



RISCOS



APRESENTAÇÃO DE RECENTE METODOLOGIA ÚTIL PARA A GESTÃO DO RISCO NO LITORAL\*

PRESENTATION OF RECENT USEFUL RISK MANAGEMENT METHODOLOGY ON THE COAST

87

Carla Carocha

Universidade de Lisboa (Portugal)

Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia

ORCID [0000-0003-4091-028X](https://orcid.org/0000-0003-4091-028X) [carlacaroca2@sapo.pt](mailto:carlacaroca2@sapo.pt)

RESUMO

Os métodos tradicionais de estudo hidrodinâmico das ondas e de batimetria, no domínio litoral de menor profundidade, desde a zona de rebentação (*breaker zone*) à zona de espraio (*swash zone*) são difíceis de serem efectuados. O texto apresenta um modelo recente de estudo hidrodinâmico com obtenção de dados contínuos e temporais, pouco dispendioso, praticamente sem dificuldade e de alta resolução. O processo foi testado para duas praias. Através das imagens de vídeo de vigilância das praias obtiveram-se vários parâmetros oceânicos e a batimetria, e definiu-se a posição adequada para a câmara de vídeo. Apesar de ser um processo em início, considerou-se ser necessário para a gestão e risco da orla costeira.

**Palavras-chave:** Litoral, vídeo, batimetria, gestão, Matlab.

ABSTRACT

The traditional methods of hydrodynamic study of waves and bathymetry in less deep coastal areas, from the surf zone (*breaker zone*) to the swash zone are not easy to implement. This article presents a recent model of a hydrodynamic study where high resolution continuous and temporal data are obtained, at no great cost, practically without difficulty. The process was tested for two beaches. The surveillance video images of the beaches provided several oceanic parameters and the bathymetry, and the appropriate position for the video camera was defined. Despite being a process in its infancy, it was considered necessary for the management and risk of the coastline.

**Keywords:** Coast, video, bathymetry, management, Matlab.

\* O texto desta nota corresponde a uma comunicação apresentada no IV Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, tendo sido submetido em 24-09-2022, sujeito a revisão por pares a 27-09-2022 e aceite para publicação em 31-01-2023.

Esta nota é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (I), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

O planeta Terra está a sofrer alterações climáticas produzindo vários efeitos. Na orla costeira, as consequências são: o aumento do nível médio do mar, as mudanças nas correntes oceânicas e a erosão no substracto natural e artificial sob o mar e sobre o continente. Estas consequências naturais geram riscos à população, tais como, a perda de bens e de vidas humanas (Santos e Miranda, 2007). Para evitar-se estes riscos há que elaborar planos de ordenamento do território, do turismo litoral e de emergência. No entanto, sem existir um estudo de conhecimento contínuo da área abrangida ao longo do tempo (horas, dias, meses e anos) associada ao clima e às acções/actividades humanas, muito dificilmente se conseguirá evitar e/ou prevenir esses riscos na orla costeira, pois não se conhece nem se compreende o que ocorre nesse troço do litoral.

O domínio litoral ou, mais conhecido por praia, encontra-se entre o domínio oceânico e continental, entre a zona das águas intermédias - profundas e da zona do continente (fig.1).

O litoral apresenta, no sentido do mar para o continente, a praia submarina, a praia subaérea e a duna, arriba e/ou estrutura artificial. A praia submarina inclui parte da zona de águas intermédias, a zona de água rasas, a zona de rebentação (*breaker zone*) e parte da zona do espalho (*surf zone*). A praia subaérea divide-se em praia subaérea baixa ou zona intertidal (*foreshore*) e a praia subaérea alta ou zona supratidal (*backshore*). A zona intertidal compreende parte da zona de espalho (*surf zone*) e parte da zona de espraio (*swash zone*). A zona supratidal inclui parte da zona do espraio (*swash zone*) e o galgamento (The Oceanography Course Team, 2006).

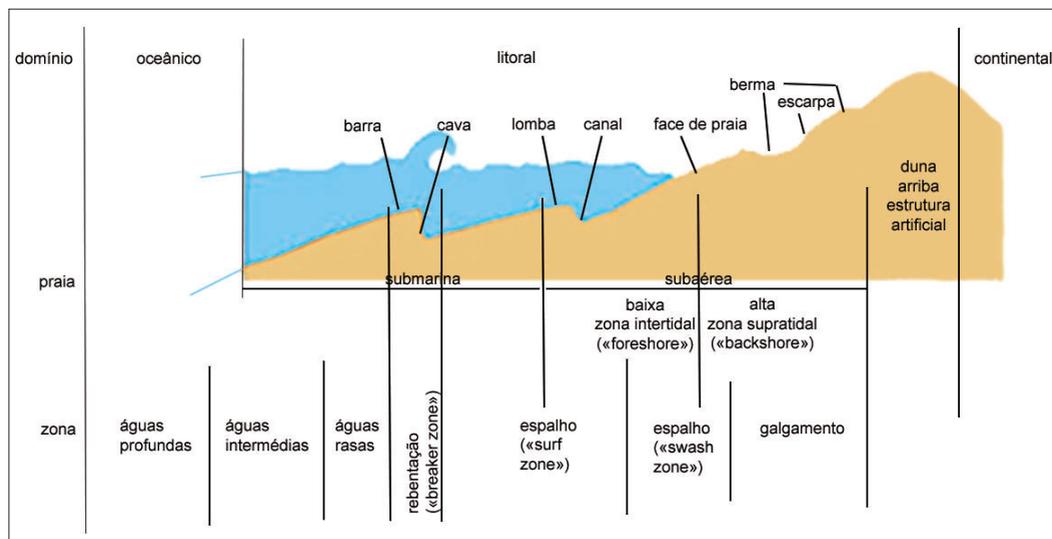


Fig. 1 - Esquema sintético do litoral, sem escala (Fonte: Carøça, 2020).

Fig.1 - Synthetic scheme of the coast, without scale (Source: Carøça, 2020).

O estudo hidrodinâmico das ondas do mar, que se propagam desde as águas profundas às zonas costeiras, é útil para o apoio à navegação, à actividade piscatória, às actividades desportistas (exemplo: *surf*), aos trabalhos de investigação nas áreas da oceanografia física, da geofísica, da biologia e da engenharia civil costeira, e consequentemente, à protecção civil marinha, ao planeamento e ordenamento do território litoral, à monitorização, à avaliação de risco e ao sistema de alerta (exemplos: erosão costeira, *tsunami*) (Pereira, 2016).

As ondas são movimentos oscilatórios (fig. 2), cuja amplitude, altura e comprimento, dependem da intensidade, do rumo e da turbulência do vento e da interferência com o fundo do mar.

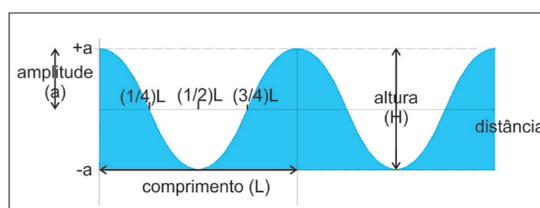


Fig. 2 - Esquema de onda sinusoidal

(Fonte: Adaptado de The Oceanography Course Team, 2006).

Fig. 2 - Sine wave diagram

(Source: Adapted from The Oceanography Course Team, 2006).

Entende-se por: amplitude ( $|a|$ ), a metade da altura da onda sinusoidal, em metros; a altura ( $H$ ), a distância vertical entre a crista e a cava, em metros; e comprimento ( $L$ ), a distância horizontal entre dois pontos homólogos consecutivos (duas cavas ou duas cristas), em metros.

À medida que a onda se aproxima da costa, diminui a profundidade, e a onda altera a sua forma até que colapsa. A observação visual da forma como a onda rebenta (designada por onda de rebentação) sugere uma determinada inclinação geral do fundo (batimetria) do domínio litoral de menor profundidade, desde a zona de rebentação (*breaker zone*) até à zona de espraio (*swash zone*) (Silva, 2010) (fig. 3)

Se a onda rebenta gradualmente, designada por onda derrame ou progressiva (*spilling* em inglês), a inclinação do fundo da praia é baixa. Se a onda ao aproximar-se da costa, quebra violentamente formando um tubo, dissipando a sua energia sobre uma pequena porção do perfil, através de um vórtice de alta turbulência, designa-se por onda mergulhante, e ocorre numa inclinação da praia de baixa a intermédia. Se a onda for de difícil identificação e estiver entre o tipo mergulhante e o ondulante, designa-se por onda tipo colapsante (*collapsing breaker*), e ocorre em praias de intermédio a alto declive. Se a onda não chegar a rebentar, simplesmente ascende sobre a face de praia e interage com o refluxo das ondas anteriores, designa-se por onda tipo ondulante ou de fundo (*surging breaker*), e ocorre em praias de declive muito alto (Silva, 2010).

Conhecer a batimetria do litoral, ou seja, conhecer o fundo do mar na zona mais energética do mar (entre a zona das águas rasas à zona do máximo espraio) permite obter vários parâmetros oceânicos, tais como: profundidade da água, altura da onda e velocidade da onda. A monitorização diária facilitará, ao fim de algum tempo, perceber como a areia se move ao longo do dia, das marés, das condições climáticas, da estação e das fases da lua. Com isto conseguirá perceber onde se encontram as correntes, as valas e as elevações; e consequentemente, definir zonas propícias a banhos e alertar para locais perigosos, os quais nunca serão fixos. Também, conhecer o avanço e recuo da linha de praia em relação a um ponto de referência, para salvaguarda de bens e de planeamento do ordenamento do território.

No entanto, os métodos de estudo hidrodinâmico das ondas e de batimetria são difíceis de serem efectuados no domínio litoral de menor profundidade, desde a zona de rebentação (*breaker zone*) à zona de espraio (*swash zone*), devido ser uma área de alta energia das ondas, na qual perdem-se e/ou destroem-se os equipamentos usados (fig. 4).

