólico foi de 19%; a percentagem de calmas de 0.4%.

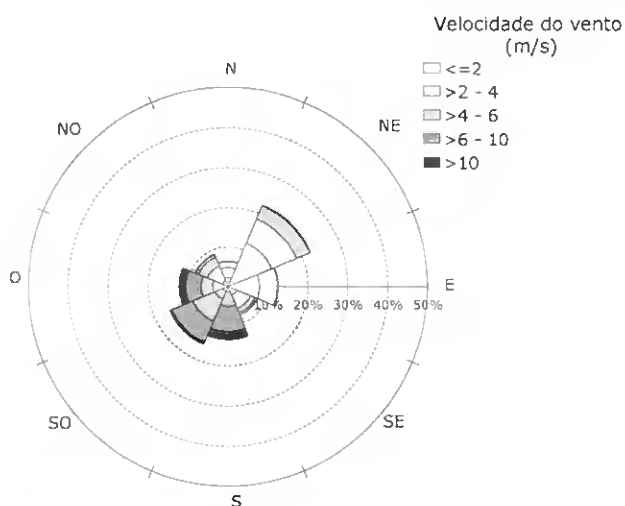


Figura 3.17. Regime de vento em Dezembro de 2002.

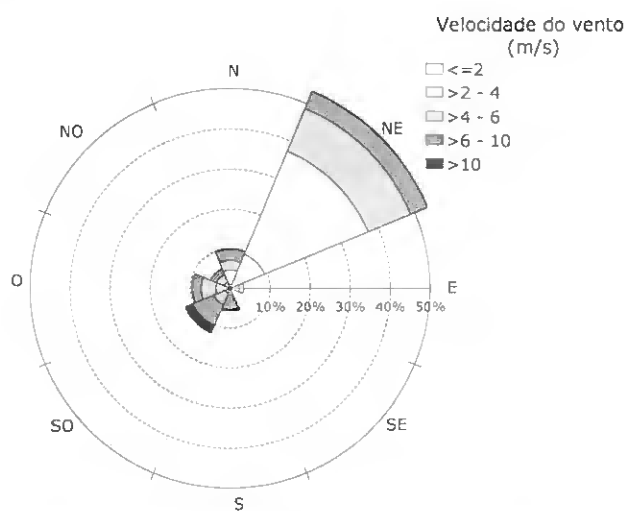


Figura 3.18. Regime de vento em Janeiro de 2003.

Nos meses de Fevereiro e Março de 2003 (Figuras 3.19. e 3.20.), os rumos dominantes corresponderam ao padrão identificado desde Outubro de 2002, com NE e SO como rumos dominantes.

As velocidades mais elevadas corresponderam aos ventos de S (>10 m/s) ainda que estes ventos de forte intensidade tenham ocorrido com menor frequência que nos meses antecedentes - de Outubro de 2002 a Janeiro de 2003. Em Fevereiro, c. de 14% dos ventos apresentaram potencial de transporte eólico; em Março, c. de 5% - o valor mais baixo do período estudado. A percentagem de calmas em Fevereiro e Março foi de, respectivamente, 0,6% e 1,3%.

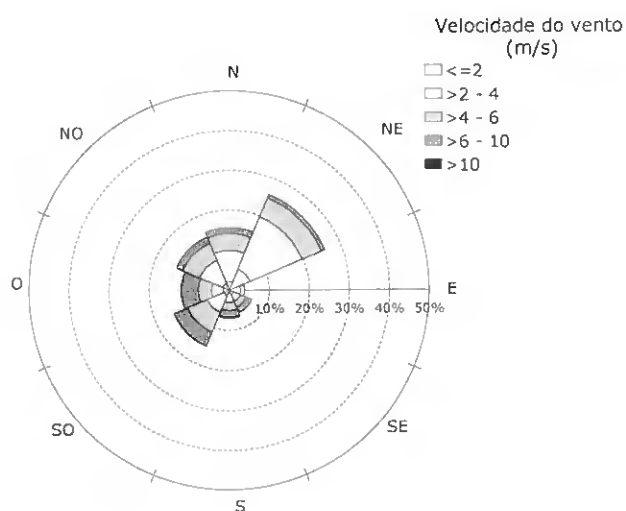


Figura 3.19. Regime de vento em Fevereiro de 2003.

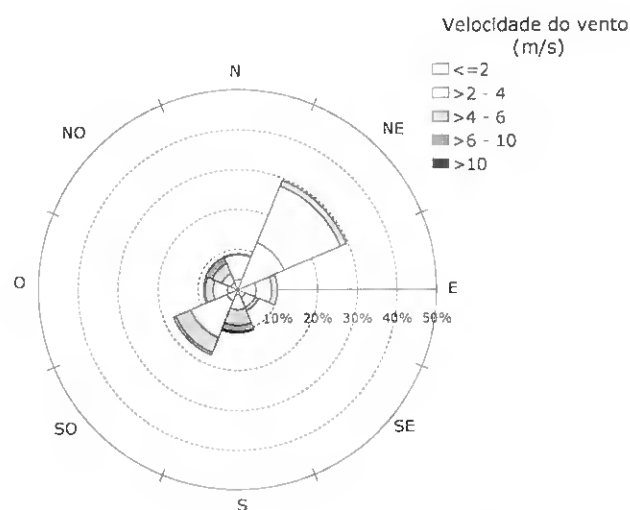


Figura 3.20. Regime de vento em Março de 2003.

Em Abril de 2003, os rumos dominantes foram os de direcção SO e NE com, respectivamente, 25% e 20% de percentagem de ocorrência. Os ventos de S, SO e O foram os que apresentaram as velocidades mais elevadas, superiores a 10 m/s, e os ventos de E os que apresentaram as velocidades mais reduzidas, inferiores a 6 m/s (Figura 3.21.). A percentagem de ventos com potencial para transporte eólico foi de 21%; a percentagem de calmas foi de 0,6%.

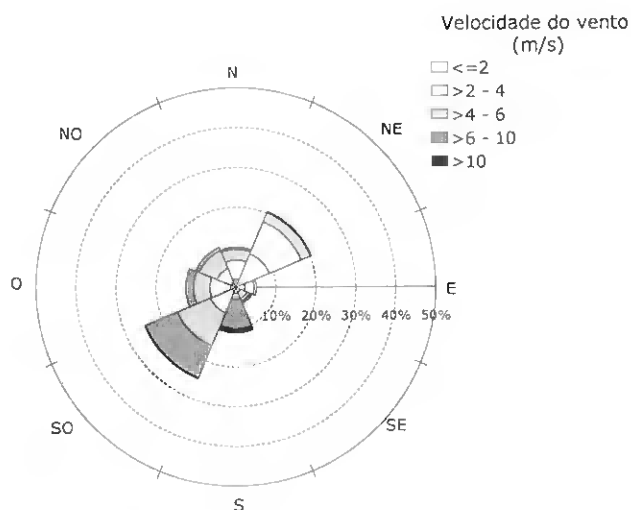


Figura 3.21. Regime de vento em Abril de 2003.

Entre Abril de 2002 e Abril de 2003, a análise da direcção do vento, sugere o rumo de NE como o dominante, com 25.4% das leituras registadas e os rumos de E e SE como os menos frequentes (Tabela 3.2.). As velocidades mais elevadas surgiram associadas aos ventos de N, O e S, com os ventos de E a apresentarem as velocidades mais reduzidas (Figuras 3.9. a 3.21.).

A percentagem mensal de ventos com potencial de transporte eólico oscilou entre os 5.2% e 21.8%, respectivamente, em Março de 2003 e Dezembro de 2002 (Tabela 3.2.a.). O rumo que apresentou maior potencial de transporte foi SO. A percentagem de calmas oscilou entre 0.1% e 2.4%, respectivamente, em Abril de 2002 e Outubro de 2002 (Tabela 3.2.b.). O rumo com maior percentagem de calmas foi o rumo de NE.

Tabela 3.2. Regime de ventos locais, entre Abril de 2002 e Abril de 2003. Frequências mensais, por octante, expressas em %.

RUMOS	MÊS	2002								2003				MÉDIA	
		ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR		ABR
N		40.3	25.7	26.2	36.0	30.1	7.0	6.6	11.4	6.5	10.1	15.6	9.0	10.1	18.7
NE		29.1	31.8	17.0	26.0	15.3	8.4	22.6	22.9	22.4	53.5	25.8	29.5	20.5	25.4
E		2.4	1.1	1.8	0.8	1.4	4.5	6.9	3.7	12.6	3.4	3.9	10.0	5.2	4.4
SE		0.5	0.7	2.7	1.3	2.4	8.0	6.2	2.2	7.9	0.2	6.1	5.6	4.2	3.7
S		1.0	2.5	5.9	4.3	8.3	19.1	10.0	6.8	13.5	5.6	7.1	10.8	11.5	7.9
SO		6.2	11.6	15.8	12.4	16.6	27.8	20.0	18.4	15.9	12.2	15.1	17.6	24.9	15.8
O		7.1	9.5	10.3	5.2	4.9	14.9	14.5	16.8	12.3	9.6	12.1	8.6	12.6	10.5
NO		13.4	17.1	20.3	13.9	21.0	10.3	13.2	17.9	8.9	5.4	14.4	8.8	10.9	13.7

Tabela 3.2.a. Regime de ventos locais com potencial de transporte sólido eólico, entre Abril de 2002 e Dezembro de 2002. Frequências mensais, por octante, expressas em %.

RUMOS	MÊS	2002								2003				MÉDIA	
		ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR		ABR
N		11.2	4.0	4.3	8.3	4.0	0.5	0.1	0.3	0.1	3.1	1.6	0.0	0.6	2.9
S		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	2.8	2.5	8.5	4.0	2.1	2.0	8.6	2.8
SO		0.0	0.8	0.5	0.2	0.2	2.2	4.1	5.2	6.4	7.8	3.8	0.8	9.1	3.2
O		1.0	1.0	1.3	0.1	0.1	0.2	3.3	4.7	5.7	2.4	4.5	0.5	2.1	2.1
NO		3.1	3.3	3.8	2.9	2.8	0.8	1.4	1.8	0.9	1.6	1.8	1.9	1.0	2.1
SOMATÓRIO		15.2	9.1	10.0	11.5	7.0	9.2	11.7	14.5	21.8	18.8	13.7	5.2	21.3	-

Tabela 3.2.b. Regime de calmas, entre Abril de 2002 e Dezembro de 2002. Frequências mensais, por octante, expressas em %.

RUMOS	MÊS	2002								2003				MÉDIA	
		ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR		ABR
N		0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NE		0.1	0.3	0.4	0.2	0.7	1.1	1.4	0.8	0.7	0.3	0.3	0.6	0.3	0.6
E		0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
SE		0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
S		0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
SO		0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
O		0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
NO		0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
SOMATÓRIO		0.1	0.6	1.0	0.5	1.4	2.1	2.4	1.4	1.2	0.4	0.6	1.3	0.6	-

3.2. ESCALA DIÁRIA

3.2.1. VARIAÇÃO MORFOLÓGICA

A figura 3.22. apresenta os modelos digitais de elevação (MDE) relativos aos dias 3 e 17 de Maio de 2003, elaborados a partir dos levantamentos diários efectuados entre 3 e 17 de Maio de 2003, nos sectores S_1 , S_2 e S_3 do vértice da península (cf. figura 2.5. - Métodos). A análise da figura 3.22. não sugere variações morfológicas relevantes. Por este motivo, são apenas apresentados os MDE referentes ao início e fim do estudo, respectivamente, 3 e 17 de Maio de 2003.

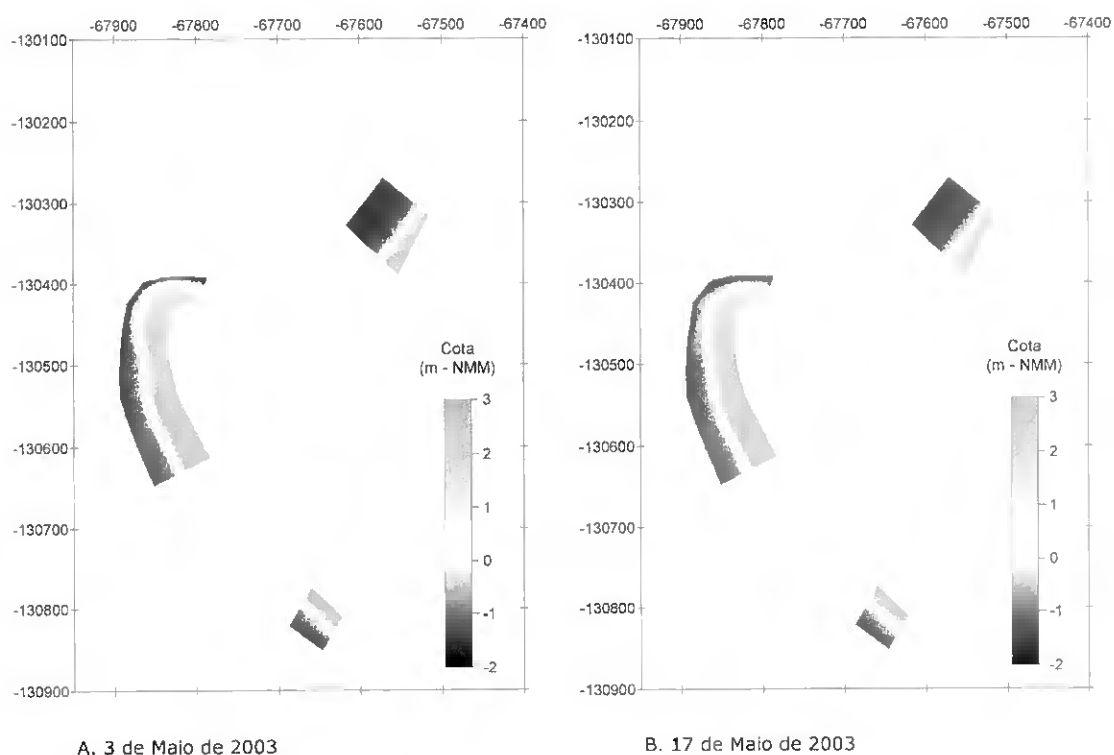


Figura 3.22. Modelos de elevação diários dos dias 3 e 17 de Maio de 2003.

