



micore

Morphological Impacts
and COastal Risks induced
by Extreme storm events



www.micore.eu

SISTEMAS DE ALERTA PARA RISCOS INDUZIDOS POR TEMPESTADES COSTEIRAS

Cinco resultados principais
do projecto MICORE







MICORE: Impactos morfológicos e riscos costeiros induzidos por tempestades extremas

Os recentes desastres naturais em zonas costeiras evidenciaram os potenciais efeitos devastadores associados a eventos marinhos. Os impactos associados à passagem do Furacão Katrina, que atingiu a cidade de Nova Orleães e dos tsunamis da Indonésia e do Japão, demonstraram, de forma trágica, o que pode suceder quando as estruturas de protecção costeira são sujeitas a solicitações que excedem as suas capacidades e os planos de evacuação se revelam inadequados.

O episódio de 1953 de sobrelevação no Mar do Norte, que resultou em mais de 2000 mortes e em áreas inundadas na Holanda, Inglaterra, Bélgica e Escócia, serve de advertência à Europa relativamente a este tipo de ameaça. Com uma linha de costa com cerca de 185 000 km, a Europa incorpora uma grande diversidade de ambientes costeiros, incluindo áreas pristinas, importantes cidades costeiras protegidas por estruturas de engenharia, cordões dunares arenosos, costas rochosas alcantiladas, áreas costeiras expostas e bacias oceânicas fechadas. Cada tipo de costa possui características próprias com as quais os gestores costeiros têm de lidar.

Devido a constrangimentos económicos e ambientais não é possível desenhar, financiar e construir obras de engenharia que protejam todas as áreas costeiras vulneráveis da Europa, para todos os eventos. Acresce que num contexto de alterações climáticas existe ainda uma considerável incerteza na forma como evoluirão as características destes eventos extremos no futuro, sobretudo no que diz respeito à intensidade, magnitude e duração de tempestades costeiras. Assim, há uma pressão premente para se desenvolverem novos sistemas de gestão costeira que possam incorporar esta incerteza e minimizar impactos no caso das condições extremas excederem os limites de desenho das actuais estruturas de protecção costeira. Neste contexto, a capacidade de prever a ocorrência e o impacto associado a uma ameaça costeira constitui uma valiosa ferramenta para as instituições responsáveis pela gestão costeira, uma vez que permite a execução de medidas apropriadas à redução do risco.

O desenvolvimento de ferramentas de modelação meteorológica com elevado nível de sofisticação permite obter previsões sobre as características associadas a tempestades costeiras de forma relativamente precisa, com aproximadamente três dias de antecedência. Com base nestas previsões é possível conhecer e comunicar em tempo real como é que estas tempestades vão actuar no que respeita a impactos morfológicos e a riscos costeiros. O trabalho efectuado no âmbito do projecto MICORE teve como objectivo alcançar importantes avanços nesta problemática.

O PROJECTO MICORE

O projecto MICORE (impactos morfológicos e riscos costeiros induzidos por tempestades extremas) é um projecto euro-

peu que engloba 16 instituições de investigação, comerciais e governamentais, de 9 países. O objectivo principal do projecto foi desenvolver e demonstrar a utilização on-line de um Sistema de Alerta para a previsão de impactos das tempestades em zonas costeiras, como suporte a estratégias de mitigação e de protecção civil. O projecto iniciou-se em Junho de 2008 e teve a duração de 40 meses.

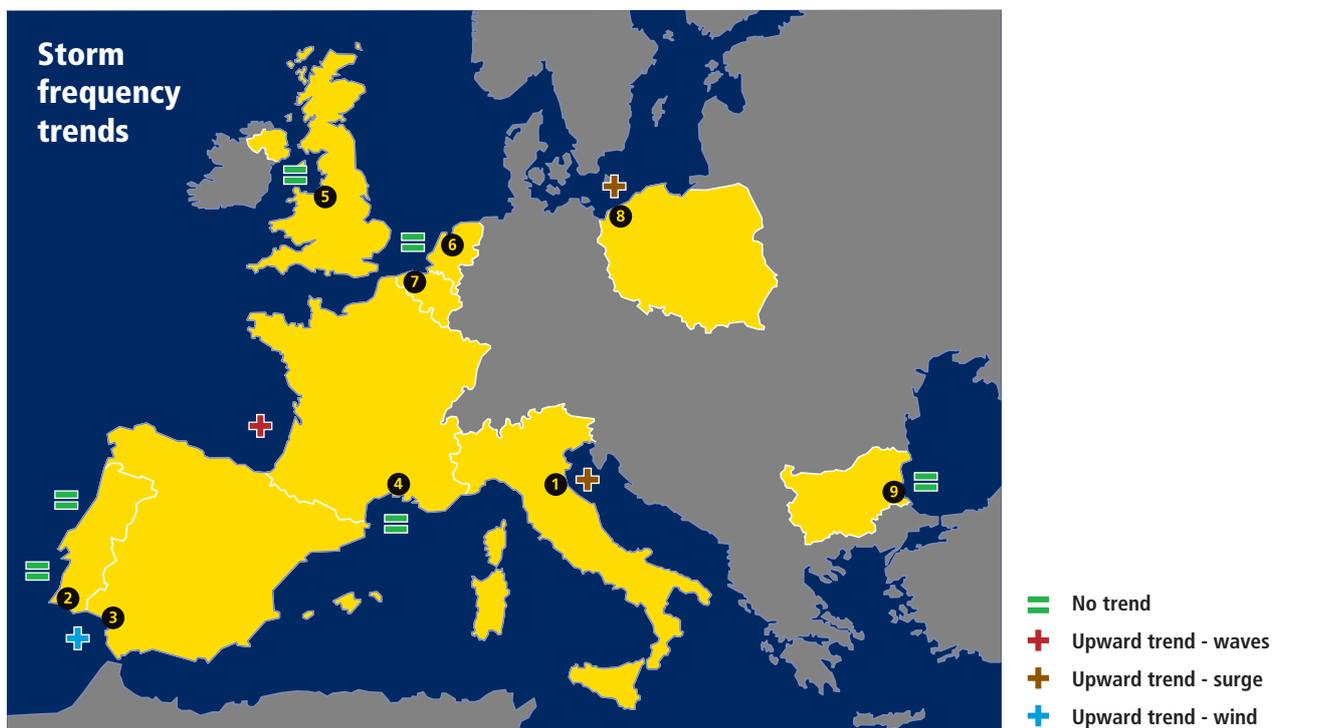
O projecto beneficiou de nove casos de estudo, um em cada dos países envolvidos. Durante a fase de construção do protótipo do sistema de alerta, foi desenvolvido um conjunto de tarefas comum a todos os locais. Estas tarefas incluíram: **01** revisão histórica das tempestades costeiras; **02** monitorização do impacto de tempestades; **03** validação e teste de modelos com dados de campo; **04** desenvolvimento do protótipo de sistema de alerta; **05** ligação do sistema de alerta com protocolos de protecção civil. A utilização deste diversificado conjunto de locais, com características distintas, tornou a aproximação usada tão genérica quanto possível e demonstrou a robustez do método.