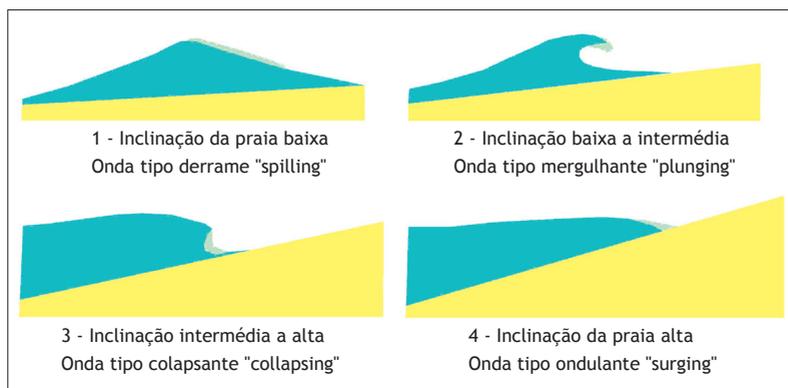


Fig. 3 - Tipos de rebentação das ondas, em secção de corte (Fonte: Adaptado de The Oceanography Course Team, 2006).

Fig. 3 - Types of wave-breaking (cross section) (Source: Adapted from The Oceanography Course Team, 2006).

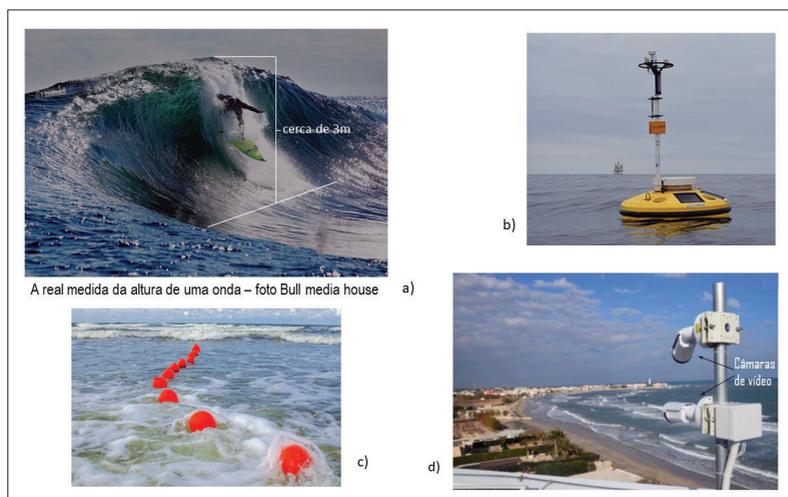


Fig. 4 - Métodos de estudo hidrodinâmico das ondas: a) medição da onda a olho nu; b) transdutores de pressão montados em trenós bentónicos; c) bóias; d) câmaras de vídeo (Fonte: Imagens Google, 2022; Andriolo, 2018).

Fig. 4 - Hydrodynamic wave study methods: a) wave measurement with the naked eye; b) benthic sleds; c) buoys; d) video cameras (Source: Google Images, 2022; Andriolo, 2018).

Esses métodos usados para determinar a batimetria são: ou pouco rigorosos (medição da onda a olho nú) (fig. 4 a), ou mais rigorosos mas dispendiosos (uso transdutores de pressão) (fig. 4 b) ou práticos a longo prazo, mas complicados (uso de bóias de praia) (fig. 4 c) (Gal *et al.*, 2011).

Recentemente, optou-se adaptar as câmaras de vídeo de monitorização das praias (fig. 4 d) usadas pelos surfistas para o estudo de batimetria da zona mais energética da praia. As razões foram: obtenção de dados contínuos e temporais, pouco dispendioso, praticamente sem dificuldade e de alta resolução (Andriolo, *et al.*, 2016).

O artigo pretende revelar a importância da continuação de uma investigação de 8 meses (1 de Outubro de 2019 até 31 de Maio de 2020), realizada no Departamento da Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), financiado pela Fundação Ciências (FCiencias) e pela Fundação de Ciência e Tecnologia (FCT), do Projecto “To-SEAlert - Galgamento e inundação em zonas costeiras e portuárias: Ferramentas para um sistema de previsão e alerta, planeamento de emergência e de gestão do risco”, ref.<sup>a</sup> PTDC/EAM-OCE/31207/2017. O trabalho consistiu em definir um programa no *software Matlab*, para duas praias com vídeos: Praia da Nazaré Norte e Praia Tarquinio-Paraíso da Costa da Caparica. E definir, com base nos dois exemplos fornecidos, qual seria a melhor posição/orientação da câmara de vídeo.

### Metodologia

O Método de determinação dos parâmetros das ondas e da batimetria do domínio litoral entre a zona de águas rasas (*shoaling zone*) e a praia usando os vídeos de monitorização de praia, consistiu numa sequência de tarefas (fig. 5).



Fig. 5 - Resumo do procedimento de obtenção da batimetria a partir dos vídeos de monitorização da praia (Fonte: Carocha, 2020).

Fig. 5 - Summary of the procedure for obtaining bathymetry from the beach monitoring videos (Source: Carocha, 2020).



Fig. 6 - Imagens de: a) Snapshot, b) Timex e c) Variância (Fonte: Fachin *et al.*, 2006).

Fig. 6 - Images from: a) Snapshot, b) Timex, and c) Variance (Source: Fachin *et al.*, 2006).

A entrega dos vídeos da praia vêm acompanhados das seguintes informações: data e hora de realização, tipo de câmara, a sua localização em coordenadas (x,y,z) e o sistema de coordenadas utilizado. Os vídeos são transformados em fotografias usando a aplicação *Vídeo to Picture Image Converter*. As fotografias resultantes serão ordenadas por dia e hora e agrupadas em 10 minutos através do programa *Cosmos*, obtendo-se para cada grupo: imagens *snapshot*, *timex* e de variância (fig. 6).

Imagem *Snapshot* ou imagem instantânea é uma imagem semelhante à fotografia instantânea. Serve somente para caracterização geral e simples. Imagem *Timex* ou imagem temporal é o resultado da média das diversas imagens instantâneas adquiridas num determinado intervalo de tempo (no caso deste trabalho realizado foi de 10 minutos). Permite visualizar as variações naturais de rebentação das ondas (área branca da imagem), a linha de costa (entre a zona branca e a zona escura), as zonas de barras submersas e os canais de retorno submersos. A imagem de Variância ou de *Sigma* é uma imagem correspondente à variação da intensidade da luz que dá origem à imagem *Timex*. As zonas que mudam ao longo do tempo [zona de rebentação (*breaker zone*) e de espraio (*swash zone*)] aparecem brilhantes e a praia e a areia aparecem escuras. A diferença entre a areia escura e a parte brilhante da zona de espraio, define a linha de costa [linha branca assinalada na fig. 6 c)] (Fachin *et al.*, 2006).

Estas imagens serão geo-referenciadas com o auxílio do programa *Rectify Extreme Tool* e dos dados fornecidos sobre a câmara de vídeo. Obtendo-se uma imagem rectificada para cada grupo de 10 minutos.

A imagem rectificada vai ser utilizada para gerar imagens *timestacks* (ou imagem de armazenamento contínuo) por intermédio de dois programas computacionais: *ArcMap*

(sistema de informação geográfica) onde se desenha os segmentos de recta e retira-se as suas coordenadas, e *Matlab* (linguagem de programação orientada para cálculos científicos de Eng. e de Matemática, usando matrizes, para a construção e análise de imagens, gráficos, sistemas e simulações), onde se elabora uma lista de comandos (o *script*) para a determinação das distâncias das diferentes elevações da onda até à costa (fig. 7).

A Imagem *timestack* revela os acontecimentos ao longo do tempo num mesmo local, portanto, é composta por séries temporais de intensidade de pixel, representantes de uma área de imagem num intervalo de tempo entre a aquisição da imagem  $i$  e  $i+1$  (a frequência de aquisição constante depende do relógio interno da câmara de vídeo que capta as imagens). Na figura 7, a imagem *timestack* revela faixa clara e faixa escura, que significa praia húmida e seca, respectivamente. A faixa mais esbranquiçada representa a zona de espalho (*surf zone*). A intensidade da claridade indica a diminuição da rebentação da onda, correspondendo, assim, à área em que a energia está dissipando (Sánchez, 2014).

No *ArcMap*, desenha-se segmentos de recta paralelos sobre a fotografia georeferenciada nos locais que permita estudar a evolução da superfície do mar. Cada segmento de recta irá gerar um *timestack*. Regista-se as coordenadas das extremidades desses segmentos de recta, dos vértices da fotografia e de outros pontos da fotografia que se mantém constantes (exemplos: muros de alvaneria, limites das casas, estradas), numa folha *excel*, e exporta-se a imagem georreferenciada com os segmentos de recta desenhados, como imagem *jpg*.

No *software Matlab*, importa-se a imagem *jpg* e o ficheiro *excel* para serem usadas na elaboração do *script*, lista de

comandos que permitem produzir a imagem *timestack*. O *script* é repetido tantas vezes quantos os números de segmentos de recta, agora designados por vectores, existirem na imagem *jpg*. Depois do *script* correr obtém-se a imagem *timestack* para cada vector, a qual será analisada para obtenção de posições e de parâmetros (fig. 8).