A figura 3.23., referente à variação diária da linha de costa entre 3 e 17 de Maio de 2003, revela um cenário estável nos sectores S_1 e S_3 . No sector S_2 verificou-se o recuo da linha de costa.

No sector S_1 , a variação diária da posição da linha de costa foi sempre inferior a 0.35 m. Entre o início e o fim do estudo, a linha de costa avançou c. de 0.4 m, sendo este o sector mais constante em estudo. No sector S_2 , coincidente com o vértice NO, a variação diária da posição da linha de costa atingiu c. de 3 m e, entre 3 e 17 de Maio de 2003, recuou c. de 4.5 m sugerindo este sector como o mais dinâmico na área em estudo.

O sector S_3 , o mais a S na área considerada, apresentou uma variação máxima diária de 0.95 m, com um avanço de c. de 0.75 m entre o início e o fim do estudo.

Este cenário reflecte a dinâmica identificada anteriormente, aquando da análise da variação sazonal da linha de costa, com as maiores variações associadas ao vértice NO da área de estudo - S_2 (Figura 3.2.).

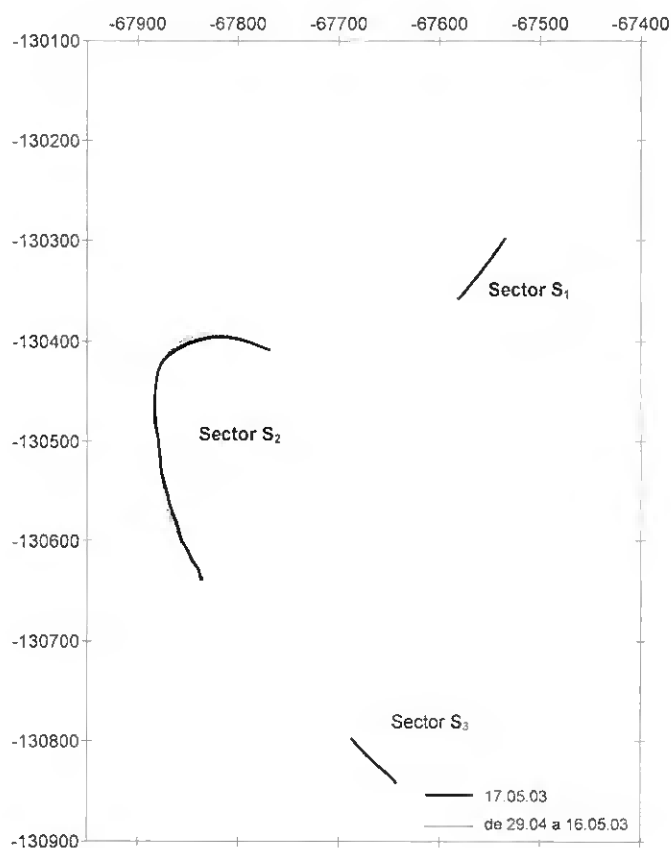


Figura 3.23. Variação diária da linha de costa nos sectores S_1 , S_2 e S_3 .

A figura 3.24. apresenta os resultados referentes à variação da área em cada sector. Os resultados foram expressos em percentagem, permitindo estabelecer comparações entre os diferentes sectores. O sector S_1 apresentou variações de área sempre inferiores a 20 m^2 , c. de 0.9% da sua área total. Os sectores S_2 e S_3 apresentaram variações máximas diárias de, respectivamente, 190 m^2 e 20 m^2 , c. de -1.5% e 1.5%, das respectivas área.

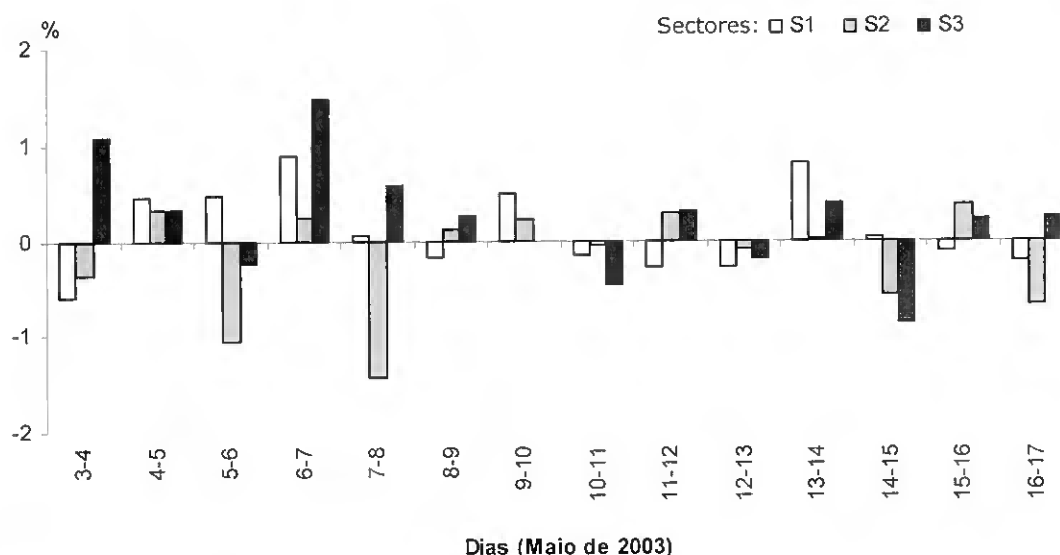
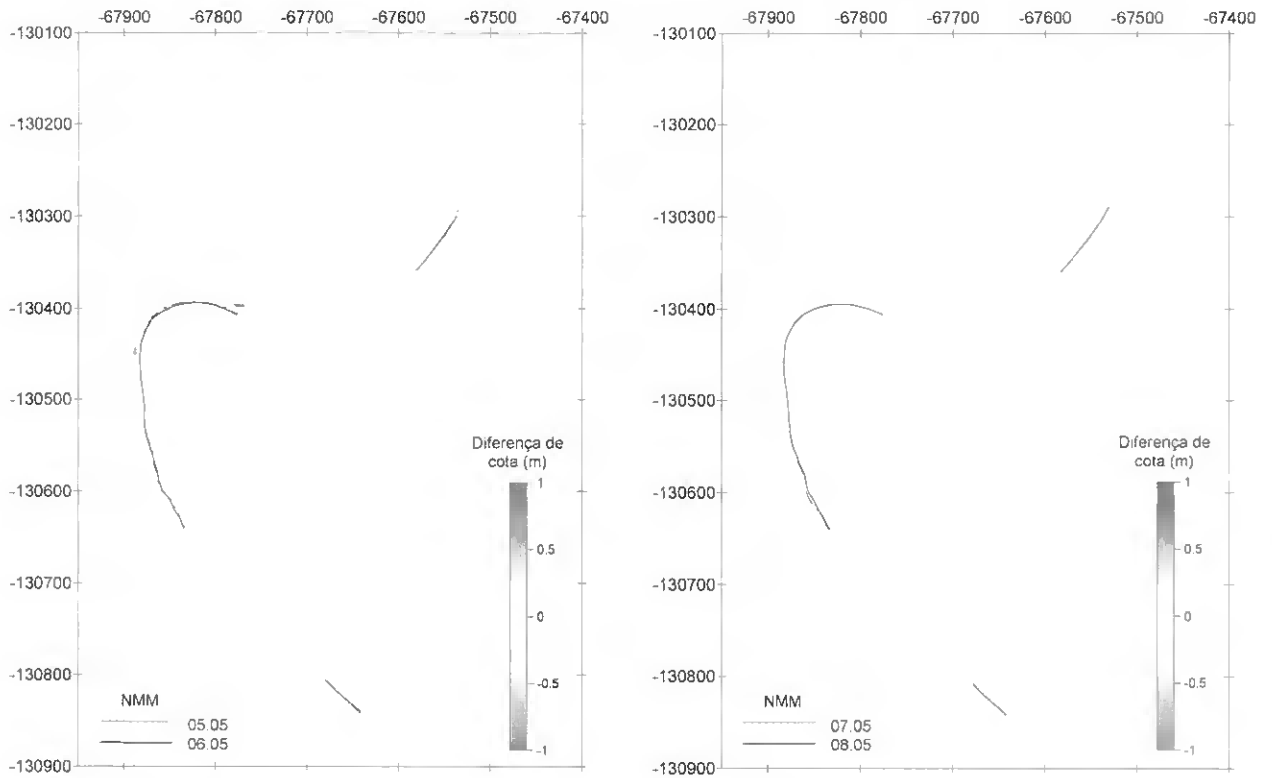


Figura 3.24. Variação diária da área S₁, S₂ e S₃, expressa em percentagem.

Pelo cálculo das diferenças verticais de cota foi possível identificar, no geral, um cenário morfológico constante, sem a ocorrência de variações significativas. Por este motivo, apresenta-se somente as diferenças verticais de cota para os dias em que estas foram mais relevantes. De referir que, nesta análise, o sector S₂ foi dividido em duas áreas distintas, respectivamente, expostas a N e a O – S₂ Norte e S₂ Oeste (cf. 2. Métodos).

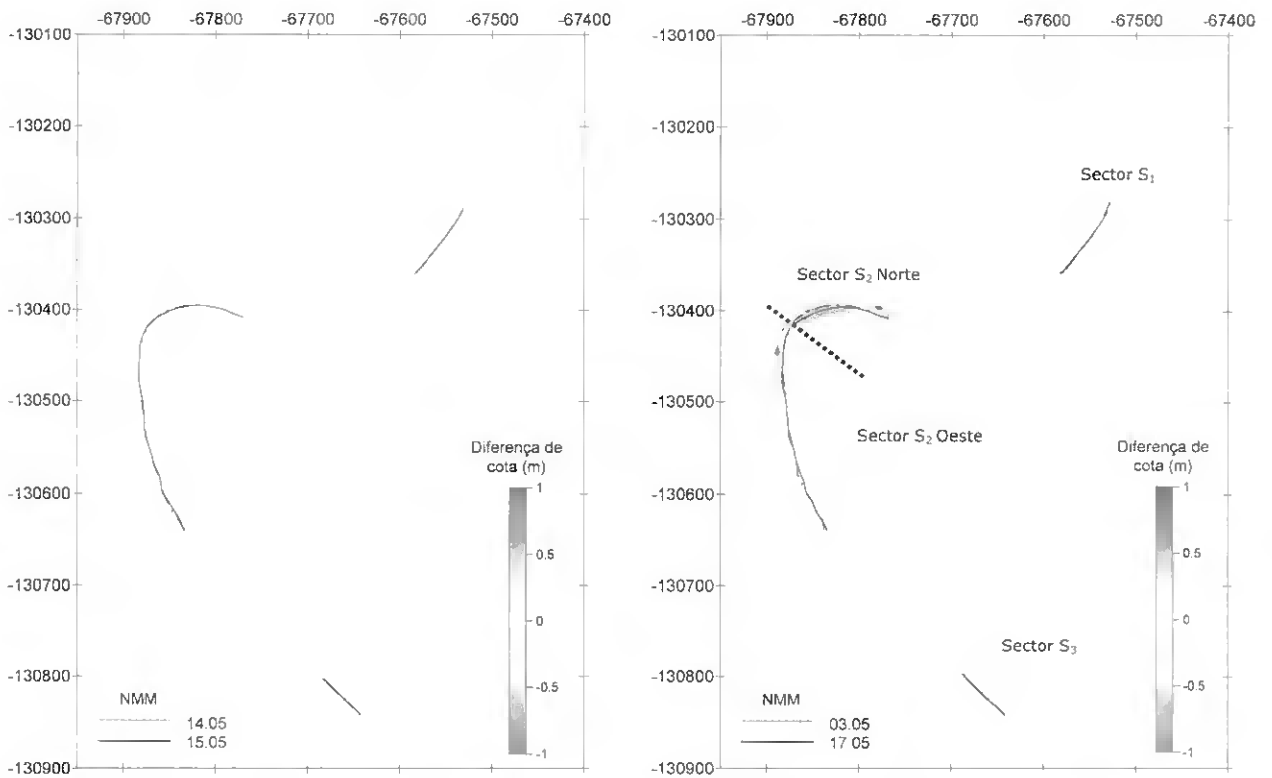
Nos sectores S₁ e S₂ Norte, as maiores variações verticais verificaram-se entre os dias 5 e 6 de Maio (Figura 3.25.A.). Em S₁, as variações verticais máximas (VVM), positivas e negativas, foram de respectivamente +0.1 m e -0.1 m. No sector S₂ Norte, a VVM positiva foi de +1.0 m e a negativa de -0.7 m. Nos sectores S₂ Oeste e S₃, as VVM verificaram-se, respectivamente, entre os dias 7 e 8 e 14 e 15 de Maio (Figuras 3.25.B. e 3.25.C.). Em S₂ Oeste, estas variações foram na ordem dos +0.2 m e -0.2 m, enquanto que em S₃ atingiram c. de +0.1 m e -0.1 m.

