



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

António Pereira da Silva

Estudo da morfodinâmica da praia de seixos  
de Belinho sob a influência de diferentes  
estados de agitação e tipos de maré



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

António Pereira da Silva

Estudo da morfodinâmica da praia de seixos  
de Belinho sob a influência de diferentes  
estados de agitação e tipos de maré

Dissertação de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor José Luís da Silva Pinho

e co-orientação da  
Professora Doutora Helena Maria Pato Granja

julho de 2014

*À minha esposa, filha, pais, sogra, família e amigos  
Por todo o apoio, dedicação, resiliência e amizade  
demonstradas*

*“A força não provém da capacidade física. Provém  
de uma vontade indomável.”  
Mahatma Gandhi*



## AGRADECIMENTOS

---

Gostaria de deixar, em primeiro lugar, um especial agradecimento ao Professor Doutor José Luís Pinho, orientador da dissertação pela sua orientação exímia, no que concerne à sua recorrente disponibilidade, partilha de conhecimento e opiniões prestadas e à Professora Doutora Helena Granja, co-orientadora da presente dissertação, pela sua ajuda na partilha de conhecimento.

Um enaltecido agradecimento à minha esposa, por toda a resiliência, paciência, dedicação e apoio durante esta caminhada árdua.

Aos meus pais, que sempre se sacrificaram para que nunca me faltasse nada, o meu agradecimento eterno.

À minha irmã, cunhados, sobrinhos e sogra pela confiança e incentivo.

Aos meus padrinhos e demais família pelo carinho e conforto.

Um especial agradecimento à minha filha Leonor, pela alegria que tenho todos os dias apenas de olhar para ela.

Não poderia deixar de agradecer, à Professora Doutora Ana Isabel Filipe do departamento de Matemática, pela sua receção incrível e inigualável aquando do início do meu percurso académico.



## RESUMO

---

A região costeira apresenta uma dinâmica intensa forçada por diferentes agentes: ventos, agitação marítima, marés, entre outros. As correntes costeiras e o vento induzem o transporte sedimentar em costas arenosas ou de seixos responsáveis por diferentes padrões morfodinâmicos.

Com efeito, é fulcral a caracterização da hidrodinâmica, que constitui o primeiro passo em muitos estudos sobre a orla costeiras (sistema praia-duna), dado que as correntes, induzidas por diferentes estados de agitação e tipologia de maré, determinam o movimento dos sedimentos.

O conhecimento sobre a morfodinâmica de praias arenosas é extenso mas, é ainda reduzido, o das praias de seixos, apesar de estas ocuparem uma área importantíssima da faixa costeira mundial (Loureiro,2006).

A presente dissertação tem como objetivo principal contribuir para o aumento do conhecimento do comportamento deste tipo de praia, tomando como caso de estudo a praia de Belinho, no concelho de Esposende. Para conhecer as mudanças morfológicas da praia e sua relação com diferentes estados hidrodinâmicos, foram realizados diversos levantamentos topográficos com auxílio do equipamento DGPS Trimble Geo-XR, em perfis transversais, em situações de marés vivas, com suporte de ferramentas informáticas e de equipamento DGPS para levantamento topográfico de alta precisão.

O processamento posterior dos dados foi realizado com recurso ao *software* Arcgis, tendo-se obtido cartas dos levantamentos realizados, modelos tridimensionais (3D) da praia e estimativas de áreas e volumes. Procedeu-se ainda à comparação de resultados entre os distintos levantamentos.

Foi realizada uma análise das dimensões dos seixos existentes à superfície da praia com recurso ao programa Autocad e fotografias obtidas em cada uma das campanhas. Foram gerados modelos 3D, através de fotografia, com o software Agisoft Photoscan.

**Palavras-chave:** Morfodinâmica de praias, praias de seixos, tecnologias de modelação 3D, levantamentos DGPS.



# ABSTRACT

---

The coastal region presents an intense dynamic forced by different agents: winds, sea waves, tides, among others. Coastal currents and the wind induce sediment transport along sandy or gravels coasts responsible for different morphodynamic patterns.

Indeed, it is crucial to the hydrodynamic characterization that is the first step in many studies of coastal areas, considering that the currents, in different conditions of roughness and type of tide, determine the sediments movement and the dissolved substances. These sediment deposits are, for example, beaches that are covered with sand, shells, and gravel or pebbles, among others.

The knowledge of the dynamic and the gravel beaches evolution is still reduced, however they occupy a very important area of the world's coastline (Loureiro, 2006).

This thesis is to contribute to increase the knowledge of the complex systems behavior. Transverse profiles were obtained by assessing morphological changes during spring-tides and neap-tides, with IT tools and a DGPS equipment for high-precision topographic surveying.

Several topographic surveys were done at Belinho beach, in Esposende municipality, making use of Trimble Geo-XR equipment. Data processing was performed later applying the *software* Arcgis. Maps of the surveys, three-dimensional models (3D) from the beach, areas and volumes calculations were obtained and then the results were compared between different surveys.

It has also been performed an analysis of the gravels superficial layer dimensions using the Autocad program and photographs obtained in each of the campaigns. 3D models were generated through photography with Agisoft Photoscan software.

**Keywords:** Beach morphodynamics, gravel beaches, 3D modeling technologies, topographic surveys with DGPS.



# ÍNDICE

---

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	iii
Abstract.....	v
Índice de figuras .....	xi
Índice de tabelas .....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos do trabalho.....	2
2. Hidro e morfodinâmica em sistemas costeiros .....	5
2.1 Agentes hidrodinâmicos impulsionadores de alterações morfodinâmicas .....	5
2.1.1 Correntes Oceânicas provocadas pela tensão do Vento .....	5
2.1.2 Ondas.....	6
2.1.3 Vento e a sua influência na quebra das ondas .....	8
2.1.4 Refração das ondas .....	8
2.1.5 Tipos de quebra de ondas .....	9
2.1.6 Marés .....	13
2.1.7 Formas de erosão e de deposição .....	16
2.2 Morfodinâmica de Praias .....	19
2.2.1 Generalidades .....	20
2.2.2 Praia Refletiva de Seixos.....	24

2.3 Metodologias de caracterização da morfodinâmica de seixos.....	26
2.3.1 Levantamento topográfico .....	26
2.3.2 Equipamento DGPS Trimble Geo XR.....	28
2.3.3 Programas de GIS.....	29
2.3.4 Programa Agisoft Photoscan .....	30
3. Metodologia de trabalho .....	33
3.1 Área de estudo – Praia de Belinho.....	33
3.1.1 Levantamentos topográficos - DGPS .....	36
3.1.2 Processamento Arcgis .....	37
3.1.3 Processamento Agisoft Photoscan.....	41
3.1.4 Análise de dimensões da camada superficial de seixos.....	43
4. Resultados.....	47
4.1 Aspectos gerais .....	47
4.1.1 Apresentação de Resultados .....	47
4.1.1.1 Dados adquiridos pelo DGPS .....	47
4.1.1.2 Resultados obtidos com o programa Agisoft Photoscan .....	57
4.1.1.3 Dimensões de sedimentos nas amostras realizadas no perfil 1 .....	59
4.2 Discussão de resultados .....	64
4.2.2.1 Diferenças entre modelos 3D e perfis transversais .....	64
4.2.2.2 Diferenças verificadas entre modelos gerados no Agisoft.....	74
4.2.2.3 Análise das dimensões dos sedimentos .....	78

---

4.3	Influência da maré e agitação na morfodinâmica da praia .....	80
5.	Conclusões e sugestões para trabalhos futuros.....	91
5.1	Conclusões .....	91
5.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	93
	Lista de referências .....	95
	Recursos web.....	97
	Anexos.....	101
	Anexo 1 – Perfil Transversal 2 com referência à maré .....	101
	Anexo 2 - Perfil Transversal 3 com referência à maré .....	102
	Anexo 3 - Perfil Transversal 4 com referência à maré .....	102
	Anexo 4 – Mapa de diferenças nos dias 14 e 24 de abril .....	103
	Anexo 5 – Mapa de diferenças no dia 28 de abril (Manhã – Tarde).....	104
	Anexo 6 - Mapa de diferenças no dia 13 de maio (Manhã – Tarde).....	105
	Anexo 7 - Mapa de diferenças no dia 16 de maio (Manhã – Tarde).....	106



## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1 - Relação altura e velocidade de propagação da onda (Gomes, 2003).....	7
Figura 2 - Características das ondas (Gomes, 2003) .....	7
Figura 3 - Refração de ondas (zonacosteira, 2009) .....	9
Figura 4 - Refração de ondas num litoral recortado (zonacosteira, 2009) .....	9
Figura 5 - Diferentes formas de quebra de ondas (Muehe, 2001) .....	10
Figura 6 - Exemplo de uma berma de tempestade.....	13
Figura 7 - Atração exercida pela Lua (works, 2007).....	15
Figura 8 - Efeito da Lua e so Sol nas marés (works, 2007).....	15
Figura 9 - Efeito das forças gravitacionais sobre os astros (works, 2007) .....	16
Figura 10 - Zona costeira (maisbiologia, 2009) .....	17
Figura 11 - Erosão de arriba por influência da agitação marítima (maisbiologia, 2009)	18
Figura 12 - Erosão de duna na praia de Belinho, 2014 .....	18
Figura 13 - Disposição granulométrica (Modolo, 2007) .....	19
Figura 14 - Praia de Belinho, 2014.....	19
Figura 15 - Estados morfodinâmicos das praias segundo Wright et al. (1979, apud Muehe, 2001).....	21
Figura 16 - Planta e vista lateral de cúspides (Holland e Holman, 1996) .....	24
Figura 17 - Visualização duma praia refletiva de seixos.....	25
Figura 18 - Três estados de praias – refletivo <b>a)</b> , intermédio <b>b)</b> e dissipativo <b>c)</b> (Hesp, 2001).....	25

Figura 19 - Cúspides, praia de Belinho, 2014 .....	26
Figura 20 - Recetor Trimble Geo XR.....	29
Figura 21 - Localização de Belinho.....	33
Figura 22 - Subdivisão de uma praia refletiva.....	34
Figura 23 - Praia de Belinho (Loureiro, 1994).....	35
Figura 24 - Belinho, 2014.....	35
Figura 25 - Trecho em estudo.....	36
Figura 26 - Importação de dados para o Arcgis.....	38
Figura 27 - Visualização do trecho em estudo dividido por diferentes classes de cotas	38
Figura 28 - Visualização do resultado do processamento dos dados levantados no dia 24-04-2014.....	39
Figura 29 - Perfil transversal 1 obtido no dia 24-04-2014 à tarde.....	40
Figura 30 - Mapa de diferenças e localização de perfis transversais.....	41
Figura 31 - Materialização de pontos .....	42
Figura 32 - Marcadores.....	42
Figura 33 - Exemplo de cúspide modelada com o programa agisoft .....	43
Figura 34 - Moldura para análise dimensional .....	44
Figura 35 – Localização das posições do quadro ao longo do perfil 1.....	44
Figura 36 - Imagem aérea do trecho em estudo e pontos registrados. ....	48
Figura 37 - Perfis Transversais 1 e 2 no dia 14-04-2014.....	48
Figura 38 - Perfis Transversais 3 e 4 no dia 14-04-2014.....	49

---

Figura 39 - Mapa 3D do trecho em estudo no dia 14-04-2014 .....	49
Figura 40 - Perfis transversais 1 e 2 no 24-04-2014.....	50
Figura 41 - Perfis transversais 3 e 4 no dia 24-04-2014.....	51
Figura 42 - Imagem 3D do trecho em estudo no dia 24-04-2014.....	51
Figura 43 - Perfis transversais 1 e 2 no dia 28-04-2014 de manhã .....	52
Figura 44 - Perfis transversais 3 e 4 no dia 28-04-2014 de manhã .....	52
Figura 45 - Imagem a 3D do trecho em estudo no o dia 28-04-2014 - manhã e tarde ...	53
Figura 46 - Perfis transversais 1 e 2 no dia 28-04-2014 à tarde .....	53
Figura 47 - Perfis transversais 3 e 4 no dia 28-04-2014 à tarde .....	53
Figura 48 – Perfis transversais 1 e 2 no dia 13-05-2014 de manhã.....	54
Figura 49 – Perfis transversais 3 e 4 no dia 13-05-2014 de manhã.....	54
Figura 50 – Imagem a 3D do trecho em estudo no o dia 13-05-2014 – manhã e tarde..	55
Figura 51 – Perfis transversais 1 e 2 no dia 13-05-2014 à tarde .....	55
Figura 52 – Perfis transversais 3 e 4 no dia 13-05-2014 à tarde .....	55
Figura 53 – Perfis transversais 1 e 2 no dia 16-05-2014 de manhã.....	56
Figura 54 – Perfis transversais 3 e 4 no dia 16-05-2014 de manhã.....	56
Figura 55 – Perfis 1 e 2 no dia 16-05-2014 à tarde .....	56
Figura 56 – Perfis transversais no dia 16-05-2014 à tarde .....	57
Figura 57 – Imagem a 3D do trecho em estudo no dia 16-05-2014 – manhã e tarde.....	57
Figura 58 – Imagens de modelos de cúspides obtidos no Agisoft.....	58

Figura 59 – Modelo gerado através de fotografias retiradas no local .....	59
Figura 60 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 24-04-2014.....	60
Figura 61 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 28-04-2014.....	60
Figura 62 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 28-04-2014.....	61
Figura 63 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 13-05-2014.....	62
Figura 64 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 13-05-2014.....	62
Figura 65 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 16-05-2014.....	63
Figura 66 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 16-05-2014.....	63
Figura 67 - Localização dos perfis transversais.....	64
Figura 68 - Perfis transversais nos dias 14 e 24 de abril .....	65
Figura 69 - Perfis transversais no dia 28 de abril .....	66
Figura 70 - Mapa de diferenças entre manhã e a tarde no dia 28 de abril.....	67
Figura 71 - Perfis transversais no dia 13 de maio .....	68
Figura 72 - Mapa de diferenças entre a tarde e a manhã no dia 13 de maio .....	69
Figura 73 – Perfis transversais 1 e 2 no dia 16 de maio .....	70
Figura 74 - Mapa de diferenças no dia 16 de maio .....	71
Figura 75 – Desenvolvimento do perfil 1 em todas as campanhas .....	72
Figura 76 - Desenvolvimento do perfil 2 em todas as campanhas .....	72
Figura 77 - Desenvolvimento do perfil 3 em todas as campanhas .....	73
Figura 78 - Desenvolvimento do perfil 4 em todas as campanhas .....	73

---

Figura 79 - Modelo obtido no dia 14 de abril.....	74
Figura 80 - Modelo obtido no dia 24 de abril.....	75
Figura 81 - Modelo obtido no dia 28 de abril.....	76
Figura 82 - Modelo obtido no dia 13 de maio .....	77
Figura 83 – Análise e dimensão dos seixos (medição do eixo maior) .....	78
Figura 84 - Escala granulométrica de Wentworth .....	80
Figura 85 - Disposição da praia de Belinho na primeira visita .....	81
Figura 86 -Praia de Belinho no dia 31-01-2014 .....	82
Figura 87 - Desenvolvimento da maré entre os dias 31 de janeiro e 1 de março .....	82
Figura 88 - Imagem de Belinho na segunda visita .....	83
Figura 89 - Imagem de erosão recente da arriba .....	83
Figura 90 - Desenvolvimento da maré entre os dias 1 de março e 14 de abril.....	84
Figura 91 - Existência de uma segunda banqueteta.....	85
Figura 92 - Geometria de cúspide na primeira e segunda campanhas.....	86
Figura 93 - Desenvolvimento da maré entre os dias 14 de abril e 16 de maio.....	86
Figura 94 - Alturas significativas (Hidrográfico, 2014).....	87
Figura 95 - Desenvolvimento do perfil 1 com referência à tipologia de maré.....	88



## ÍNDICE DE TABELAS

---

Tabela 1 – Plano de tarefas de campo .....	45
Tabela 2 - Resultados da análise dimensional .....	79
Tabela 3 - Valores de altura significativa média .....	87
Tabela 4 – Valores máximos de preia-mar nos dias de campanhas .....	88



# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUÇÃO

---

### 1.1 Enquadramento

Desde sempre as regiões litorais apresentam uma importância relevante para a vida humana e seu desenvolvimento, por serem locais onde estão presentes algumas das grandes cidades mundiais e onde se produzem e exploram a maior parte dos recursos marinhos utilizados pelo homem (Almeida, 2013).

É importante, o estudo destas áreas de forma a contribuir para a mitigação de potenciais impactos negativos, que possam advir de variados fatores como uma incorreta ocupação e uso do solo e para a adoção de medidas eficientes de conservação destas áreas.

Com efeito, é fulcral a caracterização da hidrodinâmica, que constitui o primeiro passo em muitos estudos sobre zonas costeiras, dado que as correntes, nomeadamente diferentes estados de agitação e tipologia de maré, determinam o movimento dos sedimentos e das substâncias dissolvidas. Fontes de depósitos desses sedimentos são, por exemplo, as praias que podem receber areia, conchas, seixos, entre outros.

Embora haja muitos estudos sobre as praias arenosas, o mesmo não sucede com as praias de seixos. Como tal, é de extrema importância a abordagem do mesmo.

Na zona costeira de Esposende (NO de Portugal) tem-se assistido, nos últimos anos, à migração das praias para o interior, ao recuo do cordão dunar e à gradual substituição das praias arenosas por praias de seixos, cuja permanência é, atualmente, constante no segmento costeiro a norte do rio Cávado e a sul da foz do rio Neiva.

A génese e as alterações morfodinâmicas associadas a estas praias ainda se apresentam com muitas interrogações, como refere Loureiro (2006) pelo que o presente

trabalho pretende constituir um contributo para o aumento do conhecimento do comportamento destes sistemas complexos, conforme já referido.

Deste conhecimento poderão surgir alternativas às soluções técnicas de defesa clássicas utilizadas na engenharia costeira, caso se conclua da sua maior resiliência para as condições de agitação da costa Portuguesa.

A dinâmica das praias arenosas e de seixos tem sido estudada principalmente com recurso à observação de perfis transversais de praia que se repetem periodicamente, obtidos com métodos usuais de levantamentos topográficos, normalmente de elevado custo.

Foram realizados levantamentos topográficos, utilizando-se um equipamento DGPS (Trimble Geo-XR). O processamento de dados foi realizado com o software Arcgis e foram ainda obtidos modelos 3D complementares recorrendo a fotografias obtidas no local com o software Agisoft Photoscan.

## **1.2 Objetivos do trabalho**

O objetivo geral do trabalho consistiu na caracterização de perfis transversais aferindo as alterações morfológicas em diferentes estados de agitação e tipologia de maré, nomeadamente em oito campanhas distintas. Estas campanhas foram realizadas em quatro datas distintas tendo sido efetuados dois levantamentos em cada uma das datas. Estes foram realizados em duas baixa-mar sucessivas em períodos de marés vivas e mortas.

A presente dissertação está organizada em cinco capítulos.

No primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema abordado nesta dissertação, são apresentadas as motivações e objetivos do trabalho e a organização do documento escrito.

No segundo capítulo caracterizam-se fenómenos relativos aos processos físicos e morfodinâmica em sistemas costeiros. Contém ainda uma descrição dos programas e dispositivos utilizados para recolha de dados de campo.

No capítulo três, apresenta-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento desta dissertação onde se descrevem, de forma sintética todos os processos efetuados para atingir os objetivos propostos. Apresenta-se uma descrição da área em estudo e a descrição da metodologia dos levantamentos topográficos, processamento de dados, obtenção de modelos 3D através de fotografia e análise das dimensões da camada de seixos superficial.

O quarto capítulo é dedicado à apresentação de resultados obtidos no trabalho e posterior análise, designadamente comparação dos perfis transversais das diferentes campanhas, da deposição dos seixos nos mesmos períodos de análise e ainda referência aos modelos conseguidos através de fotografias recolhidas no local e posterior processamento.

No quinto capítulo, são apresentadas as principais conclusões retiradas do estudo desenvolvido, considerando os resultados obtidos e ainda algumas sugestões consideradas de interesse para futuros trabalhos.



# CAPÍTULO 2

## 2. HIDRO E MORFODINÂMICA EM SISTEMAS COSTEIROS

---

### 2.1 Agentes hidrodinâmicos impulsionadores de alterações morfodinâmicas

Em seguida, de uma forma sintética irão ser abordados alguns dos fatores considerados mais preponderantes para as alterações morfológicas das praias.

#### 2.1.1 Correntes Oceânicas provocadas pela tensão do Vento

O movimento das massas de água oceânicas resulta da ação de todas as forças que sobre elas atuam (Ferreira, 2005).

Estas forças agem sob a forma de transferência de energia, mecânica e térmica, apresentando as interações entre o oceano e a atmosfera um papel preponderante.

Podemos classificar as correntes criadas em correntes celulares ou giros no centro das bacias oceânicas muito parecidos com as células de circulação dos ventos, e as correntes criadas nas margens ocidentais e orientais das bacias.

A transferência de energia cinética da atmosfera para o oceano traduz-se pela tensão do vento (T). A tensão correspondente à força exercida pelo vento à superfície do oceano, através do efeito de atrito, é uma força proporcional ao quadrado da velocidade (V) do vento.

$$T = c \times V^2 \quad [ 1 ]$$

O coeficiente de proporcionalidade (c) depende da turbulência do ar e portanto da sua instabilidade. O efeito de atrito exercido pelo vento é o principal responsável pela circulação oceânica superficial.

Um cálculo aproximado da corrente superficial gerada pelo vento daria valores da ordem dos 3% da velocidade do vento. Por sua vez, o efeito do vento à superfície da água acaba por ser transmitido para as camadas subjacentes. Assim, pouco a pouco, toda a camada de mistura é colocada em movimento (Ferreira, 2005).

### **2.1.2 Ondas**

As ondas observadas nos oceanos (ondas marinhas/oceânicas) e lagos são ondas mecânicas produzidas pela força motriz dos ventos, movimentos da crosta terrestre (terramotos e maremotos) e forças astronómicas. A criação dessas ondas tem a participação da gravidade e da capilaridade que atuam como forças restauradoras do nível do mar. Sem a ação das forças restauradoras uma dada porção do mar que se elevasse pela ação das forças motrizes permaneceria elevada indefinidamente (Gomes, 2003).

Com a ação da gravidade, uma porção elevada da superfície do mar é empurrada forçando a água para baixo, provocando uma elevação do nível do mar na porção vizinha. Consequentemente, à medida que uma crista de onda está a ser forçada para baixo, uma porção de água próxima a esta eleva-se, o que provoca a propagação das ondas.

A capilaridade deve-se à tensão superficial da água. A causa da tensão superficial é a polaridade efetuada pela molécula de água. Moléculas vizinhas são fortemente atraídas entre si, com o lado negativo de uma molécula a ser atraído pelo lado positivo de outra. Esta atração atua como força restauradora, atraindo/puxando as moléculas de água. Comparativamente com a gravidade, a força restauradora da tensão superficial é exígua. Porém, para ondas muito pequenas, com pouco peso, com comprimentos de onda menores que 2 cm, a tensão superficial é a força restauradora predominante. Essas ondas são denominadas capilares e possuem a interessante propriedade de viajarem mais rápido quanto menor for a onda (figura 1), o que é o oposto das ondas gravitacionais.

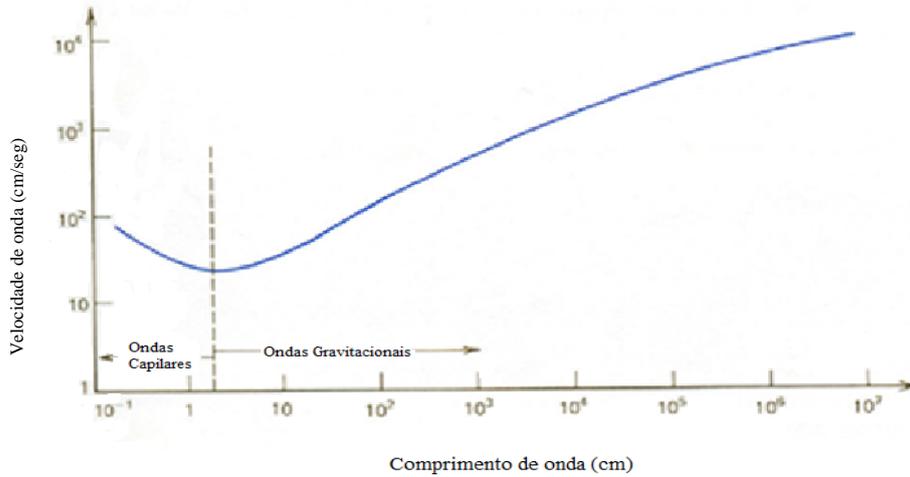


Figura 1 - Relação altura e velocidade de propagação da onda (Gomes, 2003)

Na figura 2, são apresentadas as características geométricas das ondas, onde subsequentemente se dará um breve definição para cada uma delas.

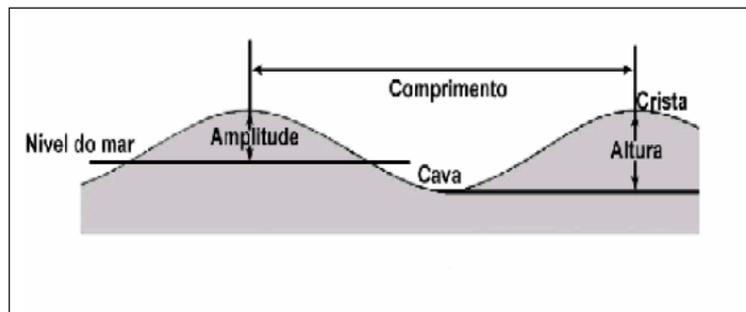


Figura 2 - Características das ondas (Gomes, 2003)

A Crista é o ponto mais elevado da onda. A Cava/vale corresponde à depressão entre duas cristas. Altura (H), é a distância vertical entre uma crista e uma cava/vale contígua. O Comprimento ( $\lambda$ ) é a distância horizontal entre qualquer ponto de uma onda e o ponto correspondente da onda seguinte. A Inclinação é a razão entre a altura e o comprimento ( $H/\lambda$ ). O Nível basal do mar é o nível médio da superfície do mar na ausência de ondas. A Amplitude (T) é deslocamento vertical medido a partir do nível

basal do mar. O Período é o tempo que um comprimento de onda leva para passar por um ponto estacionário. A Velocidade de propagação é a velocidade com que uma onda passa por um ponto estacionário.

### **2.1.3 Vento e a sua influência na quebra das ondas**

O vento, é um fator que influencia diretamente o tipo de quebra que a onda vai ter na rebentação. A influência dos ventos direcionados da terra para o mar (vento terral) sobre as ondas na rebentação, favorecem a formação de ondas tipo mergulhante, enquanto ventos na direção oposta (vento mareiro) favorecem a quebra de ondas tipo deslizante. Isto ocorre até um determinado nível de intensidade do vento. Quando acontece a mudança deste padrão para ventos muito fortes, os ventos terrais causam o retardamento da quebra de crista da onda e o tipo de quebra passa a ser deslizante. Já ventos muito fortes provenientes do mar resultam na aceleração da quebra da crista, resultando assim em ondas mergulhantes.

### **2.1.4 Refração das ondas**

A diminuição da velocidade das ondas após as mesmas penetrarem águas pouco profundas, provoca uma mudança na direção do transporte. A porção da onda que chega primeiro a águas pouco profundas diminui a velocidade e a porção que ainda está em águas profundas mantém-na. Com efeito, as ondas mudam a sua direção, voltando-se para as áreas pouco profundas à medida que diminuem a velocidade. Por esse motivo todas as ondas parecem vir da mesma direção, frontalmente à praia, independentemente de onde foram originadas. Esta deflexão das ondas à medida que atingem águas pouco profundas é denominada de refração (figura 3). Em costas recortadas (figura 4), as ondas parecem concentrar-se nos pontos mais avançados. Isto ocorre, porque as ondas encontram águas pouco profundas primeiramente nesses pontos, mudando a direção para essas regiões. Consequentemente, a energia das ondas concentra-se nesses pontos e os fundos das baías são analogamente mais calmos.

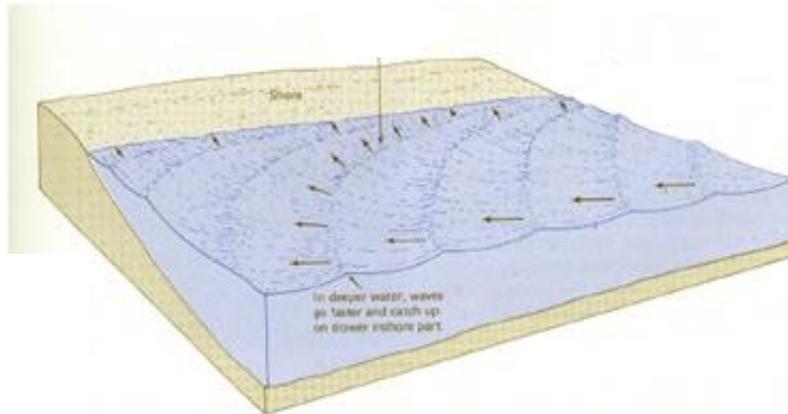


Figura 3 - Refração de ondas (zonacosteira, 2009)

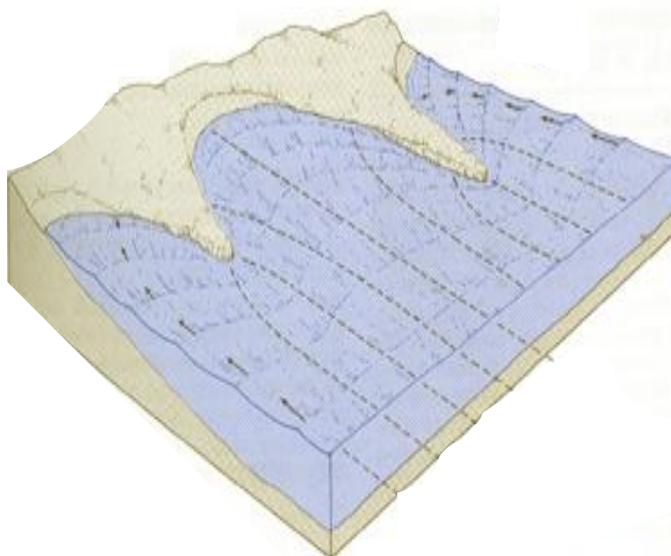


Figura 4 - Refração de ondas num litoral recortado (zonacosteira, 2009)

### 2.1.5 Tipos de quebra de ondas

O tipo de quebra é dependente do declive da praia, do comprimento, período, altura e declividade da onda.

