

SISTEMA DE VÍDEO-MONITORIZAÇÃO DA ZONA COSTEIRA

Sandra Fachin^{1,A}; Francisco Sancho¹; Miguel Ortega²; Miguel Losada²

¹Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

²Grupo de Puertos y Costas, CEAMA, Universidad de Granada, España.

E-mail: sfachin@lnec.pt, fsancho@lnec.pt, miguelos@ugr.es, mlosada@ugr.es

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se uma revisão da técnica de vídeo-monitorização, aplicada à quantificação de processos hidrodinâmicos e morfológicos da zona costeira, e em particular, a praias. As potencialidades de sistemas de vídeo-monitorização são demonstradas através da sua aplicação à praia de Trafalgar, Espanha, evidenciando como esta técnica permite melhorar os conhecimentos dos processos que influenciam a morfodinâmica costeira, através da medição de variáveis representativas da mesma. Mostra-se como esta técnica permite monitorizar a evolução costeira, a curto e longo termo, além de poder ser usada como ferramenta de análise e previsão costeira.

Palavras Chave: monitorização, vídeo, praia, morfologia, correntes litorais, agitação marítima

ABSTRACT

This paper presents a review of the application of video-monitoring techniques to quantify the hydrodynamical and morphological processes occurring at the coastal zone, particularly, at beaches. The capabilities of video-monitoring systems are presented through the application in Trafalgar beach, Spain, showing how this technique enables to improve our understanding of the coastal morphodynamic processes, by measuring representative variables of the system. It is evidenced the applicability of this technique to short and long-term monitoring, as well as a tool for the analysis and prediction of the coastal zone evolution.

Keywords: monitoring, video, beach, morphology, litoral currents, wave measurement

1. INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO

Nos últimos anos, os programas do governo de Portugal, no âmbito das *Políticas Integradas para o Ambiente e Ordenamento do Território*, têm proposto continuamente políticas litorais de gestão integrada das zonas costeiras. Entre os diversos objectivos destes programas, destaca-se o estabelecimento de um sistema permanente de monitorização das zonas costeiras (*Resolução do Conselho de Ministros n.º 22/2003*), ainda não iniciado.

A importância de um sistema de monitorização reside, principalmente, no fornecimento contínuo de informações e dados suficientes para uma acção fundamentada e atempada nas decisões que envolvem a gestão das zonas costeiras. Contudo, monitorizar a zona costeira tem normalmente um custo financeiro e logístico elevado pelo que a obtenção frequente de informações, a longo prazo, não é viável. Aliado ao elevado

custo, a região costeira é complexa, de grande dinâmica e de difícil monitorização devido à dificuldade da aquisição contínua de dados durante longos períodos de tempo e, em particular, em períodos de tempestade. Portanto, é fundamental encontrar uma solução para produzir informações quantitativas contínuas e a baixo custo, de modo a permitir uma monitorização da costa.

É neste contexto que o uso de instrumentos visuais remotos, através da aquisição de imagens com câmaras de vídeo, tem-se tornado numa técnica viável e promissora, demonstrando a sua grande aplicabilidade na quantificação de evoluções morfológicas e na caracterização hidrodinâmica da região litoral (Holland *et al.*, 1997; Holman *et al.*, 1993). As investigações nesta área, desde o início dos anos 80, levaram à descoberta de que uma exposição de 10 minutos de vídeo fornecia uma imagem que revelava a presença de barras arenosas e canais de retorno submersos (Lippman e Holman, 1989), e que a aquisição contínua de dados proporcionava séries temporais que poderiam ser analisadas estatisticamente a fim de caracterizar morfologias de uma praia (Lippman e Holman, 1990). Estes estudos iniciais demonstraram o potencial desta técnica e, a partir de 1992, iniciou-se o desenvolvimento de um sistema automatizado de estações de vídeo chamado ARGUS, programado para adquirir dados diariamente a cada hora (Holman *et al.*, 1993).

O sistema de vídeo-monitorização tem sido usado para estudar uma grande variedade de processos costeiros e de praia. Este sistema permite fornecer desde medidas morfológicas até às tradicionais variáveis oceanográficas, abrangendo análises que fornecem informações tanto dos eventos e resultados (*o que aconteceu?*) como dos processos (*porque aconteceu?*).

Segundo Holman (2003), as análises de séries temporais das imagens permitem seguir mudanças dos parâmetros morfológicos, calcular a sua variabilidade e quantificar os processos importantes. A sequência de exposições no tempo pode revelar as mudanças nas formas das barras submersas e dos canais, além das ondas e correntes que originam estas mudanças. A informação contínua e a análise adequada dos dados permitem obter, além das condições de agitação marítima, as características da praia, tais como: a migração da linha de costa, a área da praia emersa e submersa, o desenvolvimento e movimento de barras arenosas, as variações de volume da praia e mesmo, identificar tendências erosivas ou de acreção. Usando técnicas avançadas de análise de dados, pode-se ainda medir e monitorizar o espriamento, as características das ondas (altura, período e direcção), a largura da zona de *surf*, a intensidade das correntes longitudinais, as características morfológicas da parte emersa, a batimetria da região intertidal e submersa de uma praia, etc. Essa abundância de informações pode ser usada, ainda, como entrada para modelos numéricos de evolução da zona costeira.