É ainda apresentada a diferença entre o início e o fim do período de estudo. As maiores VVM, positiva e negativa, identificadas entre 3 e 17 de Maio de 2003 foram de +1.0 m e -0.1 m e encontraram-se associadas ao vértice NO da área em estudo (Figura 3.25.D.).



A. 5 e 6 de Maio

B. 7 e 8 de Maio



C. 14 e 15 de Maio

D. 3 e 17 de Maio de 2003

Figura 3.25. Variação diária de cotas na vertical (m) entre os dias 5 e 6, 7 e 8, 14 e 15 e 3 e 17 de Maio de 2003. A linha a cheio representa o NMM, para o último dia considerado.

Os resultados da variação volumétrica diária, ente 3 e 17 de Maio de 2003, indicam o sector S_1 como o mais constante, com uma variação máxima diária de $-0.02 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Os sectores S_2 , Norte e Oeste, apresentaram variações máximas diárias de, respectivamente, $-0.17 \text{ m}^3/\text{m}^2$ e $-0.02 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Em S_3 a variação volumétrica variou entre $-0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2$ e $0.04 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (Figura 3.26.). De referir que foi detectada uma tendência de erosão generalizada.

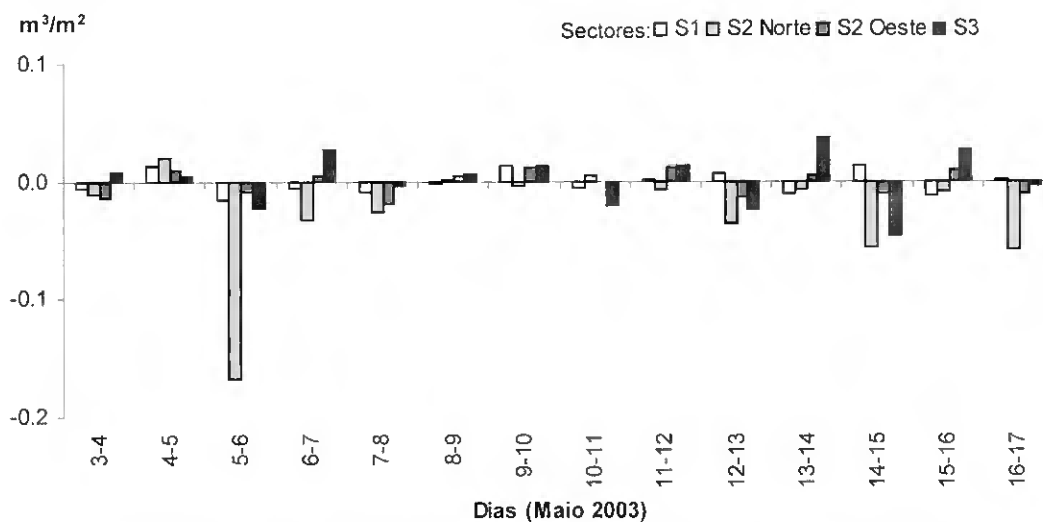


Figura 3.26. Variação volumétrica diária nos 3 sectores considerados, expressa em m^3/m^2 .

As figura 3.27. e 3.28. apresentam, respectivamente, a localização e resultados dos quatro perfis – PS_1 a PS_3 – elaborados diariamente, entre 3 e 17 de Maio de 2003.

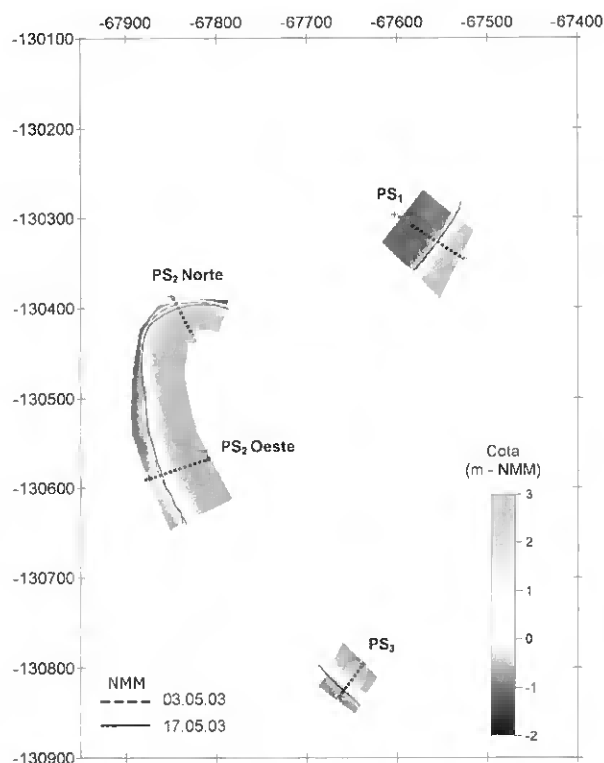


Figura 3.27. Localização dos perfis de praia PS_1 , PS_2 Norte, PS_2 Oeste e PS_3 sobre o MDE de 3 de Maio de 2003.

A análise da variabilidade dos perfis de praia sugere que, entre 3 e 17 de Maio de 2003, a praia não apresentou variações morfológicas relevantes excepto no sector S_2 Norte (Figura 3.28.). Nos sectores S_1 , S_2 Oeste e S_3 os perfis correspondentes ao intervalo entre 3 e 17 de Maio de 2003 são praticamente coincidentes, sugerindo a estabilidade da área considerada à escala diária.

No perfil PS_2 Norte, a crista da berma recuou c. de 10 m entre 3 e 17 de Maio de 2003, com um recuo máximo diário de 2.8 m, entre 5 e 6 de Maio, momento a partir do qual o recuo da crista ocorreu de forma gradual. A face de praia, além de recuar em função da diminuição da largura da berma, apresentou uma diferença no seu declive e forma, entre o início e fim do estudo. O declive da face tornou-se menos acentuado (menor pendor) e a sua forma passou de convexa a plana. A maior variação da morfologia da face de praia ocorreu entre os dias 5 e 6 de Maio.

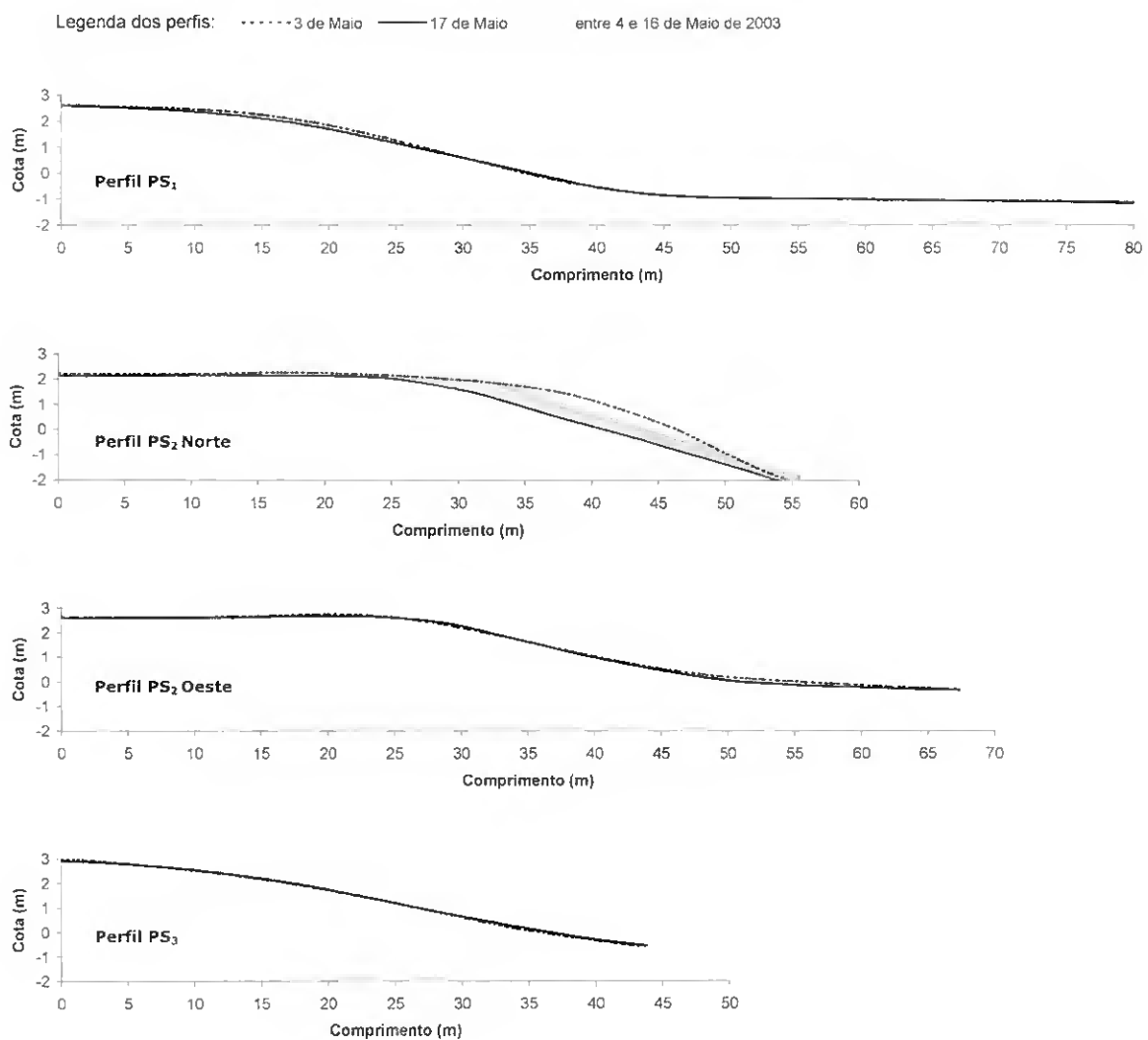


Figura 3.28. Variação dos perfis de praia PS_1 a PS_3 , entre 3 e 17 de Maio de 2003 (cota sobrelevada 2x).

3.2.2. FACTORES CONDICIONANTES

VENTO

O regime do vento registado entre 3 e 17 de Maio de 2003, encontra-se sintetizado na tabela 3.3., em termos de percentagens de ocorrências e velocidades, média e máxima, por rumo.

É possível identificar o rumo de N como o dominante que, conjuntamente com o rumo de NO, apresentou as velocidades, média e máxima, mais elevadas no período considerado com valores, respectivamente, de 4.2 m/s e 4.9 m/s e de 11.8 m/s e 11.5 m/s. Os rumos de SE e E são os que apresentaram, simultaneamente, a menor percentagem de ocorrências e as velocidades, média e máxima, mais baixas no período em estudo de, respectivamente, 0.7 m/s e 1.0 m/s e 2.2 m/s e 2.4 m/s.

Tabela 3.3. Direcção do vento (% de ocorrência) e velocidades média e máxima (m/s) do vento, entre 3 e 17 de Maio de 2003.

RUMOS	OCORRÊNCIAS (%)	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)	VELOCIDADE MÁXIMA (m/s)
N	65.4	4.2	11.5
NE	5.4	2.8	7.6
E	0.3	1.0	2.4
SE	0.1	0.7	2.2
S	1.9	2.6	3.5
SO	7.8	3.5	6.7
O	3.7	2.6	5.5
NO	15.4	4.9	11.8

A figura 3.29. representa, sob forma vectorial, a direcção e velocidade horária do vento, para o período entre 3 e 17 de Maio de 2003. As velocidades mais elevadas, registadas na estação meteorológica de Tróia, ocorreram nos dias 5 e 6 de Maio, associadas a rumos de N e NO.

Para cada dia, foi assinalada a hora da baixa-mar em que foi realizado o correspondente levantamento topográfico.