À medida que o trem de ondas (onda periódica) se aproxima da costa, as ondas que vêm à frente entram em águas menos profundas e diminuem a velocidade. De referir que 'trem de onda' é um conjunto diferente de frequências de ondas que se propagam na mesma direção, são por exemplo os círculos formados por uma pedra, quando esta é

lançada à água, ou por exemplo as ondas geradas com o passar dum barco. Como corolário, as ondas que vêm atrás começam a aproximar-se e a distância entre elas diminui. A água e a energia de cada onda concentram-se numa zona estreita e as ondas empolam. As ondas podem empolar de tal modo que se tornam instáveis e quebram. Em geral, quebram quando atingem uma profundidade equivalente a 1.3 vezes a altura desta. Em águas profundas, as ondas quebram quando a razão entre a sua altura e comprimento ultrapassa  $1/7$ . As ondas na zona de rebentação são denominadas de acordo com a forma que elas assumem ou conforme o modo como elas quebram, que pode ser abrupto ou suave. A zona de rebentação é aquela porção do perfil de praia caracterizada pela ocorrência de quebra de ondas.

Na figura 5, pode visualizar-se diferentes formas de quebra de ondas.

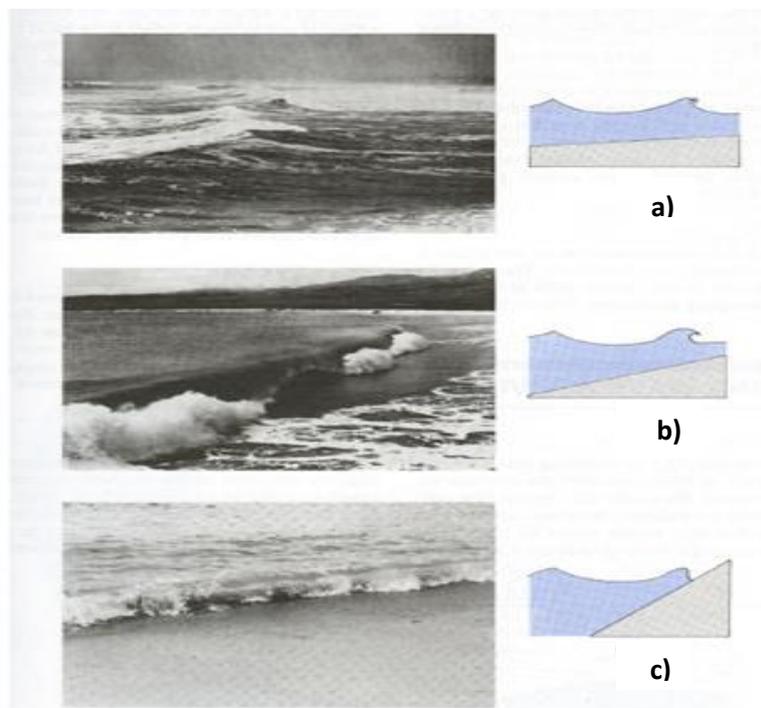


Figura 5 - Diferentes formas de quebra de ondas (Muehe, 2001)

**Rebentação do tipo deslizante - a)**

A onda começa a quebrar relativamente longe da beira da praia, de um modo suave como se espalhando pela água, formando um longo rasto de espuma. Em praias pouco

profundas, pouco inclinadas, as ondas começam a quebrar a uma grande distância da linha de água, como que deslizando sobre a mesma, motivo pelo qual são chamadas de deslizantes. As ondas deslizantes aumentam a insegurança quanto mais altas forem. (Muehe, 2001).

**Rebentação do tipo mergulhante ou tubular - b)**

Conforme Muehe (2001), a onda quebra abrupta e violentamente, formando um tubo que desaba na quebra. Em praias intermédias, de inclinação moderada, as ondas quebram como um caixote, muito próximas da linha de água, formando um tubo que se fecha abruptamente, gerando grande turbulência. As ondas do tipo tubular oferecem um impacto muito forte a quem o recebe e, são perigosas principalmente para crianças e idosos. Banhistas sem pré-aviso também podem ser surpreendidos pela violência do impacto e serem derrubados.

**Rebentação do tipo ascendente – c)**

Ocorre em praias de declividade tão alta que a onda não chega propriamente a quebrar, ascendendo sobre a face da praia e interagindo com o refluxo das ondas anteriores (Muehe, 2001).

Sendo as praias ambientes tão variáveis no tempo e espaço, qualquer tentativa de delimitar os seus subambientes deve levar-se em consideração os agentes causadores de tais mudanças; ou seja, os processos hidrodinâmicos dominantes. Distinguem-se numa praia, as seguintes zonas:

- zona de rebentação (breaking zone);
- zona de surf (surf zone);
- zona de espraiamento (swash zone.)

**Zona de rebentação:** ao aproximar-se de águas progressivamente menos profundas, as ondas incidentes tendem a diminuir a sua velocidade e ganhar altura, até que a velocidade na crista da onda exceda a velocidade de grupo da mesma, ponto no qual quebrará. A

zona de rebentação é aquela porção do perfil de praia caracterizada pela ocorrência deste processo, que representa o modo de dissipação energética da onda sobre a praia.

**Zona de surf:** a caracterização da zona de surf numa praia, depende diretamente do modo de dissipação energética das ondas incidentes, isto é, do tipo de quebra. Em praias de baixa declividade, as ondas que inicialmente quebraram, tornam-se a formar em ondas de maiores dimensões, espalhando-se ao longo da zona de surf em decaimento exponencial de altura, até atingir a linha de praia. Durante este percurso, grande parte da energia é transferida para a geração de correntes longitudinais e transversais à praia.

A menos que a rebentação seja pontual ou muito estreita numa praia, é impossível dissociá-la da zona de surf. De facto, em praias de inclinação muito suave (dissipativas) ou de bancos arenosos múltiplos os processos da zona de surf misturam-se aos de rebentação, formando uma zona única.

**Zona de espraçamento:** a zona de espraçamento pode ser identificada como aquela região da praia delimitada entre a máxima e a mínima excursão das ondas sobre a face da praia. Os processos do espraçamento, têm importância fundamental para a engenharia costeira e para estudos quantitativos, por representarem as condições de contorno do ambiente da praia e por determinarem os níveis máximos de atuação dos agentes hidrodinâmicos do surf sobre a praia.

Acima do limite superior da zona de espraçamento (em situação de bom tempo) pode ocorrer uma ou várias bermas, as quais são formas de construção originadas em situação de tempestade ou de marés vivas excepcionais. (figura 6).



Figura 6 - Exemplo de uma berma de tempestade

### **2.1.6 Marés**

As marés são movimentos ondulatórios periódicos da água, mais sensíveis junto à costa do que no mar alto, mas que afetam a totalidade dos mares e oceanos. O fenômeno já era conhecido na antiguidade, contudo a sua explicação só foi possível depois de Isaac Newton ter formulado a Lei da Gravitação Universal em 1687 que diz que cada partícula de matéria do Universo atrai todas as outras com uma força diretamente proporcional ao produto das massas das partículas consideradas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa (Modolo, 2007).

As forças exercidas pelo Sol e pela Lua atraem todos os corpos situados sobre a Terra, e portanto a massa de água dos oceanos, provocando o fenômeno das marés. O Sol tem uma massa 27 milhões de vezes maior que a Lua, mas ele encontra-se a 152 milhões de km da Terra, daí que a força exercida pela Lua seja mais do dobro da que é exercida pelo Sol (aplicação da lei da gravitação universal).

A força de atração conjunta do Sol e da Lua exercida sobre o oceano é a resultante entre a força de atração astronômica e a força centrífuga terrestre. Em função da rotação do globo terrestre e do movimento dos astros perturbadores, esta força pode influenciar o ciclo das marés de 2 maneiras:

- em amplitude;
- com variação de periodicidade.

São as variações das posições respetivas do Sol e da Lua em relação à Terra que comandam o ciclo das marés, embora todos os astros o possam influenciar. De cada vez que a Lua passa pelo meridiano de determinado lugar na Terra, o efeito de maré (preia-mar) só se faz sentir um pouco mais tarde devido ao efeito de inércia e de atrito da água nas bacias. Sempre que a Lua nasce ou se põe relativamente a esse mesmo lugar dá-se a baixa-mar.

Em cada momento, há sempre duas marés altas na Terra. A maré direta, no lado voltado para a Lua, e a maré indireta no lado diametralmente oposto. Em qualquer ponto de todas as bacias oceânicas sucedem-se ondas de maré de amplitude variável.

As grandes marés ou marés vivas são aquelas cuja amplitude é a maior do ciclo lunar (o ciclo tem 28 dias) e correspondem ao momento de conjugação ou de oposição das atrações solar e lunar. Isso acontece quando a Lua, o Sol e a Terra se encontram alinhados. Nestes momentos particulares, as forças de atração do Sol e da Lua adicionam-se (figuras 7 e 8). Esta posição particular denomina-se sizígia. Corresponde à Lua cheia (marés vivas máximas) e à Lua nova (marés vivas menores). No momento da sizígia, a amplitude da maré é maior.



Figura 7 - Atração exercida pela Lua (works, 2007)

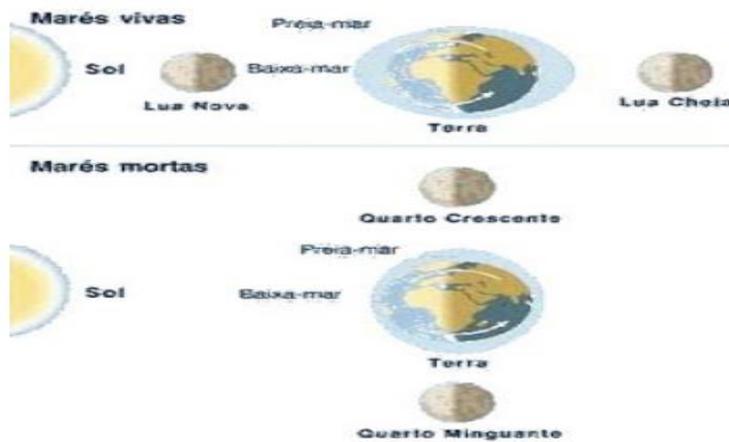


Figura 8 - Efeito da Lua e so Sol nas marés (works, 2007)

Na imagem subsequente (figura 9), podemos constatar com facilidade, qual o efeito das forças gravitacionais exercidas pelos astros. Vendo em A o planeta Terra isolado, em B só com a influência da Lua e em C a influência da Lua e Sol em simultâneo.

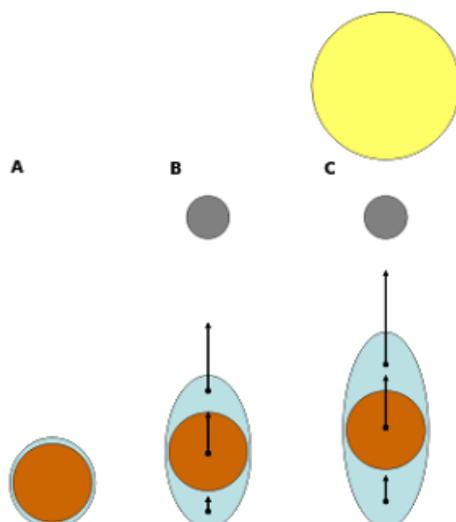


Figura 9 - Efeito das forças gravitacionais sobre os astros (works, 2007)

### 2.1.7 Formas de erosão e de deposição

As zonas costeiras (figura 10) ou zonas da orla marinha caracterizam-se por uma intensa atividade geológica provocada pelo mar. O movimento das ondas, a subida e descida rítmica do nível das águas resultantes das marés e as correntes marinhas resultantes do movimento das águas de uns locais para os outros da superfície da Terra provocam um profundo desgaste do material da superfície continental em determinadas zonas costeiras e a sua deposição noutros locais, por vezes muito distantes da sua origem.

A ação do mar sobre o litoral é essencialmente mecânica e designada por abrasão marinha. A abrasão é caracterizada por um desgaste provocado pela rebentação das ondas nas rochas, sendo esta particularmente intensa quando as ondas transportam partículas que são atiradas contra as rochas. Origina-se assim, um pequeno escarpado nas rochas duras, formando-se na sua base, uma pequena plataforma rochosa que se inclina em direção ao mar, situando-se abaixo do nível das águas. A presença de um escarpado elevado na linha de costa pode originar, por escavação das ondas, plataformas com solo rochoso na base do escarpado, que se denominam plataformas de abrasão (Leão, 2009).



Figura 10 - Zona costeira (maisbiologia, 2009)

A erosão e a deposição de sedimentos são conducentes a formas de relevo características, das quais se salientam:

- as praias resultantes da acumulação de sedimentos de dimensões variadas, a grande maioria dos quais de origem fluvial. Estes locais impedem o avanço do mar e constituem ecossistemas com grande diversidade.
- as arribas, resultantes da intensa erosão marinha (figuras 11 e 12 respetivamente). As arribas são faixas de litoral escarpado, muito íngreme, constituídas por material rochoso consolidado e com escassa cobertura vegetal, onde o efeito da erosão marinha se faz sentir de forma intensa (figura 11). Na figura 12, temos o exemplo duma arriba arenosa.

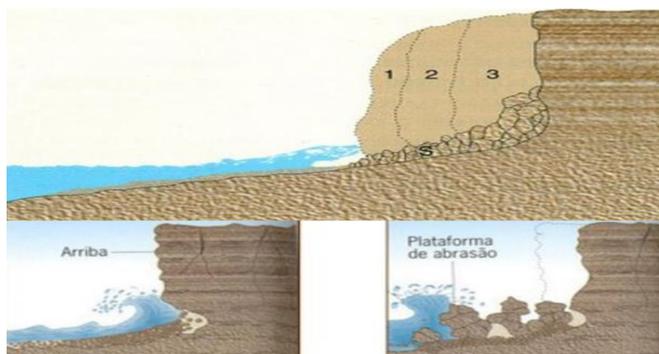


Figura 11 - Erosão de arriba por influência da agitação marítima (maisbiologia, 2009)



Figura 12 - Erosão de duna na praia de Belinho, 2014

Através da exposição das raízes, é possível constatar que a erosão é recente.

As formas de acumulação de sedimentos ao longo das costas incluem, entre outros, praias, restingas, ilhas-barreira e tômbolos.

Nas praias, com acumulações predominantemente de areias de grão fino e grosso, o movimento oscilatório das ondas marinhas provoca ondulação dos materiais arenosos. Como já referido, as praias são constituídas por acumulação de materiais transportados pelo mar, resultando de uma interação entre a litologia, a forma da costa e a dinâmica das ondas. Os materiais detríticos são submetidos a uma seleção granulométrica, à medida que se afastam do litoral. Assim, os materiais de maior dimensão, como blocos, seixos e areias, são transportados e atirados para a praia, predominantemente, por rolamento e projeção (Leão, 2009).

Na figura 13, pode verificar-se uma disposição de granulometria em função da inclinação.

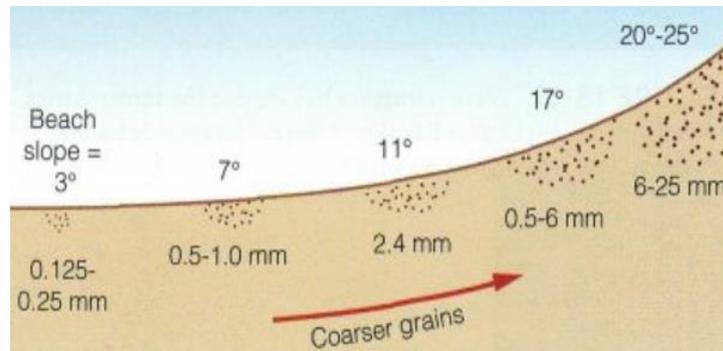


Figura 13 - Disposição granulométrica (Modolo, 2007)

A figura 14 ilustra, que os sedimentos de maiores dimensões encontram-se em direção ao interior.



Figura 14 - Praia de Belinho, 2014

## 2.2 Morfodinâmica de Praias

A morfodinâmica de praias varia em função de parâmetros oceanográficos: ondas, maré, correntes marinhas e também por parâmetros meteorológicos: ventos, chuvas, tempestades, entre outros. Perante este cenário a praia pode sofrer variações de estado, conforme se poderá constatar subsequentemente (2.2.1), com detalhe.

### 2.2.1 Generalidades

Os trabalhos de Short (1979;1988; apud Muehe, 2001) Wright et al. (1982, 1985, apud Muehe, 2001) e Wright e Short (1983, 1984, apud Muehe, 2001) destacam a complexidade da dinâmica na zona de surf. Além das ondas incidentes, de carácter oscilatório, os pesquisadores admitem a existência de ondas de diferentes frequências, de carácter quase oscilatório (ondas estacionárias e ondas de borda) na definição da morfologia das praias.

A interação das ondas incidentes e as de carácter quase-oscilatório com as correntes de retorno (*rip currents*), longitudinais (*longshore currents*), geradas por ventos locais, e correntes de marés (*tidal currents*) desenvolvem um complexo fluxo dando origem a diferentes comportamentos morfodinâmicos (Figura 15).

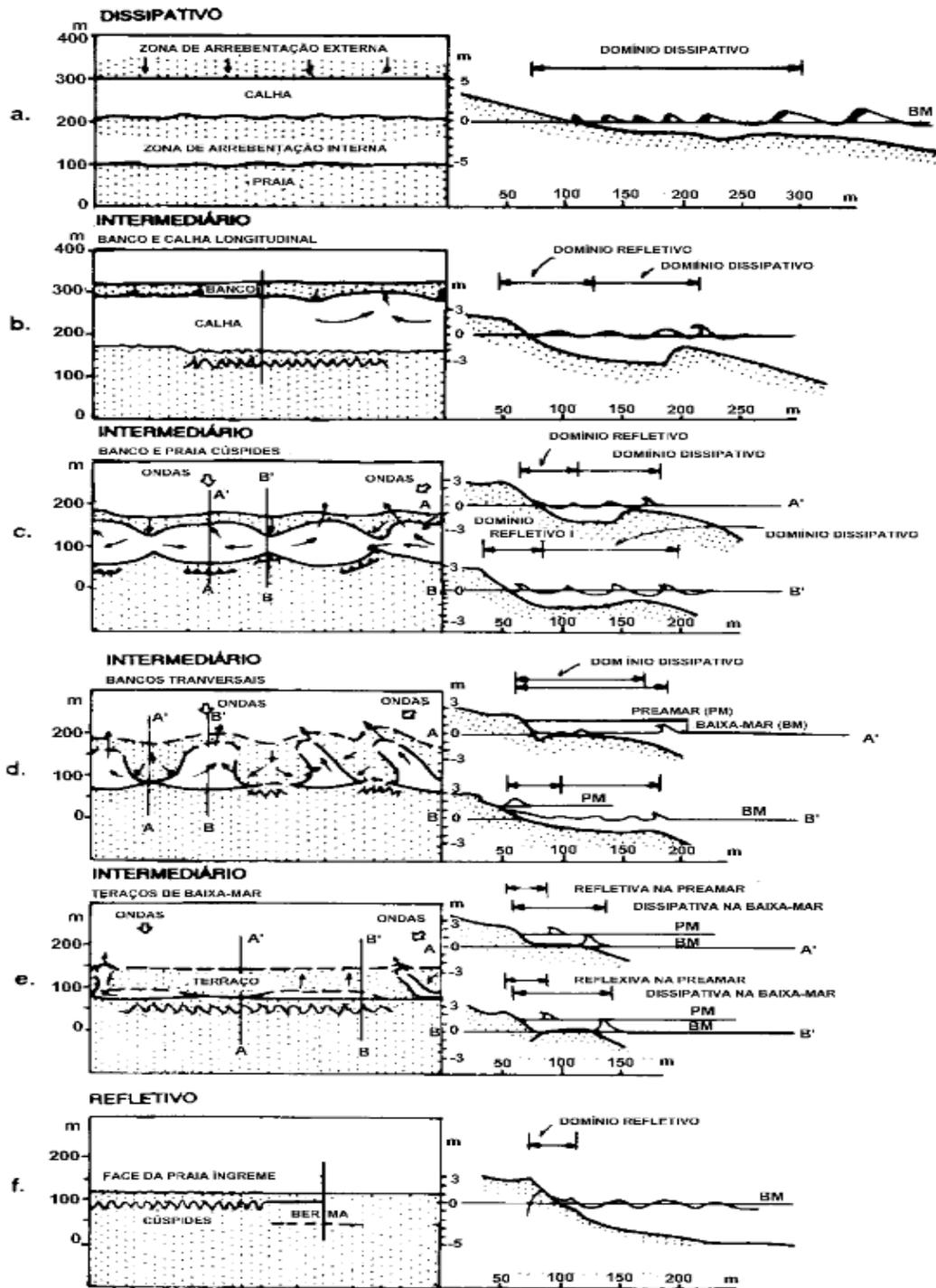


Figura 15 - Estados morfodinâmicos das praias segundo Wright et al. (1979, apud Muehe, 2001)

Observam-se os estados dissipativo, intermédios de banco e calha longitudinal, banco e praia de cúspide, bancos transversais, terraço de baixa-mar e refletivo.(Muehe 2001).

O estado morfodinâmico dissipativo é representado por praia emersa e zona de surf de baixa declividade e bem larga, submetida à ação de ondas deslizantes (*spilling*) e com sedimentos finos. Ondas estacionárias e infra gravitacionais estão usualmente presentes (Muehe, 2001).

Os quatros estados intermédios exibem simultaneamente características dissipativas e refletivas. Foram reconhecidos por Wright et al. (1979 apud Muehe, 2001) os estados morfodinâmicos com barra e calha longitudinal (*longshore bar and trough*), com barra e praia rítmicos (*rhythmic bar and beach*), com barra transversal e corrente de retorno (*transverse bar and rip*) e com terraço de baixa-mar (*low tide terrace*). Em conjunto, os estados intermédios formam uma sequência cíclica de transferência sedimentar da praia para a zona submersa, durante fases de alta energia das ondas e, da zona submersa para a praia durante fases de menor energia das ondas. A dissipação aumenta com o incremento da altura da onda e com a diminuição da declividade do fundo, enquanto que a reflexão aumenta com a maior declividade da zona de surf, resultado da transferência dos sedimentos da zona submersa para a praia (Muehe, 2001).

Conforme Muehe (2001), dessas fases de praia propostas por Wright et al. (1979), os estados intermédios com banco e calha longitudinais (*longshore bar and trough*) e com banco e praia rítmicos (*rhythmic bar and beach*) podem desenvolver-se a partir de um perfil dissipativo numa sequência acrecional do perfil de praia. A face da praia é mais íngreme do que no perfil dissipativo todavia, diferente do estado dissipativo. As ondas apresentam duas zonas de rebentação, uma antes do banco e outra após a calha. A face da praia mais íngreme apresenta, localmente, características refletivas. Ondas cujo rácio entre a altura e o comprimento (H/L) da mesma é alto, espraiam-se na face da praia, ao passo que ondas onde esta relação é baixa, sofrem colapso nas proximidades da base da face da praia. O desenvolvimento de cúspides praias na porção emersa é frequente.

O estado com barra transversal e corrente de retorno (*transverse-bar and rip*) desenvolve-se preferencialmente, em sequências acrecionais quando as barras se juntam à face da praia. A morfologia resultante é uma alternância lateral entre bancos transversais

à praia em forma de cúspides, com características dissipativas e embaixamentos mais profundos com características refletivas. Correntes de retorno atingem maior desenvolvimento neste estado (Muehe, 2001).

O estado com terraço de baixa-mar (*low tide terrace*) é caracterizado por uma acumulação plana de areia, no nível de baixa-mar ou um pouco abaixo. Sobre o terraço, por ocasião da baixa-mar, a praia apresenta-se moderadamente dissipativa e durante a preia-mar apresenta-se refletiva. Correntes de retorno de baixa velocidade podem estar presentes (Muehe, 2001).

Na maioria dos estágios, podemos observar o desenvolvimento de cúspides. Essas cúspides podem ser geneticamente de dois tipos: aquelas formadas pelo sistema de circulação da antepraia inferior (*nearshore*), chamadas de cúspides da “zona de surf” (“*surfzone*” *cusps*) ou cúspides gigantes (*giant cusps*) com escalas de centenas de metros e, aquelas formadas sobre a face da praia e berma pelo espraiamento e refluxo, chamadas de cúspides de espraiamento (“*swash*” *cusps*), com escala de poucos metros (Inman e Guza, 1982). Ambas mostram uma morfologia similar e são essencialmente características subaéreas da praia, sem nenhum componente submaré (*subtidal*) (Komar, 1976 apud Davis, 1985).

As cúspides presentes na área de estudo, são as cúspides de espraiamento, ou simplesmente cúspides, uma das mais intrigantes estruturas morfológicas observadas em praias. Elas mostram melhor o desenvolvimento sobre praias de grãos mais grossos, de pequeno alcance de maré (Komar, 1998) e com grande declive, onde as ondas incidentes produzem uma substancial elevação do espraiamento na face da praia. Associadas às correntes de retorno, apresentam maior desenvolvimento em praias de estado morfodinâmico intermédio com barra transversal (Wright e Short, 1983).

Na figura 16, temos a vista em planta e lateral de formação de cúspides.

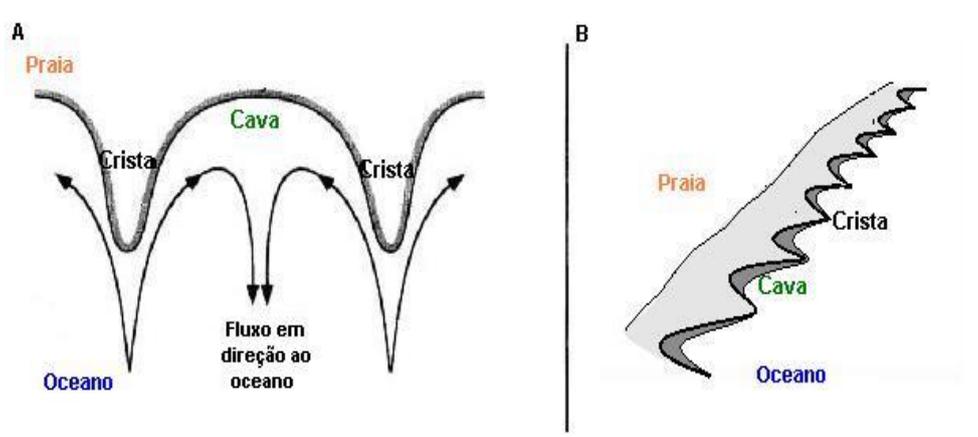


Figura 16 - Planta e vista lateral de cúspides (Holland e Holman, 1996)

Em A (vista superior) - com o padrão de circulação de espraiamento associado à morfologia da cúspide.

Em B (vista lateral) - onde são mostradas as cristas (*Horn*) e as cavas (*embayment*).

### 2.2.2 Praia Refletiva de Seixos

Muitos projetos de investigação têm sido desenvolvidos, em todo o mundo, sobre o comportamento da zona costeira, perante mudanças do nível do mar e tempestades, mas a maior parte dessa investigação diz respeito a sistemas costeiros arenosos. O conhecimento sobre sistemas costeiros de seixos e o seu comportamento perante os mesmos agentes forçadores é menos desenvolvido. Em todo o mundo, a compreensão do comportamento das praias de seixos é ainda muito rudimentar quando comparada com o das praias arenosas (Sherman, 1991). Mas os sistemas de seixos são também afectados pela subida do nível do mar (Orford et al., 2001, 2003; Chadwick et al., 2005), mesmo em condições de elevadas taxas de acreção (Codignotto et al., 2001). A permanência de praias de seixos e blocos será também influenciada pelas tempestades, acontecimentos tectónicos e outros factores que constroem e remodelam estas costas altamente dinâmicas (Orford et al., 2001).

O estado morfodinâmico refletivo é representado por uma praia de alta declividade (como se pode constatar na figura 17), praticamente sem zona de surf, submetida a ondas ascendentes, (*surging* ou *collapsing*) sendo constituídas de sedimentos

grossos (figura 19). As ações de ondas incidentes e infra gravitacionais são predominantes (Muehe, 2001).



Figura 17 - Visualização duma praia refletiva de seixos

Pela figura supra referida pode discernir-se que se trata de uma praia refletiva, não obstante, esta pode sofrer variações de estado, para diferentes estados de agitação e tipologia de maré, entre outros aspetos já precedentemente referidos. A formação das cúspides (figura19) tem também relação com a agitação e o tipo de maré. São portanto de relevância, no que concerne aos processos dinâmicos das praias, isto é, a formação de cavas e saliências intensificam este processo. Na figura 18 temos 3 estados distintos de praias.