Em casos de projectos de re-alimentação de praias artificiais o sistema de vídeo pode ser muito útil para a monitorização da evolução do projecto. Pode ainda ser utilizado na monitorização da estabilidade de barras de rios, canais de navegação, bem como no acompanhamento de trabalhos de dragagens. Por fim, pode fornecer uma ferramenta de gestão turística e uso das praias através de diversos tipos de informações que abrangem desde condições de *surf*, frequência e intensidade de uso balnear até a segurança nas praias para apoio a nadadores salvadores.

Tendo em vista o potencial desta ferramenta e as directrizes políticas dos últimos anos, desde Janeiro de 2004 o LNEC tem apoiado em cooperação com o *Grupo de Puertos y Costas da Universidade de Granada* um trabalho de investigação em monitorização através de imagens vídeo e modelação dos processos hidrodinâmicos e morfodinâmicos (Fachin *et al.*, 2005). Esta investigação visa desenvolver esta tecnologia de forma a aumentar as capacidades das técnicas de análise e previsão costeira, para que possa ser aplicada em Portugal.

Dentro deste contexto, este trabalho visa apresentar uma revisão das potencialidades e capacidades de um sistema de vídeo-monitorização Argus, utilizando dados provenientes de um sistema instalado na praia de Trafalgar, Espanha.

2. O SISTEMA DE VÍDEO MONITORIZAÇÃO

O Sistema Argus consiste na aquisição automática de imagens de vídeo com o objectivo de observar e monitorizar a zona costeira (Lippman e Holman, 1991). As componentes principais deste sistema são uma ou mais câmaras de vídeo de alta resolução, de cor, que são instaladas num local elevado sob uma praia, de forma a estarem apontadas obliquamente ao longo da mesma, e a adquirir imagens com intervalos de tempo regulares (Figura 1). O produto padrão de um sistema ARGUS não é um filme, mas sim imagens que são resultantes da exposição contínua durante um determinado tempo (10 minutos). A aquisição destas imagens é horária e diurna, sendo controlada automaticamente, e pode decorrer durante períodos de dias, meses ou anos. As câmaras de vídeo estão conectadas a um computador que controla a captura de imagens, realiza um pré-processamento e automaticamente transfere para um banco de dados remoto séries temporais de imagens. Desta forma, as imagens em tempo real são transmitidas por linha telefónica, rádio ou conexão Internet. Como o processo de aquisição e armazenamento é totalmente automático, os custos operacionais são quase nulos. O pós-processamento destas imagens é feito posteriormente, usando uma variedade de algoritmos desenvolvidos para a análise dos dados, que são as chamadas ferramentas de processamento de imagem.

2.1 Estação Argus na praia de Trafalgar - Espanha

Desde Outubro de 2003 encontra-se em funcionamento uma estação de monitorização costeira *Argus*, instalada no Farol do Cabo de Trafalgar, Espanha (Figura 1). Essa estação é composta de 3 câmaras situadas a uma altura de 51m, montadas num farol, e tem um alcance de monitorização de cerca de 2km de praia. Esta praia se caracteriza pela presença constante de formas rítmicas (*beach cusps*) na sua porção sub-aérea.

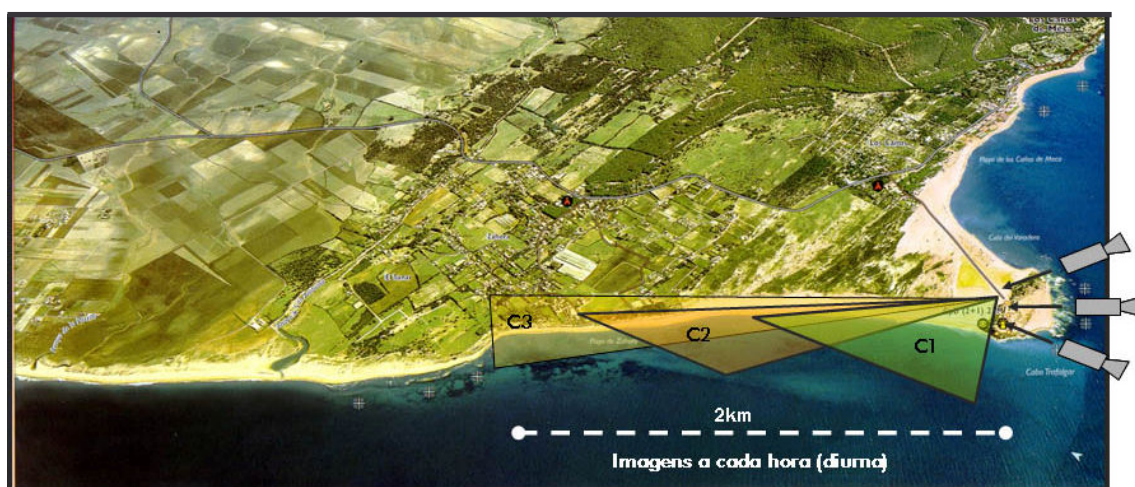


Figura 1. Estação de monitorização costeira *Argus*, Farol do Cabo de Trafalgar, Espanha.