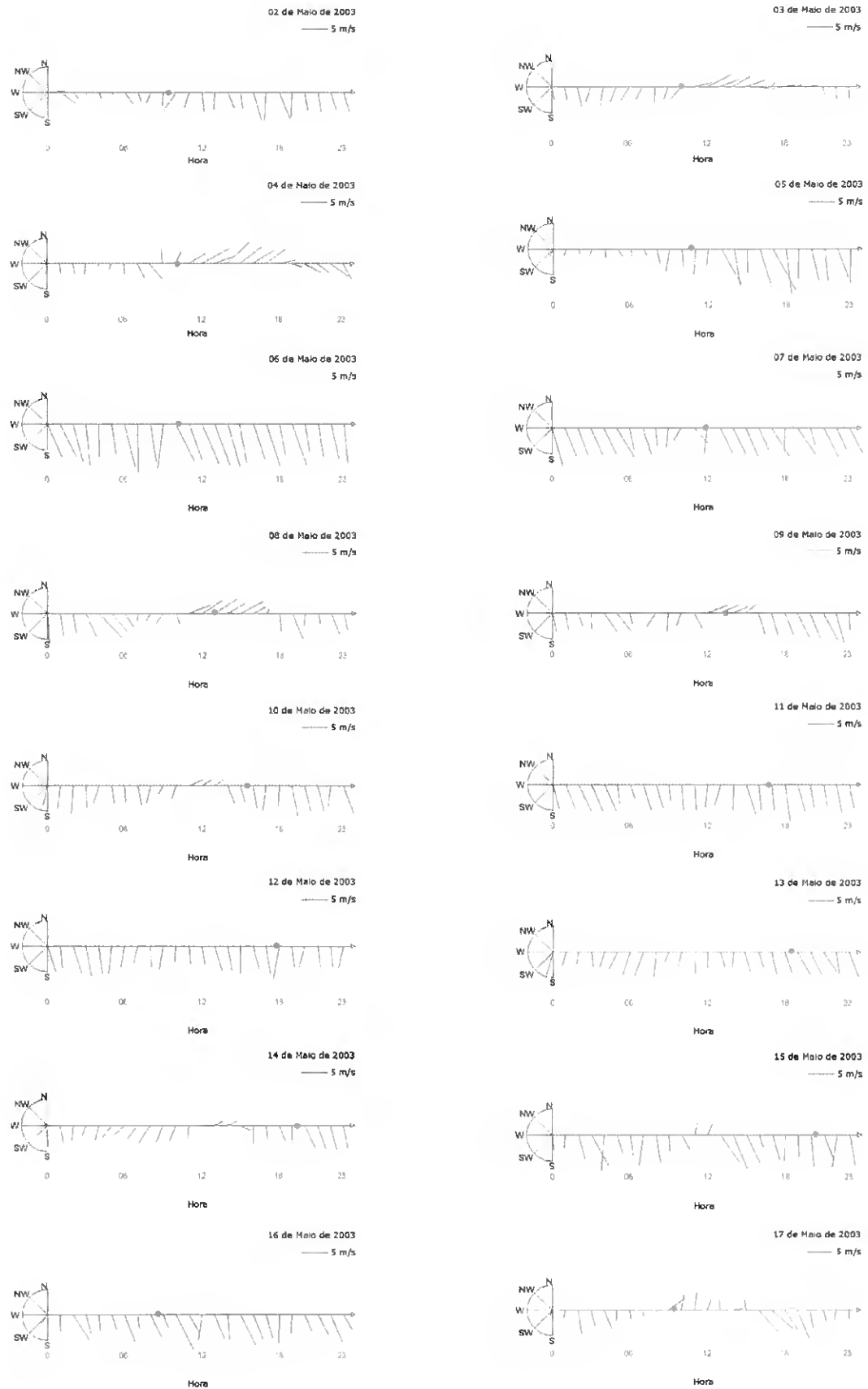


Figura 3.29. Direcção e velocidade horária do vento durante o período de estudo. Os vectores têm origem no eixo horizontal. A hora da realização dos levantamentos encontra-se assinalada ()^o

MARÉ

Entre 3 a 17 de Maio de 2003, as maiores amplitudes registaram-se no início e fim da campanha, em marés de águas-vivas, com valores de, respectivamente, 2.5 m e 3.3 m (Figura 3.30.). O mínimo de 1.1 m registou-se, em marés de águas-mortas, entre os dias 8 e 10 de Maio.

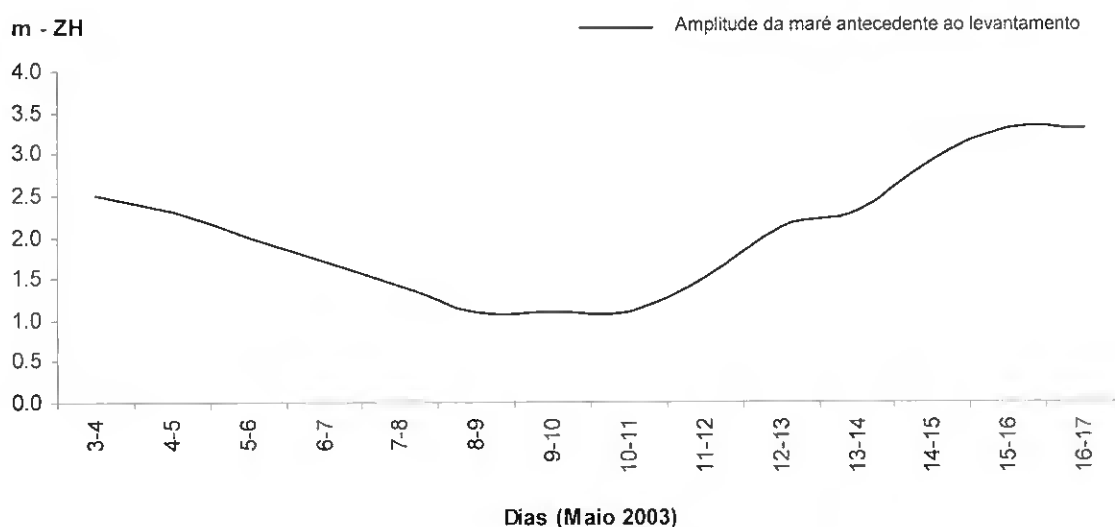


Figura 3.30. Amplitude de maré, entre 3 e 17 de Maio de 2003, expressa em m.

ANÁLISE INTEGRADA DA MORFOLOGIA E DOS FACTORES CONDICIONANTES

Como o estudo efectuado à escala diária permitiu articular os resultados obtidos para a morfologia da praia, amplitude da maré e regime de vento, apresenta-se de seguida as relações detectadas entre os factores condicionantes considerados e as variações morfológicas da praia do sector S₂ Norte. A escolha deste sector deveu-se ao seu maior dinamismo e, consequentemente, maior representatividade da dinâmica da área de estudo.

A figura 3.31. conjuga os resultados da variação volumétrica diária no sector S₂ Norte, com a amplitude de maré antecedente à realização dos levantamentos (cf. 2. Métodos). Pela sua análise é possível identificar que as menores variações volumétricas de 0.01 m³/m², -0.03 m³/m² e 0.03 m³/m² se encontraram associadas às marés de menor amplitude de 1.1 m, entre os dias 8 e 11 de Maio de 2003.

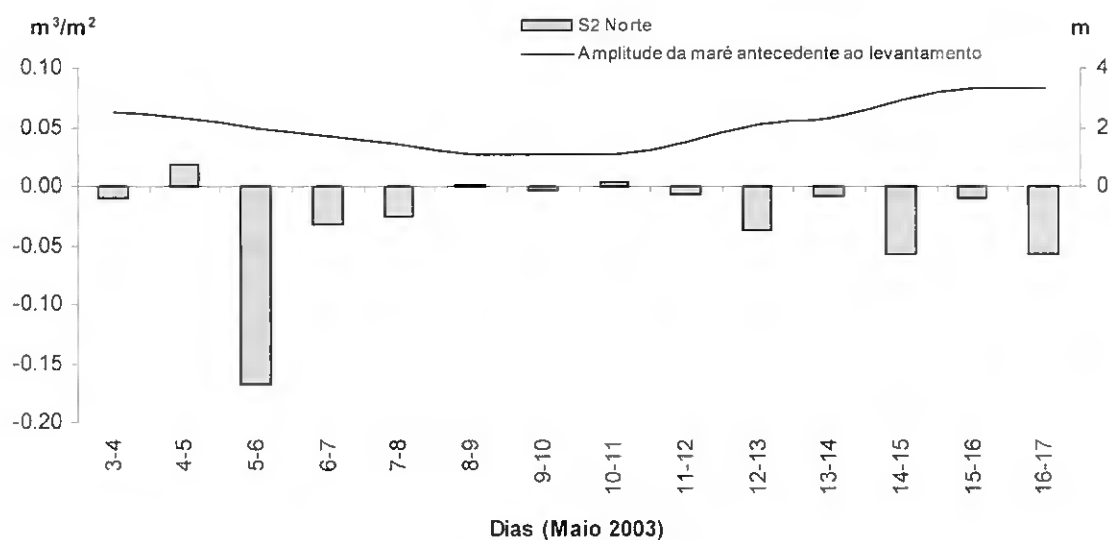


Figura 3.31. Variação volumétrica diária no sector S_2 Norte, expressa em m^3/m^2 (eixo primário), e amplitude de maré, expressa em m (eixo secundário).

Na figura 3.32. apresenta-se os valores da variação volumétrica diária (m^3/m^2) e regime de vento: direcção, expressa em octantes, e velocidade média diária, expressa em m/s. Pela sua análise é possível verificar que, no sector S_2 Norte, a variação máxima diária de c. de $-0.17 m^3/m^2$ ocorreu entre os dias 5 e 6 de Maio (Figura 3.33.), coincidindo com o período durante o qual se registou a transição de ventos fracos a fortes, de direcção N e NO (Figura 3.29.).

Estas condições de vento traduziram-se no regime de agitação local: dia 5 de Maio, o mar apresentou-se calmo à hora da primeira baixa-mar mas no dia 6 de Maio - quando se registaram as velocidades de vento mais elevadas durante toda a campanha, associadas a rumos de N e NO de, respectivamente, 11.5 m/s e 11.8 m/s (Tabela 3.3.) - a ondulação apresentava rumo idêntico ao do vento, com a altura máxima da onda, estimada por observação local, a situar-se entre os 40/45 cm, valor perto dos máximos esperados na área de estudo, de cerca de 50 cm (Hidromod, 2003).

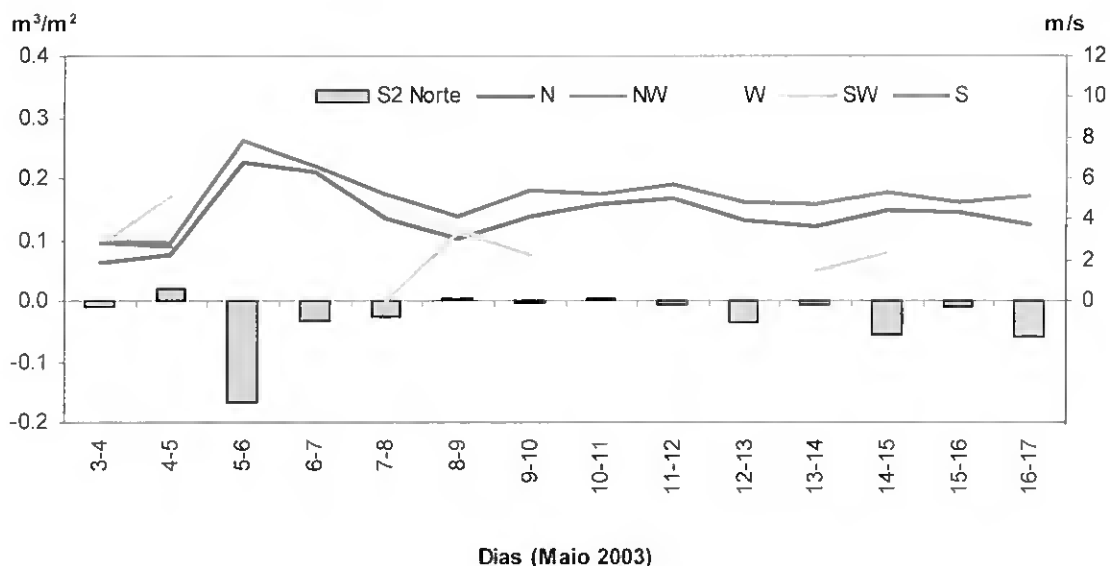


Figura 3.32. Variação volumétrica no sector S_2 Norte, expressa em m^3/m^2 (eixo primário), e velocidade média do vento, expressa em m/s (eixo secundário).