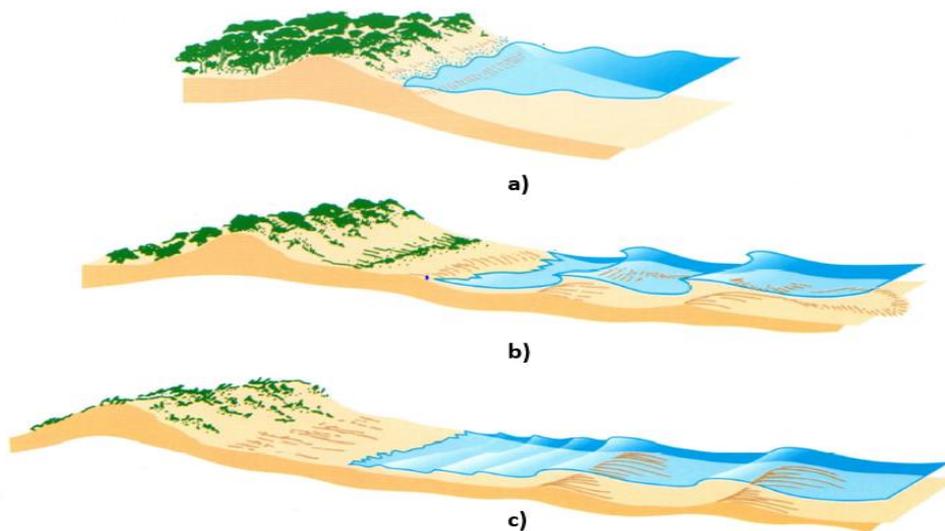


Figura 18 - Três estados de praias – refletivo **a)**, intermédio **b)** e dissipativo **c)** (Hesp, 2001)



Figura 19 - Cúspides, praia de Belinho, 2014

### **2.3 Metodologias de caracterização da morfodinâmica de seixos**

Neste subcapítulo serão apresentadas as ferramentas utilizadas para caracterização da morfodinâmica de praias de seixos..

#### **2.3.1 Levantamento topográfico**

As metodologias de levantamentos topográficos sofreram um forte desenvolvimento desde que ficaram disponíveis as tecnologias baseadas em satélites. Atualmente é possível utilizar a tecnologia DGPS (*Differential Global Positioning System*), para fazer campanhas de maneira precisa. Estas atividades envolvem a demarcação de fronteiras, bem como a definição dos usos ambientais da área. Para estar em conformidade com as leis vigentes, qualquer projeto de grande porte necessita de levantamentos topográficos, e para maior eficácia e precisão, precisa ser executado com o auxílio de equipamento DGPS.

Passos básicos para a utilização dum equipamento GPS (*Global Positioning System*):

- Posiciona-se o GPS num local estável. Determina-se a posição de acordo com as coordenadas do GPS, e deverá fazer-se testes para verificar a precisão. Se o equipamento estiver calibrado e sem obstruções, o ponto de controlo desta ferramenta deve estar preciso e no alvo.
- Em seguida, coloca-se o tripé, ou o recetor da antena que se deseja usar para triangular ou calibrar a área, pode utilizar-se o rover como recetor através da

antena interior integrada. As ferramentas de topografia com GPS possuem pontos de controlo pré-definidos de locais previamente verificados e conhecidos. Podem utilizar esses dados, para criar uma grelha e incluí-los na medição do ponto topográfico que se estiver a medir.

- Posicionam-se os instrumentos para localizar o recetor a partir do GPS, mede-se e demarca-se a campanha usando o sistema. Deve-se ajustar e calibrar se necessário. Demarcam-se os pontos no mapa de campanha e confirmam-se as informações, usando um nível de campanha tradicional ou outras ferramentas de medição, se se desejar.
- Move-se o recetor para o ponto seguinte, e assim por diante, dependendo da área e do número de pontos a serem abrangidos até concluir a campanha. Isto dependerá da localização geográfica e das necessidades do trabalho. Depois de concluir essas medições de controlo, deverão integrar-se as localizações já calculadas pelo GPS com a grelha, para concluir a campanha.

Um levantamento topográfico consiste numa série de operações realizadas com o objetivo de determinar a constituição das partes da superfície da terra que emergem em relação à água. Essa constituição inclui o relevo costeiro e a localização de objetos naturais ou artificiais permanentes e estruturas.

Tal informação é parcialmente obtida pela determinação da posição dos pontos no terreno, o que permite a determinação da sua forma, bem como dos detalhes das estruturas a serem representadas, definindo a sua localização e descrição para serem cartografadas. Outras fontes de dados incluem processos de deteção remota a partir da fotogrametria aérea, outros sensores aéreos ou produtos derivados das imagens satélite. Nestes casos, é necessário criar pontos de controlo no terreno a fim de ajustar as informações para o sistema de georreferenciação pretendido.

O termo topografia muitas vezes tem outras aplicações, por exemplo, em oceanografia, é utilizado para descrever as superfícies do fundo do mar ou os limites de certas características das massas de água. Todos estes significados têm no entanto em comum a descrição das superfícies externas de um corpo físico.

### 2.3.2 Equipamento DGPS Trimble Geo XR

O dispositivo utilizado como objeto de apoio à medição dos pontos atinentes aos perfis transversais que foram estudados na presente dissertação foi o GPS Trimble Geo XR.

O recetor Trimble Geo XR acrescenta um novo olhar à topografia *Global Navigation Satellite System* (GNSS) ao combinar funcionalidade e alta precisão nos trabalhos de campo com flexibilidade e conveniência de posicionamento. Pode ser instalado num bastão topográfico com uma antena externa para poder alcançar uma boa precisão topográfica, quando conectado à tecnologia Trimble VRS, funciona como um telemóvel de rede avançado e muito profícuo.

Se se retirar do bastão, pode conectar-se o recetor sem problemas à antena integrada, converte-se assim numa solução para medição de pontos através do rover, podendo facilmente aceder à câmara integrada de 5 megapixéis.

O modem integrado do Trimble Geo XR permite acesso contínuo à internet e à rede para usar serviços baseados na web, dados RTK como Trimble VRS, uma sincronização segura e envio de arquivos do campo para o gabinete através de Trimble AccessSync.

O Trimble Geo XR inclui um recetor GNSS de 220 canais com capacidade de rastreamento GPS e satélites GLONASS junto com uma antena de dupla frequência (L1/L2) integrada.

Mais características poderão ser consultadas no sítio da Trimble ([trimble.com](http://trimble.com)).



Figura 20 - Recetor Trimble Geo XR

### 2.3.3 Programas de GIS

É de salientar, que todas as atividades geram e têm necessidade de armazenar informações, mas essas informações encontram-se, na maioria das vezes, dispersas por vários sistemas, limitando assim o seu potencial. A solução para a integração e organização de informação geográfica poderá ser conseguida com o auxílio de ferramentas GIS (*Geographic Information Systems*). O GIS combina várias camadas de informações, fornece aos utilizadores uma melhor perceção de uma determinada área e permite a maximização na obtenção da informação, que de outra forma só seria possível através de processos complexos de análise.

Um sistema GIS, integra dados de múltiplas fontes, ajudando os decisores em análises complexas. Mais ainda, o GIS proporciona uma comunicação rápida dos resultados, através de gráficos, mapas e outros mecanismos de apresentação de informação, possibilitando que esta seja instantaneamente percebida por todos os colaboradores de uma organização.

Existem várias soluções ou programas para GIS, tais como: Arcgis, Mapinfo, Geomedia, Grass, Gv SIG, Mapwindow, Quantum GIS, Spring, Saga Gis, iSMART, Terra View, Transcad, VisualSIG, entre outros.

### 2.3.4 Programa Agisoft Photoscan

O programa Agisoft Photoscan é uma solução de modelação 3D com base em imagem. Permite criar um conteúdo 3D a partir de imagens fixas de qualidade. É baseado nas mais recentes tecnologias multi vista de reconstrução 3D. Opera com imagens arbitrárias e é eficiente em ambas as condições, controladas e não controladas. As fotos podem ser feitas em qualquer posição, desde que o objeto a ser reconstruído seja visível em pelo menos duas fotos. Os procedimentos necessários, ou seja os alinhamentos de imagem e modelo de reconstrução 3D, são totalmente automatizados.

O objetivo final do processamento das fotografias com o Photoscan, é construir um modelo 3D, conforme mencionado. O procedimento do processamento de fotografias e construção dos respetivos modelos 3D é composto por quatro etapas principais:

- O primeiro passo é o alinhamento da câmara. Nesta fase o Photoscan procura identificar os pontos em comum nas diferentes fotografias e combiná-las, assim encontra a posição da câmara para cada imagem, refinando os parâmetros associados à câmara e de calibração. Nesta fase é criada uma nuvem de pontos esparsos e um conjunto de posições de câmara.  
A nuvem de pontos não é utilizada diretamente no processo de construção do modelo 3D.  
Não obstante, pode ser exportada para posterior utilização noutros programas. Pelo contrário, o conjunto de posições de câmara é necessária para posterior construção do modelo 3D, pelo Photoscan.
- A segunda etapa é a construção de uma nuvem de pontos densa, com base nas posições de câmara estimados e nas imagens. Estes pontos podem ser editados e classificados, antes da exportação ou de prosseguir para a geração do modelo 3D (*mesh*).
- A terceira etapa é a construção da malha. O Photoscan constrói uma malha poligonal em 3D que representa a superfície do objeto com base na nuvem de pontos. Além disso, é possível ainda a utilização de um método baseado na nuvem de pontos, para geração rápida de geometria com base em pontos isolados da nuvem esparsa. O programa tem dois algorítmicos disponíveis para a geração de

malha 3D. Tendo construído a malha, pode ser necessário editar e proceder a algumas correções tendo o programa várias ferramentas para o fazer.

Para uma edição mais complexa tem que se envolver ferramentas de edição 3D externas. O Photoscan permite exportar a malha, editá-la por outro *software* e importá-la de volta.

- Depois da geração da geometria, isto é, da malha ser reconstruída, pode ser texturada e/ou utilizada para a produção de ortofotos. Estão disponíveis vários modos de texturização.



# CAPÍTULO 3

## 3. METODOLOGIA DE TRABALHO

---

### 3.1 Área de estudo – Praia de Belinho

O caso de estudo localiza-se na praia de Belinho (figura 21), situada a norte de Esposende entre a foz do rio Cávado (sul de Belinho) e a foz do rio Neiva (norte de Belinho), distanciando cerca de 5 km da foz do rio Cávado e estendendo-se até muito próximo da foz do rio Neiva. As coordenadas geográficas do trecho em estudo são: 41°35'04.41''N ; 8°48'14.06''O.



Figura 21 - Localização de Belinho

Trata-se de uma praia de seixos (figura 24), outrora arenosa (figura 23). Esta praia, que sofreu mudanças notórias de carácter morfo-sedimentar num curto espaço de tempo, já foi objeto de outros estudos, nomeadamente de morfodinâmica por Granja (1990), Loureiro (1994), Loureiro e Granja (2001), Granja e Loureiro (2007), da sua relação com a dissipação da energia das ondas (Farrel et al., 2008; Pinho et al, 2004), trajetórias dos sedimentos, a recorrência de sistemas alternantes de praias de areias e de seixos (Granja, 1999; Carvalho et al., 2006; Almeida, 1979, 2005)

Na linha de trabalhos anteriores, esta dissertação tem por objetivo avaliar a morfodinâmica da praia, nomeadamente em diferentes estados de agitação e tipos de maré. A praia é refletiva, com grande declividade (cerca de 20%) e está sujeita a mudança de formas, em função, principalmente, dos tipos de maré e estados de agitação marinha.

Na figura 22 poderemos visualizar um perfil transversal da praia em estudo subdividida pelas suas características.

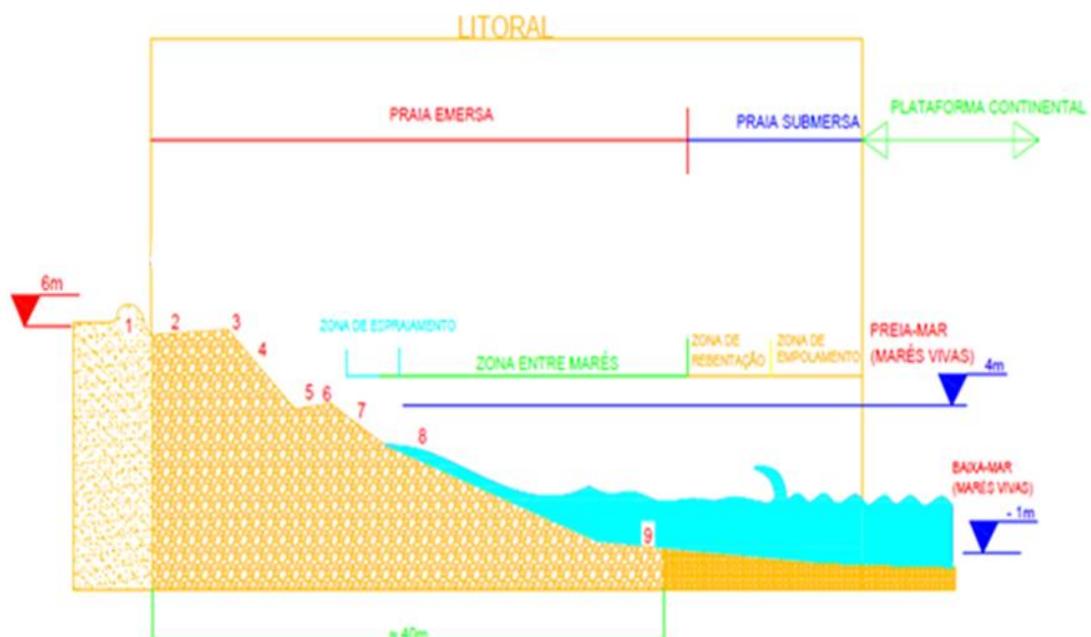


Figura 22 - Subdivisão de uma praia refletiva

Foi desenhado um programa de monitorização que permitiu avaliar alterações de curto termo considerando diferentes estados de agitação e tipos de maré.

Nas figuras 22 e 23, é notória a alteração morfológica da praia num período de vinte anos. Outrora era arenosa, sendo atualmente composta por seixos, apenas com pequenos afloramentos arenosos. É também visível o recuo/erosão da duna, corolário possivelmente de agitação marítima e possivelmente da componente eólica, muito provavelmente formada antes do aparecimento do depósito de seixos.



Figura 23 - Praia de Belinho (Loureiro, 1994)



Figura 24 - Belinho, 2014

### 3.1.1 Levantamentos topográficos - DGPS

Foram efetuadas 5 campanhas, tendo sido realizadas em datas selecionadas em conformidade com as características de maré. Com efeito, foram escolhidos dias de marés vivas permitindo uma maior exposição da praia.

Numa primeira fase, procedeu-se ao levantamento topográfico através de GPS, obtendo pontos devidamente referenciados no terreno. De relembrar que o GPS é na atualidade o sistema de posicionamento global mais difundido e utilizado. Pode ainda, para uma maior precisão do GPS utilizar-se a técnica de correção diferencial (DGPS) que consiste na suposição de que o erro na determinação de um ponto seja semelhante a todos os recetores situados num raio predefinido, tendo sido esta a opção utilizada no trabalho realizado. Neste sistema um receptor GPS base é instalado num local devidamente geo-referenciado, conferindo o conhecimento da diferença entre a posição obtida pelo recetor base e a posição real do equipamento, permitindo assim a correção diferencial do erro. Para apoio, servimo-nos em tempo real da rede militar (IGEOE). O modo de medição escolhido foi em contínuo, usando-se equidistâncias de registro de pontos de um metro. Na figura subsequente (figura 25) apresenta-se, a título ilustrativo, recorrendo ao Google Earth os pontos levantados numa das campanhas.



Figura 25 - Trecho em estudo

Após as diferentes campanhas, todos os valores obtidos foram convertidos para formato shapefile e devidamente processados no Arcgis.

### 3.1.2 Processamento Arcgis

No presente trabalho foi utilizado no processamento de dados o programa Arcgis.

Este programa é uma ferramenta que conjuga muita das potencialidades GIS com grande simplicidade de processos, conjugando os procedimentos para a visualização, exploração e análise de informação espacial.

Durante este trabalho foram utilizadas e exploradas as seguintes principais tarefas:

- Capacidade de visualização de dados geográficos;
- Utilização de expressões lógicas;
- Seleção de elementos utilizando relações espaciais;
- Edição de dados espaciais;
- Importação de elementos para uma *geodatabase*;
- Criação de novas classes de elementos;
- Associação de tabelas através de ‘joins and relates’;
- Produção de mapas, relatórios e gráficos.

Todos os valores adquiridos através do GPS serão importados para o Arcmap como se pode visualizar na figura 26.

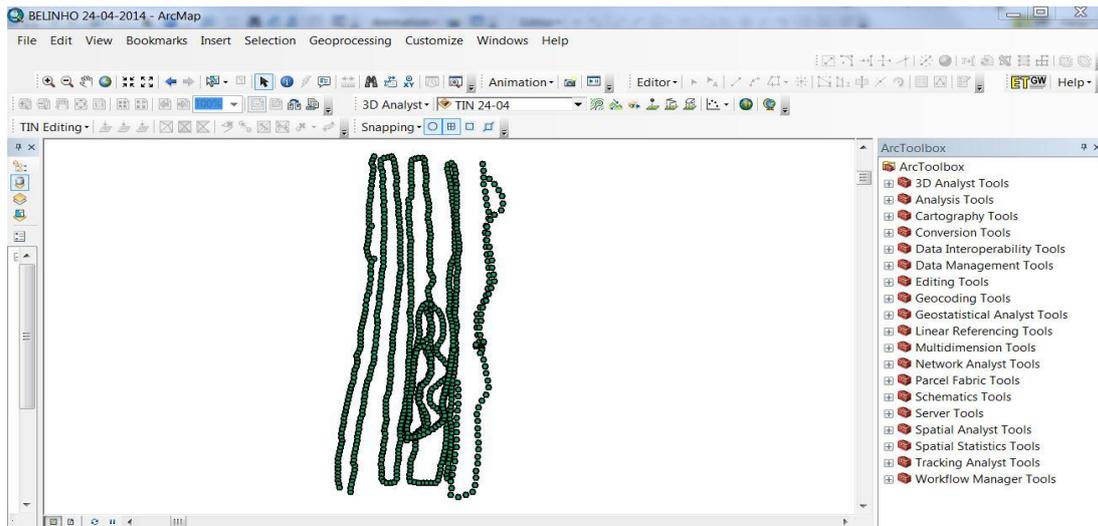


Figura 26 - Importação de dados para o Arcgis.

Posteriormente convertem-se os pontos para uma superfície 3D em formato TIN (*Triangular Irregular Network*). Para tal abre-se o Arc Toolbox, como está referenciado na figura precedente do lado direito, clica-se em *3D Analyst Tools*, *Data Management* e em seguida em *create TIN*. Carrega-se a *shapefile* com os pontos e o *software* transforma os pontos numa superfície tridimensional como se poderá ver subsequentemente na figura 27. Pode ainda converter num elemento *Raster* usando a ferramenta, *from TIN to Raster*. O objeto pode assim ser exportado em 3D para outro *software*.

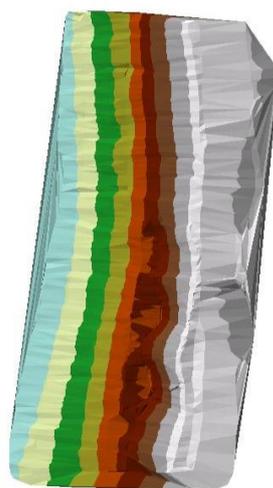


Figura 27 - Visualização do trecho em estudo dividido por diferentes classes de cotas

Podem ainda gerar-se curvas de nível, em *3D Analyst Tools, Triangulated Surface* e em seguida *Surface Contour*. Geram-se assim as curvas de nível, contudo é ainda possível melhorar a visualização das mesmas, procedendo à sua suavização em *Cartography Tools, Generalization* e por fim em *Smooth Line*, para posteriormente gerar um mapa conforme apresentado na figura 28.

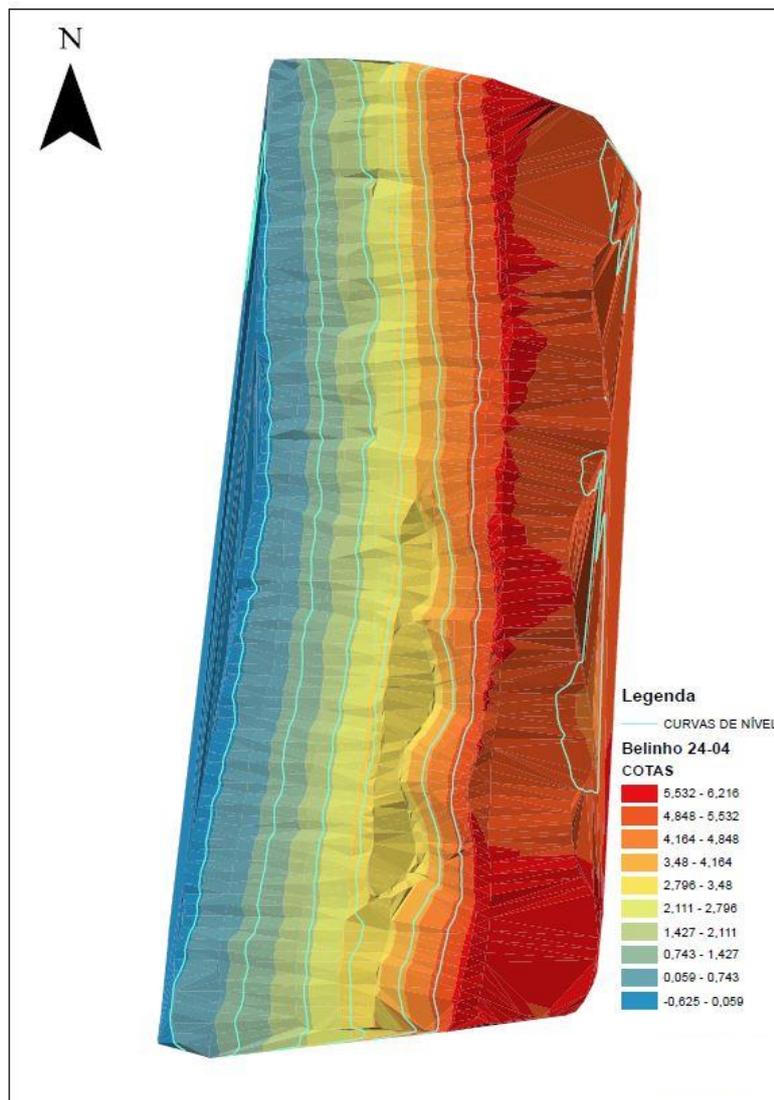


Figura 28 - Visualização do resultado do processamento dos dados levantados no dia 24-04-2014

É ainda possível proceder ao cálculo das diferenças entre resultados obtidos em duas campanhas distintas. Para tal, basta criar um polígono, a partir das curvas de nível no Arcmap ou transferi-las para Autocad. Em *Spatial Analyst Tools*, faz-se *Extraction by*

*mask* e posteriormente com o comando *Raster math*, em *Raster minus* calcula-se a diferença (figura 30) entre as campanhas.

Por fim, e apenas abordando algumas das potencialidades do programa, podemos ainda gerar perfis transversais em alinhamentos selecionados, através do comando *interpolate line*. Pode converter-se os resultados para formato Excel, entre outros formatos possíveis (figura 29). Na presente dissertação foram escolhidos locais mais suscetíveis a alterações morfodinâmicas, como tal no sentido sul – norte, o perfil 1 localiza-se a 20 m da origem, o perfil 2 a 40 m, o perfil 3 a 50 m e por fim o perfil 4 a 95 m.

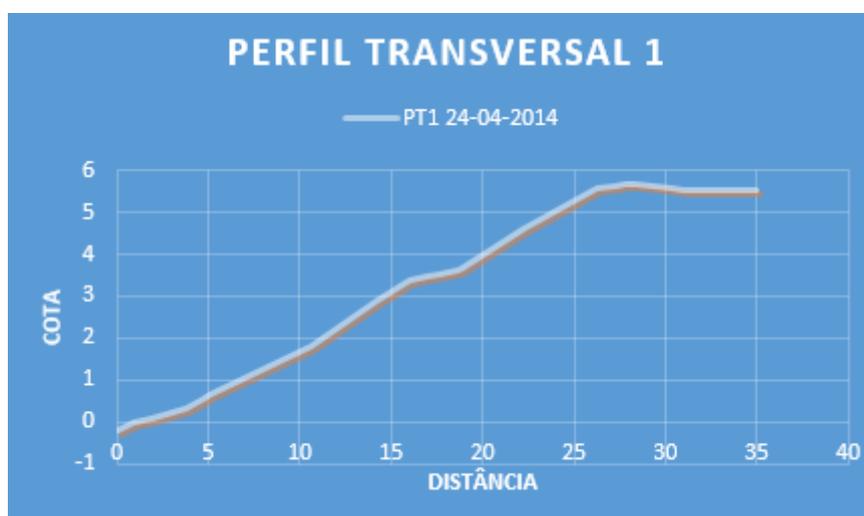


Figura 29 - Perfil transversal 1 obtido no dia 24-04-2014 à tarde

Nesta secção foram abordados de uma forma sintética os principais procedimentos executados com o programa Arcgis. Neste caso de estudo usou-se o referencial Datum 73 Hayford Gauss IPCC.

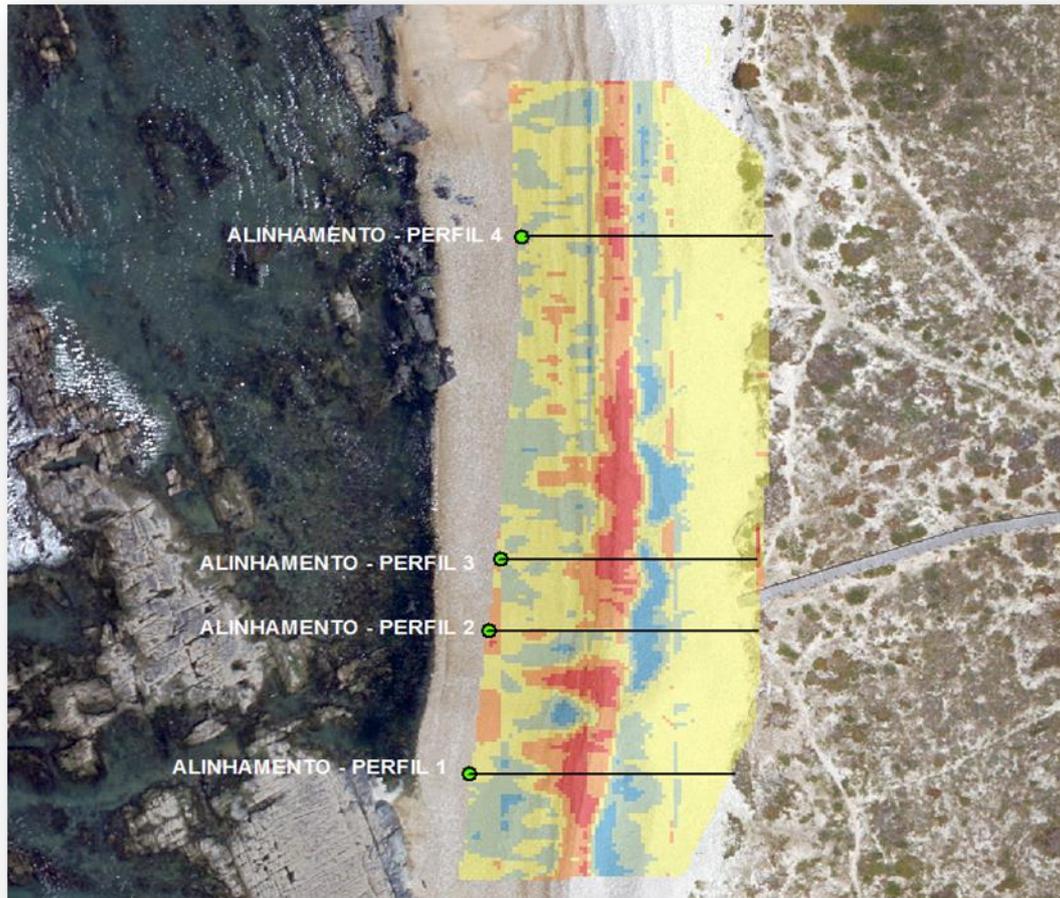


Figura 30 - Mapa de diferenças e localização de perfis transversais

### 3.1.3 Processamento Agisoft Photoscan

Este programa permite criar modelos 3D de objetos e terrenos, a partir de fotografias desses objetos ou locais. Para a presente dissertação, foram tiradas fotos em torno das cúspides. Teve-se em linha de conta que estas formas são frequentes nestas praias e a sua formação e evolução é um aspeto importante para compreensão da sua morfodinâmica. Como tal, analisou-se uma cúspide com maior detalhe, tentando ainda proceder à análise de outras presentes no trecho. Seguiu-se a amostra fotográfica, onde foram colocados marcadores devidamente cotados para que no *software* se possa com facilidade adicionar os pontos de controlo. Foram utilizados seis marcadores para cada modelação como se poderá ver na figura 32. De salientar que para obtenção de dados é

necessário um computador com alguma potencialidade, visto o processamento ser muito exigente do ponto de vista computacional. O processamento consiste simplesmente na inserção das fotos no projeto previamente definido, proceder ao seu alinhamento, criar *ground control points* e definir as respectivas coordenadas com o devido sistema de referência. Em seguida cria-se uma nuvem esparsa de pontos, uma nuvem densa e finalmente a construção do modelo, conforme referido no capítulo 2. É um processo simples, todavia como se referiu e dependendo do número de fotografias inseridas necessita de um computador com algumas potencialidades para que o seu processamento seja mais célere.



Figura 31 - Materialização de pontos



Figura 32 - Marcadores

Apresenta-se o modelo final obtido, na figura 33 para uma das cúspides. De referir que todo o processo de análise irá ser devidamente detalhado no capítulo seguinte.