A partir da imagem *timestack* construída de um determinado vector, através dos contrastes claro/escuro dos pixels, determina-se as distâncias das diferentes elevações da onda à costa, ou seja, as posições:

- $XH_{\text{máx}}$  - ponto mais afastado da costa detectado (primeiro ponto detectado). É a primeira ocorrência do ponto de rebentação (onda de rebentação mais alta). Localiza a fronteira entre as águas rasas (*shoaling zone*) e a zona de espalho (*surf zone*);
- $XH_s$  - é a média dos 33% mais distantes da costa;
- $XH_{1/3}$  - corresponde a 33% de todas as posições que as ondas rebentam;
- $XH_m$  - é a média das 100% de todas as posições que as ondas rebentam;
- $XH_{2/3}$  - corresponde a 67% de todas as posições que as ondas rebentam;
- $XH_{\text{mín}}$  - ponto mais perto da costa detectado (último ponto detectado). É o ponto da onda de rebentação mais baixa. Localiza a posição entre as zonas de espalho (*surf zone*) externa e interna;
- $XSw_{\text{mín}}$  - é a posição máxima de espraio (*swash*) ou o valor máximo da distância da onda de aceleração (*runup wave*);
- $XSw_{\text{máx}}$  - é a posição mínima de espraio (*swash*) ou o valor mínimo da distância da onda de aceleração (*runup wave*). É o último ponto branco (Andriolo, 2018).

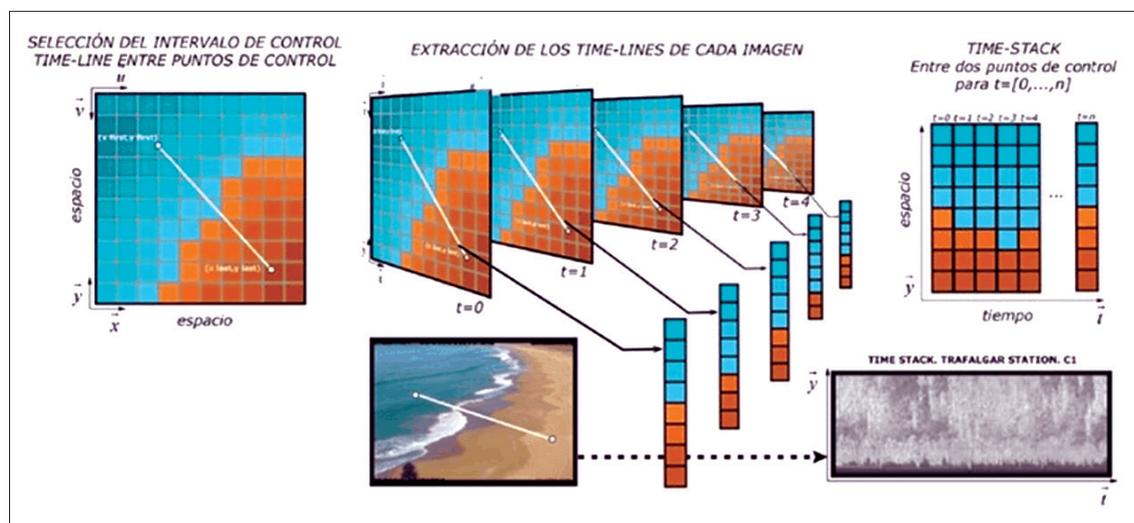


Fig. 7 - Sequência de aquisição de um «timestack» (Fonte: Sánchez, 2014).

Fig. 7 - Timestack acquisition sequence (Source: Sánchez, 2014).

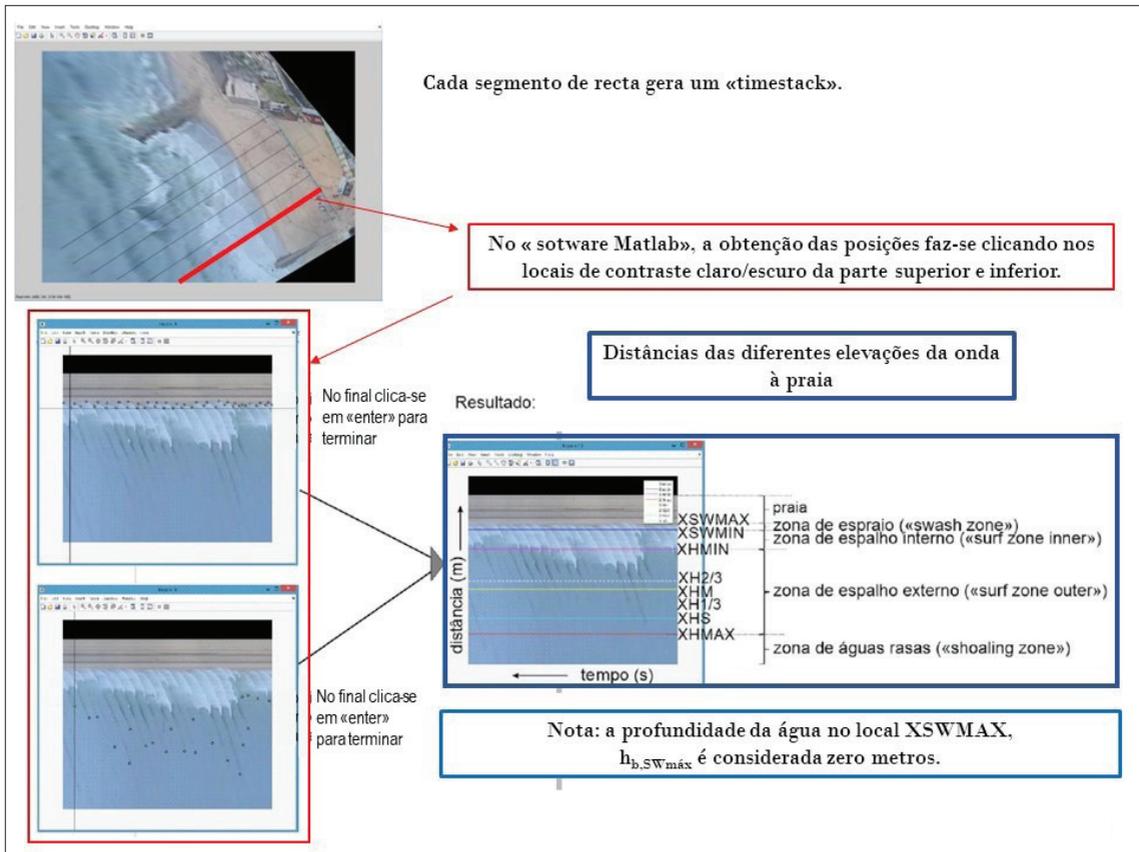


Fig. 8 - Exemplificação da extração de pontos para determinação das posições das diferentes alturas de onda numa «timestack» (Fonte: Caroça, 2020).

Fig. 8 - Illustration of point extraction to determine the positions of different wave heights in a timestack (Source: Caroça, 2020).

A obtenção destas posições é feita através do comando *ginput* no *Matlab*, clicando na imagem *timestack* nos locais de contraste claro/escuro superiores da imagem e depois repete-se para a parte inferior de contrastes da mesma imagem.

A obtenção das posições permite determinar outros parâmetros:

- padrão de rebentação da onda ( $LH_s$ ) em (m);
- altura da onda de rebentação ( $HS_b$ ) em (m);
- profundidade da água no local de  $XH_{max}$ , ( $h_{b,Hmax}$ ) em (m);
- profundidade da água no local de rebentação  $XH_s$ , ( $h_{b,HS}$ ) em (m);
- profundidade da água no local de  $XH_{1/3}$ , ( $h_{b,H1/3}$ ) em (m);
- profundidade da água no local de  $XH_m$ , ( $h_{b,Hm}$ ) em (m);
- profundidade da água no local de  $XH_{2/3}$ , ( $h_{b,H2/3}$ ) em (m);
- profundidade da água no local de  $XH_{min}$ , ( $h_{b,Hmin}$ ) em (m);
- profundidade da água no local de  $XSw_{min}$ , ( $h_{b,Swmin}$ ) em (m);
- declive de praia ( $m_{HS}$ );
- média do período de cada onda ( $T_m$ ) em (s);
- celeridade (velocidade) média da zona de rebentação ( $c_b$ ) em (m/s);
- comprimento da onda (L) em (m);
- n.º de ondas (K);
- frequência angular (sigma) em ( $s^{-1}$ );
- profundidade da água entre as águas profundas e intermédias ( $D_p$ ) em (m);
- distância das águas profundas à costa ( $d_p$ ) em (m);
- profundidade entre as águas intermédias e rasas ( $D_r$ ) em (m);
- distância das águas rasas à costa ( $d_r$ ) em (m).

Observação: a profundidade da água no local de  $XSw_{m\acute{a}x}$ , ( $h_{b,Swm\acute{a}x}$ ) é considerada ser zero metros.

Juntando os dados obtidos para cada *timestack*, e transformados em coordenadas, consegue-se determinar a batimetria para o momento da fotografia rectificada na qual desenhou-se os segmentos de recta. É nesta altura que se usa as coordenadas retiradas no *software ArcMap* e acrescenta-se o valor da profundidade, transformando, no Excel, numa tabela (x,y,z) para cada posição de todos

os *timestacks* produzidos para essa praia e hora. No *software Matlab*, importa-se esta tabela (x,y,z), cria-se um «script» para a praia em estudo e, por intermédio de alguns gráficos do *Matlab*:

- *plot3* - gráfico tridimensional de linhas ou de pontos;
- *stem3* - gráfico tridimensional dos valores de z na posição x (gráfico de linhas verticais com origem no eixo horizontal e terminadas com pequenos círculos);
- *surf* - gráfico tridimensional de superfície colorida;
- *surfc* - gráfico tridimensional de superfície com as curvas de nível (contornos) directamente abaixo às respectivas superfícies, ou seja, no plano xy;
- *contour3* - gráfico tridimensional de curvas de nível (contornos) de uma superfície;
- *contourf* - gráfico tridimensional de curvas de nível (contornos) preenchidas com cor;
- *surf1* - gráfico tridimensional de superfície colorida de forma suave resultante da projecção de uma fonte de luz com determinado ângulo (Mendonça, 2014; Hanselman, D. and Littlefield, B., 1997).

obtêm-se mapas com a localização de todas as posições obtidas e a batimetria, dessa praia, na data e horas estudadas, desde sensivelmente o limite da zona das águas rasas ao máximo esprai (swash). A batimetria, também pode ser feita usando a mesma tabela em *MS-DOS* no programa *ArcMap*.