Pelo cálculo de volumes e pelas diferenças de cota entre os MDE correspondentes aos dias 5 e 6 de Maio (Figura 3.33.a.) foi possível identificar a área do sector S_2 Norte que sofreu perda de sedimento. A variação de cota máxima identificada na figura 3.33.a. foi de c. de 30 cm, tendo efectivamente sido detectada na área de estudo, uma escarpa de praia com, aproximadamente, essa mesma altura (Figura 3.33.b.). Tal como mencionando anteriormente, foi dia 6 de Maio que o vento apresentou as velocidades máximas e o regime de agitação litoral incidente na face de praia apresentou ondas com c. de 40 cm de altura (Figura 3.33.c.).

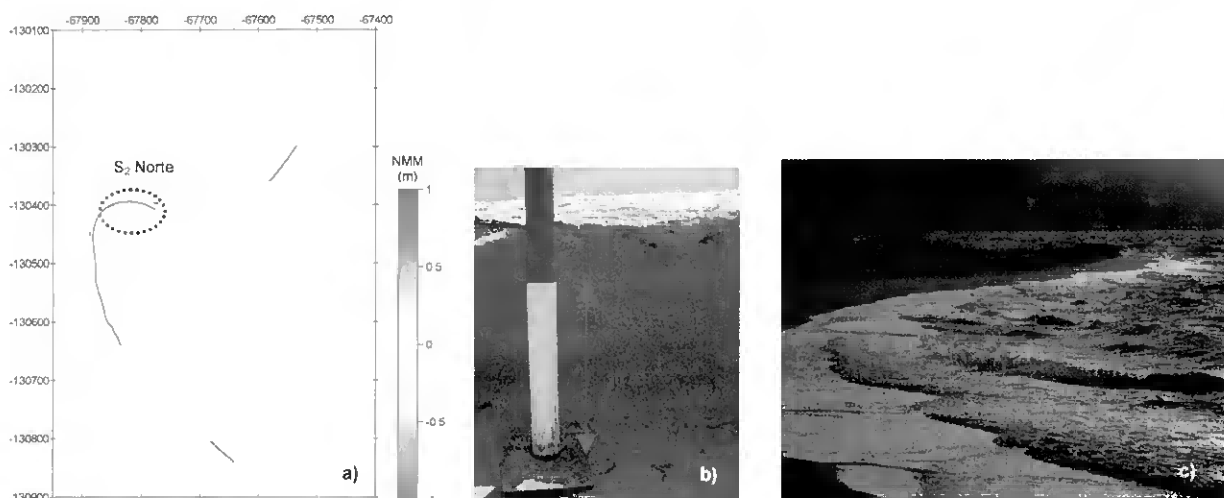


Figura 3.33.a. Diferenças de cota entre os MDE correspondentes aos dias 5 e 6 de Maio de 2003; **b.** escarpa de praia no sector S_2 Norte, observada a 6 de Maio; **c.** estado do mar no dia 6 de Maio na área do sector S_2 Norte.

A análise integrada da morfologia e dos factores condicionantes da dinâmica litoral evidenciou que o evento erosivo mais expressivo, verificado entre 5 e 6 de Maio, encontrou-se relacionado com a acção de ventos fortes de N e NO (*onshore*). Este fenómeno sugere o vento e a agitação litoral gerada pela sua actuação, como os agentes dominantes na modelação da praia durante o período de estudo (Figura 3.34.).

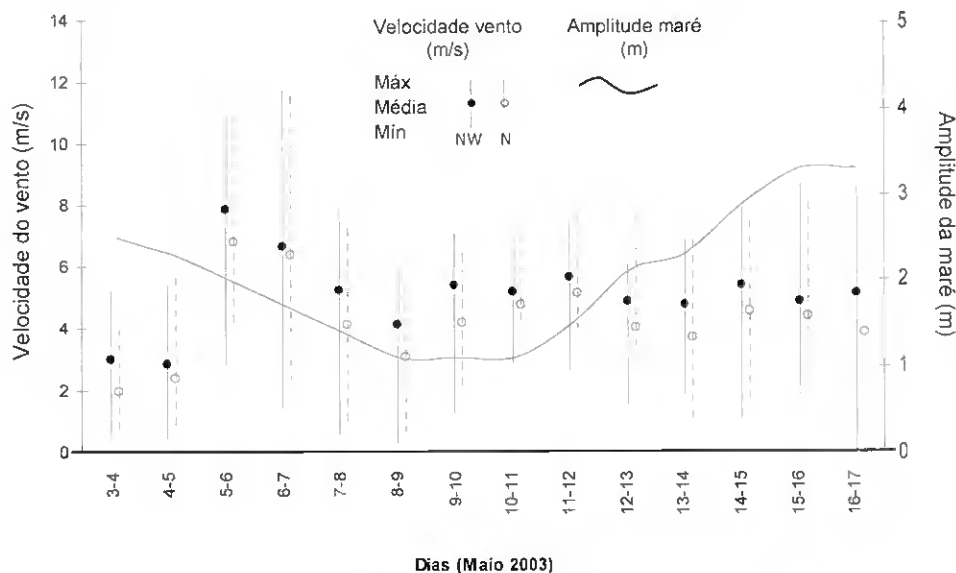


Figura 3.34. Regime de vento e amplitude de maré, entre 3 e 17 de Maio de 2003.

3.2.3. COMPARAÇÃO DAS VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS DIÁRIAS E BIMESTRAIS

As figuras 3.35. a 3.38. permitem comparar as variações volumétricas bimestrais e diárias para os sectores considerados no estudo da variação diária. A sua análise permitiu perceber e avaliar a importância do contributo das variações diárias na morfologia de praia.

No sector S_1 , as variações morfológicas diárias entre 3 e 17 de Maio foram pouco expressivas, apresentando uma resultante líquida de $-0.02 \text{ m}^3/\text{m}^2$, c. de 130 m^3 (Figura 3.35.). A maior variação volumétrica registada neste sector, de $-0.017 \text{ m}^3/\text{m}^2$, correspondente a uma perda de 104 m^3 , ocorreu no período entre 5 e 6 de Maio de 2003. Entre Abril e Junho de 2001, a variação volumétrica bimestral foi de c. de $-0.09 \text{ m}^3/\text{m}^2$, e, no mesmo período do ano seguinte foi negligenciável – c. de $-0.01 \text{ m}^3/\text{m}^2$. A variação volumétrica diária no sector S_1 (Figura 3.35.) superou, em sete momentos, a variação volumétrica bimestral detectada entre Abril e Junho de 2002. Contudo, a ordem de grandeza dos resultados é reduzida sugerindo a estabilidade deste sector independentemente da escala temporal considerada.

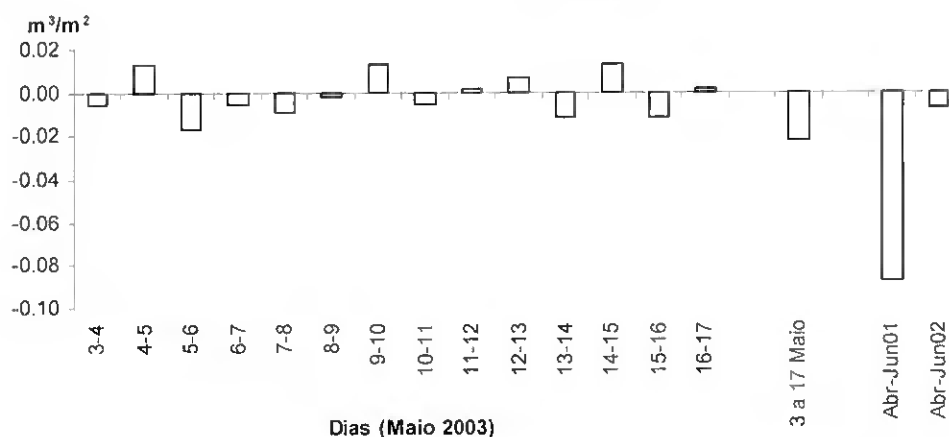


Figura 3.35. Variação volumétrica diária e bimestral no sector S₁, expressa em m³/m².

No sector S₂ Norte, as variações morfológicas diárias apresentaram uma resultante líquida de -0.39 m³/m², c. de 1025 m³. A variação máxima diária, entre 5 e 6 de Maio de 2003, foi de -0.17 m³/m², c. de 440 m³ (Figura 3.36.). Entre Abril e Junho de 2001 e Abril e Junho de 2002, as variações medidas foram de, respectivamente, 0.88 m³/m² e 0.37 m³/m².

Os resultados obtidos para o sector S₂ Norte revelaram assim um importante contributo das variações diárias que chegaram a atingir a mesma ordem de grandeza das variações bimestrais determinadas para a mesma época do ano - Abril e Junho de 2001 e 2002.

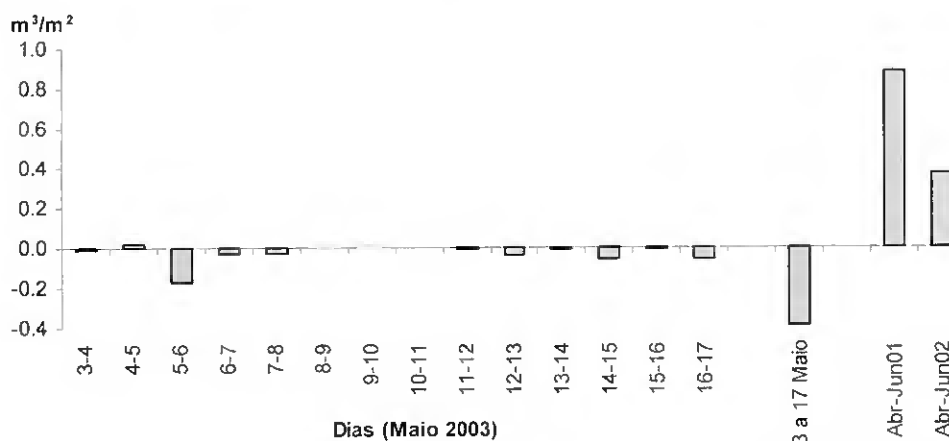


Figura 3.36. Variação volumétrica diária e bimestral no sector S₂ Norte, expressa em m³/m².

No sector S₂ Oeste, as variações morfológicas diárias apresentaram uma resultante líquida de -0.03 m³/m², c. de 360 m³. A variação volumétrica máxima diária de -0.02 m³/m², c. de 275 m³, registou-se entre os dias 7 e 8 de Maio (Figura 3.37.). Entre Abril e Junho, de 2001 e 2002, as variações detectadas de, respectivamente, 0.40 m³/m² e 0.15 m³/m², ultrapassaram os valores encontrados à escala diária. Os resultados sugerem que as variações diárias são muito reduzidas e, ainda que de grandeza superior, as variações bimestrais são igualmente baixas sugerindo a estabilidade deste sector.

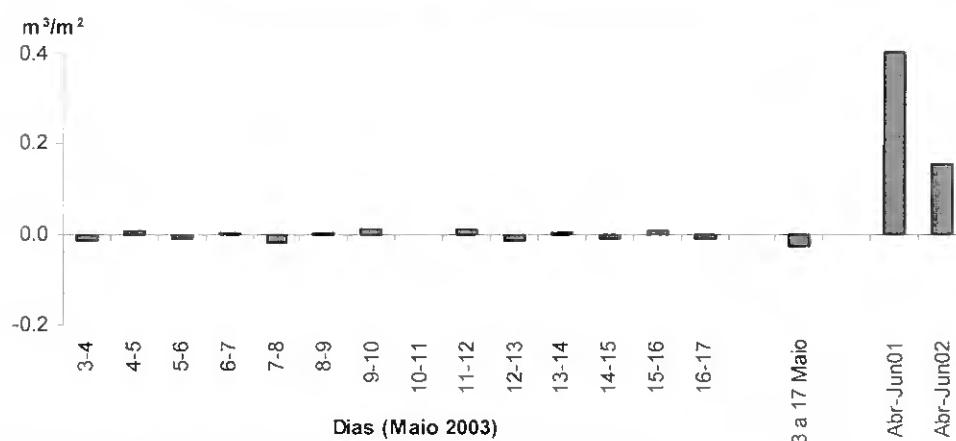


Figura 3.37. Variação volumétrica diária e bimestral no sector S₂ Oeste, expressa em m³/m².

No sector S₃, o balanço líquido das variações volumétricas entre 3 e 17 de Maio de 2003 foi positivo mas negligenciável: 0.01 m³/m², c. de 16 m³, encontrando-se dentro da gama de erro do método (cf. 2. Métodos). A maior variação morfológica, de -0.05 m³/m², c. de 200 m³, ocorreu entre 14 e 15 de Maio de 2003 (Figura 3.38.). Neste sector, existiram sete momentos em que a variação diária superou a variação volumétrica entre Abril e Junho de 2002, de 0.02 m³/m². Contudo, e à semelhança dos resultados obtidos no sector S₁, a ordem de grandeza dos resultados é reduzida sugerindo a estabilidade deste sector independentemente da escala temporal considerada.