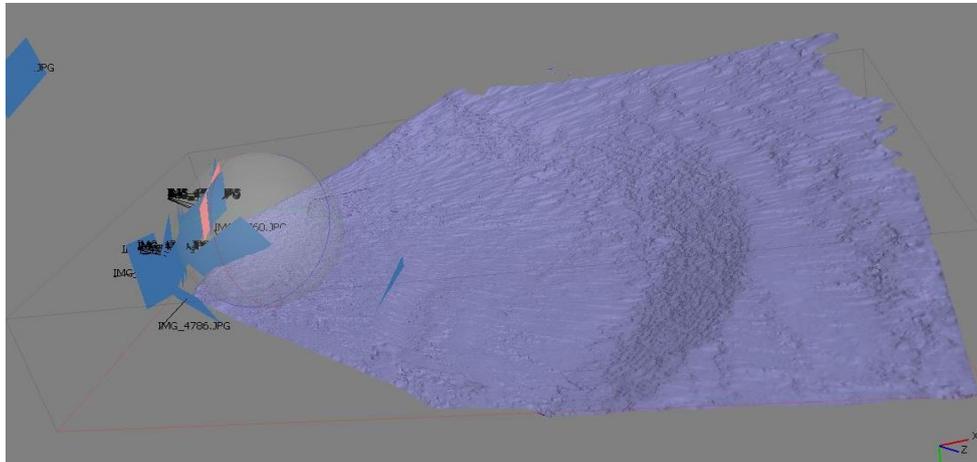


Figura 33 - Exemplo de cúspide modelada com o programa agisoft

#### 3.1.4 Análise de dimensões da camada superficial de seixos

Para a análise de dimensões dos seixos foi elaborada uma moldura quadrangular com dimensões de 1 metro (figura 34). Foram realizadas fotos ao longo do perfil transversal 1. A técnica consistiu na amostra fotográfica, como primeiro passo, para uma posterior transferência das fotografias para o *software* Autocad. Desenharam-se segmentos sobre cada um dos seixos visíveis e selecionando-se sistematicamente a sua maior dimensão. Cada foto correspondia a um layer de segmentos e através dum comando na barra de tarefas denominado *annotate, tables e extract data*, conseguiu-se que o programa criasse uma tabela com as respetivas dimensões para análise. Pode ainda ver-se na figura 35 a localização das posições do quadro ao longo do perfil 1. Este procedimento será detalhado no capítulo seguinte.

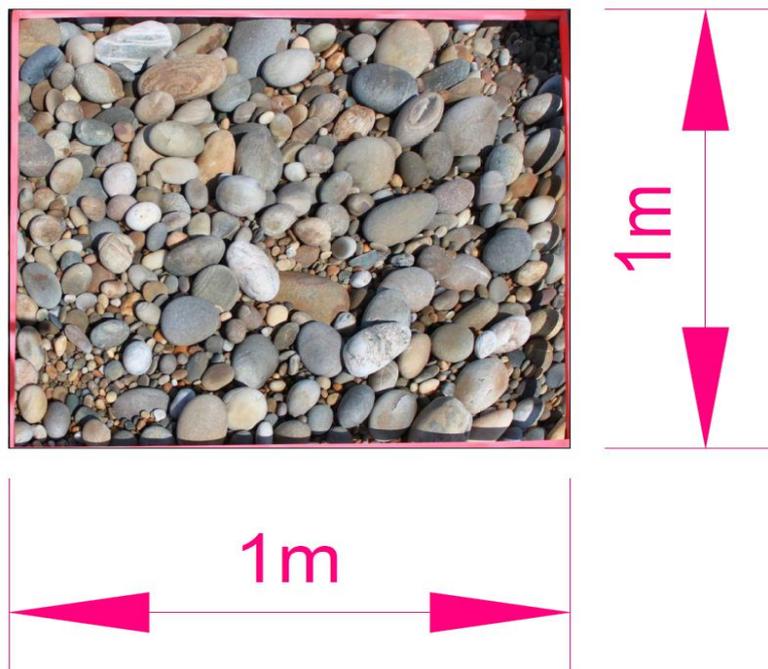


Figura 34 - Moldura para análise dimensional

Subsequentemente, na figura 35 pode então visualizar-se as diferentes posições da moldura para a amostra fotográfica.

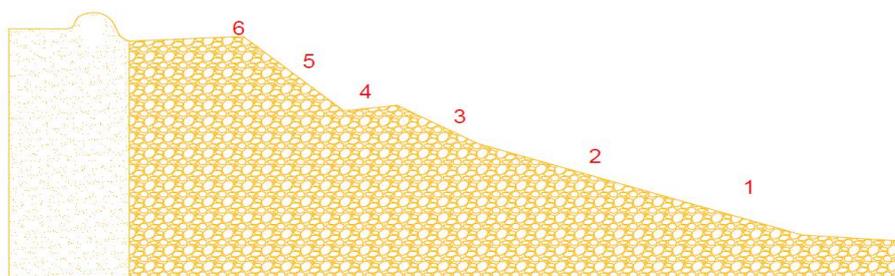


Figura 35 – Localização das posições do quadro ao longo do perfil 1

Foi elaborado um trabalho de tarefas executadas em campo durante o período de monitorização (tabela 1).

Tabela 1 – Plano de tarefas de campo

Visitas/Campanhas	AMOSTRA FOTOGRAFICA	LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS			TÉCNICAS FOTOGRAMÉTRICAS		SEDIMENTOS	
		Manhã	Tarde	P.M.*	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Dia 31 de janeiro	X	-	-	-	-	-	-	-
Dia 1 de março	X	-	-	-	-	-	-	-
Dia 14 de abril	X	X	-	-	X	-	-	-
Dia 24 de abril	X	-	X	-	-	X	-	X
Dia 28 de abril	X	X	X	X	X	-	X	X
Dia 13 de maio	X	X	X	X	X	-	X	X
Dia 16 de maio	X	X	X	X	X	-	X	X

\* P.M. - Período de maré

Foram feitas duas visitas á praia no dia 31 de janeiro e 1 de março, nestes dias apenas foi possível fazer um registo fotográfico devido às condições climatéricas adversas que se fizeram sentir. Não obstante, apenas com fotografias foi possível constatar variações morfológicas do perfil de praia em relação ao período de campanhas.

No dia 14 de abril fez-se a primeira campanha, foi uma campanha experimental e como tal apenas se realizaram tarefas de manhã.

A primeira campanha em duas baixa-mar sucessivas seria no dia 24 de abril, contudo aquando da chegada à praia, encontramos-nos perante um cenário de vento e chuva intensos o que impossibilitou qualquer tipo de tarefa matinal.

Para os dias 28 de abril, 13 de maio e 16 de maio, todas as tarefas programadas foram devidamente executadas.



# CAPÍTULO 4

## 4. RESULTADOS

---

### 4.1 Aspetos gerais

No presente capítulo são apresentados e analisados os resultados obtidos. Como tal, de forma a simplificar a leitura dos mesmos optou-se por fazer uma divisão dos mesmos em três grupos. No primeiro grupo apresentam-se os resultados dos levantamentos DGPS. No segundo grupo apresenta-se os resultados do processamento dos levantamentos com os programas Arcgis, Agisoft e Autocad. Por último, no terceiro grupo compara-se a evolução da atuação da maré durante o período das campanhas e os resultados dos levantamentos realizados

#### 4.1.1 Apresentação de Resultados

Nesta secção irão ser apresentados todos os resultados dos levantamentos, não obstante, devido ao número significativo de resultados, alguma informação será remetida para anexo.

##### 4.1.1.1 Dados adquiridos pelo DGPS

Em seguida serão apresentados os modelos obtidos em 3D pelo software Arcgis, assim como os respetivos perfis transversais. Na figura 36, pode visualizar-se uma fotografia aérea de alta precisão e sobre a mesma temos o levantamento do terreno para o dia 28 de abril de manhã em baixa-mar, maré viva, sendo o estado de maré que permite uma maior área de exposição da praia.



Figura 36 - Imagem aérea do trecho em estudo e pontos registrados.

Os dados subsequentemente apresentados (figuras 37 e 38) são alusivos ao primeiro dia de levantamentos (14 de Abril de 2014). Pode ver-se a variação da morfologia da praia ao longo do perfil. De referir que, apenas se fez um levantamento da parte da manhã, sendo que neste dia apenas se avaliou a morfologia da praia ao longo dos diferentes perfis, foi considerada uma campanha experimental. Posteriormente na secção 4.2.2.1, estabeleceu-se uma comparação entre os resultados obtidos neste dia e aqueles que foram obtidos no dia 24 de abril. Para o dia 24 de abril temos os resultados seguintes presentes nas figuras 40 e 41.

### Campanha de 14 de Abril de 2014



Figura 37 - Perfis Transversais 1 e 2 no dia 14-04-2014



Figura 38 - Perfis Transversais 3 e 4 no dia 14-04-2014

Os perfis transversais precedentes e subsequentes foram obtidos através de processamento de resultados com o programa Arcgis que foram exportados para excel. Contudo, o programa permite obter os perfis e a sua visualização. A utilização do excel foi opção seguida neste trabalho. Serão nessa secção estabelecidas comparações entre levantamentos. Procedeu-se ainda à obtenção de modelos 3D cujo mapa devidamente classificado, é apresentado na figura 39.

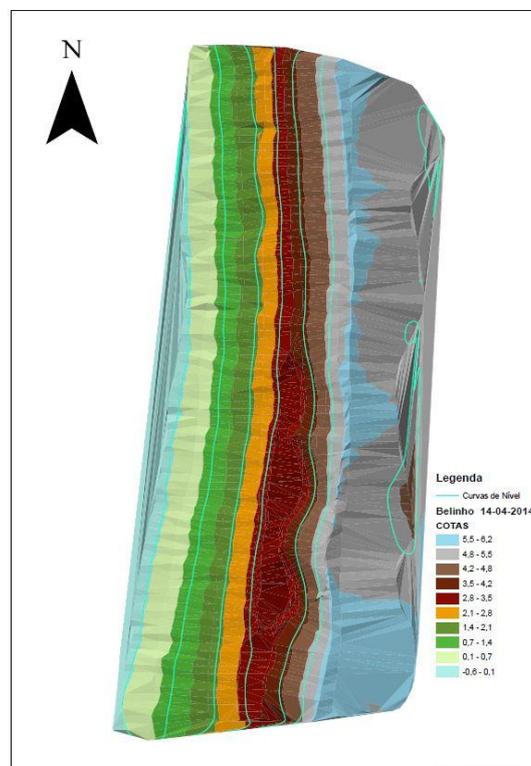


Figura 39 - Mapa 3D do trecho em estudo no dia 14-04-2014

O mapa da figura 39 está devidamente dividido por classes de diferentes cotas, na figura em questão adotaram-se 10 classes, verificando assim a declividade do terreno.

### Campanha de 24 de abril de 2014

No segundo dia de levantamentos, devido às condições de precipitação e vento intensos, foi impossível a realização do levantamento topográfico em baixa-mar da parte da manhã, que ocorreu às 6h. Havia total disponibilidade para o levantamento, pois no local estava presente todo o equipamento necessário para o mesmo. Contudo, pelas condições supracitadas foi de todo impossível a sua execução, como tal foi considerada também, como no dia 14 de abril uma campanha experimental. A tarde tornou-se soalheira e como tal, houve a possibilidade de executar um levantamento topográfico. Assim sendo, na secção 4.2.2.1, aquando da comparação e análise de resultados, será feita uma comparação entre os dias 14 (maré viva maior) e 24 (maré viva menor) de abril. Nos restantes levantamentos a comparação será realizada entre levantamentos realizados entre duas baixa-mar sucessivas.

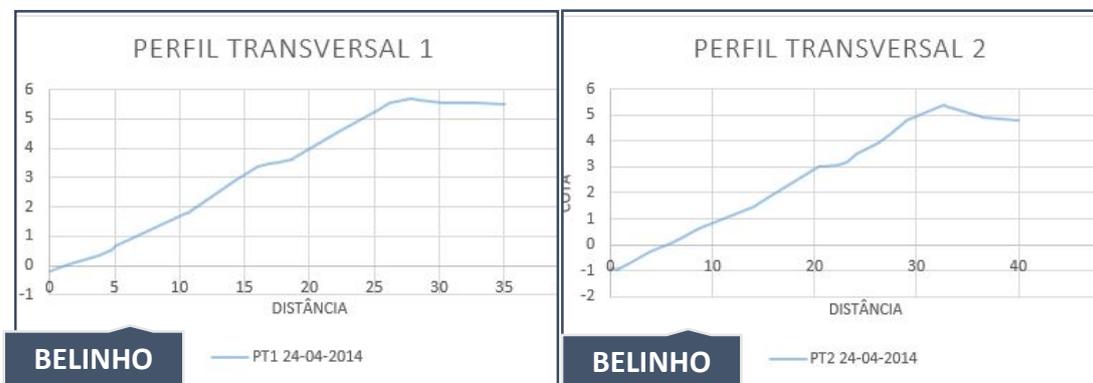


Figura 40 - Perfis transversais 1 e 2 no 24-04-2014

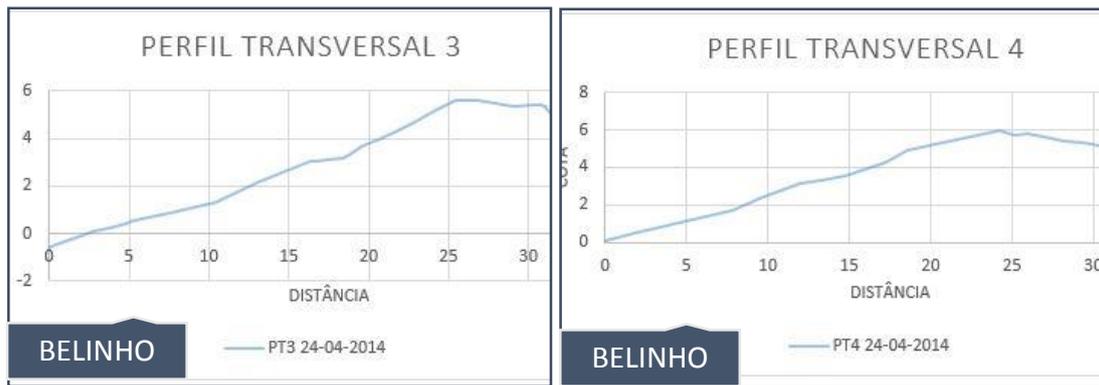


Figura 41 - Perfis transversais 3 e 4 no dia 24-04-2014

Temos também na figura 42 o mapa do modelo digital da praia produzido.

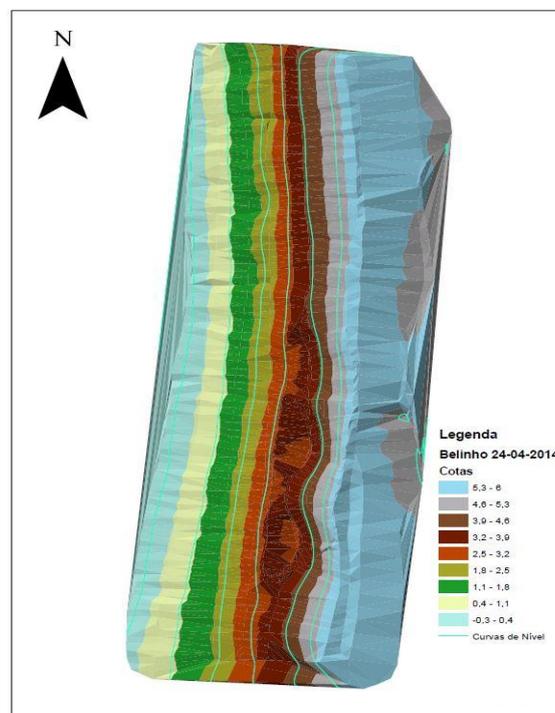


Figura 42 - Imagem 3D do trecho em estudo no dia 24-04-2014

### Campanha de 28 de abril de 2014

A partir da terceira campanha, foram realizados dois levantamentos no mesmo dia, ou seja, em duas baixa-mar sucessivas. No dia 28 de abril foi final de Quarto Minguante/ início de Lua Nova. Os resultados obtidos são apresentados nas figuras 43 e 44.

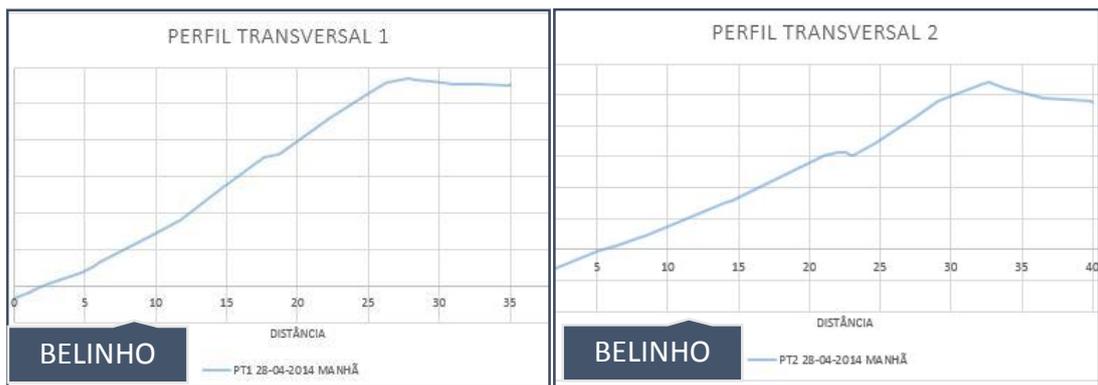


Figura 43 - Perfis transversais 1 e 2 no dia 28-04-2014 de manhã

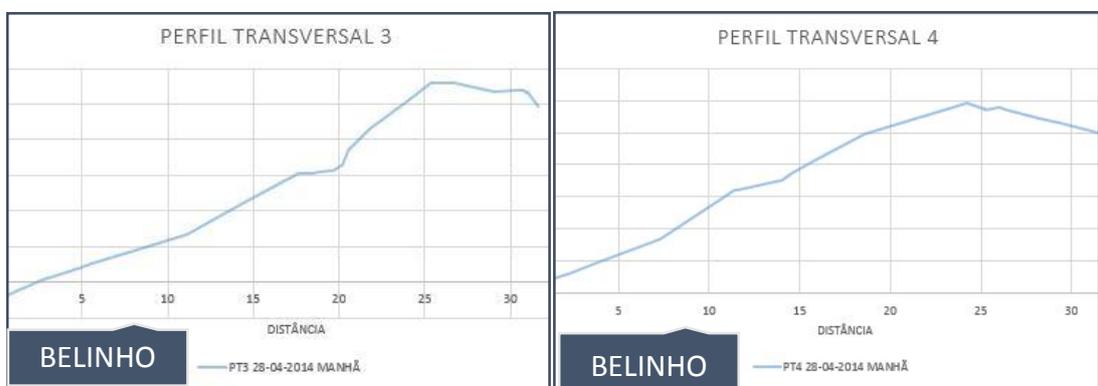


Figura 44 - Perfis transversais 3 e 4 no dia 28-04-2014 de manhã

Na figura 45 temos os mapas com os modelos 3D gerados para os dois levantamentos realizados (manhã e tarde). Posteriormente nas figuras 46 e 47 temos os respectivos perfis transversais para o levantamento da parte da tarde.

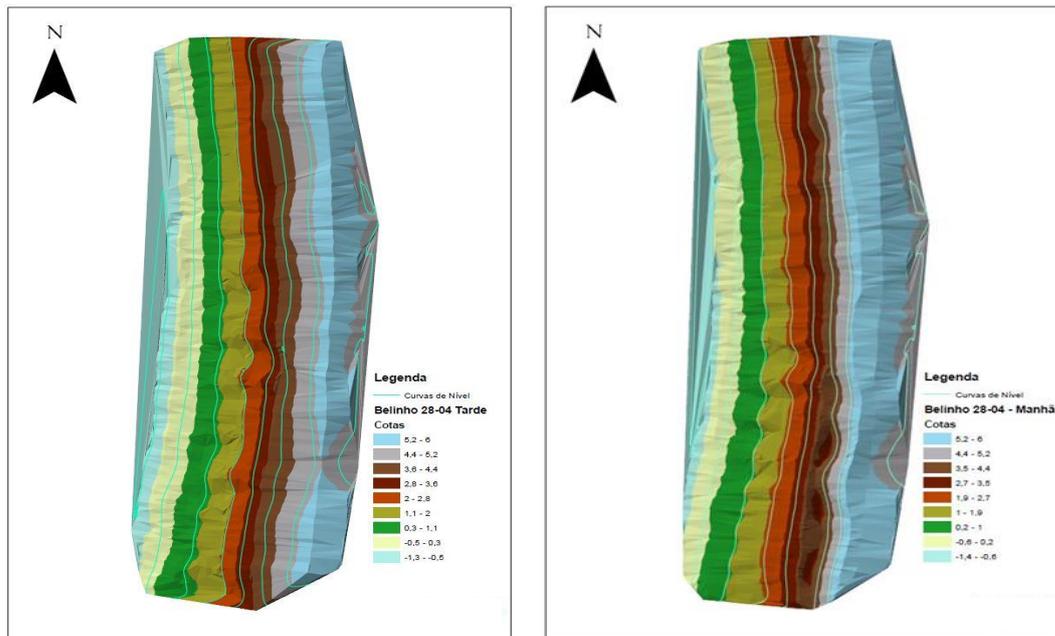


Figura 45 - Imagem a 3D do trecho em estudo no o dia 28-04-2014 - manhã e tarde



Figura 46 - Perfis transversais 1 e 2 no dia 28-04-2014 à tarde

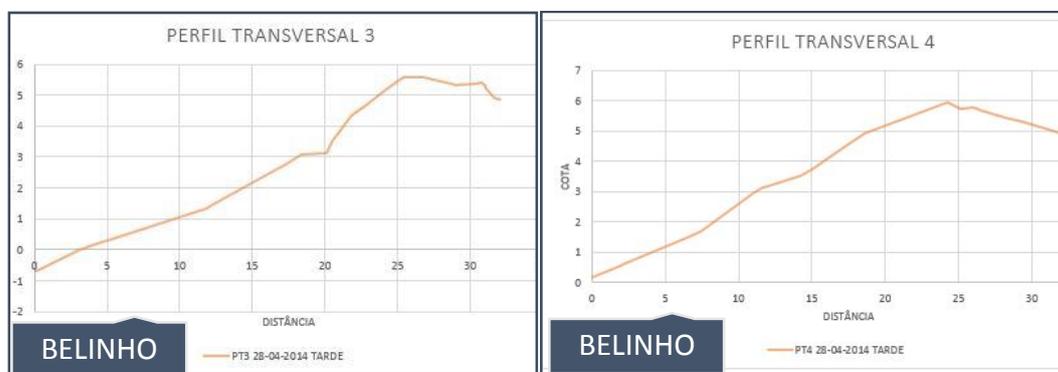


Figura 47 - Perfis transversais 3 e 4 no dia 28-04-2014 à tarde

### Campanha de 13 de maio de 2014

Analogamente aos resultados das campanhas anteriores para dia 13 de maio, foram obtidos os modelos 3D (figura 50) e os respectivos perfis transversais (figuras 48, 49, 51 e 52). A campanha ocorreu em final de Quarto Crescente.

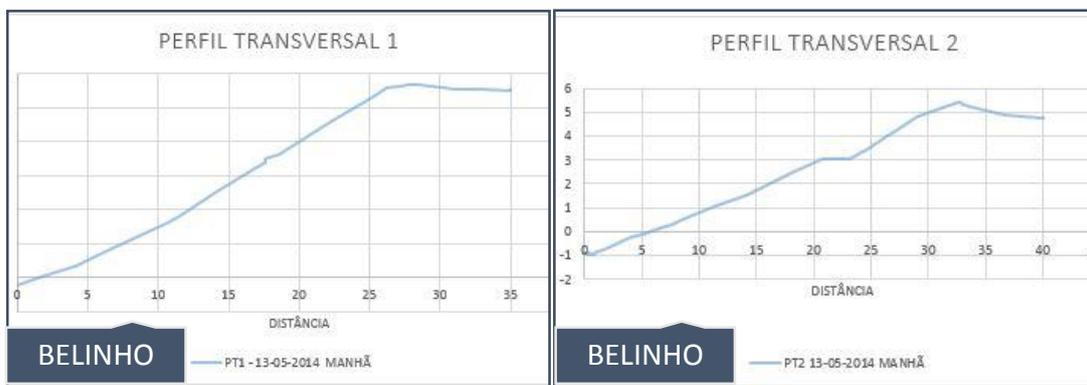


Figura 48 – Perfis transversais 1 e 2 no dia 13-05-2014 de manhã

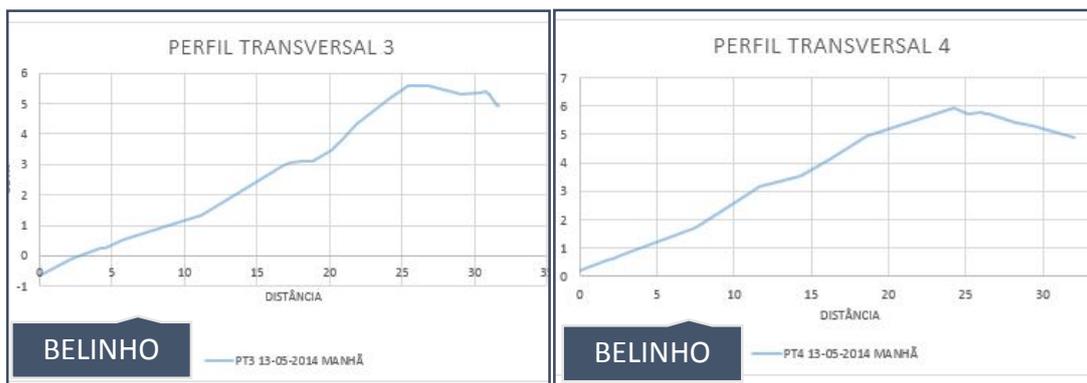


Figura 49 – Perfis transversais 3 e 4 no dia 13-05-2014 de manhã

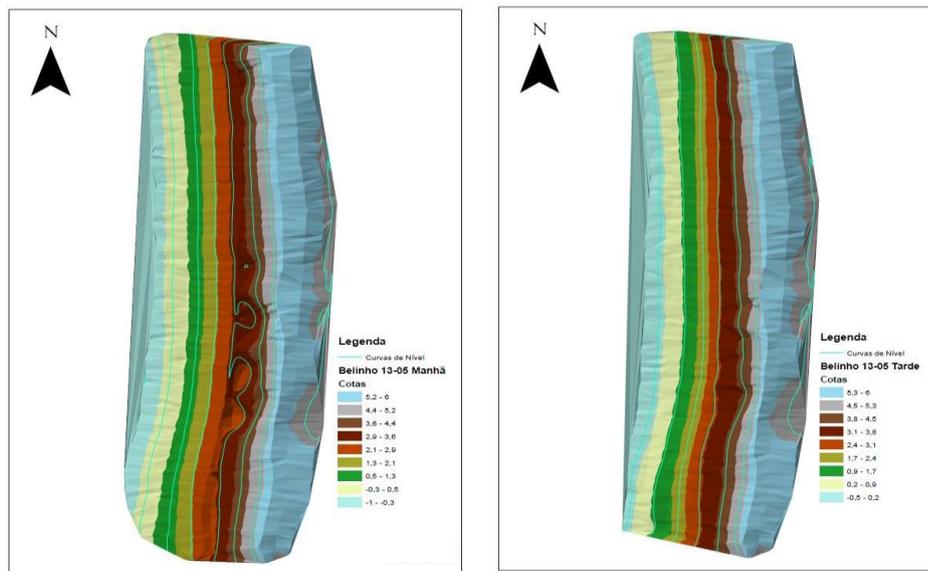


Figura 50 – Imagem a 3D do trecho em estudo no o dia 13-05-2014 – manhã e tarde



Figura 51 – Perfis transversais 1 e 2 no dia 13-05-2014 à tarde

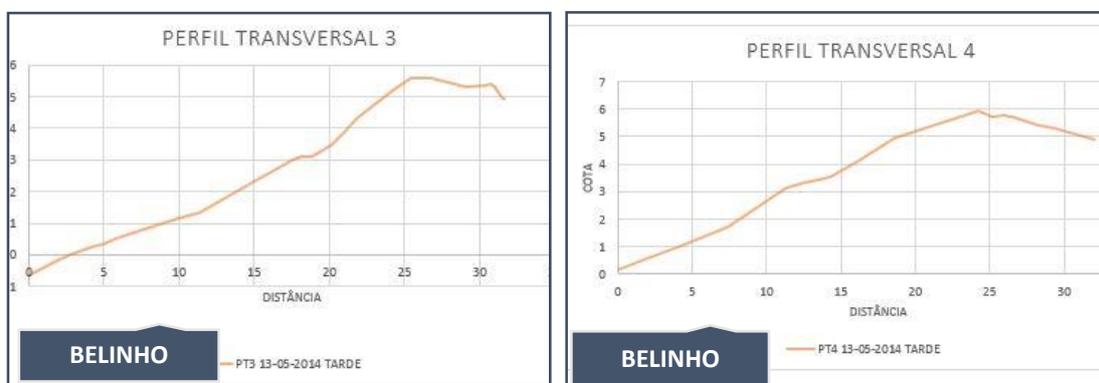


Figura 52 – Perfis transversais 3 e 4 no dia 13-05-2014 à tarde

### Campanha de 16 de maio de 2014

Por fim apresentam-se o resultados obtidos no dia 16 de maio (figuras 53 a 56) (Lua Cheia, maré viva).