## Praias para teste

As praias que serviram de teste para a elaboração batimetria através de um programa construído no *software Matlab*, com base nos vídeos de vigilância das praias foram a Praia de Nazaré Norte e a Praia Tarquínio - Paraíso da Costa da Caparica (fig. 9).

Os dados fornecidos para a realização do trabalho foram os seguintes: (TABELA I).

TABELA I - Dados fornecidos das praias em estudo.

TABLE I - Data provided from the beaches under study.

Praia	Nazaré Norte	Tarquínio-Paraíso
Data das fotografias	29-08-2014	4 e 11 de Outubro de 2019
Câmara de vídeo	ExtOrient_v.xml	Vivotek_Caparica_In.Situ
Coordenadas da Câmara de vídeo	XL = 118216.750419945; YL = 293349.697733895; ZL = 48.2280649521923; Ómega = 80.9669504; Phi = 172.2513790; Kappa = 2.5845826	XL = -96058.82284; YL = -113429.0542; ZL = 40.53416; Ómega = 229.5348; Phi = -76.3184; Kappa = 134.4023
Coordenadas do Sistema	ETRS_1989_Portugal_TM06	ETRS_1989_Portugal_TM06
Levantamento topográfico	Não	Sim

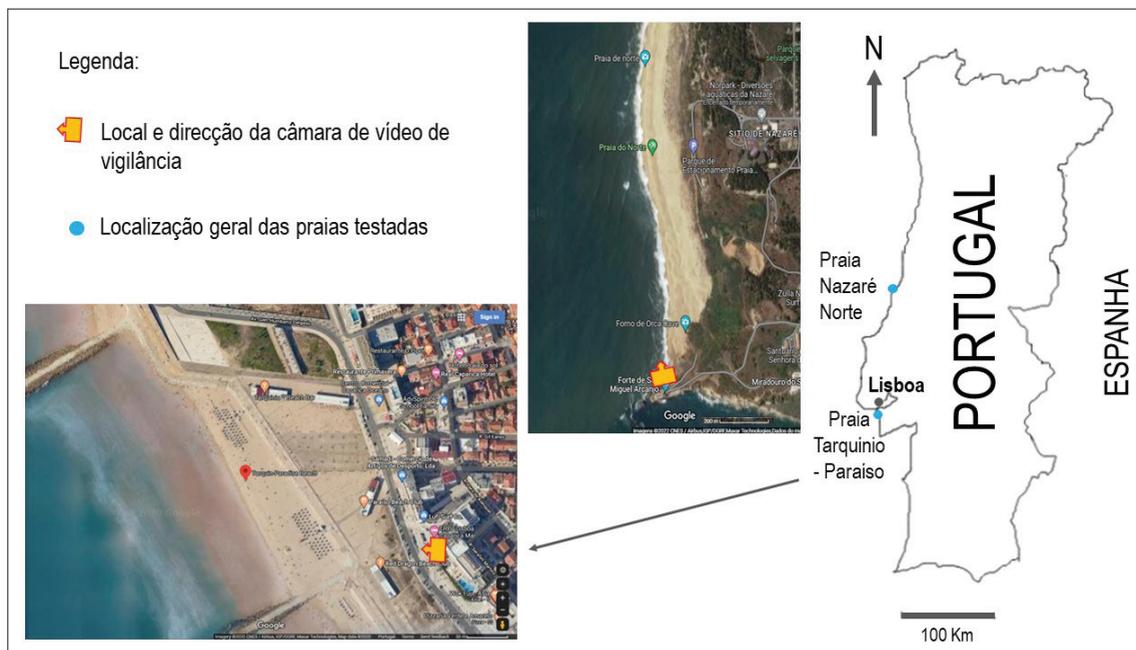


Fig. 9 - Localização e vista superior das praias testadas com indicação do local e orientação da câmara de vídeo (Fonte dos dados: Google Map, 2022).

Fig. 9 - Location and view from above of tested beaches with location indication and video camera orientation (Data source: Google Map, 2022).

Na praia da Nazaré Norte, a câmara de vídeo, localizada a sudeste da praia, estava montada a uma altura de cerca de 48 m e virada para NNW. Na Praia Tarquínio - Paraíso, a câmara de vídeo localizada frente ao molho sul desta praia, estava montada a uma altura de cerca de 40 m e com visão para NW, aproximadamente.

Procurou-se conhecer a tabela de marés para cada praia nos dias dos dados dos vídeos fornecidos (TABELA II)

## Resultados

Ao analisar os vídeos obteve-se vários grupos de 10 minutos de fotografias, em cada praia, dos quais escolheram-se alguns para o teste. Para a Praia da Nazaré, escolheu-se dois grupos do dia 29/08/2014, das 07:50 (com 600 fotografias) e das 07:00 (com 599

fotografias). Para a Praia Tarquínio-Paraíso escolheu-se vários grupos de 10 minutos, não seguidos, de dois dias 04/10/2019 e 11/10/2019 (com 1200 fotografias).

Os dados topográficos da Praia Tarquínio - Paraíso permitiram em junção com os dados das marés analisar se existiriam grandes diferenças na linha de praia na baixa-mar e alta-mar (fig. 10).

A linha azul no desenho representa a linha de praia naquele dia e hora (fig. 11). A linha a tracejado de cor castanha, no mesmo desenho, representa a linha entre a areia húmida e seca. Verifica-se que esta linha praticamente não muda nos dois dias e nas diferentes marés.

As fotografias rectificadas dos grupos de 10 minutos de fotografias foram analisadas para a determinação da batimetria (fig. 11).

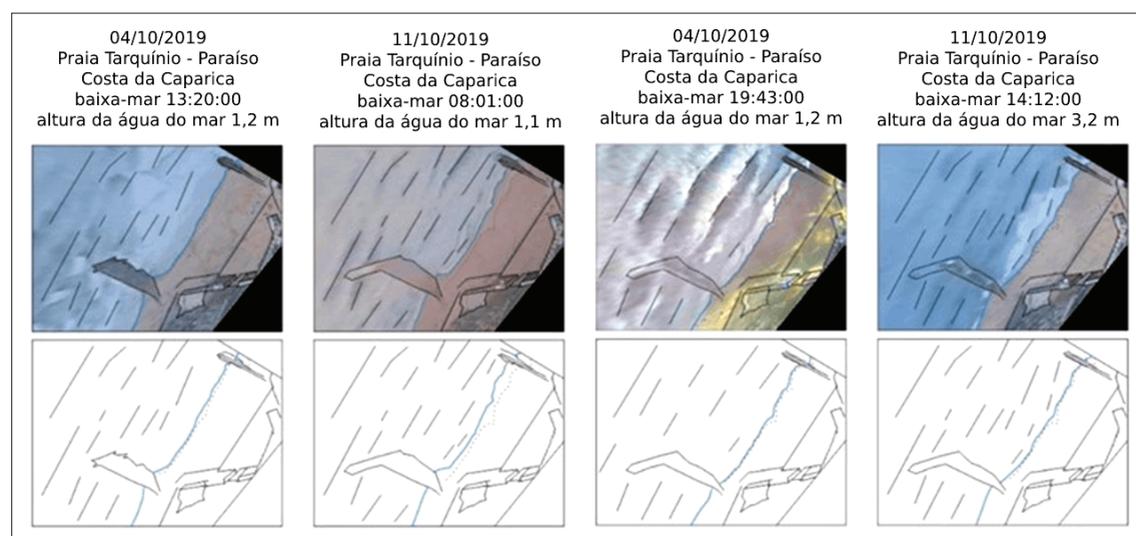


Fig. 10 - Marés da Praia Tarquínio - Paraíso (Fotografia com sobreposição de linhas de cristas de ondas, linha do mar presente a cheio, linha do mar anterior a tracejado, limites de muros, de imóveis e de molhes) (Fonte: Caroca, 2020).

Fig. 10 - Tides on Praia do Tarquínio-Paraíso (Photograph with overlapping lines of wave crests, current sea line in full, previous sea line in dashed lines, limits of walls, buildings and jetties) (Source: Caroca, 2020).

TABELA II - Marés: Praia da Nazaré Norte, através da bóia de Peniche; Praia Tarquínio - Paraíso, através da bóia de Cascais.

TABLE II - Tides: Praia da Nazaré Norte, through the Peniche buoy; Praia do Tarquínio-Paraíso, through the Cascais buoy.