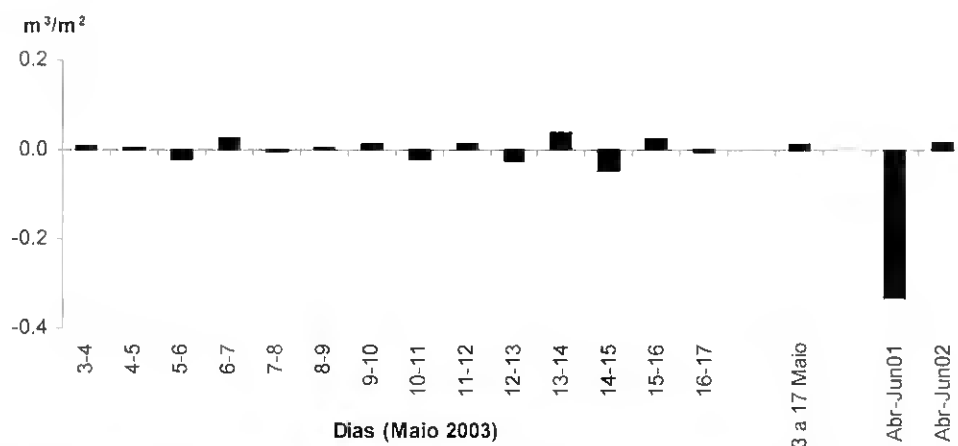


Figura 3.38. Variação volumétrica diária e bimestral no sector S₃, expressa em m³/m².

Os resultados obtidos sugerem que, independentemente da escala temporal considerada, os sectores S₁, S₂ Oeste e S₃, apresentaram variações morfológicas reduzidas. Estes resultados reflectem, de outra forma, a variação de cotas e dos perfis de praia (Figuras 3.25.D. e 3.28.), mostrando estes sectores como os mais estáveis.

No sector S₂ Norte, os resultados obtidos revelaram a importância das variações diárias, dado que o balanço entre 3 e 17 de Maio superou a variação volumétrica bimestral determinada entre Abril e Junho de 2002, sendo este o mais dinâmico dos sectores considerados.

4. DISCUSSÃO

O estudo da morfologia do vértice NO da península de Tróia revelou um padrão geral de acreção, correspondente à sua migração para NO, entre Abril de 2001 e Abril de 2003. O dinamismo presente na área considerada traduziu-se no:

- 1) avanço da linha de costa, em c. de 70 m e aumento da área, acima da linha de costa, de 20416 m², dos quais 14378 m², associados à praia e 6038 m² associados à duna;
- 2) ganho volumétrico de 60119 m³, dos quais 58831 m³ correspondem a ambiente de praia e 1288 m³ a ambiente dunar;
- 3) acreção média de 0.43 m³/m² e 0.10 m³/m², respectivamente, em ambiente de praia e duna;
- 4) variações verticais máximas positivas de +4.6 m e +1.1 m e variações verticais máximas negativas de -1.4 m e -0.5 m, respectivamente, em ambiente de praia e duna.

Ainda que o fenómeno acrecionário esteja presente no sistema dunar, foi em ambiente de praia que se verificaram as maiores alterações morfológicas, revelando padrões de evolução distintos em função das escalas temporais consideradas neste estudo – sazonal e diária.

4.1. AMBIENTE DE PRAIA

Considerando os dois anos de estudo, encontrou-se um padrão evolutivo sazonal, com os fenómenos erosivos e acrecionários detectados a ocorrerem em dois momentos distintos: entre Abril e Agosto e entre Outubro e Fevereiro.

Entre Abril e Agosto, as variações morfológicas detectadas foram de menor expressão do que entre Outubro e Fevereiro. O balanço global volumétrico foi negativo (erosão) com perdas de, respectivamente, 7148 m³ e 1418 m³, em 2001 e 2002, sendo a face e berma da praia os níveis morfológicos mais afectados. Os resultados sugerem que nesta altura do ano, em que o estado do mar se apresenta tipicamente mais calmo (Pires, 1989), serão as correntes de vazante as principais responsáveis pelo discreto basculamento do vértice para SO, correspondente a uma ligeira erosão a N e acreção a O (Figura 4.1.).

O efeito da agitação marítima gerada pela actuação dos ventos locais, que nesta altura do ano se apresentam tipicamente com rumos do quadrante N (Gomes, 1992; Carapuço, 1999), de acordo com o padrão medido, poderá ter igualmente contribuído para a dinâmica descrita.

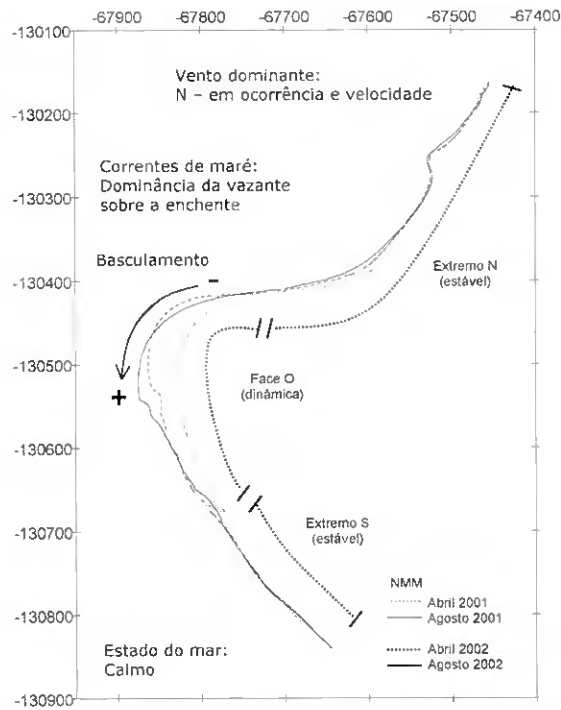


Figura 4.1. Variação da linha de costa entre Abril e Agosto de 2001 e 2002. Face do vértice orientada a NO: erosão (-) e face orientada a O: acreção (+).

Entre Outubro e Fevereiro, verificou-se acreção na margem O e no vértice NO da área de estudo (Figura 4.2.). O balanço volumétrico global foi positivo (acreção) com valores de 39514 m³ e 27884 m³, respectivamente, entre Outubro de 2001 e Fevereiro de 2002 e entre Outubro de 2002 e Fevereiro de 2003. As áreas orientadas a NO e O apresentaram maior variabilidade, mantendo-se o extremo N, mais uma vez, estável (Figura 4.2.). Já a extensão estável a S diminuiu, comparativamente com o cenário de Abril a Agosto (Figura 4.1.).

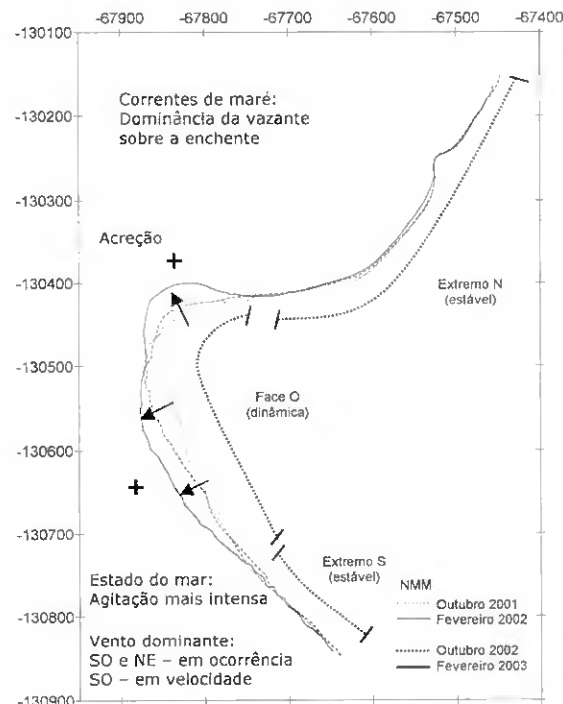


Figura 4.2. Variação da linha de costa entre Outubro de 2001 e Fevereiro de 2002 e entre Outubro de 2002 e Fevereiro de 2003. Os sinais + indicam acreção nas faces do vértice orientadas a NO e a O.

Em ambos os anos considerados, o mês de Outubro surgiu como o momento em que se registou a transição entre um período mais estável e um período mais dinâmico.

Esta transição parece corresponder ao fim do período estival, condições usualmente interrompidas em Setembro (Gama, 1996) e tipicamente coincidentes com temporais de SO verificados na península de Tróia, característicos do final do mesmo mês. Aliás, segundo Pita *et al.* (1987 in Gama, 1996) que analisou temporais na costa O Portuguesa e dividiu o ano em duas estações com base nos resultados obtidos, a divisão estabelecida centrou-se em Setembro/Outubro, com o *Inverno marítimo* definido entre Outubro e Março do ano seguinte e o *Verão marítimo* definido entre Abril e Setembro. Esta divisão é coincidente com o padrão evolutivo sazonal encontrado no presente estudo, com os padrões de evolução a apresentarem duas épocas com dinâmicas distintas: de Abril a Agosto - ligeiramente erosivo e; de Outubro a Fevereiro - acrecionário.

O presente estudo sugere ainda a existência de dois sectores no vértice da península, com dinâmicas diferentes (Figura 4.3): o Sector O, com ritmos mais elevados de evolução, e o Sector N, onde os fenómenos são menos evidentes.

No Sector N, as variações morfológicas corresponderam a avanços e recuos da linha de costa com valores sempre inferiores a uma dezena de metros, indiciando uma área bastante estável cuja dinâmica parece estar associada a pequenos reajustes decorrentes da actuação dos agentes modeladores. Aliás, a presença de bancos de zosteráceas – *Zostera marina* e *Zostera noltii* (Ferreira, 2001) – no terraço de maré adjacente a este sector (Figura 4.3.) indicia a sua estabilidade, dado que a presença de bancos de angiospérmicas encontra-se tipicamente associada a ambientes estáveis e de baixo hidrodinamismo.

Contudo, importa mencionar que no Sector N, foi identificado o troço no qual ocorreu o principal recuo da linha de costa na área de estudo, de c. de 2 m/ano. Foi igualmente neste sector que se identificou uma marca de alagamento pela maré (*overtopping*). Ainda assim, estes eventos de carácter erosivo são localizados e apresentam menor expressão comparativamente com a estabilidade dominante deste sector.

No Sector O, o sector mais dinâmico, foram medidas as taxas de progradação mais elevadas da área de estudo, que se traduziram em alterações significativas da morfologia. A presença de formas de fundo adjacentes a este sector, de morfologia em *ripple*, de orientação perpendicular à linha de costa e com uma altura de c. de 50 cm, denuncia a existência de fortes correntes de fundo paralelas à linha de costa, corroborando o elevado dinamismo desta área.

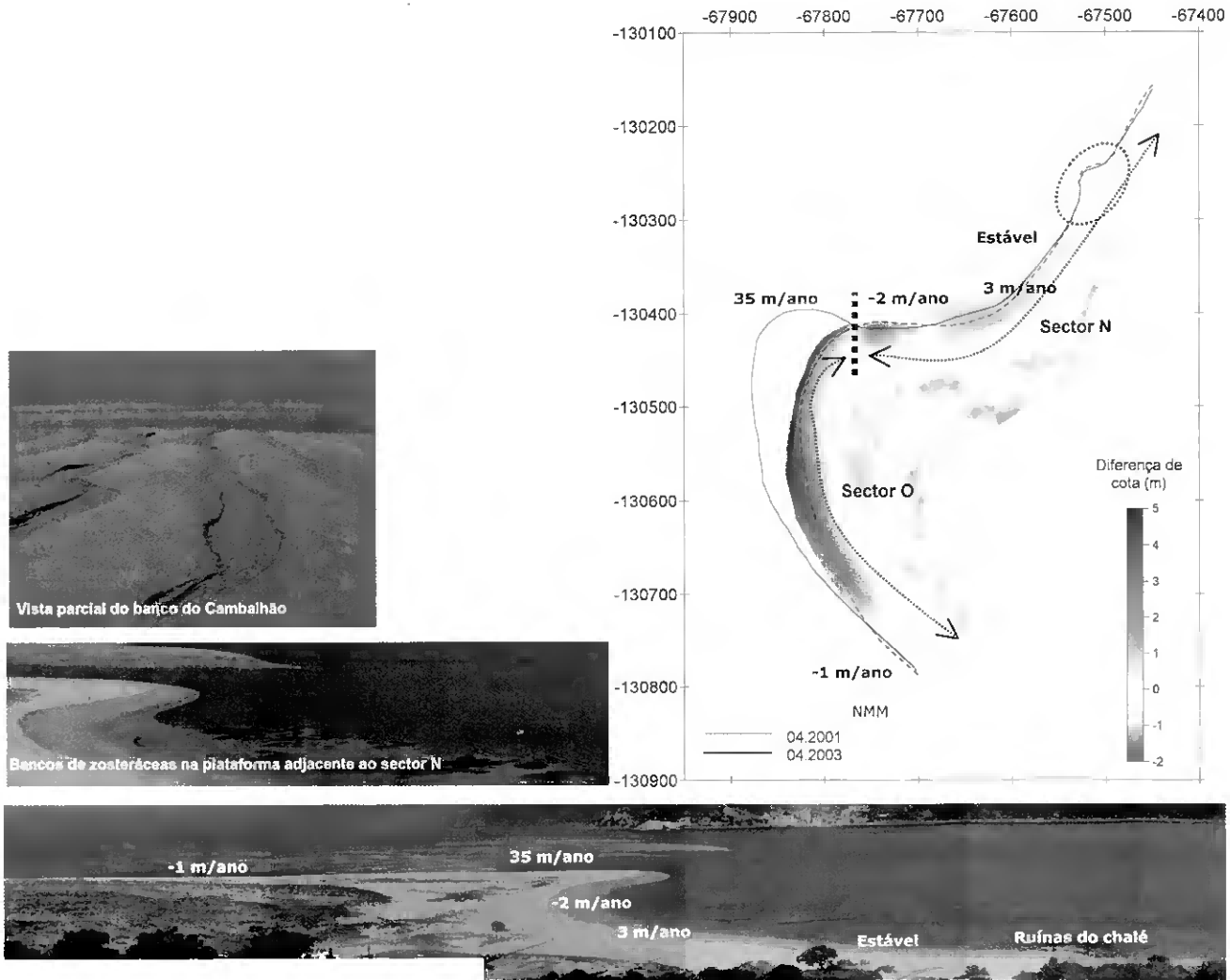


Figura 4.3. Delimitação dos Sectores N e O e formas de fundo adjacentes. Variação anual média da linha de costa entre Abril de 2001 e Abril 2003 (sobre fotografia de Abril de 2003).