Figura 53 – Perfis transversais 1 e 2 no dia 16-05-2014 de manhã



Figura 54 – Perfis transversais 3 e 4 no dia 16-05-2014 de manhã



Figura 55 – Perfis 1 e 2 no dia 16-05-2014 à tarde



Figura 56 – Perfis transversais no dia 16-05-2014 à tarde

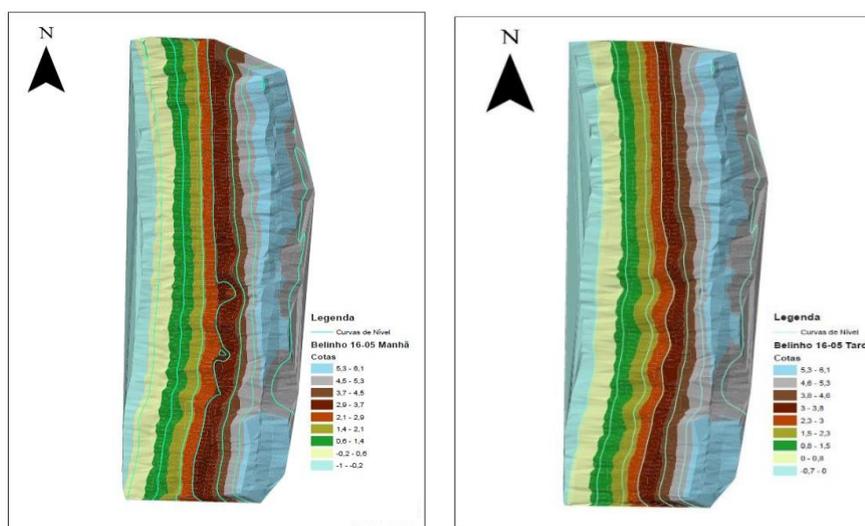


Figura 57 – Imagem a 3D do trecho em estudo no dia 16-05-2014 – manhã e tarde

#### 4.1.1.2 Resultados obtidos com o programa Agisoft Photoscan

Os modelos digitais gerados foram obtidos através de fotografias retiradas no local, conforme explicado no capítulo 3. É um processo que requer alguma prática, para que o objeto em causa possa ser identificado na sua totalidade. Bastam 2 fotos, desde que estas completem o volume do objeto para que o programa permita a geração de um modelo em 3D. É também possível, conforme explicado no capítulo precedente que se pode incluir pontos de controlo/apoio nas fotos, devidamente referenciados. Permite, assim, a possibilidade de analisar diferenças entre dois modelos no mesmo local. Por último, realça-se que como referido no capítulo 3, quanto maior o número de fotografias utilizadas maiores recursos computacionais serão requeridos para o processamento.

Devido à elevada quantidade de fotos obtidas no local de estudo, foi feita uma seleção prévia das mesmas. Na figura 58, apresentam-se modelos de cúspides gerados pelo programa e na figura 59, apresentam-se as fotografias utilizadas para geração de um dos modelos.

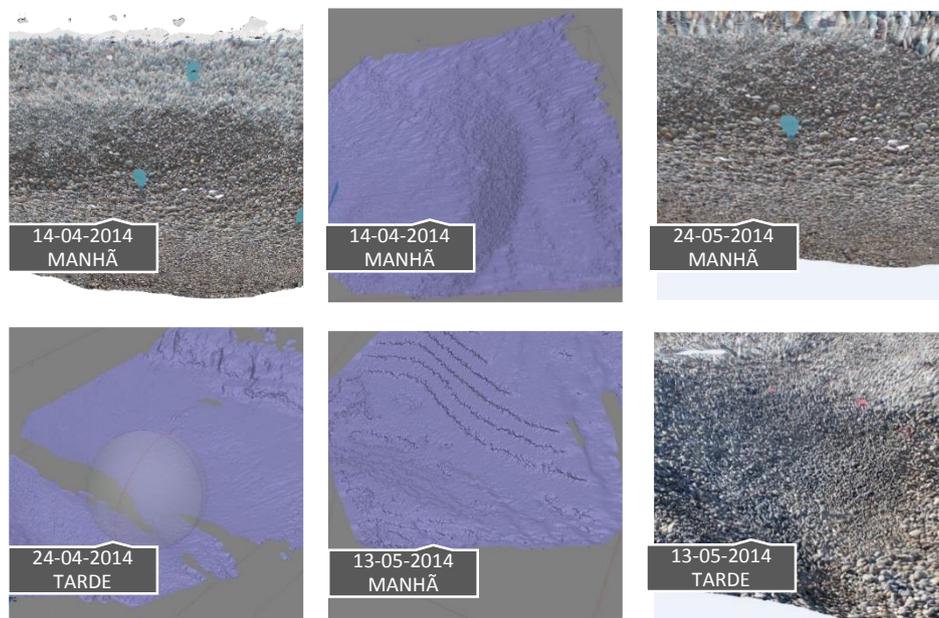


Figura 58 – Imagens de modelos de cúspides obtidos no Agisoft

Pode optar-se por diferentes texturas nos modelos gerados, podendo a superfície ser representada pela malha, por uma textura, sólida ou colorida. Na figura 58, temos dois tipos de representações da superfície: a colorida e a sólida.

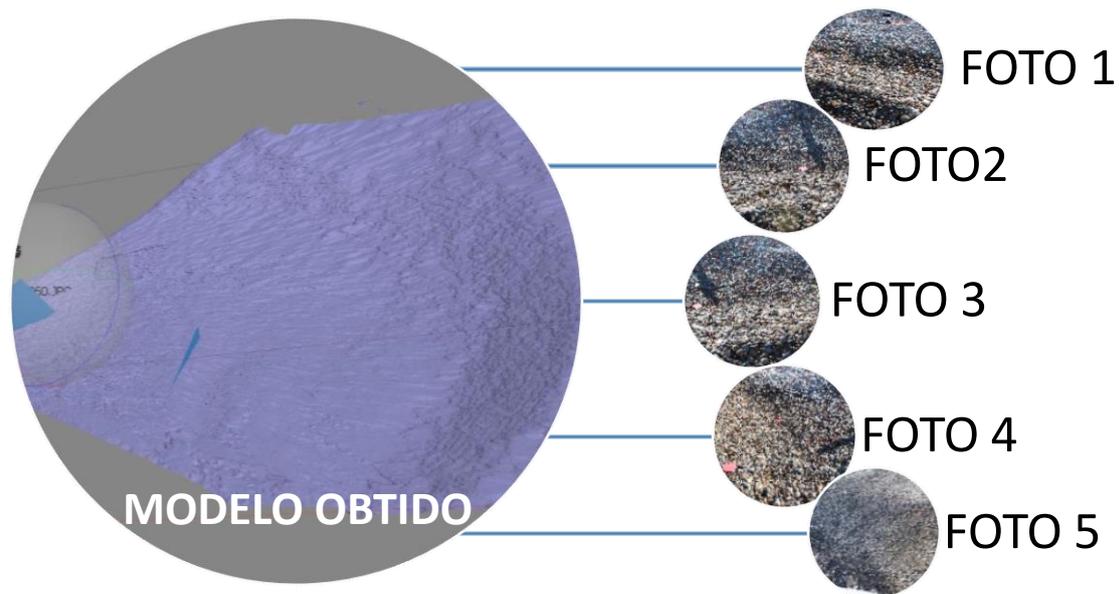


Figura 59 – Modelo gerado através de fotografias retiradas no local

As fotos foram tiradas percorrendo o perímetro da cúspide permitindo gerar o modelo 3D associado.

Na secção 4.2.2.2 serão apresentados e analisados todos os modelos e produzidos.

#### **4.1.1.3 Dimensões de sedimentos nas amostras realizadas no perfil 1**

Nesta secção são apresentadas as amostras de sedimentos fotografadas no perfil 1 em todas as campanhas.. No dia 14 de abril não foram obtidas fotografias para processamento das dimensões dos seixos.

Apresenta-se na figura 60 as imagens para análise das dimensões dos seixos à superfície da praia nas diferentes posições registadas e a localização da amostra fotográfica ao longo do perfil. No dia 24 conforme citado na secção 4.1.1.1, esteve sob condições climáticas adversas matinais, impossibilitando assim a amostra fotográfica. Como consequência, apenas se efetuou à tarde, de referir que em todas as campanhas a orientação da moldura foi para Este.

### Campanha do dia 24 de abril de 2014

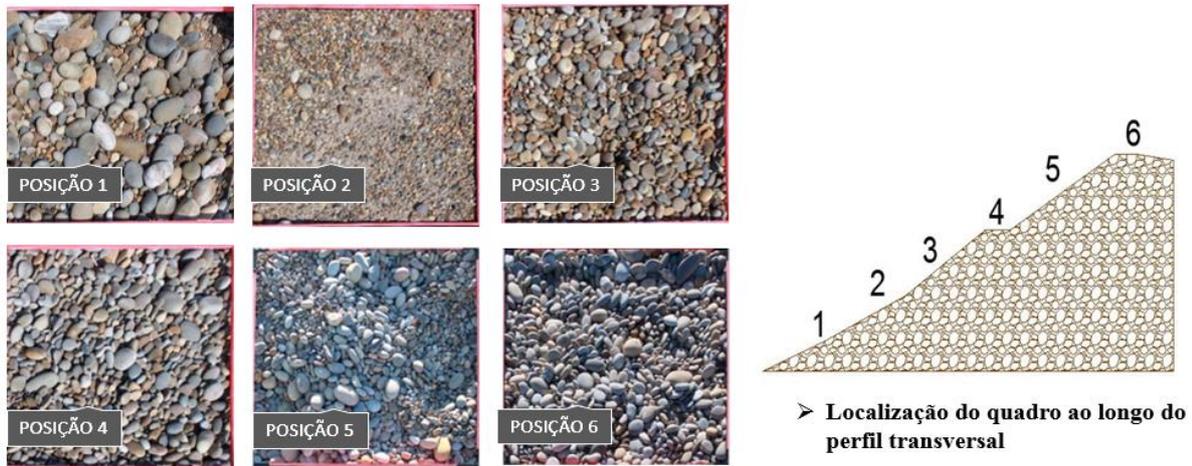


Figura 60 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 24-04-2014



### Campanha do dia 28 de abril de 2014 (manhã)

Nas figuras 61 e 62, as imagens da superfície obtidas de manhã e de tarde, respectivamente, assim como a posição da amostra fotográfica.

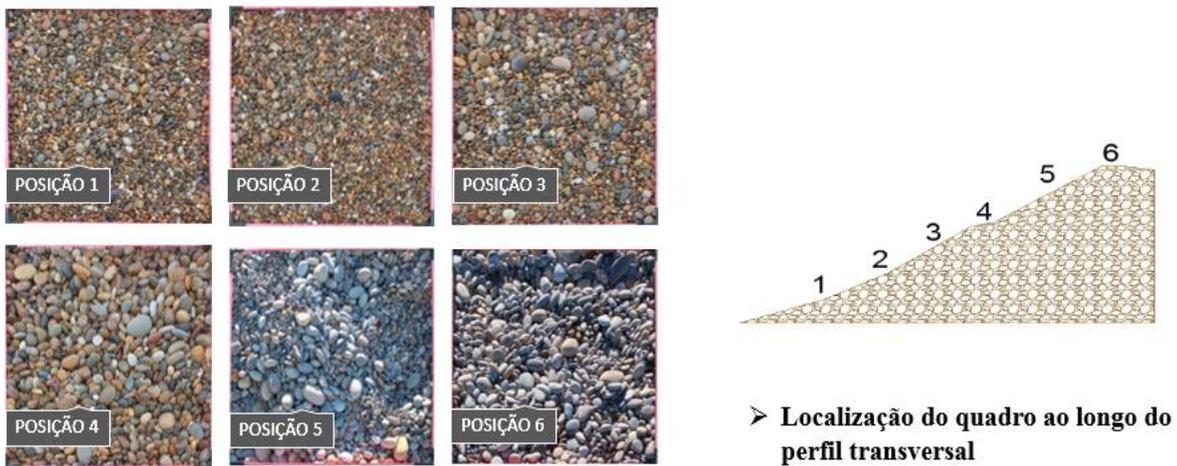


Figura 61 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 28-04-2014

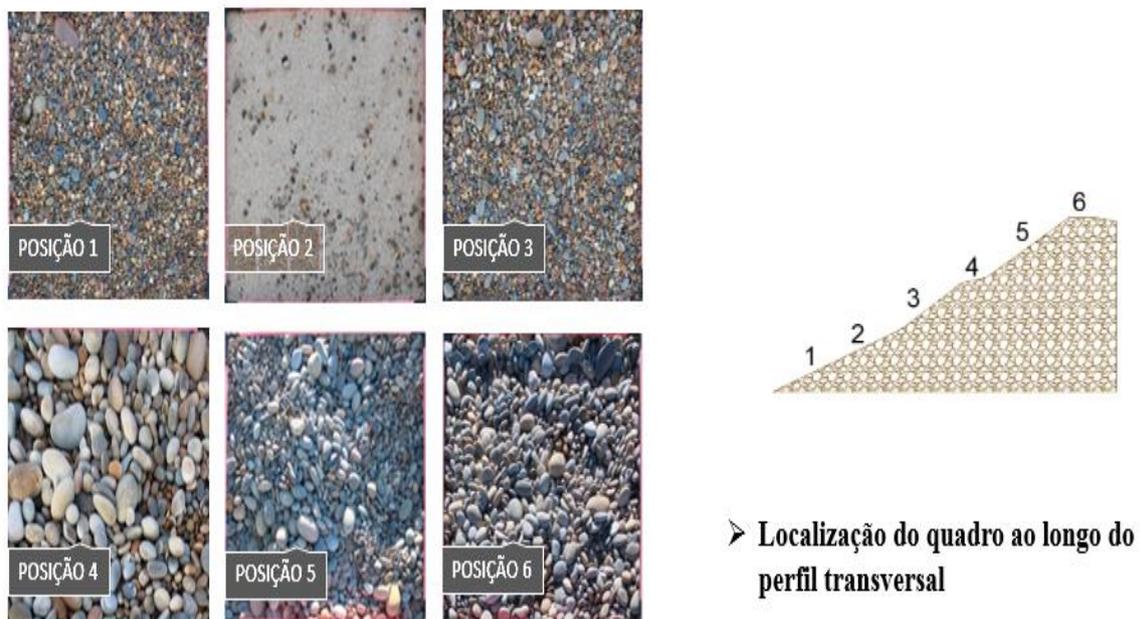
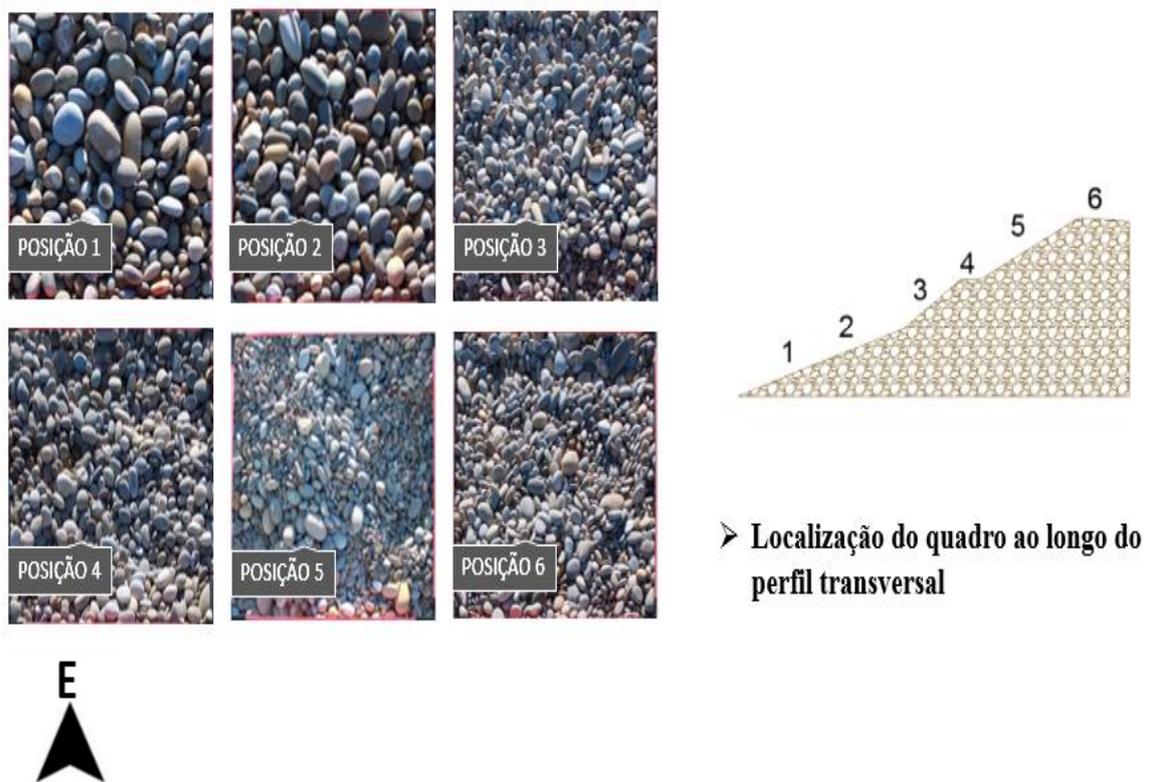
**Campanha de dia 28-04-2014 (tarde)**

Figura 62 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 28-04-2014

**Campanha do dia 13-05-2014 (manhã)**

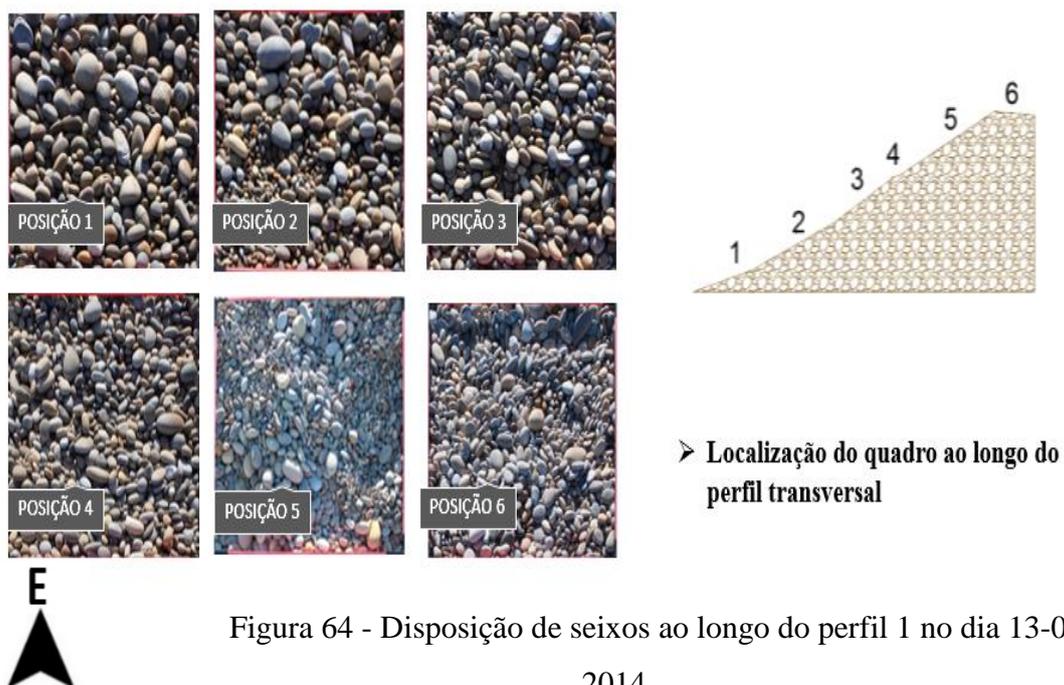
No dia 13 de maio temos analogamente ao dia 28 de abril uma referência para análise entre a manhã e a tarde. Tal facto poderá ser visualizado nas figuras 63 e 64 para a análise de granulometria e para posição no perfil.



➤ Localização do quadro ao longo do perfil transversal

Figura 63 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 13-05-2014

**Campanha de dia 13-05-2014 (tarde)**



➤ Localização do quadro ao longo do perfil transversal

Figura 64 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 13-05-2014

### Campanha do dia 16-05-2014 (manhã)

Por fim, temos para dia 16 de maio em período de maré viva, a última amostra fotográfica. Posteriormente temos a respetiva análise na secção 4.2.2.3, como já se referiu.



Figura 65 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 16-05-2014

### Campanha do dia 16-05-2014 (tarde)



Figura 66 - Disposição de seixos ao longo do perfil 1 no dia 16-05-2014

## 4.2 Discussão de resultados

Nesta secção serão analisados os resultados, estabelecendo-se diferentes comparações. De salientar, que apenas se apresentam diferenças entre campanhas realizadas no mesmo dia. Não obstante, todos os mapas serão incluídos como anexo (4 a 7), devidamente sobrepostos numa fotografia aérea de alta resolução do local em estudo. Salienta-se que a geometria dos mapas das diferenças não é exatamente igual em todas as campanhas, isto é, nas campanhas referentes aos dias 14 e 24 de abril a área em análise é ligeiramente inferior às dos dias 28 de abril, 13 e 16 de maio, pois trataram-se de campanhas experimentais. Quanto às campanhas em duas baixas-mar sucessivas, foi utilizado um polígono igual quer para manhã, quer para tarde, o que confere ao avaliar as diferenças uma área igual. Se se quisesse aferir as diferenças entre todas as campanhas, teria de se utilizar um polígono igual para todas.

### 4.2.2.1 Diferenças entre modelos 3D e perfis transversais

Em seguida poderá visualizar-se a localização dos 4 perfis transversais utilizados para apresentar as diferenças obtidas (figura 67).

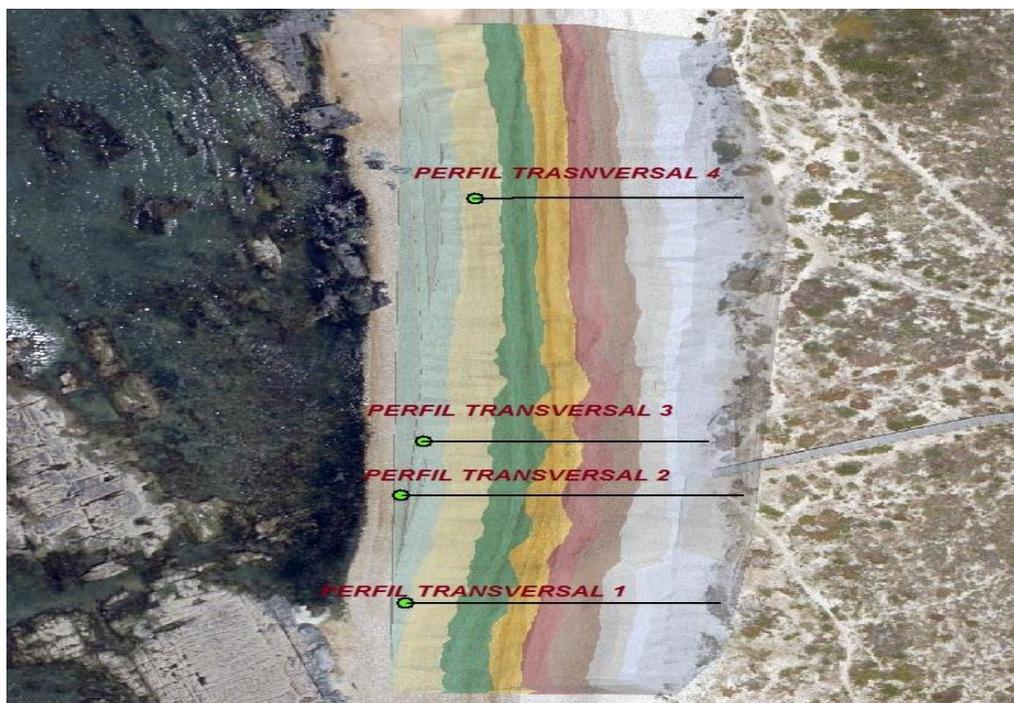


Figura 67 - Localização dos perfis transversais

Na figura 68, apresenta-se a comparação entre os perfis obtidos nos dias 14 e 24 de abril. Verifica-se um acréscimo de sedimento no dia 24 em cotejo com o dia 14 de abril no perfil 1 e um decréscimo no perfil 4. Poderá dever-se ao facto de no dia 14 de abril haver ondulação mais energética, o que confere um maior transporte de sedimento arrastando-o para a berma, como se pode ver com maior detalhe nos perfis 2 e 4. Constatase na secção seguinte que, a maré e a agitação têm influência neste processo. Verifica-se também que, tanto a agitação como a maré são mais preponderantes para dia 14 de abril.

### Campanhas nos dias 14 e 24 de abril

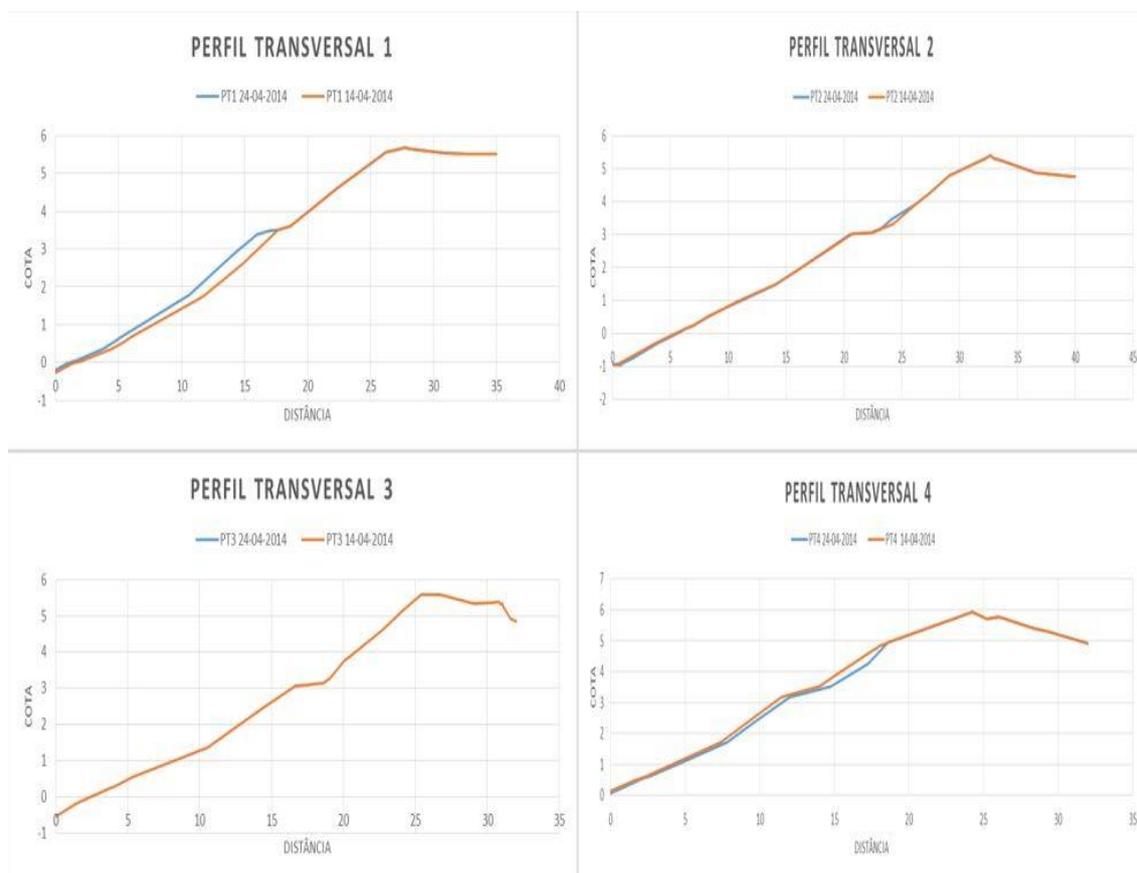


Figura 68 - Perfis transversais nos dias 14 e 24 de abril

No dia 28 de abril, no final de quarto minguante (maré viva menor), da parte da tarde verificamos que há uma depleção de sedimento relativamente ao cenário da manhã, verifica-se o arrastamento dos sedimentos para a berma, como se pode visualizar na figura 69.

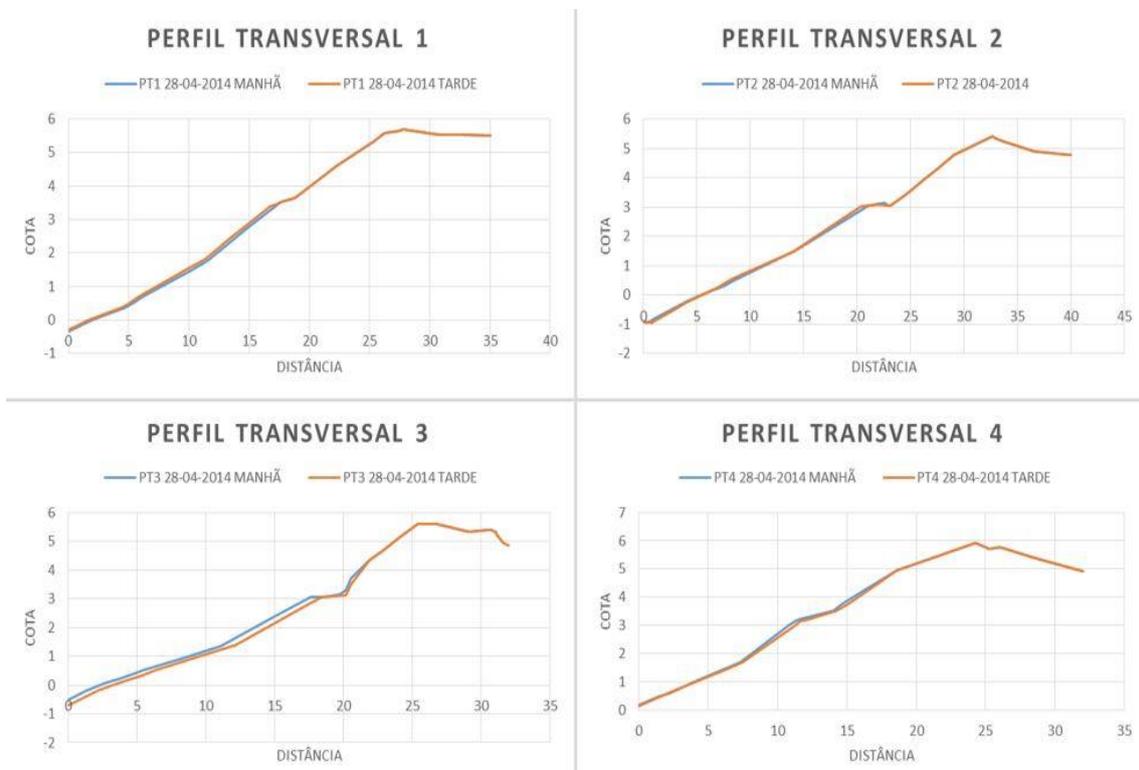


Figura 69 - Perfis transversais no dia 28 de abril

O mapa é a diferença entre a manhã e a tarde. É possível, verificar que o sedimento foi transportado para a zona da berma inferior. De referir que as variações não são de grande relevo devido ao facto de a agitação ser manifestamente menos representativa que no primeiro trimestre, conforme se poderá constatar na tabela 3. De referir que no mapa (figura 70), amarelo e laranja está representado o que não sofre alterações entre a manhã e a tarde. Contudo a vermelho representa o acréscimo de sedimento à tarde em relação à manhã e em cenário oposto temos a cor azul.