Os estudos nesta praia têm como objectivo principal apresentar um modelo sinóptico para prever a morfologia desta praia baseado na análise das imagens de vídeo e nas predições do clima marítimo, de forma a orientar uma adequada gestão da costa (Ortega-Sánchez et al., 2005). O sistema de Trafalgar foi configurado, inicialmente, para recolher diariamente três tipos básicos de imagens a cada hora (snap, timex e variance) e um quarto tipo de imagem (daytimex), diária. Além destas imagens, outros esquemas de amostragens de dados podem ser criados para adquirir um quinto tipo de imagem que são as timestack. Posteriormente, durante o processamento, podem-se obter imagens planas e panorâmicas, compostas a partir das imagens de todas as câmaras do sistema. A seguir são apresentadas as características principais de cada tipo de imagem referida:

Imagem instantânea (*snap-shot* ou *Snap*) - é semelhante a uma fotografia instantânea. Esta imagem serve como uma simples caracterização das condições gerais do sistema, mas não são úteis para análises quantitativas e de detalhe.

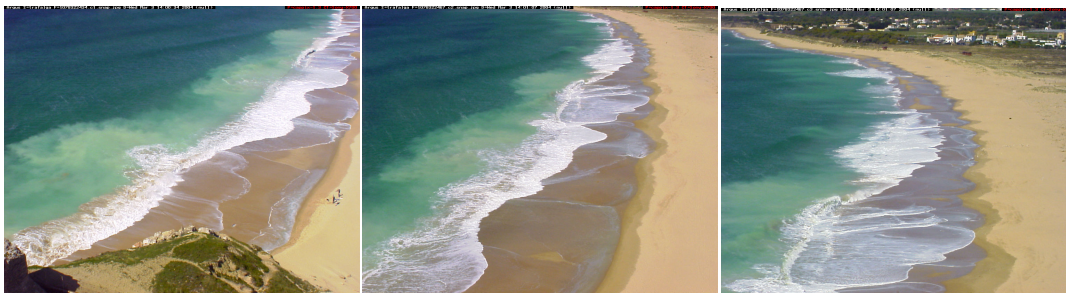


Figura 2. *Imagens instantâneas (snap) da praia de Trafalgar obtidas pelas Câmaras 1, 2 e 3 às 14 horas do dia 03/03/2004.*

Imagem temporal (*Timex*) - é uma imagem média das diversas imagens instantâneas, adquiridas durante um determinado intervalo de tempo (10 minutos). Este tipo de imagem permite obter uma quantidade variada de informações, como as variações naturais da rebentação de ondas (áreas em branco), que são um bom indicador da linha de costa e das zonas de barras submersas, permitindo a estimativa da morfologia do fundo.

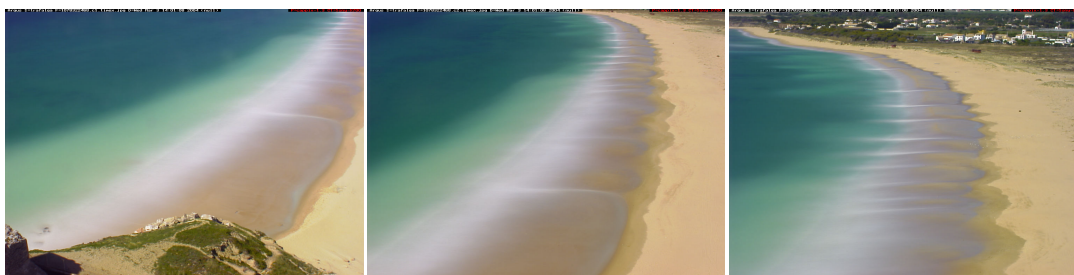


Figura 3. *Imagem timex onde a longa exposição permite observar feições e padrões de circulação da praia de Trafalgar.*

Imagem da variância (*variance* ou *Var*) - é uma imagem que corresponde à variância da intensidade de luz, ou seja, é a variância estatística das imagens que dão origem à *Timex*. Estas imagens ajudam a identificar zonas que estão a mudar ao longo do tempo daquelas estáticas. Por exemplo, a zona de rebentação e do espraiado (que mudam) e praias de areias brancas (que não mudam) vão aparecer brilhantes em ambas as imagens - *snap* e *timex* - mas a praia vai aparecer escura na imagem de *variância*. Dessa forma, podem ser úteis na identificação de linhas de costa, já que o brilho da mudança da superfície da água pode ser facilmente identificável sobre a praia escura.

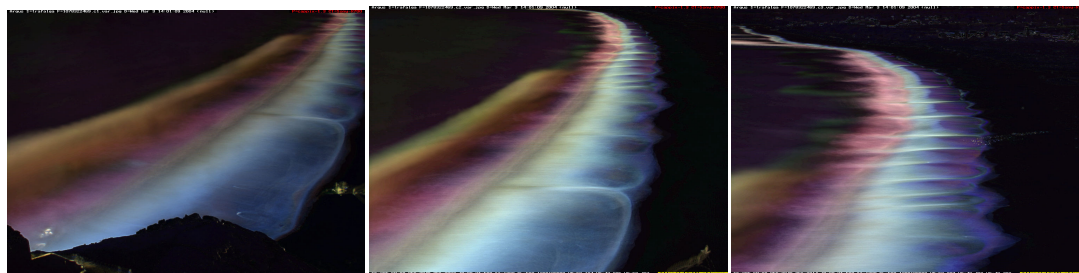


Figura 4. *Imagem que representa a variação da intensidade de luz durante 10 minutos de exposição.*

Imagem Daytimex – é o quarto tipo de imagem que é processada no fim de cada dia de monitorização. É uma média de todas as imagens *timex* adquiridas nesse dia. O efeito é a suavização da influência da maré, e em determinadas condições, pode aumentar a visibilidade da linha de rebentação e das feições de fundo.