Praia Nazaré Norte			
Data	Hora	Altitude (m)	Fenómeno
29/08/2014	05:30	3,2	Preia-mar
	11:30	0,8	Baixa-mar
	17:43	3,3	Preia-mar
	23:53	0,8	Baixa-mar

Praia Tarquínio-Paraíso			
Data	Hora	Altitude (m)	Fenómeno
04/10/2019	07:09	3,1	Preia-mar
	13:20	1,2	Baixa-mar
	19:43	2,8	Preia-mar
11/10/2019	02:03	3	Preia-mar
	08:01	1,1	Baixa-mar
	14:12	3,2	Preia-mar
	20:22	0,9	Baixa-mar

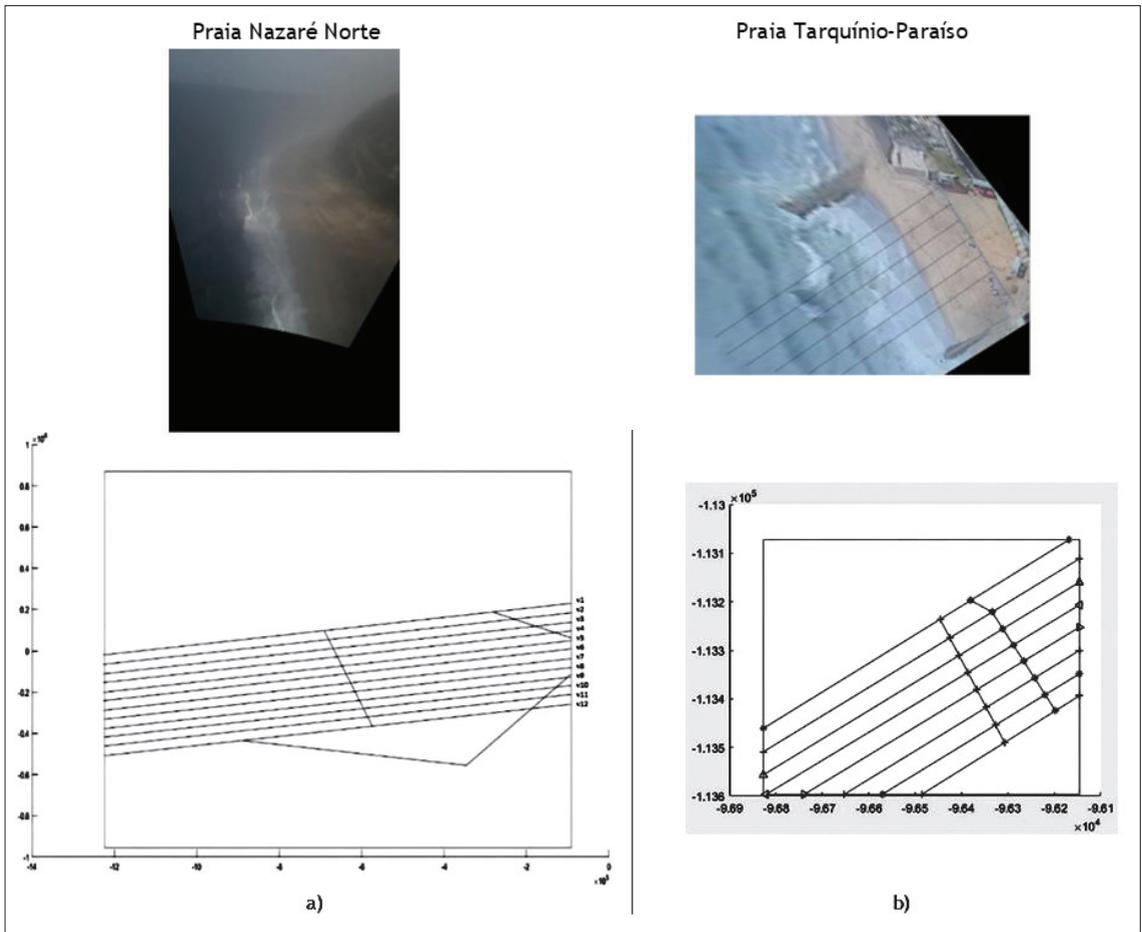


Fig. 11 - Fotografia rectificada e vectores da praia: a) Nazaré Norte, b) Tarquínio - Paraíso (Fonte: Carocha, 2020).

Fig. 11 - Rectified photo and beach vectors: a) Nazaré Norte, b) Tarquínio-Paraíso (Source: Carocha, 2020).

Para a Praia Nazaré Norte escolheu-se doze segmentos de recta e para a Praia Tarquínio - Paraíso oito segmentos de recta sensivelmente perpendiculares às ondas, que serão os vectores no *software Matlab*. Os vectores ( $v_i$ ) são numerados por ordem crescente de norte para sul da praia.

Não se irá descrever os *scripts*, apenas colocar-se-á alguns exemplos dos resultados obtidos dos diferentes modelos de gráficos do *software Matlab* indicados no capítulo «Metodologia».

#### Praia da Nazaré Norte

No capítulo da Metodologia referiu-se vários gráficos do *software Matlab*. No entanto, apenas se mostra para os gráficos com melhor resolução. Deste modo, o resultado para a Praia da Nazaré Norte: (TABELA III).

Aplicando o resultado dos parâmetros determinados no *software Matlab* no *software ArcMap*, os dados permitiram construir uma batimetria para o dia 29/08/2014 (fig. 12).

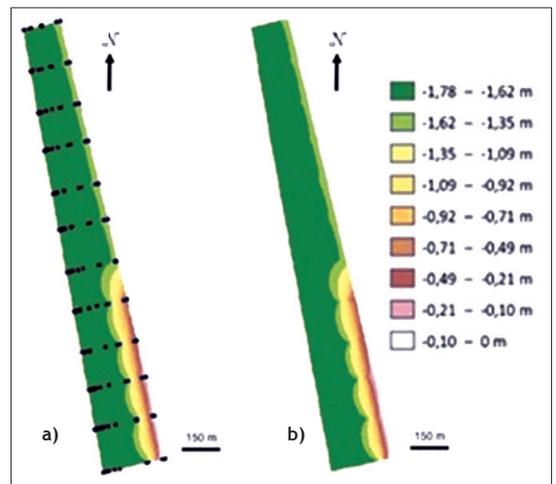


Fig. 12 - Batimetria da praia da Nazaré Norte, 29/08/2014, obtida do «ArcMap»: a) com os pontos das posições determinadas; b) só batimetria (Fonte: Carocha, 2020).

Fig. 12 - Bathymetry of the Praia da Nazaré Norte, 29/08/2014, obtained from ArcMap: a) with the points of the determined positions; b) only bathymetry (Source: Carocha, 2020).

TABELA III - Resultado dos gráficos do software Matlab da Praia da Nazaré Norte.

TABLE III - Result of the Matlab graphics from Praia da Nazaré Norte.

Praia	Nazaré Norte	
Horas	7:00	7:50
Plot e Plot3		
Contourf e surf		
Surfl		
Surfc		

### Praia Tarquínio - Paraíso

Os dados dos dias 04/10/2019 e 11/10/2019, da Praia Tarquínio - Paraíso, foram todos analisados, mas para não sobrecarregar escolhe-se mostrar os gráficos do dia 04/10/2019, na hora de 12:59, e nas sequências de fotos 5700 até 6899, das 13:18:41 até 13:22:41; e de fotos 6900 até 8090, das 13:22:41 até 13:26:41, por visualizar-se melhor a diferença da batimetria (TABELA IV).

Os gráficos resultantes dos comandos «contour3» e «stem3» foram pouco perceptíveis, daí não serem apresentados no artigo.

Aplicando o resultado dos parâmetros determinados no software Matlab e no software ArcMap, os dados permitiram construir uma batimetria para os dias 04/10/2019 (fig. 13) e 11/10/2019 (fig. 14).

### Discussão

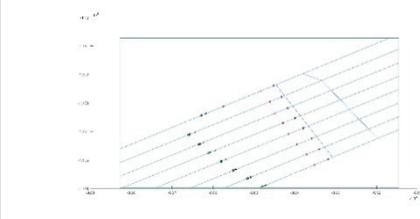
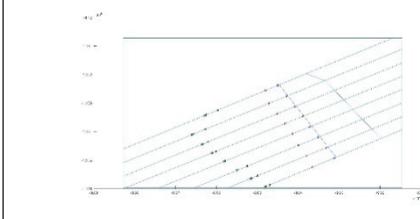
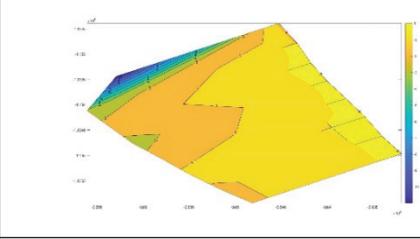
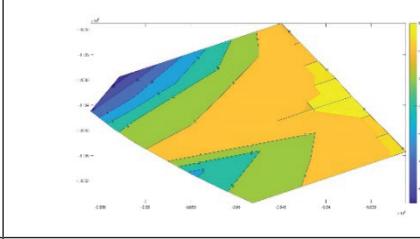
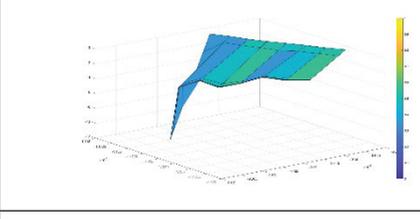
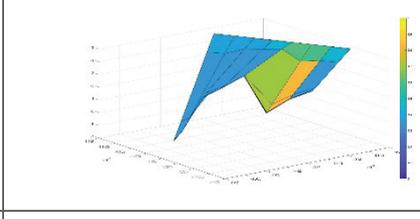
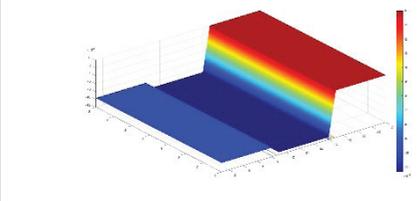
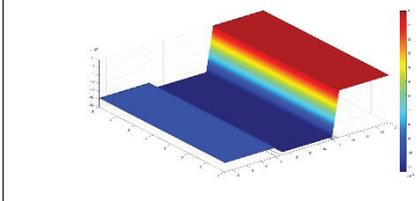
Os dados da Praia da Nazaré Norte apenas permitiram a produção de um mapa batimétrico (fig. 12) através do grupo de 10 minutos de fotografias completo (600 fotografias). Devido à posição da câmara de vídeo ser muito distante e alta, esse mapa é uma faixa estreita

com apenas alguma informação na parte sul (vectors v8 a v12), mais próximo da câmara de vídeo. Durante o intervalo entre 07:00 e 07:50 horas (50 minutos), na praia-mar, verificou-se que os valores referentes aos parâmetros determinados diminuíram sensivelmente, com exceção das posições do declive da praia (mudou de cerca de 0,07 para 0,08) e da altura da onda (HSb) (mudou de cerca de 0,43 m para cerca de 0,39 m). Observando os gráficos *contourf* e *surf* da TABELA III, a batimetria teve uma evolução de profundidade quase paralela à praia. Através dos gráficos *surfc* e *surfl* da TABELA IV, observa-se ainda uma pequena elevação a cerca de 20 m distante da linha de praia, paralela e perpendicular (respectivamente) à linha de praia no vector v8, que ao fim de 50 minutos se desloca ligeiramente para o vector v9. Isto poderá sugerir a presença de uma barra de areia em movimento para Norte.