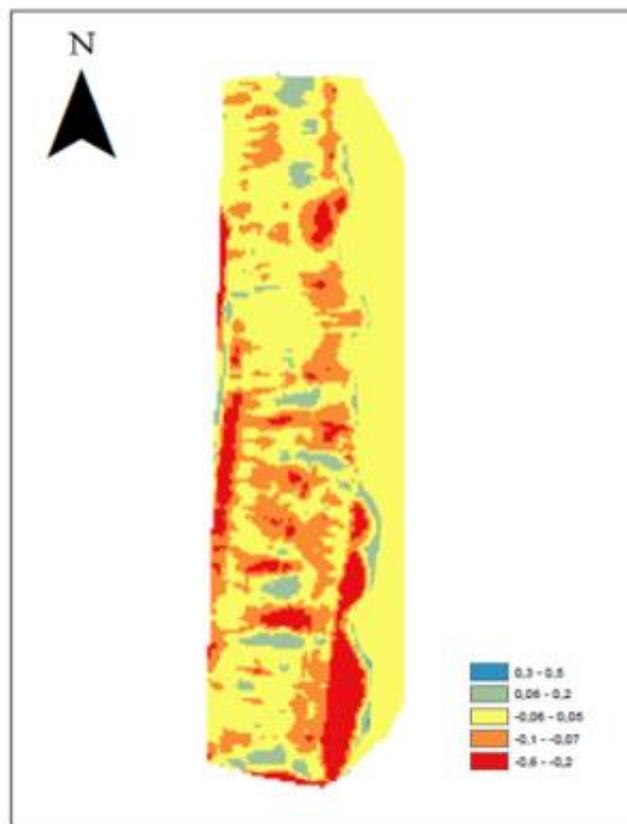


Figura 70 - Mapa de diferenças entre manhã e a tarde no dia 28 de abril

No o dia 13 de maio é possível constatar que as alterações verificadas ao longo do ciclo de maré são pouco significativas. Contudo, há mais uma vez um cenário depletivo no que concerne à relação manhã/tarde, conforme a figura 71.

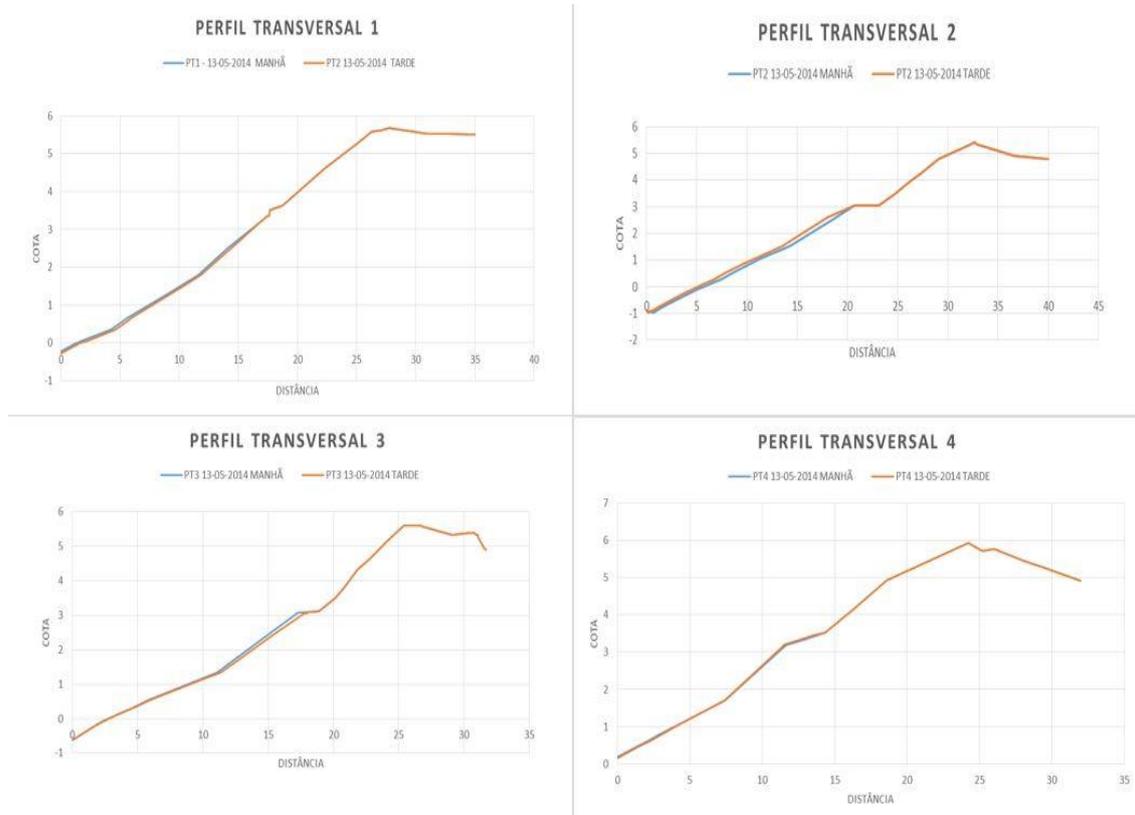


Figura 71 - Perfis transversais no dia 13 de maio

Na figura 72 apresentam-se as diferenças obtidas a partir do modelo 3D.

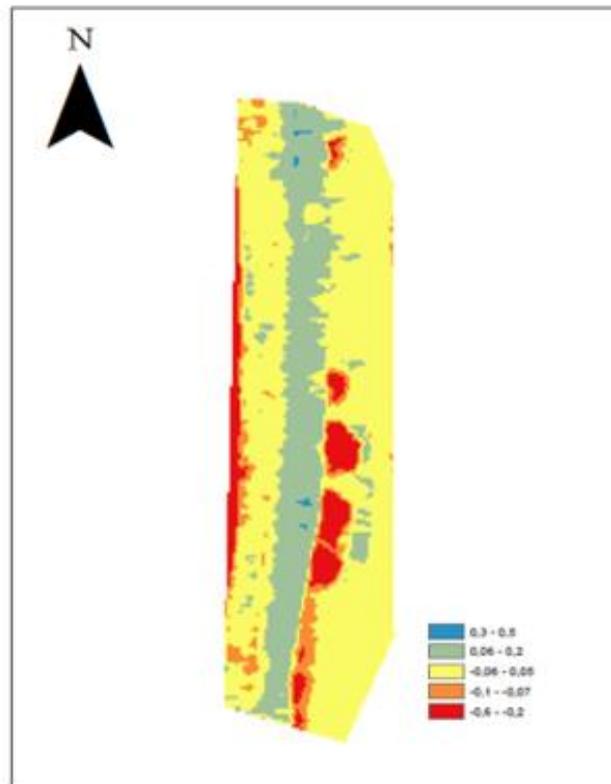


Figura 72 - Mapa de diferenças entre a tarde e a manhã no dia 13 de maio

Na figura precedente é possível constatar que mais uma vez o sedimento é transportado para a berma na zona das cúspides, havendo uma diminuição de sedimento abaixo da zona de formação de microformas.

Por fim, fazendo uma análise aos perfis é possível verificar que houve mais uma vez alterações no que concerne às diferenças entre a manhã e a tarde, no dia 16 de maio de 2014. Tornando-se evidente uma vez mais que o sedimento que existia na parte da manhã é deslocado para a berma durante o ciclo de maré.

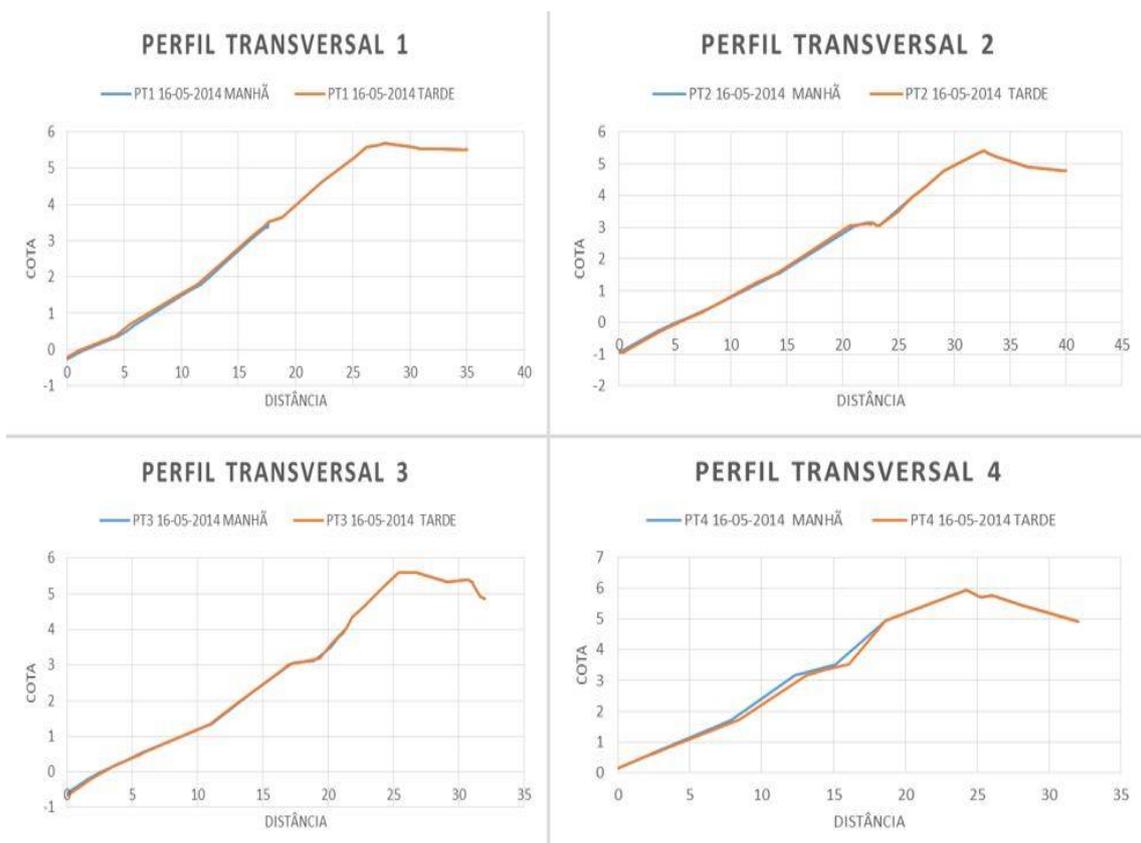


Figura 73 – Perfis transversais 1 e 2 no dia 16 de maio

Conforme a figura 74 é possível verificar o arrastamento do sedimento para a zona da berma.

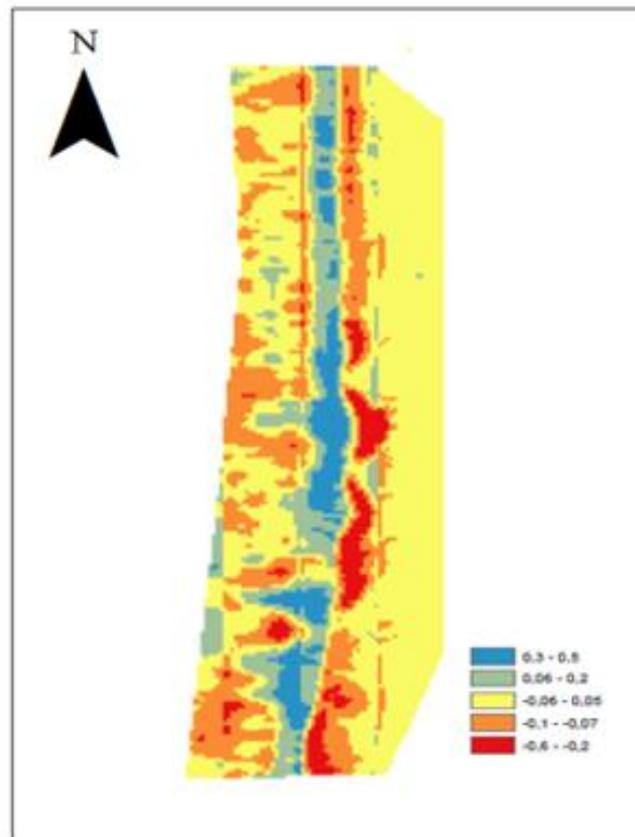


Figura 74 - Mapa de diferenças no dia 16 de maio

Vemos então na figura 74 que na zona das cúspides há um aumento de sedimento na parte da tarde. Em cenário oposto, temos abaixo das cúspides onde se verifica uma diminuição do mesmo. Constata-se que o cenário é análogo em todas as campanhas. O espraio acontece até a berma que surgiu como já referido a seguir a 31 de março.

Não obstante, podemos ainda visualizar a sobreposição de resultados obtidos em todas as campanhas para os 4 perfis (figuras 75 a 78).

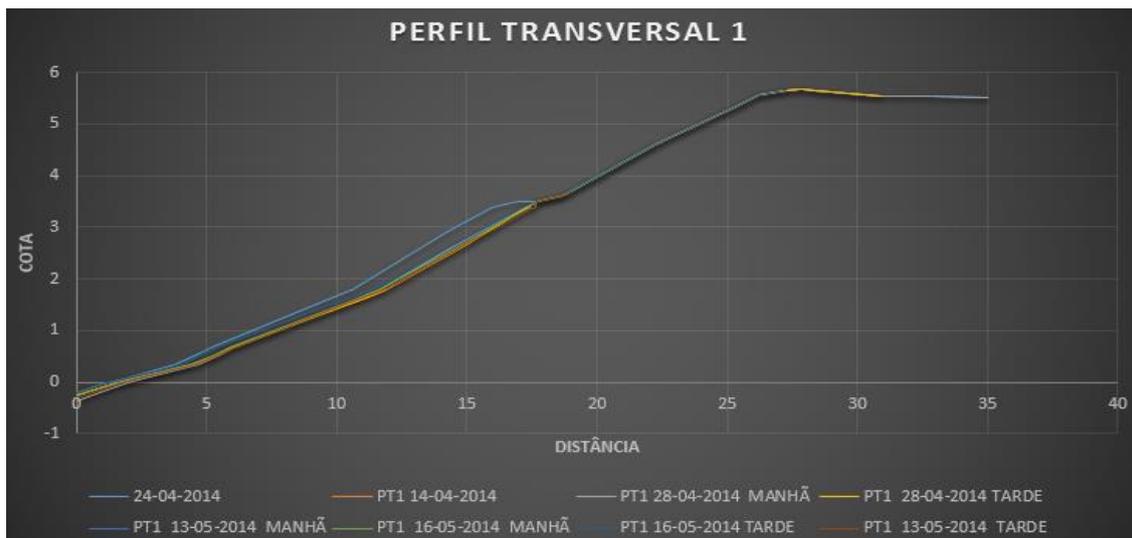


Figura 75 – Desenvolvimento do perfil 1 em todas as campanhas

Pode então visualizar-se que as diferenças entre campanhas no perfil 1, são de facto pouco significativas. É mais notório que no dia 24 de abril a face da praia até à berma tinha um nível superior de sedimento em comparação com as restantes campanhas.

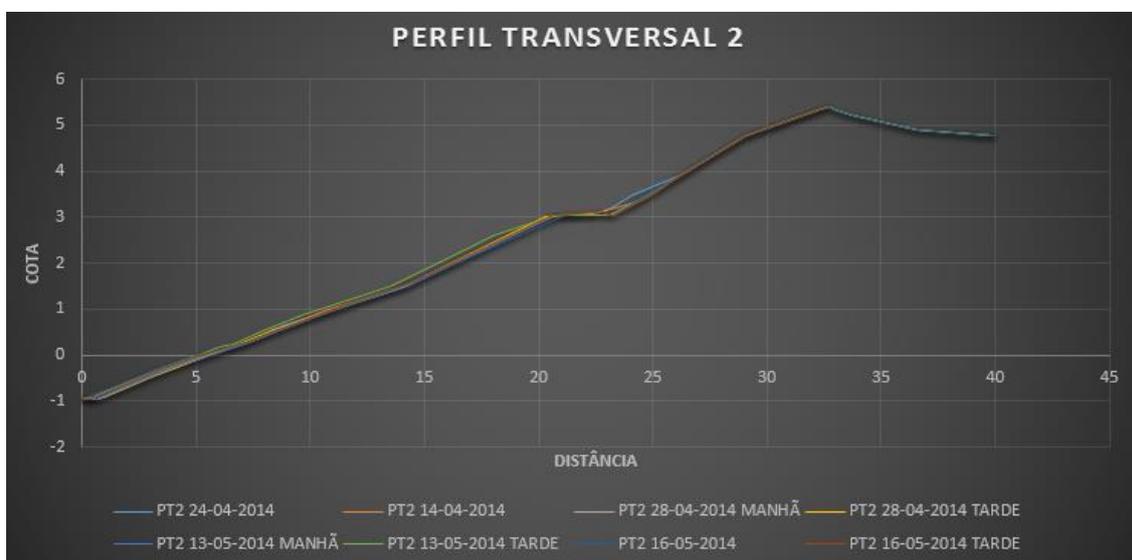


Figura 76 - Desenvolvimento do perfil 2 em todas as campanhas

No perfil 2, é mostrado o que já havia sido dito. Nas diferentes campanhas há um transporte de sedimento para a berma, mantendo inatingível a berma de tempestade.

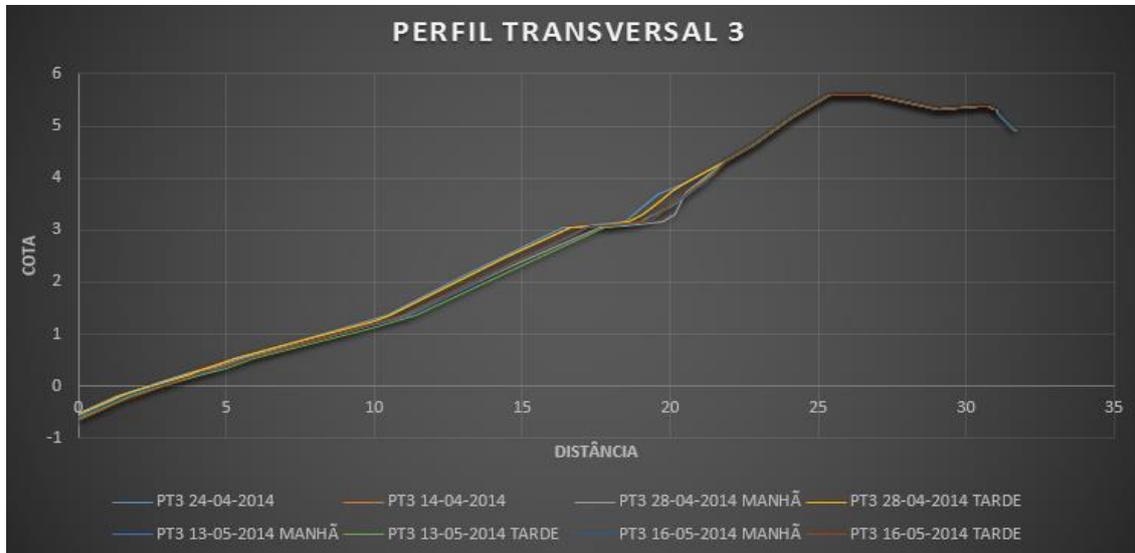


Figura 77 - Desenvolvimento do perfil 3 em todas as campanhas

No perfil 3 as mutações são um pouco mais notórias. Todavia verifica-se uma vez mais, o transporte para a zona da berma em cenário análogo às figuras precedentes.

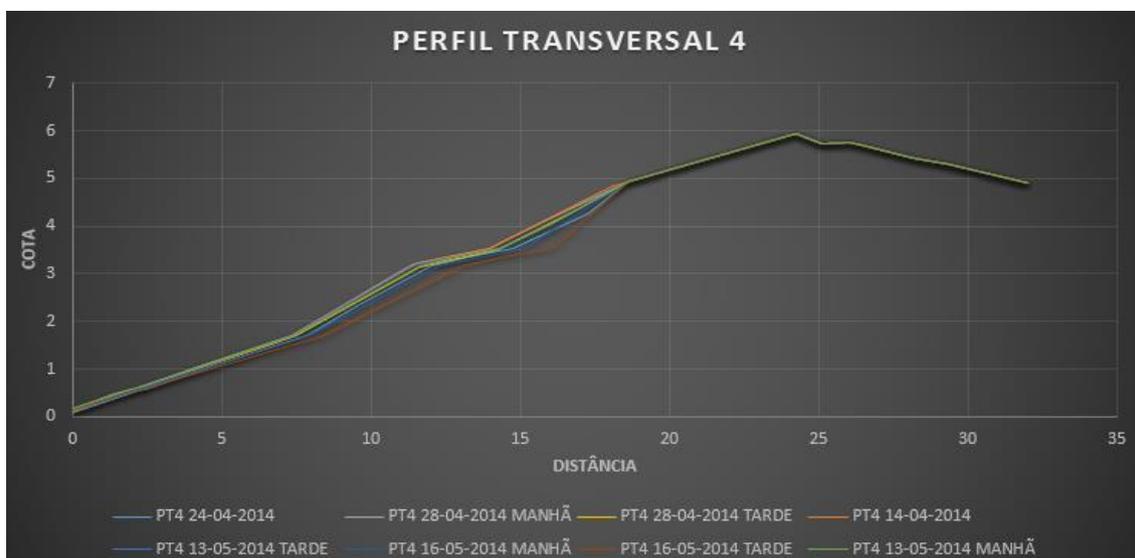


Figura 78 - Desenvolvimento do perfil 4 em todas as campanhas

No perfil 4 temos também algumas variações e o cenário é semelhante aos anteriores. Verifica-se o transporte até à berma, nesta zona constatou-se a presença

recorrente de ondas mais energéticas, possivelmente por a zona frontal a este alinhamento ser desprovida de afloramentos rochosos o que faz com que a ondulação sofra menores perdas de energia em relação aos restantes perfis. Contudo, é apenas uma possibilidade.

#### 4.2.2.2 Diferenças verificadas entre modelos gerados no Agisoft

Nesta secção irão ser apresentados os modelos 3D obtidos pelo Agisoft Photoscan através de fotografias retiradas no local, concernentes às campanhas infra citadas como se poderá ver já na figura 79 no dia 14 de abril de 2014.

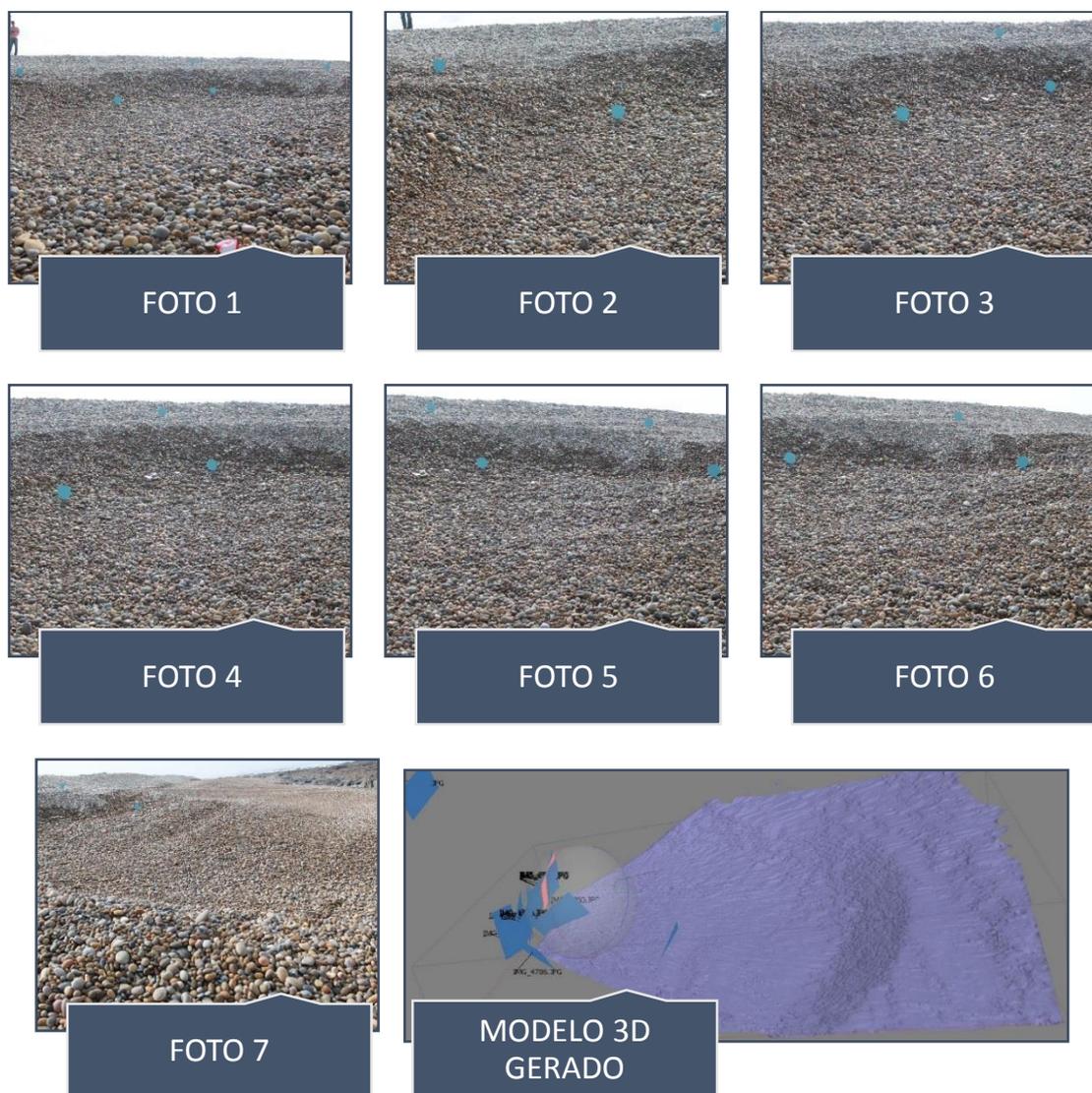


Figura 79 - Modelo obtido no dia 14 de abril

O modelo apresentado foi obtido com sete fotografias. Neste caso, permitiu modelar uma cúspide do trecho. A cúspide a analisar para o primeiro dia de campanha

tem uma geometria bastante regular. De referir, que a cava em análise para este dia é provida do maior comprimento, largura e da geometria como já se referiu mais regular de todas as campanhas. Tal facto pôde visualizar-se na figura 79. Foram colocados 6 marcadores, que funcionaram como pontos de apoio devidamente referenciados. Na figura 80 podemos ver a amostra fotográfica no dia 24 de abril.