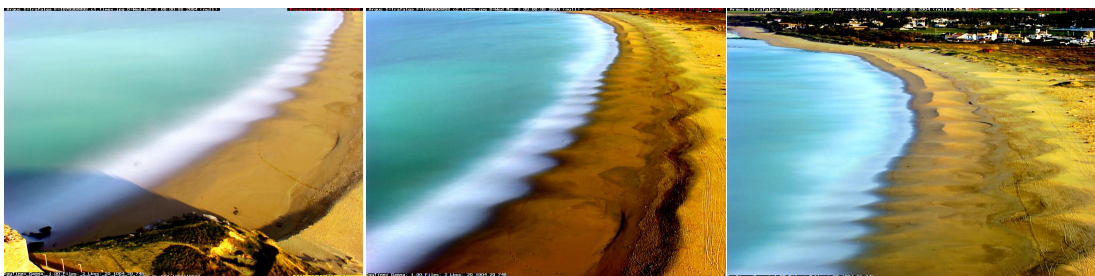


Figura 5. Imagem *daytimex* representando uma média final de todas as *timex* adquiridas num dia.

Imagem Timestack – esta imagem é criada através da amostragem e monitorização de uma série temporal da intensidade luminosa de um (ou mais) pontos digitais (*pixels*) da imagem (Figura 6A). Desta forma, uma série de *pixels* podem ser posicionados dentro da área de estudo em linhas transversais ou longitudinais, como se fossem instrumentos de medições oceanográficos (Figura 6B). O objectivo destes instrumentos (*pixels*) é permitir determinar as características do escoamento e das ondas, tais como a velocidade de fase, direcção e frequência da onda e a velocidade das correntes. Pode-se ainda obter a migração da linha de costa, a incursão do espraiamento, etc.

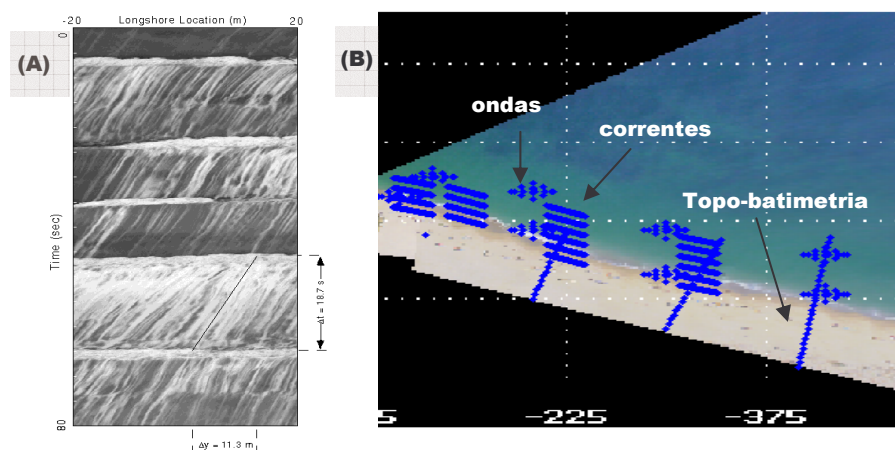


Figura 6. (A) Imagem *Timestack* obtida isolando uma linha longitudinal de *pixels* para medir velocidade de correntes (fonte: projecto *Coastview*). (B) Localização de *pixels* (sensores) para aquisição de dados de correntes, ondas e batimetria na imagem rectificadada da Praia de Trafalgar.

3. PROCESSAMENTO DE IMAGENS

As imagens do sistema Argus são processadas através de um conjunto de algoritmos desenvolvidos em ambiente MATLAB (Aarninkhof *et al.*, 2002). O processamento inicial envolve técnicas de transformação de imagem e requer uma boa compreensão da geometria e resolução de cada imagem. O primeiro passo envolve a transformação fotogramétrica entre as coordenadas 3D do terreno e as da imagem 2D. O resultado deste processo é uma imagem rectificadada de forma a ter as suas dimensões corrigidas permitindo medições das escalas da morfologia da praia (Figura 7).