Os dados da Praia Tarquínio - Paraíso utilizados foram os grupos de 10 minutos de fotografia relativos ao levantamento topográfico subaéreo (4 e 11 de Outubro de 2019) coincidentes com as horas de baixa-mar e de preia-mar. Os resultados dos vários *scripts* permitiram observar diferenças entre as duas datas. Verificou-se que: os valores das posições da zona de espraio ( $Sw_{min}$  e  $Sw_{max}$ ) e as respectivas profundidades da água, em ambas

TABELA IV - Resultado dos gráficos do software Matlab da Praia Tarquínio - Paraíso.

TABLE IV - Result of the Matlab graphics from Praia do Tarquínio-Paraíso.

Praia	Tarquínio - Paraíso	
Horas	12:59	
Sequência de fotos	5700 até 6899	6900 até 8090
Intervalo de 10 minutos	13:18:41 até 13:22:41	13:22:41 até 13:26:41
Plot e Plot3		
Contourf e surf		
Surfl		
Surfc		

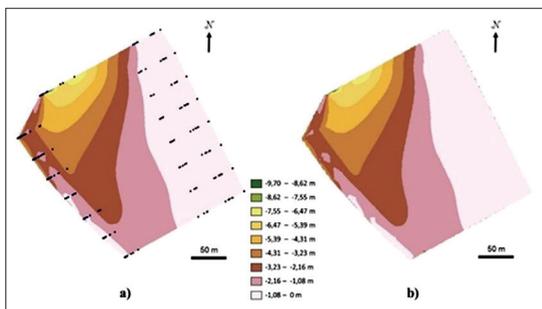


Fig. 13 - Batimetria da praia da Tarquínio - Paraíso, 04/10/2019, obtida do «ArcMap»: a) com os pontos das posições determinadas; b) só batimetria (Fonte: Caroça, 2020).

Fig. 13 - Bathymetry of Praia do Tarquínio-Paraíso, 04/10/2019, obtained from ArcMap: a) with the points of the determined positions; b) only bathymetry (Source: Caroça, 2020).

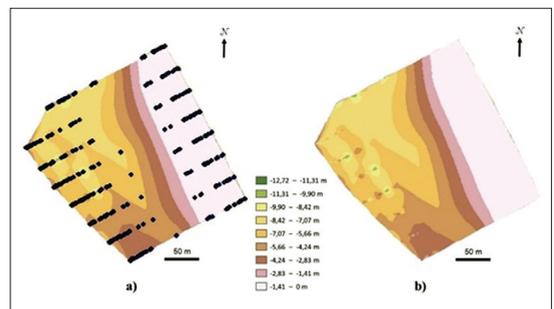


Fig. 14 - Batimetria da praia da Tarquínio - Paraíso, 11/10/2019, obtida do «ArcMap»: a) com os pontos das posições determinadas; b) só batimetria (Fonte: Caroça, 2020).

Fig. 14 - Bathymetry of the Praia do Tarquínio-Paraíso, 11/10/2019, obtained from ArcMap: a) with the points of the determined positions; b) only bathymetry (Source: Caroça, 2020).

datas além de terem sofrido oscilações, a tendência foi a diminuição à medida que se aproximava da hora de preia-mar. Também se verificou que: a velocidade da onda ( $c_b$ ), a média do período de cada onda ( $T_m$ ), o comprimento de onda ( $L$ ), a distância das águas profundas e das águas rasas à costa ( $d_p$  e  $d_r$ ), embora com várias oscilações, aumentaram do início para o final dos grupos de fotografias. No entanto, para o grupo de fotografias analisado da data de 04/10/2019, as respectivas profundidades das águas profundas ( $D_p$ ) e intermédias a rasas ( $D_r$ ), diminuíram, e para o grupo da data de 11/10/2019 aumentaram do início para o final dos grupos de fotografias.

Relativamente à altura da onda ( $HS_b$ ), para o grupo de fotografias analisadas no dia 4 de Outubro de 2019, iniciou com cerca de 1,33 m, passou por um máximo de cerca de 1,64 m durante o terceiro grupo (entre as 14:21:00 e as 14:25:00), e terminou com cerca de 0,35 m de altura. Para o grupo de fotografias de 11 de Outubro de 2019, a altura da onda ( $HS_b$ ) iniciou com cerca de 2,33 m, passou por um máximo de cerca de 5,44 m durante o sexto grupo (entre as 11:55:00 até 11:59:00) e terminou com cerca de 2,02 m de altura. O declive da praia para o grupo de fotografias analisadas do dia 4 de Outubro de 2019, iniciou, na baixa-mar, com cerca de 0,03 e finalizou com cerca de 0,10, e para o grupo de fotografias analisadas do dia 11 de Outubro de 2019, o declive de praia iniciou na baixa-mar com cerca de

0,01 e finalizou com o mesmo valor. No entanto em três grupos de fotografias (08:03:42 até 08:07:41; 08:25:00 até 08:29:00; 11:25:00 às 11:29:00) atingiu um declive de 0,02.

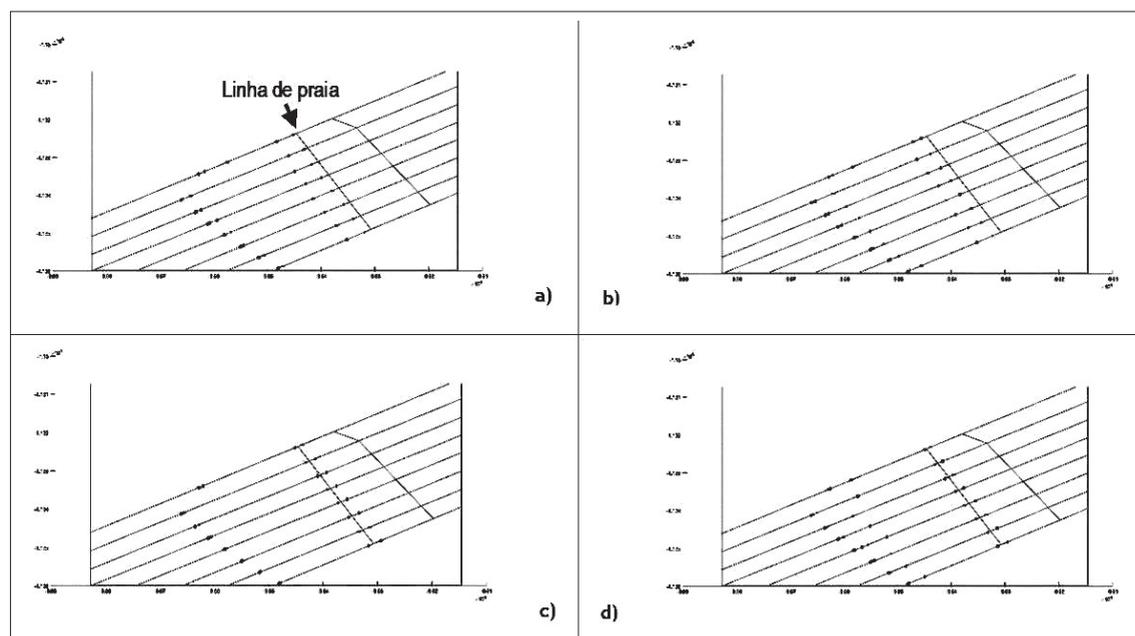
Observando os gráficos obtidos do *software Matlab* que não estão todos presentes neste artigo para não sobrecarregar, pode-se referir que o gráfico «plot3» confirmou que os dados escolhidos se referem a uma elevação da água do mar (fig. 15).

As posições mínimas de espraio («swash»),  $Sw_{max}$ , posicionaram-se antes da linha de referência (linha de praia) (fig.15, a) e b)) e no último grupo de fotografias, ultrapassou esta linha (fig. 15 c) e d)). Verifica-se que durante o tempo analisado ocorreu recuo e avanço da linha do mar.

Observando os gráficos resultantes dos comandos *contourf* e *surf* (fig. 16) verifica-se uma tendência em ficar paralelos e de forma quase monótona, as faixas de profundidades de água quando se aproxima da hora de maior elevação da água (preia-mar).

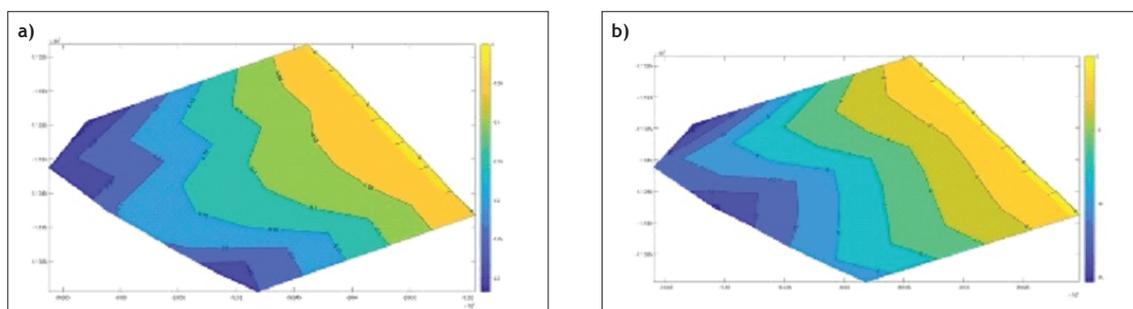
Verificou-se, também, que as águas mais profundas (cor azul escura do gráfico) se encontram, maioritariamente, na parte final dos segmentos  $v0$  e  $v1$ , próximo do molhe norte.