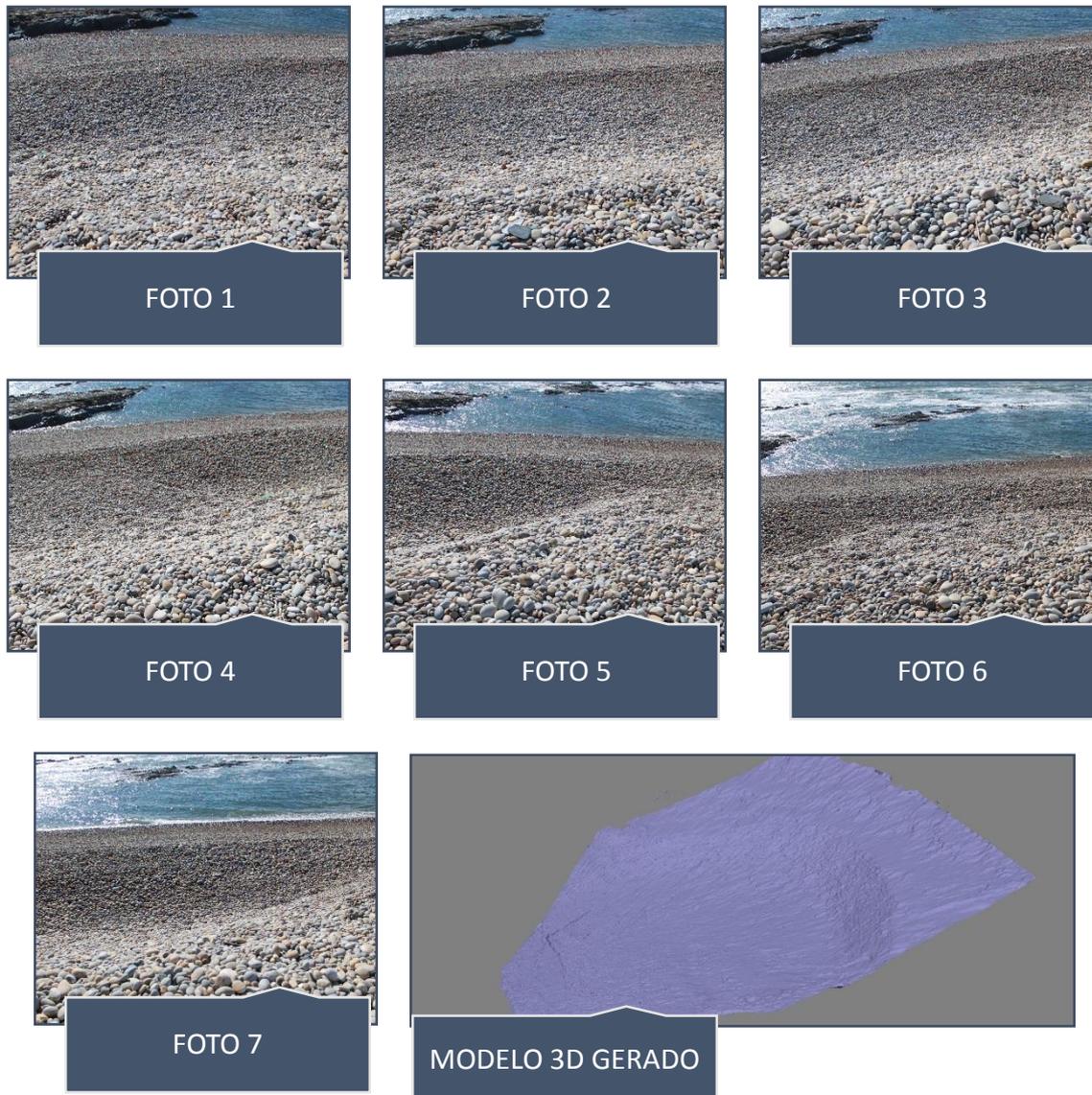


Figura 80 - Modelo obtido no dia 24 de abril

Na figura precedente não foram colocados marcadores, porque conforme referido anteriormente, as condições climáticas não estavam profícuas para a utilização do dispositivo DGPS. Todavia, é possível verificar que é mais estreita, porém tem uma geometria também regular. Contudo aquando da sessão fotográfica foi possível constatar

que a cava para além de mais estreita é também mais profunda. Na figura seguinte (fig. 81), podemos visualizar o modelo obtido no dia 28 de abril. Verifica-se que a geometria da microforma é mais estreita e com a cava menos pronunciada que as anteriores.

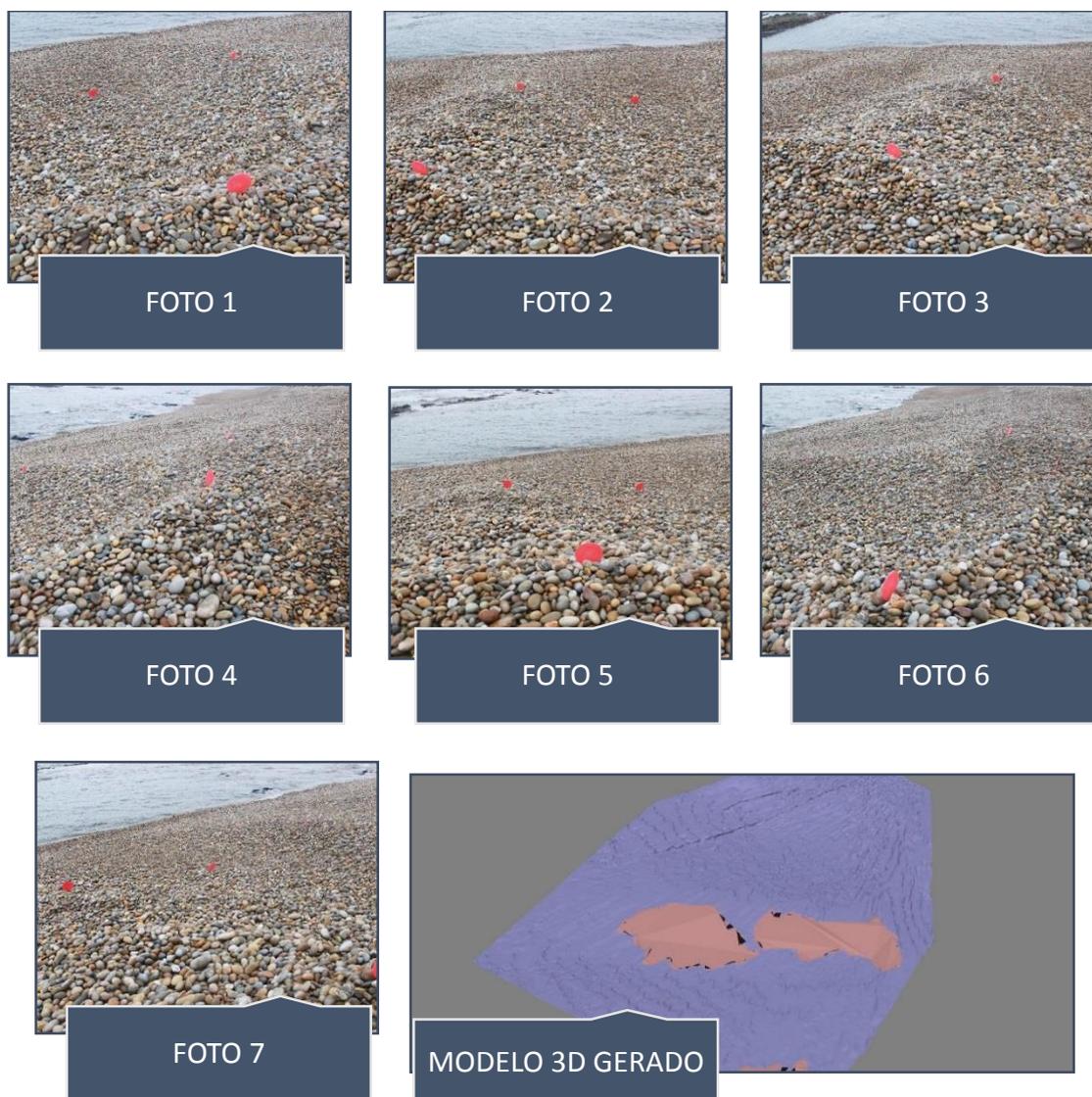


Figura 81 - Modelo obtido no dia 28 de abril

Por último na figura 82, temos o modelo no dia 13 de maio. Aqui tentou-se fazer a mesma análise, mas para 3 cúspides existentes que se encontravam alinhadas. Contudo a amostra fotográfica não surtiu efeito, ou seja, o modelo não foi gerado, possivelmente devido a um mau registo fotográfico. Como consequência, apenas se procedeu à análise de uma cúspide, onde o processo de análise seguiu os passos análogos às campanhas anteriores. A geometria não é tão regular como as duas primeiras, é mais estreita e a cava

mais profunda, possivelmente por na zona da cava a ondulação ser mais energética comparativamente com as anteriores campanhas.



Figura 82 - Modelo obtido no dia 13 de maio

As cúspides estão em recorrente modificação alterando assim a morfologia da praia. Este fenómeno pode surgir por diversos fatores, conforme já se referiu. Se o espraio se der a uma distância maior, é legítimo dizer que a onda tem mais energia. Pode também ter a ver com a inclinação da zona em questão, pois se tiver maior inclinação maior energia terá de existir por parte da ondulação para que o espraio se prolongue por uma maior distância. Na área da praia em estudo a inclinação é sensivelmente uniforme, rondando os 20%. Por isso a diferença energética poderá ter a ver com o facto de existir zona de rochas em determinadas zonas e em outras zonas estarem desprovidas das

mesmas. Há um maior dispêndio de energia quando surgem rochas no oceano, ou também diferenças de profundidade no plano transversal ao oceano, o que faz com que a uma maior profundidade haja menor energia. São vários os fatores que podem ter influência na dinâmica das praias. Na presente dissertação deu-se maior ênfase ao estado de agitação e ao tipo de maré, por ser o objeto primordial de estudo e conforme já referido precedentemente.

#### 4.2.2.3 Análise das dimensões dos sedimentos

Nesta secção irão ser apresentados os resultados da análise das dimensões realizadas ao longo de um perfil selecionado para o efeito. Como se constatou anteriormente os seixos localizados na posição 5 e 6, não sofreram alterações em todas as campanhas, porque o espraiamento apenas alcançou a berma e assim manteve intacta a berma de tempestade.. Contudo nas posições 1, 2 e 3 houve algumas modificações. Também de referir que na posição 4 as alterações foram menos evidentes. Conforme citado precedentemente, após a amostra fotográfica e com auxílio do Autocad, foi possível traçar segmentos para que rapidamente se analisassem as variações dimensionais ao longo do perfil. Resultaram os valores apresentados na tabela 2. Na figura 83 poderemos ver a imagem que foi importada para Autocad com os respetivos segmentos para posterior processamento dimensional.



Figura 83 – Análise e dimensão dos seixos (medição do eixo maior)

Na tabela 1 apresentam-se os resultados ao longo do perfil transversal 1 das dimensões dos sedimentos.

Tabela 2 - Resultados da análise dimensional

Campanhas	Qtd. Seixos (%)	Qtd Blocos (%)	Dimensão Média (mm)	Desvio Padrão (mm)
Dia 24 de abril - tarde	66,9	33,1	55,8	27,4
Dia 28 de abril - manhã	69,3	30,7	56,4	23,9
Dia 28 de abril - tarde	73,1	26,9	52,4	25,4
<b>Dia 13 de maio - manhã</b>	<b>52,1</b>	<b>47,9</b>	<b>69,1</b>	<b>28,8</b>
<b>Dia 13 de maio - tarde</b>	<b>53,2</b>	<b>46,8</b>	<b>66,5</b>	<b>26,6</b>
Dia 16 de maio - manhã	68,7	31,3	58,1	23,2
Dia 16 de maio - tarde	64,7	35,3	60,4	24,3

Durante o estudo foi possível verificar alterações de granulometria nos sedimentos depositados na praia. Após delineada a análise, obteve-se duas classes granulométricas, nomeadamente o seixo e o calhau/bloco classificadas conforme preconiza Wentworth. Pode então verificar-se na figura 84 e segundo a escala de Wentworth que o seixo se encontra num intervalo granulométrico de 4mm a 64mm e o bloco de 64mm e 256mm respetivamente. Como foi possível constatar ao longo do trecho estas classes eram predominantes. Contudo sofriam oscilações os parâmetros hidrodinâmicos em estudo.

Verifica-se que a predominância em praticamente todas as campanhas é o seixo, rondando os 60mm. Como exceção, temos o dia 13 de maio cuja dimensão média se aproxima dos 70mm, sendo esta dimensão classificada conforme escala de Wentworth como bloco. Pôde verificar-se nas figuras 63 e 64, que para as três primeiras localizações do quadro ao longo do perfil no dia 13 de maio a dimensão média é manifestamente maior, analogamente às restantes campanhas. Tal facto poderá dever-se ao facto de nesse dia ter-se presenciado vento intenso, o que poderá ter despoletado, juntamente com o estado de agitação e o tipo de maré, o cenário patente nas supracitadas figuras, isto é, o vento pôde ter tido influência na quebra da onda e como corolário no transporte do sedimento, contudo é apenas uma possibilidade.

Como conclusão, constata-se que as dimensões são semelhantes durante o período monitorizado o que corrobora o facto de o seixo se apresentar como uma estrutura

resiliente. De lembrar que esta análise foi realizada apenas num perfil do trecho em estudo.

<b>Intervalo Granulométrico (mm)</b>	<b>Nome</b>
>256	Matacão
<b>256 a 64</b>	<b>Bloco</b>
<b>64 a 4,0</b>	<b>Seixo</b>
4,0 a 2,0	Grânulo
2,0 a 1,0	Areia muito grossa
1,0 a 0,50	Areia grossa
0,50 a 0,250	Areia média
0,250 a 0,125	Areia fina
0,125 a 0,062	Areia muito fina
0,062 a 0,031	Silte grosso
0,031 a 0,016	Silte médio
0,016 a 0,008	Silte fino
0,008 a 0,004	Silte muito fino
<0,004	Argila

Figura 84 - Escala granulométrica de Wentworth

### 4.3 Influência da maré e agitação na morfodinâmica da praia

Nesta secção iremos verificar que a maré e a agitação têm influência na morfodinâmica da praia. Irá ser mostrado a disposição do estado da praia para as diferentes campanhas, assim como os dados relativos à altura da maré (preia-mar) e parâmetros de agitação, nomeadamente altura significativa (tabela 3), para o intervalo de tempo estudado. De salientar que as duas primeiras visitas à praia em estudo ocorreram em 31 de janeiro e 1 de março respetivamente. Não obstante, nestas visitas devido às condições climatéricas adversas, foi impossível proceder ao levantamento topográfico pelo que apenas se obteve registos fotográficos. Com efeito, é possível constatar que aquando destas campanhas a disposição da praia, conforme as figuras 85 e 86, apenas se provia de uma berma de tempestade. A sua localização firmou-se a uma cota que suplantava os 5m.

Nas campanhas seguintes, visualiza-se uma berma a uma cota inferior, um pouco acima dos 3m. Bastante inferior à berma de tempestade que se encontra acima dos 5m. Este facto tem a ver com a forte agitação e maré que se fizeram sentir no primeiro

trimestre do ano, assim como parâmetros meteorológicos, tais como ventos e chuva intensa, conforme presenciados nesse período, entrando em rota descendente no segundo trimestre como se pode constatar na figura 94 e na tabela 3 referentes a parâmetros de agitação. Nas figuras 87, 90 e 93, referentes à tipologia da maré desde o dia 31 de janeiro ao dia 16 de maio. Todavia verificou-se no estudo que a agitação teve mais influência que a maré para estes cenários mutáveis, conforme se pode verificar nas figuras supracitadas. A título de exemplo temos um tipo de maré no final de janeiro que ronda os 3,7 m, analogamente temos no dia 16 de maio uma altura de maré com cerca 3,6 m. Verifica-se que são semelhantes. Contudo, em janeiro temos apenas uma berma e em maio temos duas, ou seja, a primeira berma não é afetada no segundo trimestre. Com efeito, concluiu-se que os parâmetros de agitação são os maiores despoletadores para este cenário. Verifica-se que a altura significativa média no final de janeiro é manifestamente superior à do dia 16 de maio.



Figura 85 - Disposição da praia de Belinho na primeira visita

Pode-se constatar, que na primeira visita (figura 86), é notória a predominância de cúspides alongadas, devido ao espraiamento se manifestar com mais energia e a uma distância maior à do período monitorizado. De enfatizar, que a maré com maior altura ocorreu no dia 31 de janeiro (figura 87), assim como a forte agitação foi também das mais significativas (tabela 3).



Figura 86 -Praia de Belinho no dia 31-01-2014

Na figura 87, é possível visualizar o estado da maré entre a primeira e segunda visitas e subsequentemente nas figuras 88 e 89 respetivamente, poderá verificar-se o estado da praia em estudo para o período em questão.

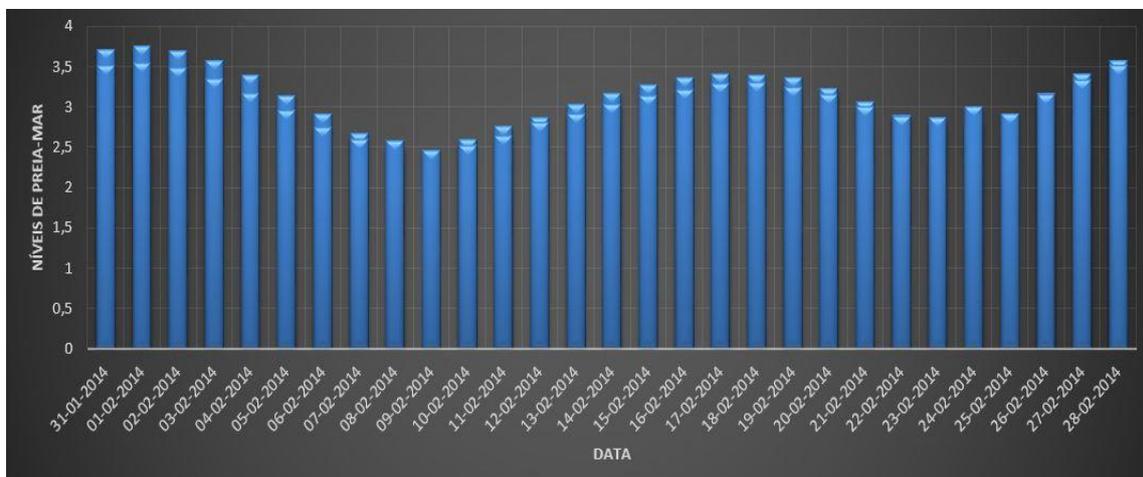


Figura 87 - Desenvolvimento da maré entre os dias 31 de janeiro e 1 de março

Pode verificar-se que no final de janeiro, a maré suplanta os 3,5m e no final de fevereiro também. Em maré morta a altura de maré esteve sempre a rondar os 3m.



Figura 88 - Imagem de Belinho na segunda visita



Figura 89 - Imagem de erosão recente da arriba

Conforme referido, as figuras precedentes assinalam o estado da praia na segunda visita à mesma, confirmando que devido à altura de maré e parâmetros de agitação há uma continuidade de cúspides alongadas. Há também uma berma que debela a fronteira dos 5m e conforme a figura 89, uma tímida erosão de duna a norte do trecho em estudo.

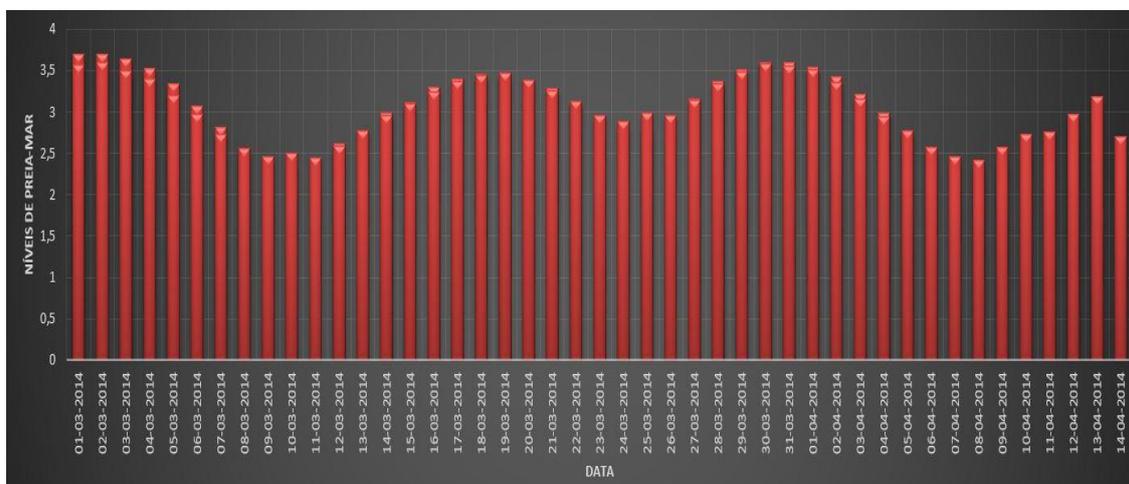


Figura 90 - Desenvolvimento da maré entre os dias 1 de março e 14 de abril

Na figura 90 verifica-se uma descida da altura da maré, sendo que tal facto é mais notório no início de abril rondando os 3m em marés vivas e 2,5m em marés mortos.

. Poderá também constatar-se que, entre os dias 14 (maré viva) e 24 de abril (maré viva menor), a maré teve uma altura máxima de cerca de 3.5m (fig. 93). Todavia, os parâmetros de agitação foram menos representativos do que nos períodos atinentes às primeiras visitas.

Verifica-se também, o surgimento de uma segunda berma que se encontra a uma cota ligeiramente superior a 3m, como já se referiu.



Figura 91 - Existência de uma segunda banquetta



Figura 92 - Geometria de cúspide na primeira e segunda campanhas

Pode-se ainda ver a diferença na geometria da cúspide, sendo que no dia 14 de abril tem uma geometria maior, contudo a cava é mais pronunciada no dia 24 de abril, como também já se viu na secção 4.2.2.3.

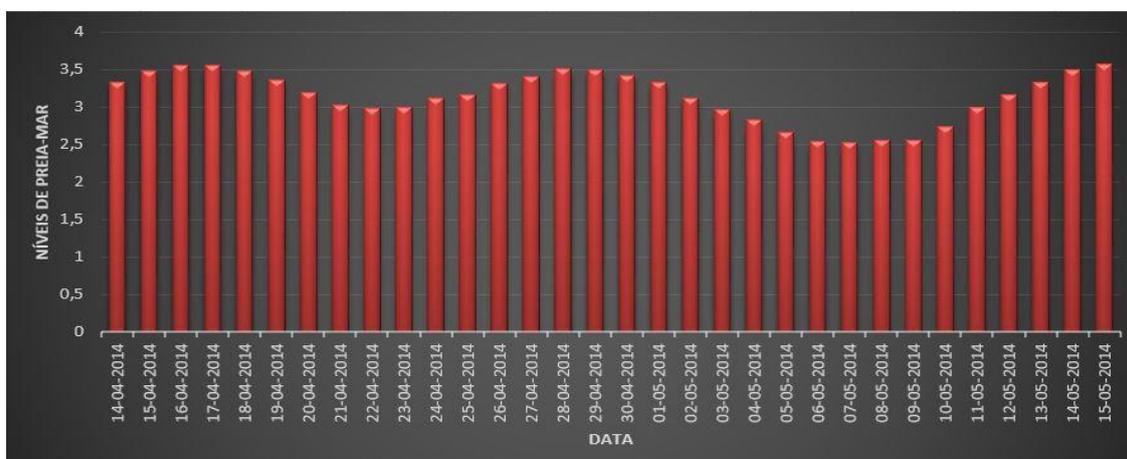


Figura 93 - Desenvolvimento da maré entre os dias 14 de abril e 16 de maio

Tabela 3 - Valores de altura significativa média

Visitas/ Campanhas	Altura Significativa Média (m)
Dia 31 de janeiro	6,98
Dia 1 de março	6,82
Dia 14 de abril	1,03
Dia 24 de abril	2,7
Dia 28 de abril	1,48
Dia 13 de maio	2,2
Dia 16 de maio	1,07

Na tabela anterior podemos então ver os parâmetros de agitação, conforme já havia referido. Os parâmetros são referentes à altura significativa média, gentilmente cedidos pelo instituto hidrográfico. Pode ainda retirar-se que, os parâmetros são mais representativos no primeiro trimestre, sofrendo um abrandamento no segundo, como se citou no início do capítulo. Pode concluir-se que as diferenças morfológicas no segundo trimestre, período das campanhas, conforme a secção 4.2.2.1, foram inequivocamente menos protuberantes analogamente ao primeiro trimestre. Na tabela 4 podemos ver os valores da preia-mar diária mais elevada para cada campanha. Encontra-se referenciada na coluna Y com o respetivo horário da mesma. De referir que através destes valores foram traçadas 5 retas nos gráficos para cada perfil com as campanhas sobrepostas. Através disso é possível ter um discernimento mais lato da influência da maré ao longo da berma intermédia.

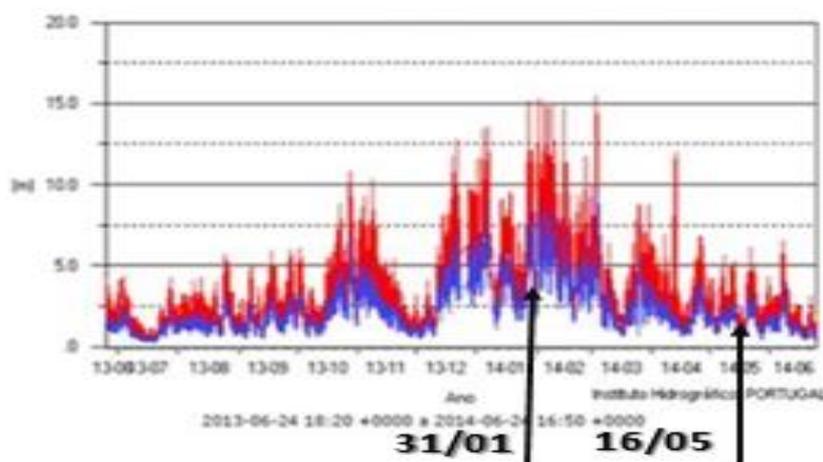


Figura 94 - Alturas significativas (Hidrográfico, 2014)

Tabela 4 – Valores máximos de preia-mar nos dias de campanhas

PREIA-MAR = 13.45	14-abr	PREIA-MAR = 13.15	24-abr	PREIA-MAR = 22.15	28-abr	PREIA-MAR = 13.30	13-mai	PREIA-MAR = 15.00	16-mai
X (m)	Y (m)								
0	3,34	0	3,12	0	3,51	0	3,33	0	3,64
35	3,34	35	3,12	35	3,51	35	3,33	35	3,64

Poderá ver-se na figura 95 a evolução da berma ao longo do perfil 1 para todas as campanhas, com referência à maré.

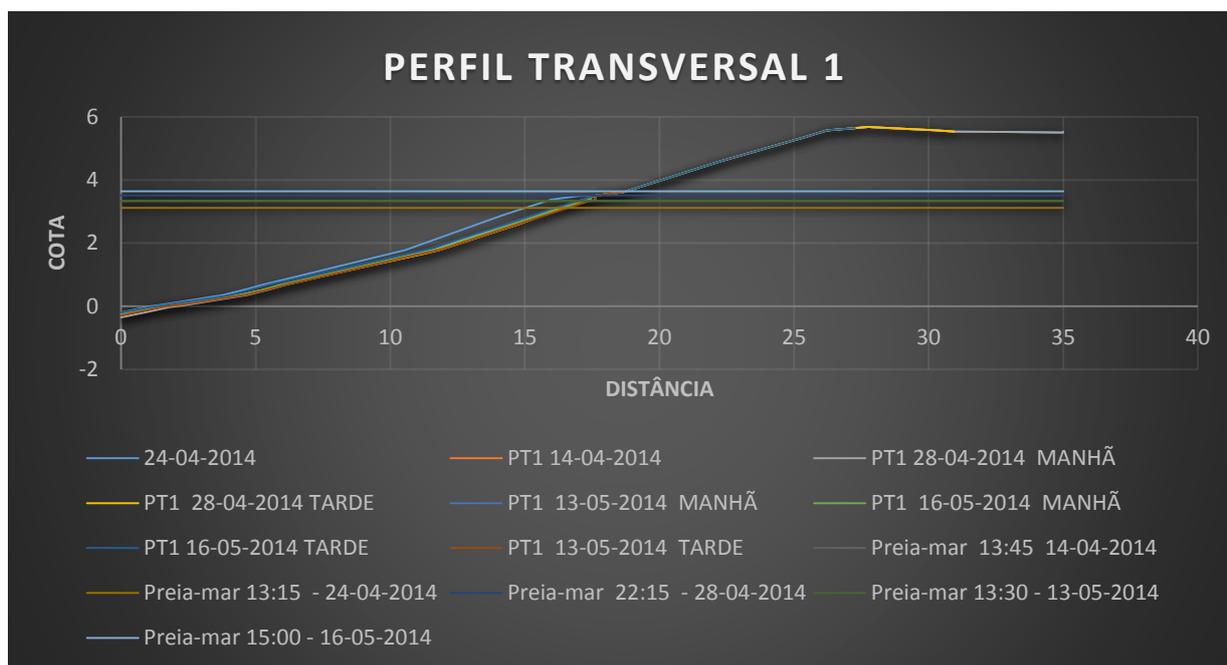


Figura 95 - Desenvolvimento do perfil 1 com referência à tipologia de maré

Verifica-se que o nível de preias-mar máximo acompanha a cota da berma intermédia durante o período monitorizado, permite concluir que esta está condicionada pela variabilidade da maré.

Como anexo (1 a 3) serão apresentados os restantes 3 perfis com a respetiva referência à tipologia de maré.



# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

---

### 5.1 Conclusões

O objetivo geral do trabalho consistiu, conforme se referiu no capítulo 1, na caracterização de perfis transversais aferindo as alterações morfológicas em diferentes estados de agitação e tipologia de maré, nomeadamente em cinco campanhas distintas. Estas campanhas foram realizadas em cinco datas distintas. Foi realizado apenas um levantamento em cada uma das duas primeiras campanhas e dois nas restantes, conforme explanado na tabela 1. Contempla ainda o apoio de ferramentas informáticas para o respetivo cumprimento de objetivos. Foram elaboradas as campanhas, conforme anteriormente referido, de onde despoletaram vários registos, no que concerne à morfodinâmica da praia de Belinho.

Após análise dos resultados obtidos, foi possível retirar as seguintes conclusões:

- A aplicação do dispositivo DGPS foi de extrema importância, dada a sua alta precisão e facilidade de utilização. Foi possível uma análise pormenorizada do terreno em estudo, esmiuçando todos os pontos notáveis da praia e considerados em levantamento. Com os dados adquiridos foi possível a criação de mapas e a aferição das diferenças de estado para todas as sondagens. Posteriormente procedeu-se à análise dos perfis transversais que se achou mais suscetíveis a mudanças. Teve-se em linha de conta para as campanhas o estado da maré. Há uma maior amplitude de praia exposta em dias de sizígia.
  
- A utilização de software específico para processamento de dados foi também de notória importância. Como se referiu foi possível a criação de mapas e modelos

3D o que possibilitou analisar com mais detalhe as variações morfológicas da área em estudo.