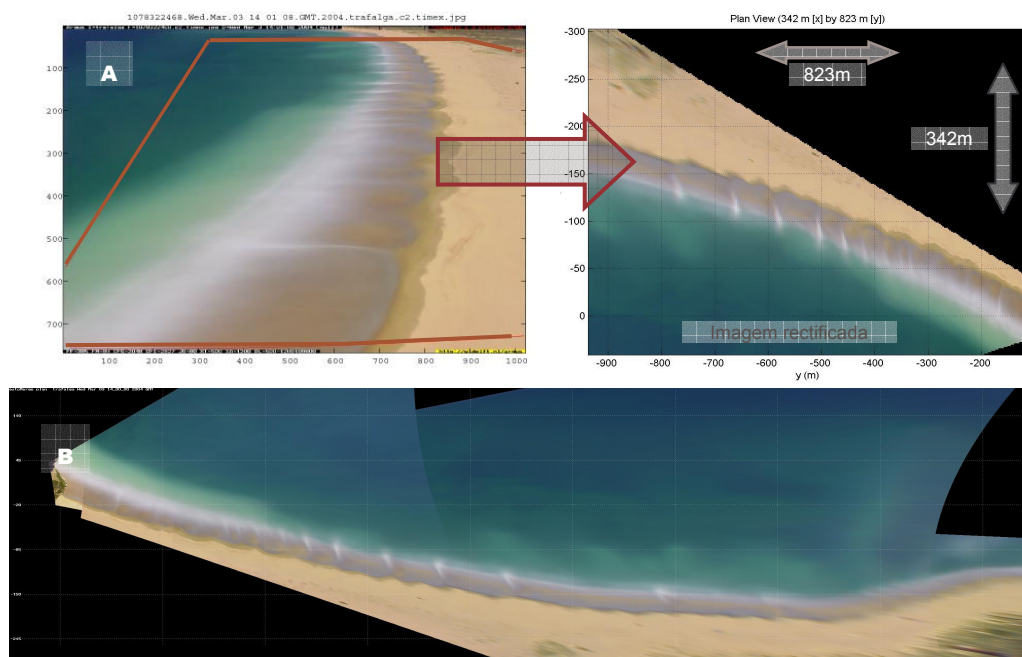


Figura 7. (A) Exemplo da rectificação da imagem, onde para cada (X,Y,Z) de referência corresponde um (U,V) interpolado (B) imagem panorâmica gerada após a rectificação e união das imagens das 3 câmaras de Trafalgar.

3.1. Resolução e precisão teórica das imagens

A precisão das imagens das câmaras de vídeo é, segundo Lippmann e Holman, (1989), governada pela aproximação das dimensões rectangulares da área do *pixel* a qual, por sua vez, é dependente de diversos factores como as características da lente, altura e distância das câmaras. Desta forma, a precisão das imagens decresce rapidamente com o aumento da distância da estação de vídeo à praia, devido ao decréscimo rápido da resolução dos *pixels* (Van Emckvort, 2001).

4. ANÁLISE DAS IMAGENS

Diversas técnicas de análise das imagens são utilizadas para extrair informações quantitativas da zona costeira a partir das imagens de vídeo. Uma primeira categoria de análise, mais simples, está relacionada com as imagens *Timex* que permitem a leitura e a análise dos processos morfodinâmicos. Numa segunda categoria, encontram-se a quantificação da topo-hidrografia da praia e da linha de costa. Por fim, uma terceira categoria requer técnicas para estimar os processos hidrodinâmicos na ante-praia, incluindo as características das ondas e do espraiamento, e as velocidades das correntes (Aarninkhof, 2003).

4.1. Morfodinâmica da praia e zona de surf

As imagens *timex* da zona de *surf* mostram geralmente padrões de intensidade de brilho que correspondem à localização onde as ondas preferencialmente rebentam. Estes padrões reflectem a batimetria submersa da praia, embora modulações da posição da rebentação na barra devido à variação do nível de maré e da altura incidente da onda possam induzir diferenças de até 30m entre a localização da barra observada pelo vídeo e a medida. Estes desvios podem ser corrigidos empiricamente (Van Enckvort e Ruessink, 2001) ou com a ajuda de redes neurais (Kingston *et al.*, 2000).

Esse tipo de análise foi explorado para: quantificar a variabilidade espacial e temporal de barras arenosas (Lippmann e Holman, 1990), estudar o comportamento cíclico e longitudinal de morfologias de fundo (Alexander, 2001) e de barras transversais (Konicki e Holman, 2000), investigar a resposta morfológica de barras (*inlets*) costeiras, avaliar o espaçamento de crescentes de praia (Holland *et al.*, 1998) e quantificar correntes de retorno (Ranasinghe *et al.*, 1999) em praias naturais.

No **caso da praia de Trafalgar** a presença de barras arenosas submersas na zona de rebentação não é usual. Esta é uma praia que se caracteriza por possuir uma zona de rebentação estreita (excepto em períodos de grande energia) e um declive íngreme, sendo uma praia do tipo reflectiva a intermediária segundo a classificação de Wright e Short (1984). É comum observarem-se células de circulação em pequena escala. As imagens têm mostrado ainda que esta praia possui sua maior variabilidade morfológica no espriado, onde é frequente a presença de crescentes de praia, que podem ocorrer ao longo de todo perfil. Neste caso, as imagens têm sido úteis para caracterizar a evolução de perfis transversais na zona emersa e dos diferentes estados modais da praia, estudar a formação e evolução dos *beach cusps*, localizar canais de correntes de retorno, bem como acompanhar a formação das pequenas células de circulação (Figura 9).

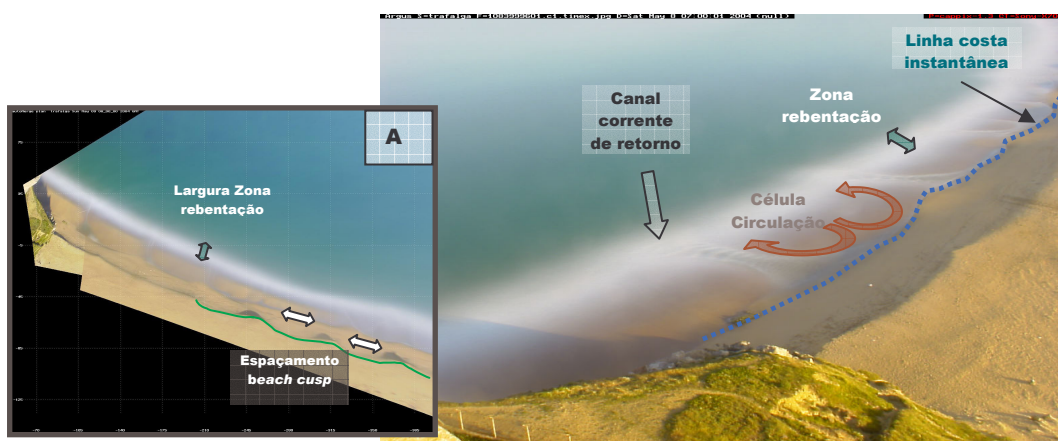


Figura 9. Perfil do tipo “terraço de maré” e pequenas células de circulação observadas em Trafalgar. A imagem rectificada (A) permite localizar e quantificar características das feições morfológicas.