Os resultados obtidos revelam que a acreção identificada na área de estudo não poderá ser somente justificada pela erosão detectada. Na figura 4.4. é proposto um esquema mostrando a área considerada neste trabalho como a área preferencial de deposição sedimentar resultante de processos de muito maior escala.

Tróia, por ser uma costa abrigada, é pouco afectada pela agitação incidente ao largo. Em situação de Verão, quando o clima de agitação é residual, parece haver transporte de material dos sectores mais a N para S, induzindo o ligeiro basculamento do vértice NO para SO. Esta variação morfológica estará associada às correntes de vazante e aos ventos de N com capacidade erosiva.

Em situação de Inverno verifica-se maior acreção. A agradação do vértice far-se-á por acumulação de areia quando esta, transportada por deriva litoral no sentido S-N, encontra uma barreira física/morfológica, mas também hidráulica, à sua progressão para N. Para além da barreira morfológica que constitui a própria extremidade N da península, existe uma redução da energia associada às ondas que transportam os sedimentos devido à refração provocada pelo banco do Cambalhão; parece ainda existir uma redução da energia associada às correntes de fundo que transportam os sedimentos, no local de confluência entre estas e as correntes de maré presentes na embocadura do Rio Sado. Como consequência deste fenómeno, ocorre deposição no vértice NO da área em estudo (Figura 4.4. - Área de deposição).

Esta sazonalidade é absolutamente contrária ao verificado na generalidade das costas mundiais, onde o regime de agitação invernososo promove erosão e o de calma, no Verão, promove acreção (p. ex., Bird, 1996).

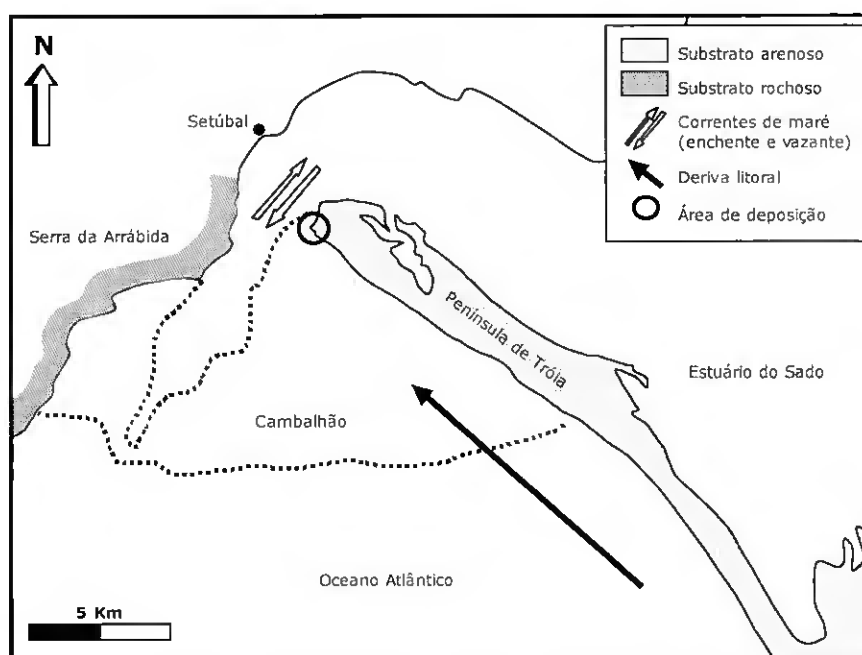


Figura 4.4. Esquema representativo das barreiras físicas/morfológicas e hidráulicas presentes na área de estudo.

No estudo da morfologia da praia à escala diária, foi identificado um cenário dominante de estabilidade. Excepção feita para a margem N do vértice da área de estudo, o troço mais dinâmico durante o período estudado. Foi inclusive a magnitude dos fenómenos detectados neste troço, que permitiu e justificou o estudo mais detalhado das variações volumétricas procurando-se identificar os factores forçadores responsáveis.

O facto dos resultados obtidos revelarem que as maiores variações volumétricas encontradas à escala diária não foram coincidentes com as marés de maior amplitude sugere que a maré – e correntes associadas – não correspondem ao factor forçador dominante na modelação morfológica. Ainda assim, as variações morfológicas de menor magnitude foram coincidentes com as marés de menor amplitude, sugerindo que a maré possa actuar como factor condicionante da dinâmica litoral não sendo, contudo, o agente dominante.

Verificou-se que, quando os ventos de N e NO atingiram as suas velocidades mais elevadas, ocorreu o maior recuo da linha de costa, com conseqüente perda sedimentar, correspondendo à maior variação volumétrica detectada. Este facto, sugere que o vento e a agitação litoral induzida pela sua actuação foram os agentes dominantes na modelação da morfologia de praia na área de estudo. Este resultado está de acordo com as considerações de Hsu & Wang (1997). Segundo estes autores, quando o vento se apresenta perpendicular à linha de costa, a sua actuação potencia trocas sedimentares ao longo do perfil, podendo produzir um recuo da linha de costa, por erosão da área afectada.

Pela comparação das variações volumétricas à escala sazonal e diária, foi possível constatar a importância das variações diárias na morfologia da praia. Considerando os resultados obtidos para o vértice NO da área de estudo, as variações diárias chegaram a superar as variações bimestrais detectadas nos outros troços costeiros da área de estudo. Ou seja, o contributo diário dos agentes modeladores da praia é importante na alteração da sua morfologia. Este resultado é ainda mais importante se considerarmos que a adopção de escalas de alta frequência não é usualmente considerada em estudos de morfodinâmica, principalmente em praias de regime mesotidal (p.ex., Bernabeu *et al.*, 2003). Tipicamente, os estudos que consideram escalas de alta frequência são efectuados em praias de regime microtidal (p.ex., Masselink & Short, 1993; Makase & Augustinus, 1998), nas quais o efeito, sobre a morfologia, da maré e correntes por si geradas, a existir, será de menor importância.

O estudo à escala diária revelou um outro aspecto relevante: o recuo da linha de costa verificado na margem N do vértice NO da área de estudo apresentou um comportamento análogo ao processo dominante entre Abril e Agosto - variação sazonal (Figura 4.5.).

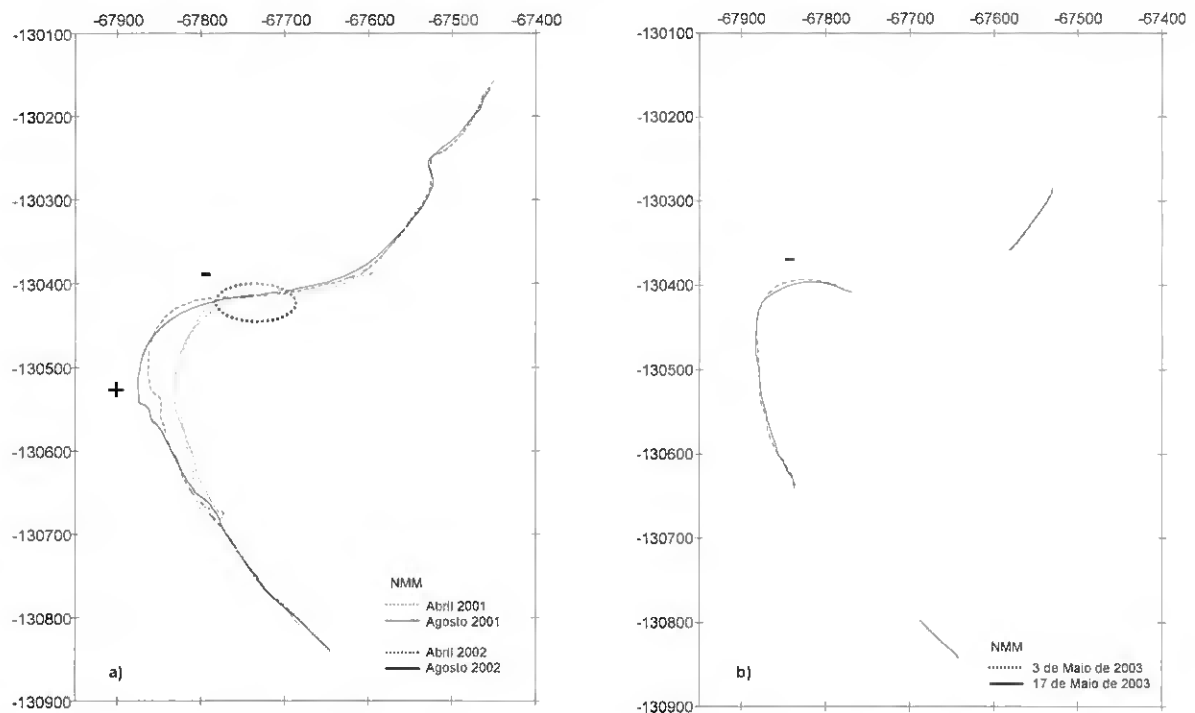


Figura 4.5. Variação da linha de costa entre **a.** Abril e Agosto de 2001 e 2002; a elipse a preto assinala o maior foco erosivo detectado entre Abril de 2001 e Abril de 2003 e; **b.** 3 e 17 de Maio de 2003. Face do vértice orientada a NO: erosão (-).

O paralelismo entre comportamentos a diferentes escalas temporais pode justificar a localização do maior foco erosivo identificado à escala sazonal (Figuras 4.3.), como consequência da actuação dos ventos de N e NO que promovem erosão num troço costeiro no qual não existe posterior reposição sedimentar.

Os resultados obtidos à escala diária, além de permitirem identificar o agente modelador dominante, permitiram ainda explicar um fenómeno identificado à escala sazonal.

4.2. AMBIENTE DUNAR

Em ambiente dunar verificou-se em geral, o aumento da volumetria das dunas e, em particular, o seu avanço na zona do vértice, para NO, acompanhando o avanço da linha de costa.

Contrariamente ao identificado em ambiente de praia, na evolução do sistema dunar não foi detectado um padrão sazonal. Contudo, foi possível identificar que a maior acumulação sedimentar - verificada desde que existiam dados referentes ao regime de ventos local - ocorreu entre Dezembro de 2002 e Janeiro de 2003, intervalo no qual se registou a maior percentagem de ventos com potencial de transporte sólido eólico.

Os resultados obtidos mostram que as dunas da área considerada estão em acreção. Se continuar a existir uma fonte de alimentação sedimentar – acreção em ambiente de praia – estas deverão continuar a desenvolver-se e a sua migração deverá acompanhar a evolução da linha de costa.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O principal processo na evolução da área de estudo foi identificado como sendo o avanço da linha de costa para O e concomitante progressão do vértice da península de Tróia, para NO.

Em ambiente de praia detectou-se a existência de um ciclo de evolução, associado à variação sazonal do clima de agitação, caracterizada por estados de mar mais calmos, de Abril a Agosto, e mais fortes, de Outubro a Fevereiro. Entre Abril e Agosto, foi observada maior estabilidade morfológica, com baixas perdas volumétricas (erosão). Entre Outubro e Fevereiro, a dinâmica da área de estudo revelou-se mais activa, com variações volumétricas de maior expressão, traduzidas em acreção da margem O e do vértice NO da península.

À escala diária verificaram-se variações morfológicas residuais, excepto na margem N do vértice da península. Neste sector, as variações morfológicas identificadas foram de elevada magnitude verificando-se, p. ex., o recuo da linha de costa em c. de 2.8 m num intervalo de 24 h. As variações diárias de maior expressão parecem ter sido principalmente condicionadas pela actuação dos ventos locais e consequente agitação litoral.