- O sedimento depositado na praia, na sua maioria seixos revelou-se um material resiliente. Os cenários analisados em termos de modificações morfológicas foram de extrema importância. As alterações morfológicas não são muito significativas, contudo verifica-se que há um transporte recorrente de sedimento que se aloja na berma. As alterações aparentemente mais significativas foram nas zonas dos perfis escolhidos. É a zona do trecho onde há a formação de cúspides. Estas formas geométricas são despoletadas por estarem mais suscetíveis à ação das ondas. Estão sob influência de um maior dispêndio de energia e como consequência uma maior alteração de volume de seixos, como se verificou na amostra fotográfica. Foi visível que em preia-mar em dias de maré viva as ondas transportavam com maior facilidade os seixos. Todavia, na altura de espraio, havia grande perda de energia o que fazia com que houvesse transporte de seixos até à face da praia, mas já não havia energia suficiente para os transportar novamente para o mar, isto é, o refluxo ocorria sem transporte de seixos, o que resultava na deposição dos mesmos na berma intermédia.
- A obtenção de modelos 3D através de fotografias retiradas no local, demonstrou ser eficaz no registo de microformas de praia. Apenas com fotografias e alguns pontos devidamente referenciados foi possível analisar uma zona sensível a alterações de relevo. De salientar que é um processo rápido de obtenção de modelos 3D.
- A análise de dimensões revelou-se muito eficaz, porque através de uma simples moldura quadrangular com dimensões de 1 metro, foi possível analisar as dimensões dos seixos de forma extremamente rápida com recurso à ferramenta Cad. Foi elaborada a análise apenas para um perfil e considerou-se para a medição o eixo maior do elemento. Constatou-se que as dimensões são semelhantes consoante o estado de agitação e tipo de maré durante o período monitorizado, todavia constatou-se numa das campanhas, possivelmente devido ao vento intenso um aumento da dimensão média em cotejo com as restantes campanhas.
- Foi possível visualizar a praia em janeiro, altura que houve a sua maior alteração morfodinâmica afetando a berma de temporal e mesmo algumas dunas existentes no local, corolário da forte agitação que se fez sentir.

- De concluir que os seixos revelaram-se um material com aparente resiliência e que o agente ativo mais importante nos processos de alteração morfodinâmica é a ação das ondas, como se pôde constatar.

## **5.2 Sugestões para trabalhos futuros**

- Como sugestão para futuros trabalhos, saliento a importância de uma maior tempo de estudo, nomeadamente em alturas de uma agitação mais intensa, isto é em cenário de tempestade.
- Também a importância de monitorizar uma maior área, conseguindo um maior conhecimento para futura análise deste tipo de praias. Hipotética análise de um maior número de perfis transversais obtendo um maior conhecimento destes sistemas complexos.
- Estender a análise dimensional a mais perfis no trecho em estudo.
- Quantificar elementos geométricos das microformas, a partir dos modelos 3D.



## LISTA DE REFERÊNCIAS

---

Almeida, E., 2008. *Componente eólica de transporte sedimentar em praias do litoral norte.*

Almeida, J., 2013. Modelação da hidrodinâmica e da morfodinâmica do estuário do Douro

Buchmann, F. C. & F. S. C., 2003. *Experimento de Transporte de Bioclastos (Seixos e Blocos) numa Praia Arenosa.*

D. C., 2011. *Estudos oceanográficos: do instrumental ao prático.*

Dennis Tasa, E. J. F. K., s.d. *Earth.*

Department of Geography and Anthropology, s.d. *Surfzone-beach-dune interactions.*

Dias, J. M. A., 2005. *Evolução da zona costeira portuguesa: forçamentos antrópicos e naturais.*

FARRELL E. J., GRANJA H. M., CAPPIETTI L., ELLIS J. T., LI B., SHERMAN D. J. (2009). Wave transformation

across a rock platform, Belinho, Portugal. *Journal of Coastal Research*, SI 56: 44-4

Ferreira, D. d. B., 2005. *Geografia Física dos Oceanos.*

GRANJA H., LOUREIRO E., 2007. Why are shingle beaches replacing sandy beaches (coastal zone of NWPortugal). *Coastal Sediments´07*. ASCE, Ed. Kraus N., Rosati J. vol 1: 545-560

Gomes, A., 2003. *Ondas Marinhas.*

Gomes, R. C. M. B., 2004. *Sistemas de Informação para a Modelação Matemática de derrames de Hidrocarbonetos em Ambiente Marinho.* Guimarães: Universidade do Minho.

Guza, I. &., 1982. *On beach cusp formation.*

J Orford, Q. U. B. U. & E Anthony, U. d. P. A. e. P. C. F., 2013. *Coastal Gravel Systems*, s.l.: Editor in Chief John F. Shroder.

J Orford, Q. U. B. U. & E Anthony, U. d. P. A. e. P. C. F., 2013. Gravel-morphodynamics. Em: *Treatise on Geomorphology*. p. 18.

J.T. Wells, 2011. Morphodynamic characteristics and classification of beaches in England and Wales. *Marine Geology*, p. 20.

Komar, P. D., 1998. *Beach progress and sedimentation*..

Komar, P. D., 1998. *Wave erosion of a massive artificial landslide*. .

L. Bear, A. -. D. C. S. D. a. L., s.d. *Seawater intrusion in coastal aquifers - concepts, methods and practices*..

Leão, C., s.d. *Variação espacial e temporal das cúspides da praia de Camburi, Vitoria*..

Loureiro, E. M., 2006. *Indicadores geomorfológicos e sedimentológicos na avaliação da tendência evolutiva da zona costeira*.

LOUREIRO E., GRANJA H. M., 2000. Praias de seixos do litoral de Esposende. Actas do 3º Simpósio sobre a

Margem Continental Ibérica-Atlântica, Faro, 121-122

LOUREIRO E., GRANJA H. M., 2001. Short-term morphodynamics of a shingle beach (Esposende, northwest

Portugal). In: PACKHAM, RANDALL, BARNES e NEAL (eds.), *Ecology and geomorphology of coastal shingle*,

R.W.G.Carter, 1988. *Coastal environments: An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*.

Rijkswaterstaat, M. o. I. a. t. E., 2013. *Eco-engineering in the Netherlands*.

Storz-Peretz, Y. & Laronne, J. B., 2013. Automatic grain sizing of vertical exposures of gravelly deposits. Em: *Sedimentary Geology*. p. 5

## RECURSOS WEB

---

Agisoft, 2012. *Agisoft Photoscan*. [Online]

Available at: <http://www.agisoft.ru>

[Accessed fevereiro 2014].

Anderson, 2010. *anderson-tutoriais arcgis*. [Online]

Available at: <http://andersonmedeiros.com>

[Accessed fevereiro 2014].

ESRI, 2014 [Online]

Available at: <http://www.esripress.esri.com>

[Accessed fevereiro 2014].

*Geociências, 2014*. [Online]

Available at: <http://www.geociencias.com.br>

[Accessed fevereiro 2014].

*Instituto Hidrográfico da Marinha, 2014*. [Online]

Available at: <http://www.hidrografico.pt>

[Accessed fevereiro 2014].

*maisbiologia, 2009*. [Online]

Available at: <http://www.maisbiologia.com.br>

[Accessed fevereiro 2014].

*morphodynamics beach, 2013* [Online]

Available at: <http://www.science.ulster.ac.uk>

[Accessed janeiro 2014].

*pegesu, 2013*. [Online]

Available at: <http://pegesul.com.br>

[Accessed fevereiro 2014].

*pluridoc, 2011* [Online]

Available at: <http://www.pluridoc.com>

[Accessed 16 fevereiro 2014].

*Praias, 2013.* [Online]

Available at: <http://www.cem.ufpr.br/praias>

[Accessed 24 Fevereiro 2014].

*training course, 2014* [Online]

Available at: <http://www.meted.ucar.edu>

[Accessed 31 dezembro 2013].

*wisuki, 2014* [Online]

Available at: <http://pt.wisuki.com/>

[Accessed janeiro 2014].

*zona costeira, 2009.* [Online]

Available at: <http://www.zonacosteira.bio.ufba.br>

[Accessed 16 fevereiro 2014].

APHR, 2007. *Associação Portuguesa de Recursos Hídricos.* [Online]

Available at: <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/mare.html>

[Accessed fevereiro 2014].

arcgis, c., n.d. *UFV.* [Online]

Available at: <http://www.ufv.br>

[Accessed fevereiro 2014].

Marinha, n.d. *Marinha.* [Online]

Available at: <http://www.marinha.pt>

[Accessed fevereiro 2014].

services, C., n.d. *NGDC.* [Online]

Available at: <http://www.ngdc.noaa.gov/>

[Accessed fevereiro 2014].

SIG, 2013. *logica*. [Online]

Available at: <http://www.logica.com.br>

[Accessed fevereiro 2014].

topografia, 2013. *al-top*. [Online]

Available at: <http://www.al-top.com>

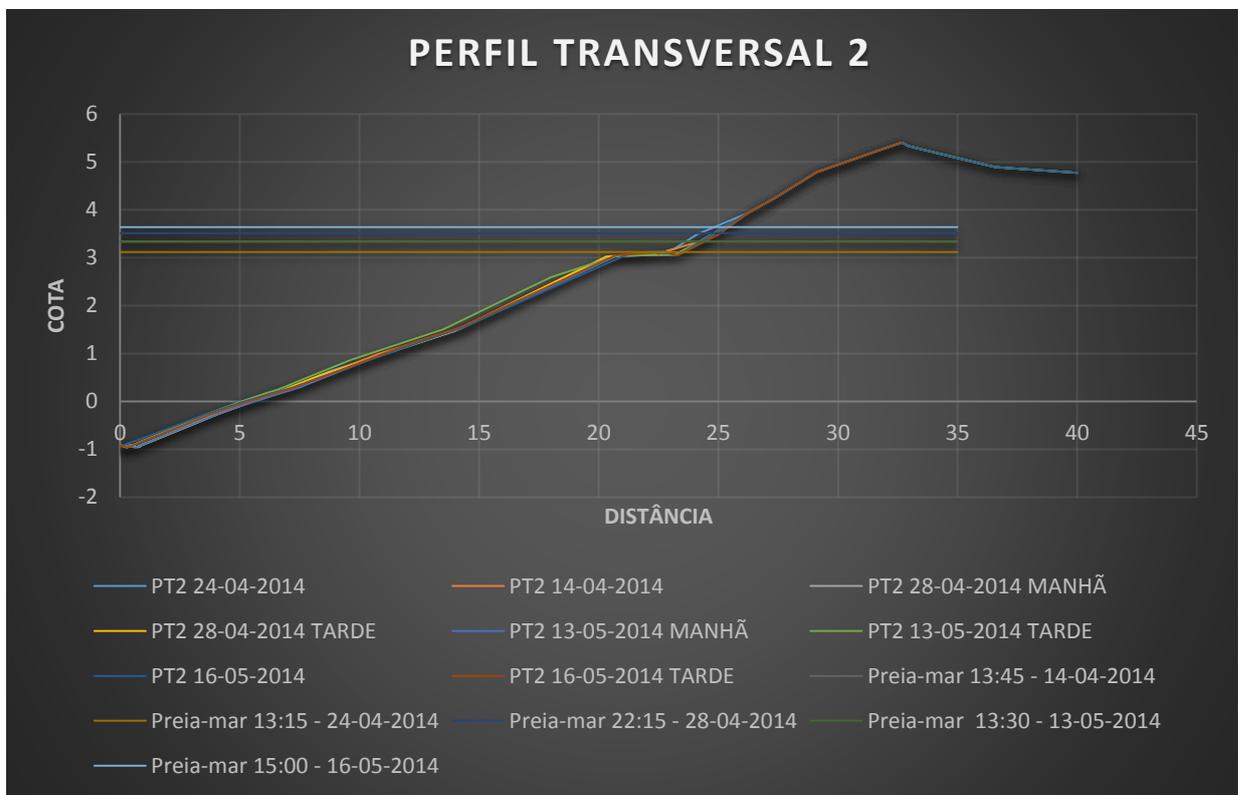
[Accessed janeiro 2014].



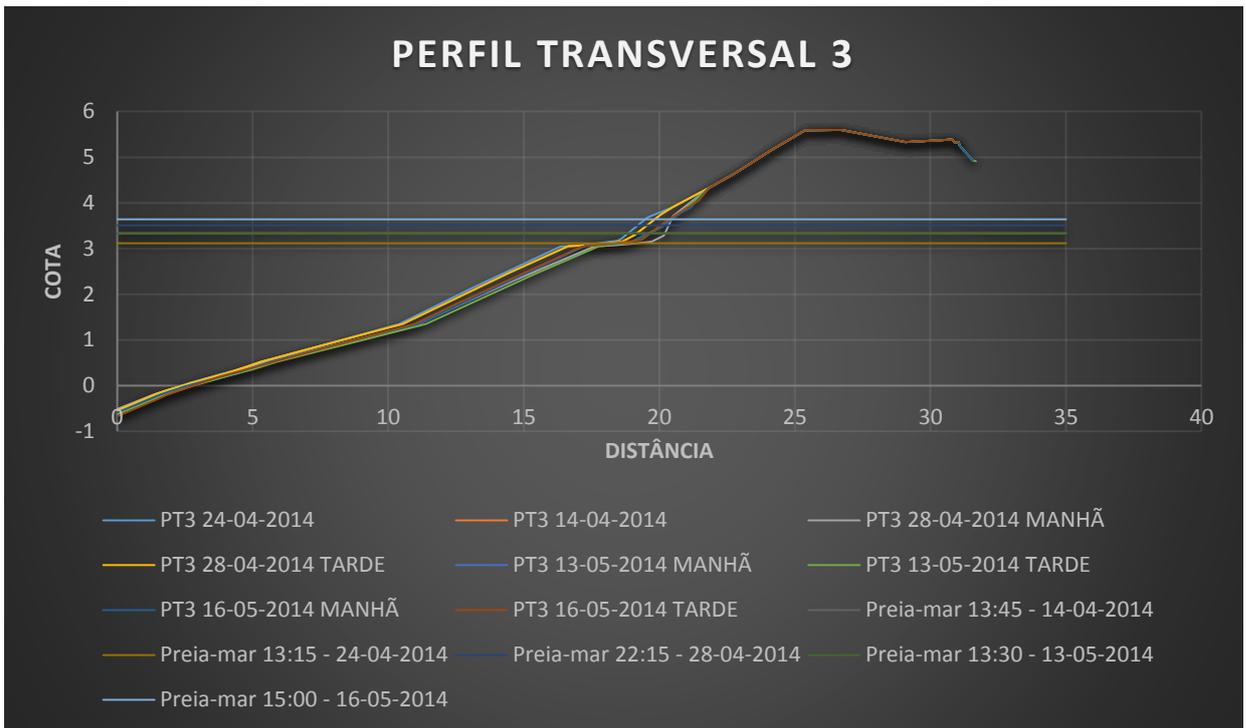
# ANEXOS

## ANEXOS

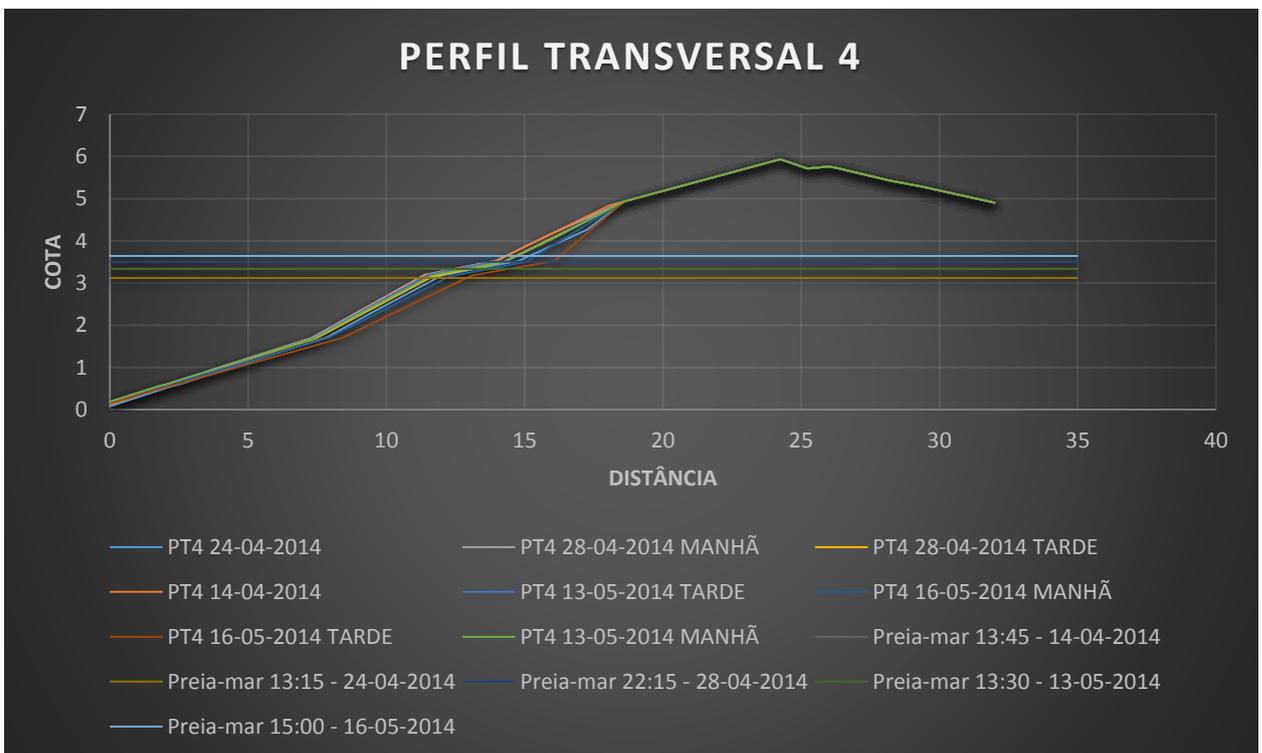
### Anexo 1 – Perfil Transversal 2 com referência à maré



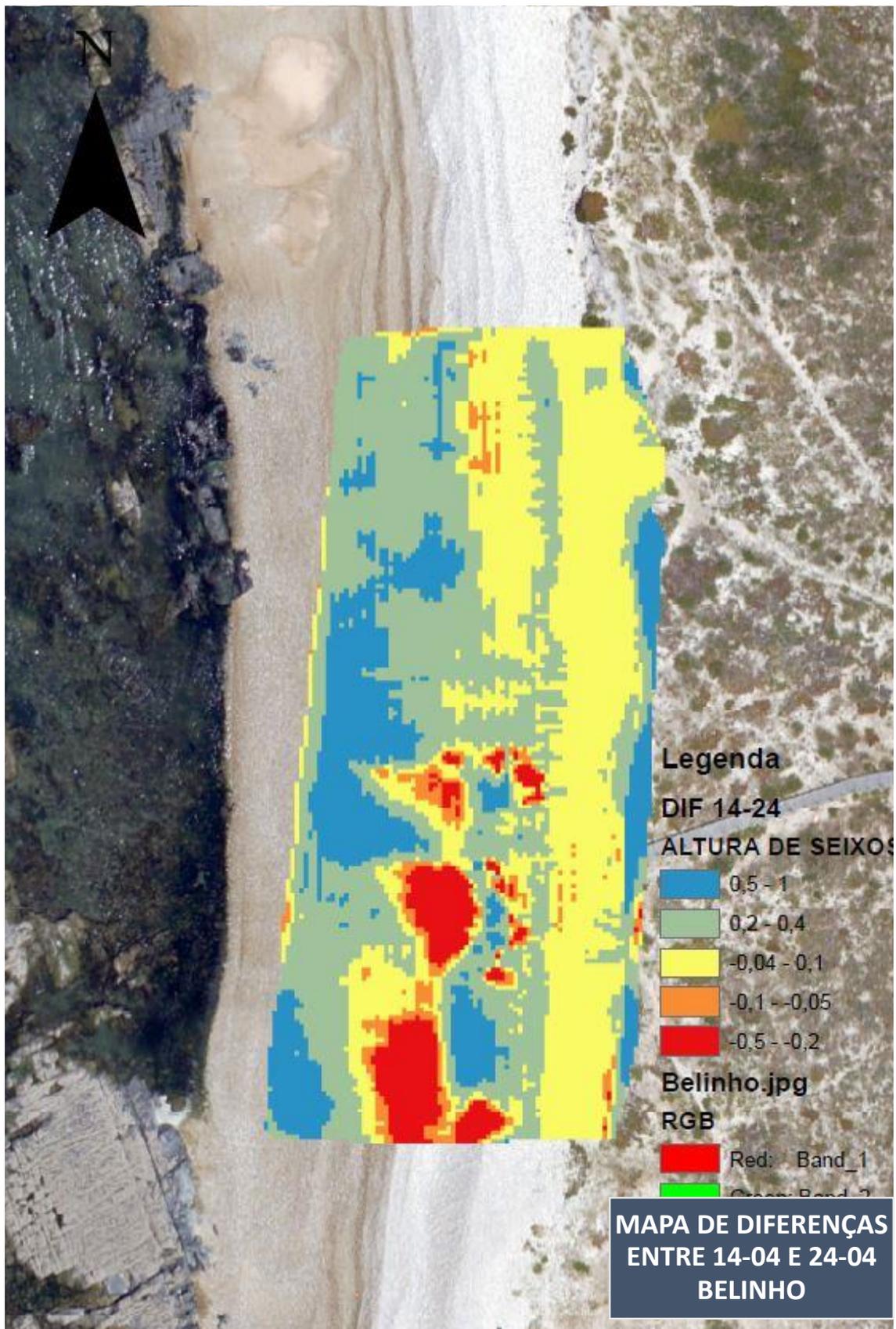
### Anexo 2 - Perfil Transversal 3 com referência à maré



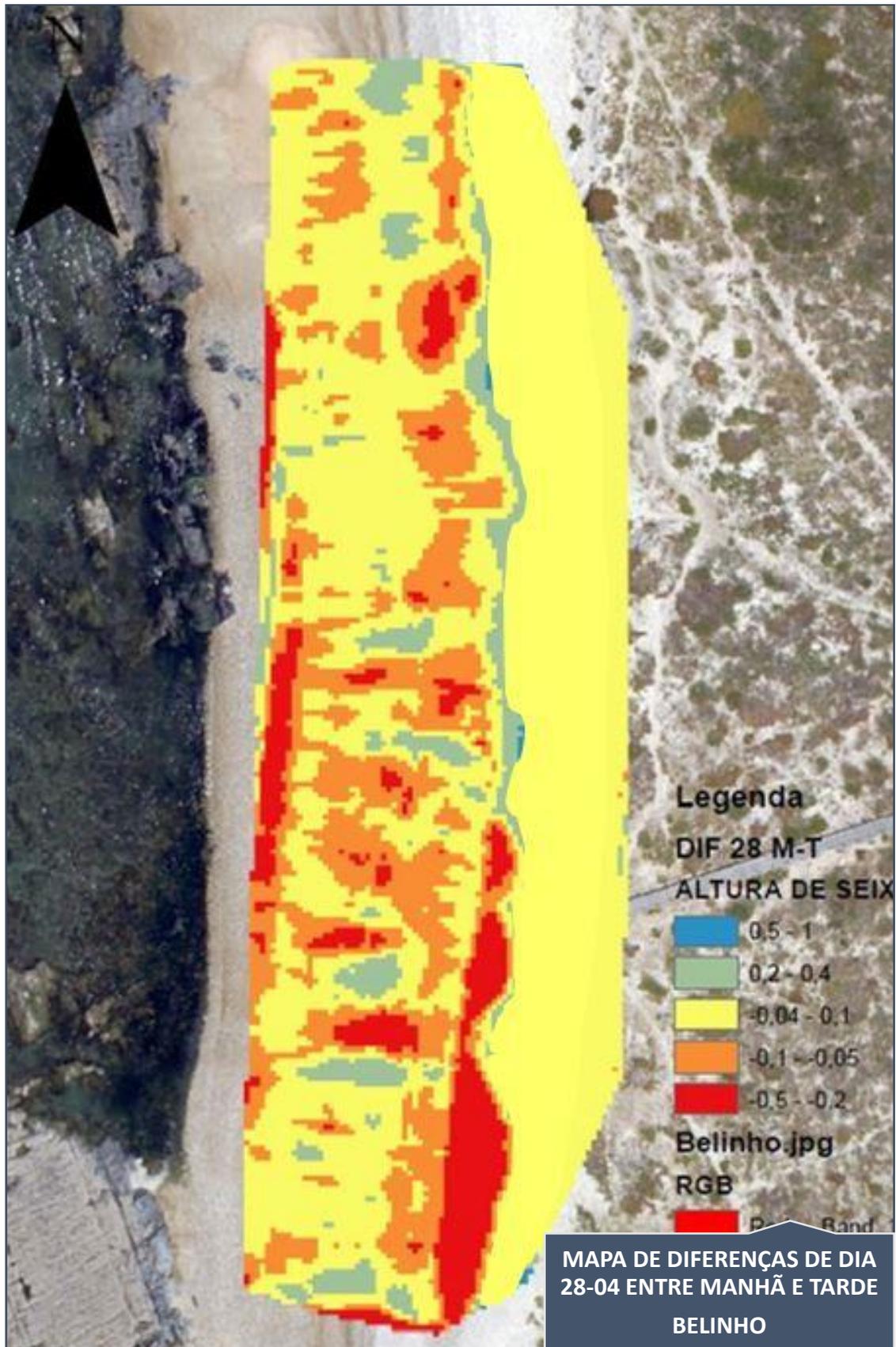
### Anexo 3 - Perfil Transversal 4 com referência à maré



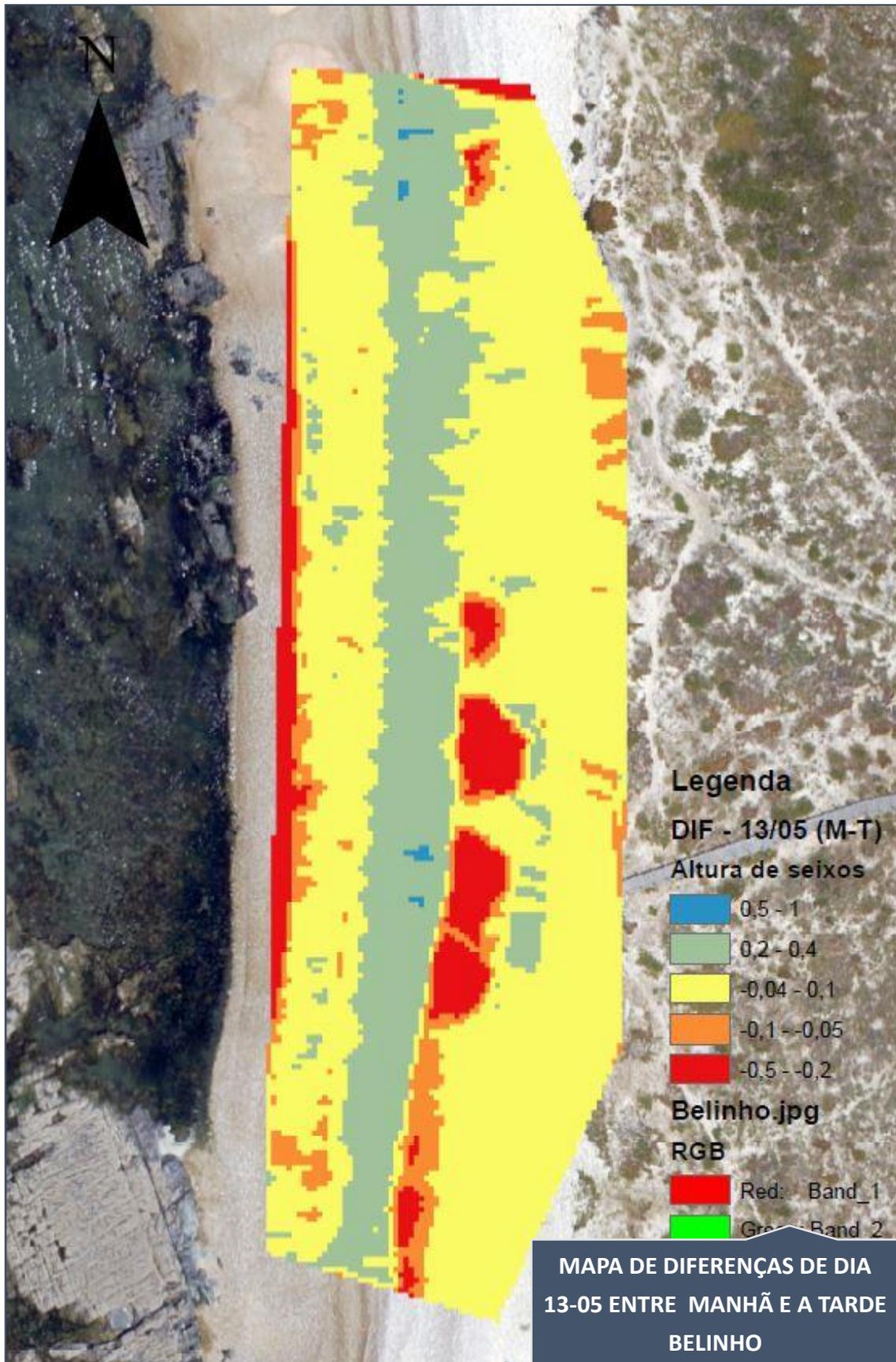
## Anexo 4 – Mapa de diferenças nos dias 14 e 24 de abril



Anexo 5 – Mapa de diferenças no dia 28 de abril (Manhã – Tarde)



## Anexo 6 - Mapa de diferenças no dia 13 de maio (Manhã – Tarde)



**Anexo 7 - Mapa de diferenças no dia 16 de maio (Manhã – Tarde)**