4.2. Linha de costa e topo-hidrografia da praia

A **linha de costa** pode ser obtida através das imagens *Timex*, que mostram a média das oscilações da linha de água induzidas por ondas individuais ou grupos de ondas. Estas imagens permitem a detecção de uma linha de água média (linha de costa), situada na zona do espriado, entre a ante-praia e a praia seca, sub-aérea (Aarninkhof e Roelvink, 1999).

A aquisição de **dados de Topo-batimetria** envolve geralmente aproximações separadas para as zonas **sub-aérea**, **intertidal** e **subtidal** da praia. A batimetria na **zona intertidal** pode ser obtida das imagens de vídeo através do mapeamento da linha de costa durante um ciclo de maré (Figura 11). À medida que a localização e elevação da linha de água são estimadas, obtém-se a cota da praia.

A **estimativa da elevação vertical** da linha de água está associada às condições hidrodinâmicas (Aarninkhof *et al.*, 2003) e precisa incluir a contribuição de todos os processos relevantes na zona de *surf*, na escala de tempo de 10 minutos. Esses processos são o nível de maré, a sobrelevação (*set-up*) das ondas, o batimento (*surf beat*) e o espriamento (Janssen, 1997).

O mapeamento da batimetria **subtidal** ainda não está completamente desenvolvido apesar da sua importância, mas as técnicas actuais estimam as profundidades locais a

partir de medições da velocidade de fase da onda nas imagens (Stockdon e Holman, 2000). Os resultados obtidos ao longo da rebentação das ondas, antes da não-linearidade se tornar significativa, revelaram diferenças entre a profundidade medida e a estimada de cerca de 30-50cm (Aarninkhof *et al.*, 1997).

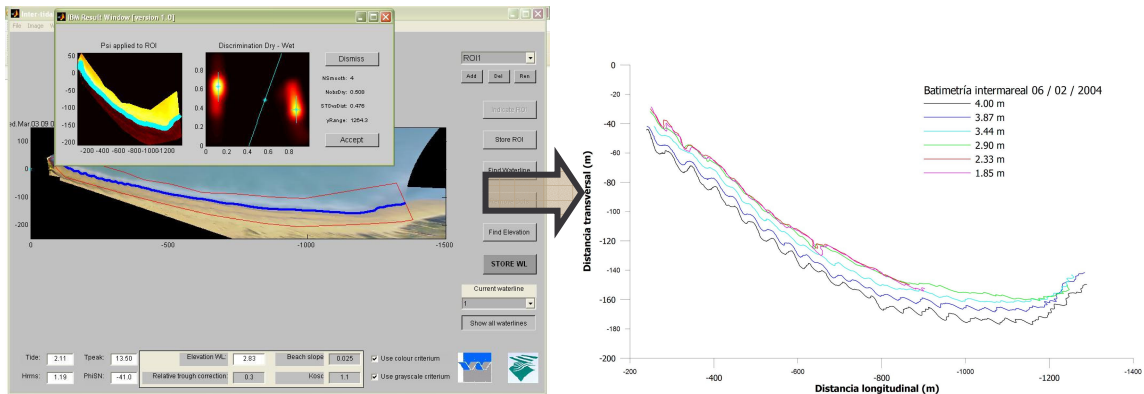


Figura 10. *Processamento da linha de costa e conversão das coordenadas (U,V) em coordenadas reais (X,Y) permitindo a construção de uma série temporal de linhas de costa obtidas durante um dia ou período de maré.*

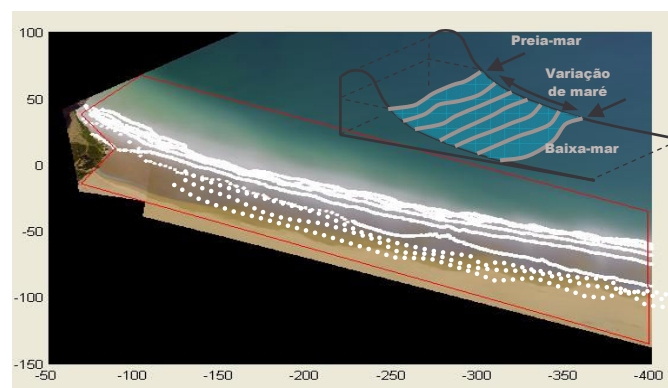


Figura 11. *Imagem plana e rectificada das câmaras 1 e 2 da praia de Trafalgar com as linhas de costa instantâneas de um dia de aquisição para estimativa da topografia intertidal.*

4.3. Hidrodinâmica

A quantificação dos **processos hidrodinâmicos** a partir da imagem vídeo depende fortemente da visibilidade das cristas de ondas individuais e da “assinatura” das correntes litorais na superfície do mar, que por sua vez, vão depender da resolução do *pixel*, do clima de ondas dominante e das condições atmosféricas, já que locais com chuvas e nevoeiros frequentes são penalizados no sucesso da análise de imagem.