A articulação dos resultados obtidos a diferentes escalas, sugere que em ambiente de praia:

- 1) A área de estudo encontra-se predominantemente em acreção - situação de Inverno, embora esteja sujeita a perdas sedimentares de baixa expressão e localizadas, no tempo e no espaço - situação de Verão.
- 2) A dinâmica do sistema é principalmente controlada pela sazonalidade do clima de agitação marítima: no Verão, quando o clima de agitação é residual, existe a acção dominante das correntes de vazante conjugada com a actuação do vento local e consequente agitação litoral; no Inverno, o domínio da deriva litoral de S para N potencia o transporte de material ao longo da costa da península de Tróia.

Em ambiente dunar, o aumento da volumetria das dunas e, em particular, o seu avanço na zona do vértice, para NO, deverá estar associado ao aumento da disponibilidade sedimentar ao nível da berma da praia, contribuindo para o balanço volumétrico global positivo da área em estudo.

A análise integrada da morfodinâmica das praias e dos mecanismos forçadores associados, permite estabelecer formas de previsão do comportamento evolutivo das áreas costeiras (p. ex., Ferreira, 1998; Micallef & Williams, 2002). Por este motivo, este estudo surge como uma ferramenta importante a integrar num processo de gestão ambiental da área de estudo. A gestão e preservação da praia e dunas de Tróia é de extrema importância, pois ainda que a área considerada seja uma excepção no litoral Português, ao apresentar crescimento arenoso natural, existem indícios pontuais de erosão litoral. Adicionalmente, a rápida acreção identificada na área de estudo confere fraca resistência ao sistema, tornando-o potencialmente mais vulnerável a agentes de erosão litoral.

Considerando a dinâmica descrita, para os ambientes de praia e duna, na gestão da península de Tróia, deverão ser adoptadas medidas de planeamento e gestão que integrem o seu dinamismo. Estas deverão contemplar:

- 1) a manutenção do livre trânsito sedimentar entre os baixos adjacentes e a praia;
- 2) a preservação do sistema dunar assegurando o transporte sólido eólico e o robustecimento das dunas;
- 3) a protecção das áreas com indícios de erosão litoral;
- 4) a preservação dos elementos estabilizadores do sistema em estudo, identificados como os bancos de angiospérmicas marinhas e as ruínas do antigo chalé.

O sucesso das medidas propostas depende da sua adopção pelos gestores da praia, mas também da sua aceitação por parte dos utentes deste espaço. Por este motivo, é de extrema importância dar a conhecer a dinâmica do sistema e as medidas de gestão e conservação da praia através de campanhas de sensibilização.

A complexidade e natureza aleatória de alguns dos fenómenos considerados, surgem como questões em aberto no estudo de praias de regime mesotidal e próximas a embocaduras de estuários, aumentando o grau de incerteza da evolução, do sistema em estudo e de sistemas similares (p. ex. Dabees, 2003). Por este motivo, é de extrema importância a monitorização continuada, por forma a detectar antecipadamente situações de potencial risco.

6. BIBLIOGRAFIA

- Abecassis, F., 1987. O regime aluvionar da costa portuguesa entre Peniche e a foz do Mira. *Ingenium*, 6, 4-18.
- Abecassis, F., 1994. Caracterização Geral Geomorfológica e Aluvionar da Costa Continental Portuguesa. *II Simpósio Internacional da Federação Eurocoast LITTORAL' 94* (Lisboa, Portugal), pp. 25-29.
- Alarcão, J., Silva, C., Posselt & Zickgraf GbR., 2003. Arqueologia. *In: Andrade, F. & Melo, J. (coords.) Estudo de impacte ambiental da Marina e Novo Cais dos ferries do Troiaresort* (Península de Tróia, Setúbal), pp. 459-488.
- Andrade, C., 1997. *Dinâmica, Erosão e Conservação das Zonas de Praia*. Parque Expo 98, 88p.
- Andrade, F., Baptista, R., Ferreira, A., Gomes, N., Melo, J., Leitão, P., Pinto, M.J., 1998. *Estudo Ambiental Estratégico para a Península de Tróia* (não publicado), 38p.
- Andrade, F., Ferreira, M.A., Marques, I., Aldinas, F., Moço, G., Leitão, P., Carnall, V., Carnall, S., Geosub, Lda., 2003. Ambientes Intertidais. *In: Andrade, F. & Melo, J. (coords.) Estudo de impacte ambiental da Marina e Novo Cais dos ferries do Troiaresort* (Península de Tróia, Setúbal), pp. 158-232.
- Bernabeu, A.M., Medina, R., Vidal, C., 2003. A morphological model of the beach profile integrating wave and tidal influences. *Marine Geology*, 197, 95-116.
- Bettencourt, P., Teixeira, E., Castro, J., Junqueira, J., 1998. *Carta Verde do Litoral Alentejano*. Direcção Regional do Ambiente, Ministério do Ambiente, 42p.
- Bird, E.C.F., 1996. *Beach Management*. John Wiley & Sons, England, 281p.
- Carapuço, A.M., 1999. *Potencial de Recuperação Dunar na Península de Tróia (Portugal)*. Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Independente. Estágio de Licenciatura (não publicado), 84p.
- Carter, R.W.G., 1988. *Coastal Environments*. Academic Press. London, England, 617p.
- CNADS, 2001. *Reflexão sobre o desenvolvimento sustentável da zona costeira*. Conselho Nacional do Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável. Lisboa, Portugal, 53p.
- Cressie, N., 1991. *Statistics for Spatial Data*, John Wiley and Sons, New York, USA, 900p.
- Davies, J.L., 1964. *A morphogenic approach to the world shorelines*. *Zeitschrift für Geomorphology*, 8, 127-142.
- Davis, R.A., 1978. Beach and Nearshore Zone. *In: Davis, R.A. (ed.) Coastal Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, New York, USA, pp. 237-285.

- Davis, R.A. & Barnard, P., 2003. Morphodynamics of the barrier-inlet system, west-central Florida. *Marine Geology*, 200, 77-101.
- Dias, J. A., 1990. A Evolução Actual do Litoral Português. *Geonovas*, 11,15-29.
- Dias, J.A., 1987. *Dinâmica sedimentar e evolução recente da plataforma continental portuguesa setentrional*. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Dissertação de doutoramento em Geologia (não publicada), 384p.
- Dias, S., 2000. *Planos de ordenamento da orla costeira*. Conselho Nacional do Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável, Lisboa, Portugal, 23p.
- Divisão de climatologia, 1987. *Caracterização do regime de vento na região costeira ocidental a Sul de Melides*. Instituto de Meteorologia, Lisboa, Portugal, 53p.
- Ferreira, M.A., 2001. *Comunidades intertidais de substrato arenoso na península de Tróia*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Tese de Mestrado (não publicada), 84p.
- Ferreira, Ó., 1998. *Morfodinâmica de praias expostas: aplicação ao sector costeiro Aveiro-Cabo Mondego*. Universidade do Algarve. Tese de Doutoramento (não publicada), 337 pp.
- Ferreira, Ó. & Dias, J.A., 1993. Dune erosion and shoreline retreat between Aveiro and Cape Mondego (Portugal). In: Sterr, H., Hofstede, J., Plag, H. (eds), *Prediction of future evolution*, pp. 187-200.
- Gama, C., 1996. *Caracterização do fenómeno da sobreelvação do nível do mar de origem meteorológica em Portugal continental. Efeito amplificador deste fenómeno sobre as variações volumétricas de sedimentos nas praias da Comporta, S. Torpes, Odeceixe e Arrifana*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Tese de Mestrado (não publicada), 138p.
- Goldsmith, V., 1978. Coastal Dunes. In: Davis, R.A. (ed.) *Coastal Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, New York, pp. 171-230.
- Gomes, N., 1992. *Dinâmica dunar no arco litoral Tróia-Sines*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Tese de Mestrado (não publicada), 121p.
- Gomes, N., Andrade, C., Carapuço, M., Morgado, N., 2003. Dinâmica Costeira. In: Andrade, F. & Melo, J. (coords.) *Estudo de impacte ambiental da Marina e Novo Cais dos ferries do Troiaresort* (Península de Tróia, Setúbal), pp. 84-136.
- Gomes, N., Andrade, C., Romariz, C., 1990. Avaliação do transporte sólido eólico na Península de Tróia. *GEOLIS*, 4 (1/2), 1-14.

- Gomes, N. & Carapuço A.M., 2003. Aeolian sand transport high frequency long period calibration. *International conference on Coastal Sediments 2003* (Florida, USA), pp. 1-14.
- Gomes, N., Carapuço, A.M., Morgado, N., 2001. Aplicação e aferição a 1 Hz por período superior a um ano de modelos preditivos do fluxo sólido eólico em Tróia – Portugal. *Anais Científicos da Universidade Independente*, 4, 1-14.
- Hall, C., 2001. Trends in ocean and coastal tourism: the end of the last frontier? *Ocean & Coastal Management*, 44, 601-618.
- Hidromod, 2003. Nova Marina de Tróia – Modelação matemática da agitação e da hidrodinâmica de maré. In: Andrade, F. & Melo, J. (coords.) *Estudo de impacte ambiental da Marina e Novo Cais dos ferries do Troiaresort* (Península de Tróia, Setúbal), pp. 137-157.
- Hsu, T. & Wang, H., 1997. Geometric Characteristics of Storm Beach Profiles. *Journal of Coastal Research*, 13(4), 1102-1110.
- IH., 2000. *Tabela de Marés 2001*. Volume I - Portugal. Instituto Hidrográfico da Marinha. Ministério da Defesa Nacional. Lisboa, 178p.
- IH., 2001. *Tabela de Marés 2002*. Volume I - Portugal. Instituto Hidrográfico da Marinha. Ministério da Defesa Nacional. Lisboa, 170p.
- IH., 2002. *Tabela de Marés 2003*. Volume I - Portugal. Instituto Hidrográfico da Marinha. Ministério da Defesa Nacional. Lisboa, 170p.
- Kok, J., Valk, C., Kester, M., Goede, E., Uittenboggard, R. 2001. Salinity and temperature stratification in the Rhine plume. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53, 467-475.
- Komar, P.D., 1976. *Beach Processes and Sedimentation*. Prentice Hall. 2nd Edition, 544 p.
- Makase, B. & Augustinus, P., 1998. Morphologic Changes of a Micro-Tidal, Low Wave Energy Beach Face During a Spring-Neap Tide Cycle, Rhône-Delta, France. *Journal of Coastal Research*, 14(2), 632-645.
- Marques, F., Almeida, I.M., Bóleo-Tomé, A., 1995. Evolução das arribas do arco litoral Tróia-Sines: resultados preliminares. *Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico*. Memória nº4, 421-425.
- Marques, F., 1999. Evolução das arribas e da linha de costa no arco litoral Tróia-Sines (Portugal). *A Zona Costeira do Alentejo: Associação Eurocoast - Portugal* (Sines, Portugal), pp. 69-80.
- Masselink, G. & Pattiaratchi, C.B., 2001. Seasonal changes in beach morphology along the sheltered coastline of Perth, Western Australia. *Marine Geology*, 172, 243-263.

- Masselink, G. & Short, A.D., 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, 9(3), 785-800.
- Mendes, J. & Coelho M., 1989. *Potencialidades da energia eólica: estudos preliminares. Monografia de meteorologia e geofísica*. Instituto de Meteorologia. Volume I, nº 13, 43p.
- Micallef, A. & Williams, A.T., 2002. Theoretical strategy considerations for beach management. *Ocean & Coastal Management*, 45, 261-275.
- Miller, M. & Auyoun, J., 1991. Coastal zone tourism - A potent force affecting environment and society. *Marine Police*, 15(2), 75-99.
- Moura, I., Pires H., Nunes N., Rodrigues N., 1988. *O Clima de Portugal: características do clima da costa de Portugal de interesse para a navegação marítima*. Instituto de Meteorologia, Fasc. XXXVII, Vol. 1, 58 p.
- Pires, H.O., 1989. *O Clima de Portugal: alguns aspectos do clima da agitação marítima de interesse para a navegação na costa da Portugal*. Instituto de Meteorologia, Fasc. XXXVII, Vol. 2, 34 p.
- Press, W.H., Flannery, B.P., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., 1988. *Numerical Recipes in C*. Cambridge University Press, 994p.
- Quevauviller, P., 1986. Etude préliminaire sur la dynamique sédimentaire de la cote de Galé (Portgal). *J. Rech. Océanogr.*, 11(2), 63-65.
- Quevauviller, P., 1987. Evolution and stabilization of headland-bay beaches. *Journal of Shoreline Management*, 3, 269-284.
- Quevauviller, P., 1988. Equilibrium conditions for curved shape bays with application to an ancient coast. *Geo-Marine Letters*, 8, 41-47.
- Veloso Gomes, F. & Taveira-Pinto, F., 1997. A opção protecção para a costa Oeste Portuguesa. *Colectânea de Ideias Sobre a Zona Costeira de Portugal: Eurocoast - Portugal* (Lisboa, Portugal), pp. 163-190.