O gráfico resultante do comando *surf1* fornece uma batimetria a três dimensões, onde se consegue visualizar depressões e elevações (fig. 17).



**Fig. 15** - Gráfico «Plot3» da Praia Tarquinio - Paraiso: a) 04/10/2019 às 12:59, fotos 5700 até 6899, das 13:18:41 até 13:22:41; b) 11/10/2019 às 07:59 fotos 1 até 1200 das 07:59:42 até 08:03:41; c) 04/10/2019 às 19:29, fotos 3980 até 5179, das 19:42:57 até 19:43:00; d) 11/10/2019 às 13:59 fotos 2601 à 3800 e das 14:08:22 às 14:12:22 (Fonte: Carocha, 2020).

**Fig. 15** - Plot3, Graphic of Praia do Tarquinio-Paraiso: a) 10/04/2019 at 12:59, photos 5700 to 6899, from 13:18:41 to 13:22:41; b) 10/11/2019 at 07:59 photos 1 to 1200 from 07:59:42 to 08:03:41; c) 10/04/2019 at 19:29, photos 3980 to 5179, from 19:42:57 to 19:43:00; d) 10/11/2019 at 1:59 pm photos 2601 to 3800 from 2:08:22 pm to 2:12:22 pm (Source: Carocha, 2020).



**Fig. 16** - Gráfico «contourf» e «surf» da Praia Tarquínio - Paraíso: a) 04/10/2019 às 19:29, fotos 2780 até 3979, das 19:38:57 até 19:42:57; b) 11/10/2019 às 11:29 fotos 7597 até 8796 das 11:55:00 até 11:59:00 (Fonte: Carocha, 2020).

**Fig. 16** - Contourf and surf plots of Praia do Tarquínio-Paraíso: a) 04/10/2019 at 19:29, photos 2780 to 3979, from 19:38:57 to 19:42:57; b) 11/10/2019 at 11:29 photos 7597 to 8796 from 11:55:00 to 11:59:00 (Source: Carocha, 2020).

O vector  $v_3$  (fig. 14 b) destacou uma depressão. No entanto, analisando a sequência das figuras resultantes deste comando, verificou-se que a profundidade da água oscila no sentido NW-SE. Assim interpreta-se que não existe barra de areia fixa, mas um movimento de areia que acompanha o movimento da água de SE para NW. Verificou-se, também, que quando se está em baixa-mar, a profundidade da água a sul é menor (tons amarelos) que a profundidade a norte (tons azuis), e vice-versa: em alto mar, a profundidade da água a sul passa a maior do que a do norte. O mesmo se passa com os gráficos resultantes do comando *surf*, (TABELA IV). Estes sugerem, após cerca de 8 m distante da linha de praia, existir uma descida da profundidade para cerca de 11 m, mantendo-se por cerca de 7 m, passando em seguida para uma profundidade de cerca de 10 m até ao final da área de estudo.

Quando se juntam todos os dados obtidos dos grupos de fotografias num só dia, os mesmos gráficos que antes, para cada grupo de fotografia de 10 minutos, permitiram obter informações sobre a batimetria, não revelam o que se pretende. Por este motivo, optou-se, nesta fase final, usar o programa *ArcMap* para a elaboração da batimetria do intervalo de tempo analisado (fig. 13 e 14).

Verificou-se que a maior profundidade da água se encontra próximo do molhe norte da Praia Tarquínio - Paraíso, semelhante ao que se havia referido para a interpretação do gráfico resultante dos comandos *contourf* e *surf*. Cerca de 95 m, no dia 04/10/2019 e cerca de 76 m no dia 11/10/2019, distante da linha de praia, a profundidade da água mantém-se com valores entre 0 m e 1 m e entre 0 m e 1,40 m, respectivamente. A partir desta distância, no dia 11/10/2019, cerca de 62 m em direcção ao mar, a profundidade da água passa para entre cerca de 7 a 10 m, podendo em alguns pontos na parte final NW desta praia, atingir valores até cerca de 12 m. O dia 04/10/2019 apresenta uma batimetria com variação da profundidade da água concentrada no molhe norte da praia e menos regular que a do dia 11/10/2019. A concentração de maiores profundidades de água junto

ao molho norte da Praia, ou seja, menor quantidade de areia, nessa zona, está de acordo com a consequência da presença do molhe. Assim, sendo o movimento da água do mar, no geral, de SE para NW, ao encontrar um obstáculo perpendicular ao mar (molhe), a água erode (retira areia) e coloca a seguir a esse molhe. Esta praia está ladeada por dois molhes. Deste modo, tem-se maior quantidade de areia (menor profundidade da água) após o molhe S e menos areia (maior profundidade de água) antes do molhe N.

O movimento da água do mar origina variação da batimetria. Os gráficos *surf* e *surf* de cada grupo de fotografia dão uma ideia geral da evolução do fundo do litoral e ajudam a compreender a batimetria resultante do *ArcMap*.

### Considerações finais

O programa *Matlab* revelou-se útil para se obter, rapidamente (cerca de 20 a 30 minutos), parâmetros oceânicos, coordenadas e batimetrias para cada grupo de fotografias de 10 minutos. Compreende-se os seguintes parâmetros oceânicos: posições, profundidades da água nessas posições, padrão de rebentação da onda, altura da onda de rebentação, comprimento da onda, período da onda, velocidade da onda, número de ondas, frequência angular, declive da praia, distância das águas profundas à costa e sua profundidade, distância das águas rasas à costa e sua profundidade.

Verificou-se que os gráficos do *Matlab* com melhor visibilidade e compreensão são os que usam o comando:

- *plot3* para visualizar o movimento das posições, em especial, da zona de espraio ( $Sw_{min}$  e  $Sw_{max}$ ), ao longo das horas estudadas;
- *contourf* e *surf* para visualizar as manchas de variação de profundidade da água;
- *surf* para visualizar, a três dimensões, a variação perpendicular à praia.