Séries temporais de intensidades de *pixels*, amostradas com elevada frequência (2Hz), têm sido usadas para quantificar a velocidade de fase e o ângulo de incidência das ondas (Lippmann e Holman, 1991). As regiões com brilho geralmente correspondem à rebentação das ondas, em que os traços da crista das ondas podem ser utilizados para estimar a sua velocidade de propagação (Stockdon e Holman, 2000).

O modelo óptico de ondas do Argus permite estimar a direção e a frequência das ondas da imagem *timestack* através de séries de *pixels*, especialmente configurados para esse fim. A análise espectral de um ou mais *pixels* permite determinar o período e a direção de propagação das ondas (Figura 12).

Foram ainda desenvolvidas imagens *timestack* e *snaps* de alta-frequência (Holland e Holman, 1993; Holland e Holman, 1997) para estudar as características do espraiamento das ondas em praias naturais (Holland *et al.*, 1995) e a morfodinâmica da região do espraiado (Holland e Puleo, 2001).

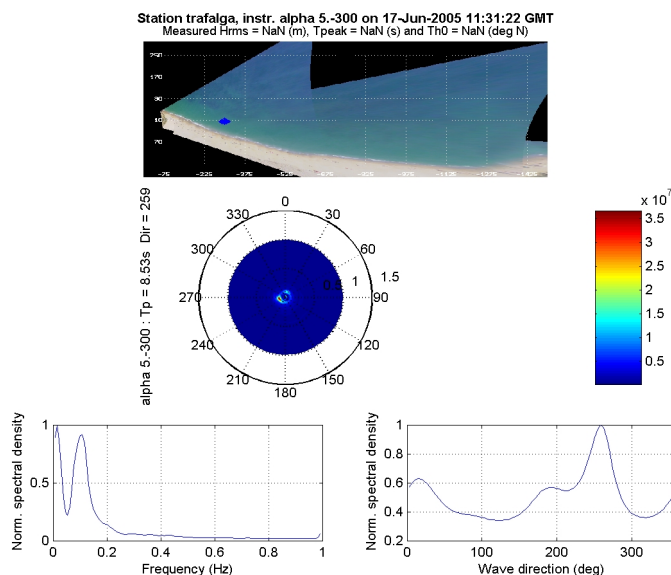


Figura 12. Resultado da análise da *timestack* para aquisição de dados de direção e frequência das ondas.

A velocidade das correntes litorais tem sido determinada através de um método óptico que mede a componente longitudinal e transversal das correntes superficiais através da medição da deriva da espuma que se forma na zona do *surf*, após a onda rebentar (Chickadel e Holman, 2002; Chickadel *et al.*, 2003; Cohen *et al.*, 2004). O método usa séries temporais curtas dos dados de uma série de *pixels* longitudinais à praia. Testes têm mostrado que as correntes medidas com este método correspondem às correntes medidas com correntômetros *in situ*, com erros máximos de 0.15m/s.

6. CONCLUSÕES

Este sistema tem-se mostrado muito eficiente na monitorização da evolução da praia, permitindo acompanhar a evolução de processos que, de outra forma, não seria possível. Esta técnica permite que, através de meios simplificados e de baixo custo, seja possível monitorizar a zona litoral com uma frequência e uma duração de amostragem que se ajusta à escala de tempo da evolução litoral. Sua natureza remota permite monitorizar zonas de difícil colocação de instrumentos, como a zona de rebentação, onde a obtenção de dados foi sempre difícil e de elevado custo, oferecendo a vantagem de uma boa resolução espaço-temporal, combinada com uma boa relação eficiência-custo para amostragens de longo período e com menores dificuldades operacionais.

O sistema de vídeo é capaz de fornecer uma diversidade de medidas morfológicas e hidrodinâmicas na ante-praia e espraiado, e essa abundância de informações pode ser usada como entrada para modelos numéricos hidro ou morfodinâmicos. Essa integração entre os dados dos modelos e das imagens poderá aumentar a possibilidade de fontes de informações necessárias ao conhecimento e previsão temporal dos sistemas costeiros.

7. AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece o apoio financeiro, através da bolsa de doutoramento (SFRH/BD/12557/2003), concedido pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (FCT/MCTES), no âmbito do POSI.

8. REFERÊNCIAS

- Aarninkhof, S. G. J., (2003). *Nearshore bathymetry derived from video imagery*, Ph.D. thesis, Civ. Eng., Delft Univ. of Technology, Delft, The Netherlands.
- Aarninkhof, S. G. J., I. L. Turner, T. D. T. Dronkers, M. Caljouw, and L. Nipius, (2003). A video-based technique for mapping intertidal beach bathymetry, *Coastal Eng.*, 49, 275–289.
- Aarninkhof, S. G. J. and J. A. Roelvink, (1999). Argus-based monitoring of intertidal beach morphodynamics. In: *Proc. Coastal Sediments'99*, New York: ASCE, pp. 2429 – 2444.
- Aarninkhof, S. G. J., P. C. Janssen and N. G. Plant, (1997). Quantitative estimations of bar dynamics from video images. In: *Proc. Coastal Dynamics'97*, New York: ASCE, pp. 365–374.
- Alexander, P. S., (2001). *Quantitative analysis of nearshore morphological variability based on video imaging*. MSc thesis, Oregon State University.
- Chickadel, C. and R. A. Holman, (2002). Optical measurements of low frequency crossshore flows. In: *Eos Trans. AGU*, 83(47), Fall Meet. Suppl., p. F717.
- Chickadel, C.C., R.A. Holman, and M. Freilich., (2003). An optical technique for the measurement of longshore currents, *J. Geophys. Res.*, 108 (C11), 3364.
- Cohen, A.B., Aarninkhof, S.G.J., Chickadel, C. and Battjes, J.A. (2004). Video-derived observations of alongshore currents. *Proc. 29th Int. Conf. on Coastal Eng.*, Lisbon (Portugal).
- Fachin, S, Sancho, F., Ortega-Sánchez, M. e Losada, M. A., (2005). Sistema de Vídeo-Monitorização da Morfodinâmica Costeira: Praia de Trafalgar. 4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária. Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005. 17pags (CD-ROM).
- Holland, K. T. and J. A. Puleo, (2001). Variable swash motions associated with foreshore profile change. *J. Geophys. Res.*, 106, pp. 4613 – 4623.
- Holland, K. T. and R. A. Holman, (1993). The statistical distribution of swash maxima on natural beaches. *J. Geophys. Res.*, 98(C6), pp. 10271–10278.
- Holland, K. T. and R. A. Holman, (1997). Video estimation of foreshore topography using trinocular stereo. *J. Geophys. Res.*, 13(1), pp. 81–87.
- Holland, K. T., A. H. Sallenger Jr, B. Raubenheimer and S. Elgar, (1998). Swash zone morphodynamics and sediment transport processes. In: *Proc. 26th Int. Conf. on Coastal Engineering*, New York: ASCE, pp. 2799 – 2811.
- Holland, K. T., B. Raubenheimer, R. T. Guza and R. A. Holman (1995). Runup kinematics on a natural beach. *J. Geophys. Res.*, 100, pp. 4985–4993.
- Holland, K.T., R.A. Holman, T.C. Lippmann, J. Stanley and N.G. Plant, (1997). Practical use of video imagery in nearshore oceanographic field studies, *IEEE J. of Oceanic Engineering*, Vol. 22, No. 1.
- Holman, R. A., (1981). Infragravity energy in the surfzone. *J. Geophys. Res.*, 86: 6442-6450.
- Holman, R.A., Sallenger Jr, A.H., Lippmann, T.C. and Haines, J.W., (1993). The application of video image processing to the study of nearshore processes. *Oceanography*, Vol. 6, No 3.
- Janssen, P. C., (1997). *Intertidal beach level estimations from video images*. MSc thesis, Delft University of Technology.
- Kingston, K. S., B. G. Ruessink, I. M. J. Van Enckevort and M. A. Davidson (2000). Artificial neural network correction of remotely sensed sandbar location. *Marine Geology*, 169, pp. 137–160.
- Konicki, K. M. and R. A. Holman, (2000). The statistics and kinematics of transverse sand bars on an open coast. *Marine Geology*, 169, pp. 69 – 101.

- Lippmann, T. C. and R. A. Holman, (1991). Phase speed and angle of breaking waves measured with video techniques. In: *Proc. Coastal Sediments'91*, New York: ASCE.
- Lippmann, T. C. and R. A. Holman, (1992). Wave group modulations in cross-shore breaking patterns. In: *Proc. 23rd Int. Conf. on Coastal Engineering*, New York: ASCE, pp. 918–931.
- Lippmann, T.C., and R.A. Holman (1989). Quantification of sand bar morphology: A video technique based on wave dissipation, *J. Geophys. Res.*, 94 (C1), 995-1011.
- Ortega-Sánchez, M., Fachin, S., Santos, F. J., Sancho F. and Losada, M. A., (2005) Modelo Morfodinámico Sinóptico para la Gestión de la Costa: Trafalgar (España). In: *VIII Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos*, Sitges, Barcelona.(in press).
- Puleo, J. A. and K. T. Holland, (2001). Estimating swash zone friction coefficients on a sandy beach. *Coastal Engineering*, 43, pp. 25–40.
- Puleo, J., K. T. Holland, T. N. Kooney and A. H. Sallenger Jr., (2000). Field observations of swash zone flow patterns and 3d morphodynamics. In: *Proc. 27th Int. Conf. on Coastal Engineering*, ASCE, pp. 637–650.
- Ranasinghe, R., G. Symonds and R. Holman, (1999). Quantitative characterisation of rip dynamics via video imaging. In: *Proc. of Coastal Sediments Conf.*, Long Island (NY, USA), New York: ASCE, pp. 987–1002.
- Stockdon, H. F. and R. A. Holman, (2000). Estimation of wave phase speed and nearshore bathymetry from video imagery. *J. Geophys. Res.*, 105, pp. 22015–22033.
- Van Enckevort, I. M. J. and B. G. Ruessink, (2001). Effects of hydrodynamics and bathymetry on video estimates of nearshore sandbar position. *J. Geophys. Res.*, 106, pp. 16969–16979.
- Van Enckevort, I. M. J., (2001). *Daily to yearly nearshore bar behaviour*. Ph.D.thesis, Physical Geography, Utrecht University.
- Wright, L. D. and A. D. Short, (1984). Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56, pp. 93–118.