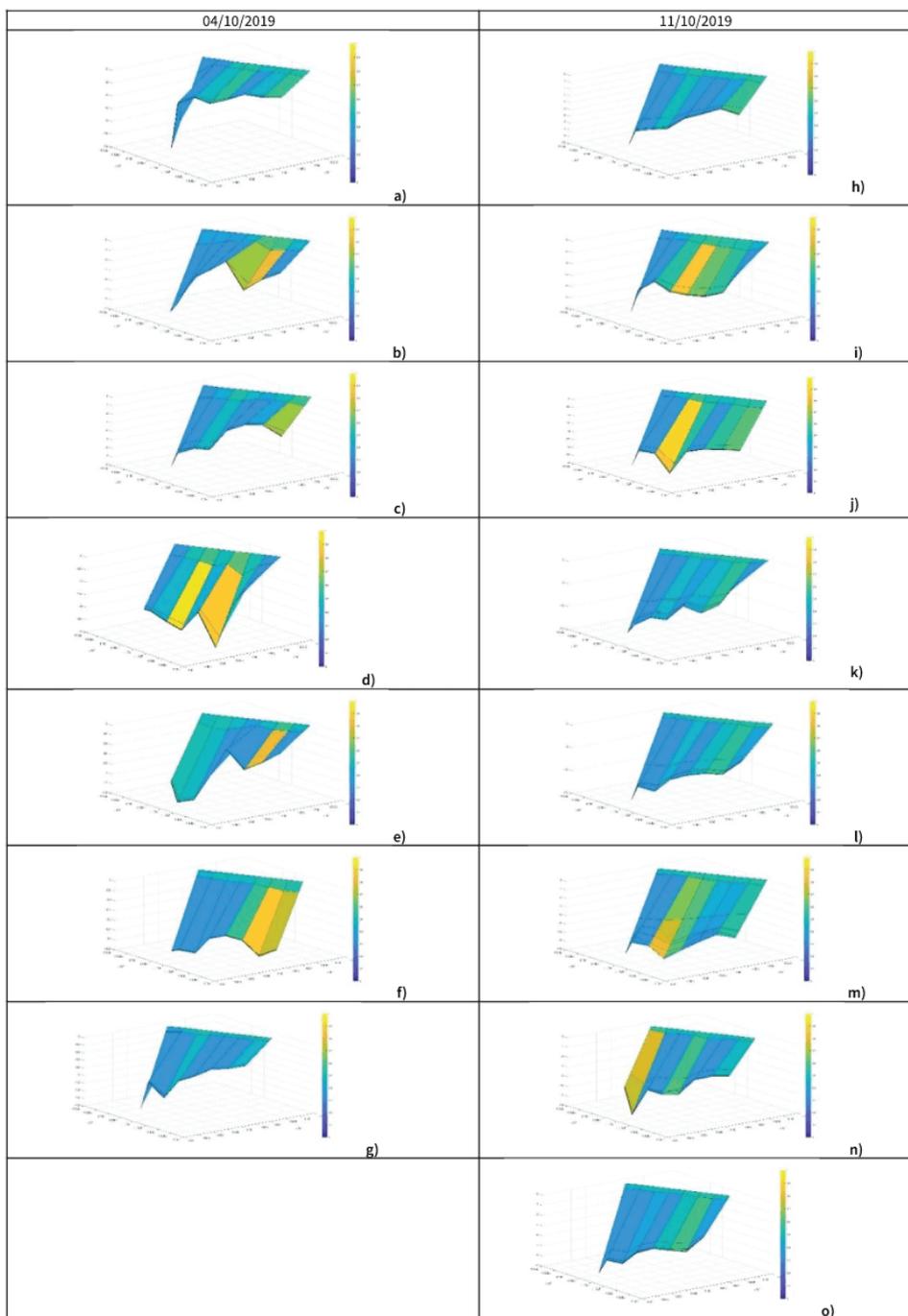


Fig. 17 - Gráfico «Surfl» da Praia Tarquinio - Paraíso: 04/10/2019: a) 12:59, fotos 5700 até 6899, das 13:18:41 até 13:22:41; b) 12:59, fotos 6900 até 8090, das 13:22:41 até 13:26:41; c) 13:59, fotos 6397 até 7596, das 14:21:00 até 14:25:00; d) 13:59, fotos 7597 até 8796, das 14:25:01 até 14:29:00; e) 14:29, fotos 1 até 1200, das 14:29:41 até 14:33:41; f) 19:29, fotos 2780 até 3979, das 19:38:57 até 19:42:57; g) 19:29, fotos 3980 até 5179, das 19:42:57 até 19:43:00; 11/10/2019: h) 07:59 fotos 1 até 1200 das 07:59:42 até 08:03:41; i) 07:59 fotos 1201 a 2400 das 08:03:42 até 08:07:41; j) 07:59, fotos 7594 até 8793, das 08:25:00 até 08:29:00; k) 10:59 fotos 7599 a f8796 das 11:25:00 às 11:29:00; l) 11:29 fotos 1 até 1200 das 11:29:41 até 11:33:41; m) 11:29 fotos 7597 até 8796 das 11:55:00 até 11:59:00; n) 13:59 fotos 2601 à 3800 das 14:08:22 às 14:12:22; o) 13:59 fotos 3801 à 5001 das 14:12:22 às 14:16:22 (Fonte: Carocha, 2020).

Fig. 17 - Surfl plot of Praia do Tarquinio-Paraíso: 04/10/2019: a) 12:59, photos 5700 to 6899, from 13:18:41 to 13:22:41; b) 12:59, photos 6900 to 8090, from 13:22:41 to 13:26:41; c) 13:59, photos 6397 to 7596, from 14:21:00 to 14:25:00; d) 13:59, photos 7597 to 8796, from 14:25:01 to 14:29:00; e) 14:29, photos 1 to 1200, from 14:29:41 to 14:33:41; f) 19:29, photos 2780 to 3979, from 19:38:57 to 19:42:57; g) 19:29, photos 3980 to 5179, from 19:42:57 to 19:43:00; 11/10/2019: h) 07:59, photos 1 to 1200 from 07:59:42 to 08:03:41; i) 07:59, photos 1201 to 2400 from 08:03:42 to 08:07:41; j) 07:59, photos 7594 to 8793 from 08:25:00 to 08:29:00; k) 10:59, photos 7599 to f8796 from 11:25:00 to 11:29:00; l) 11:29, photos 1 to 1200 from 11:29:41 to 11:33:41; m) 11:29, photos 7597 to 8796 from 11:55:00 to 11:59:00; n) 13:59, photos 2601 to 3800 from 14:08:22 to 14:12:22; o) 13:59, photos 3801 to 5001 from 14:12:22 to 14:16:22 (Source: Carocha, 2020).

Estes gráficos permitem detectar o avanço e o recuo do mar, a presença de barras de areia, canais e/ou fundões.

Num trabalho real, e para obter-se um melhor conhecimento da evolução da praia ao longo do dia e a diferentes situações, será necessário que os grupos de 10 minutos de fotografias sejam de horas seguidas, ao longo do dia, nas diferentes fases de maré, e nos vários dias seguidos em diferentes estados de clima e de estações do ano. Também que as câmaras de vídeos estejam posicionadas perto da praia, a apontar para as praias submarina e subaérea baixa, cujo poste esteja colocado à cota da praia ou próximo desta, sendo as coordenadas e o sistema de coordenadas entregue a quem for elaborar o programa para a determinada praia. Cada praia tem o seu «script», bem como para cada segmento de recta escolhido nessa praia. Quanto mais segmentos de recta estiver a praia, melhor o resultado da batimetria.

O método apresentado revelou ser útil. No entanto, é necessário usar vários softwares: *Video to picture Image Converter*, *Cosmos*, *Rectify Extreme Tool*, *ArcMap*, *Matlab*, outros (*Excel*, *MS-DOS*, desenho). Isto poderá ser um entrave para ser aplicado nas entidades público-privadas, apesar de, o pessoal trabalhador na entidade, com formação, só teria de fazer os passos de formar grupos de 10 fotografias, aplicar nos softwares *ArcMap* e *Matlab* e interpretar o resultado final. Os segmentos de recta e os *scripts* estariam feitos para a praia em estudo.

Este estudo pretende auxiliar na segurança da praia, nomeadamente evitar afogamentos e desaparecimentos no mar, pois não basta a praia apresentar água limpa e/ou com qualidade físico-química adequada a banhos. É necessário conhecer a batimetria do litoral, ou seja, conhecer o fundo do mar na zona mais energética do mar (entre a zona das águas rasas à zona do máximo espraio) para obter-se vários parâmetros oceânicos, tais como: profundidade da água, altura da onda e velocidade da onda. A monitorização diária facilitará, ao fim de algum tempo, perceber como a areia se move ao longo do dia, das marés, das condições climáticas, da estação e das fases da lua. Com isto conseguirá perceber onde se encontram as correntes, as valas e as elevações; e consequentemente, definir zonas propícias a banhos e alertar para locais perigosos, os quais nunca serão fixos. Também, conhecer o avanço e recuo da linha de praia em relação a um ponto de referência.

A autora considera que seria importante existir financiamento para continuar este estudo de forma a conseguir-se inventar um método só com um *software*, e, se possível, também, para iniciar-se o cálculo da deriva litoral, isto é, a determinação da quantidade de sedimento que passa numa secção do litoral durante determinado período (1 ano).

## Referências bibliográficas

- Andriolo, U. (2018). *Nearshore hydrodynamics and morphology derived from video imagery (dissertação para obtenção do grau de doutor em Geologia, na Especialidade de Geodinâmica Externa)*. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 227 p. URL: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/35191> (acedido a 03/07/2019).
- Andriolo, U., Taborda, R., Sanchez-Garcia, E. (2016). *Measuring wave runup and intertidal beach topography from online-streaming surfcam*. URL: [https://escolanaval.marinha.pt/pt/aescolanaval\\_web/jornadasdomar\\_web/Documents/UmbertoAndriolo.pdf](https://escolanaval.marinha.pt/pt/aescolanaval_web/jornadasdomar_web/Documents/UmbertoAndriolo.pdf) (acedido a 10/07/2019).
- Caroça, C. (2020) *Relatório final da Bolsa de Investigação do Projecto "To-SEAlert - Galgamento e inundação em zonas costeiras e portuárias: Ferramentas para um sistema de previsão e alerta, planeamento de emergência e de gestão do risco"*, ref.ª PTDC/EAM-OCE/31207/2017, (1 de Outubro de 2019 até 31 de Maio de 2020), p. 157. URL: <https://www.researchgate.net/publication/358780742>
- Fachin, S., Sancho, F., Ortega, Losada, M. (2006) *Sistema de vídeo-monitorização da zona costeira*. URL: (<http://www-ext.lnec.pt/LNEC/bibliografia/DHA/paper1.pdf>) (acedido a 23/07/2019).
- Gal, Y., Browne, M., Lane, C. (2011). Automatic estimation of Nearshore wave height from video timestacks, *International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications*, IEEE Computer Society. DOI: <https://doi.org/10.1109/DICTA.2011.68>
- Hanselman, D., Littlefield, B. (1997). *The student Edition of Matlab - The language of technical computing*, Version 5, User's Guide, The Matlab Curriculum Series, The Math Works Inc., Prentice Halls, USA, 429 p.
- Instituto Hidrográfica, <https://www.hidrografico.pt/m.mare> e [www.hidrografico.pt](http://www.hidrografico.pt)
- Mendonça M., (2014). *MATLAB AVANÇADO*, UFSC, 57 p. URL: [http://mtm.ufsc.br/~melissa/arquivos/matlabpet/apostila\\_curso\\_matlab.pdf](http://mtm.ufsc.br/~melissa/arquivos/matlabpet/apostila_curso_matlab.pdf) (acedido a 23/0-3/2020).
- Pereira, P. (2016), *Desenvolvimento de novas soluções para aquisição de dados batimétricos (Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Mar e Zonas Costeiras)*. Apresentada à Universidade de Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento.
- Sánchez, R. (2014). Caracterización de la agitación local y la respuesta oscilatória de un buque mediante el uso de técnicas de visión artificial. Aplicación

al análisis de los umbrales operativos en líneas de atraque y amarre. Tesis Doctoral, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. URL: [http://oa.upm.es/32990/1/RAFAEL\\_MOLINA\\_SANCHEZ\\_1.pdf](http://oa.upm.es/32990/1/RAFAEL_MOLINA_SANCHEZ_1.pdf) (accedido a 25/10/2019).

102

Santos, F.D. & P. Miranda, 2007. *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação, Projecto SIAM II*, Gradiva, Lisboa, 506 p.

Silva, L. (2010) *Simulação da propagação de ondas na Praia de Faro, Programa de Projecto do 1.º Ciclo - Meteorologia, Oceanografia e Geofísica, Ano lectivo 2009/2010*, Universidade de Aveiro, 41 p. URL: <http://www-ext.lnec.pt/projects2012/BRISA/T3.pdf> (accedido a 27/08/2019).

THE OCEANOGRAPHY COURSE TEAM (2006). *Waves, Tides and Shallow-Water process*, Butterworth Heinemann, The Open University, England, 227 p.