Tendo em consideração que as previsões de tempestades são efectuadas para um período de 3 dias, o projecto MICORE privilegiou a resposta em caso de emergência (curto termo) em detrimento de objectivos estratégicos de longo termo. Este é um exemplo claro de um projecto de investigação aplicada, com produção de resultados práticos, úteis e aplicáveis por gestores costeiros.

conteúdo *cinco resultados chave*

- 01** Conhecimento histórico das tempestades costeiras na Europa p. 4
- 02** Utilização de novos protocolos para a partilha de dados e conhecimento: a abordagem OpenEarth p. 5
- 03** Expansão e validação de um novo modelo em código aberto para determinação de impactos induzidos por tempestades p. 6
- 04** Demonstração *on-line* de um protótipo de sistema de alerta para riscos costeiros p. 7
- 05** Estabelecimento de melhores formas de comunicação entre investigadores e utilizadores p. 10

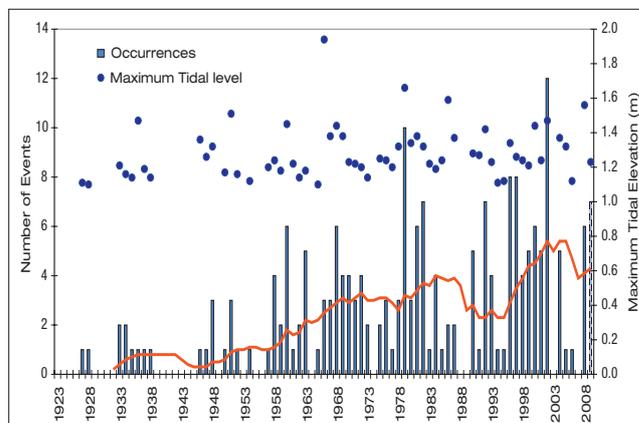
Para uma explicação mais pormenorizada das metodologias usadas e dos resultados obtidos nas várias tarefas do projecto MICORE, visite o sítio www.micore.eu.



1	Italy	Lido di Dante Lido di Classe	Natural with dunes, river mouths - defended coastline, infrastructure, high touristic value, microtidal	8 km
2	Portugal	Praia de Faro	Barrier-islands, dunes, overwashes, inlets, high touristic value, infrastructure, mesotidal	8 km
3	Spain	La Victoria Camposoto Beach	Urban beach, high touristic value, defended coastline, infrastructure - natural sand spit with dunes, overwashes, river mouth, salt marsh, touristic value, mesotidal	10 km
4	France	Lido of Sète to Marseillan	Low barrier island, dunes, high touristic value, defended coastline, infrastructure, microtidal	13 km
5	United Kingdom	Dee Estuary	Estuarine site with high occupation and hard engineering, defended coastline, infrastructure, sand dunes, tidal flats, mud flats, salt marsh, high touristic value, river mouth, macrotidal	10 km
6	The Netherlands	Egmond	Nourished beach, dunes, high touristic value, mesotidal	5 km
7	Belgium	Mariakerke	Wide dissipative urban beach regularly nourished, infrastructure, defended coastline, high touristic value, macrotidal	11 km
8	Poland	Dziwnow	Sand spit with low dunes; river mouth, protected coastline, nourishments to protect infrastructure, high touristic value, non-tidal	15 km
9	Bulgaria	Kamchia Shkorpilovtsi	Open beach on the Black Sea, dunes, river mouths, touristic value, non-tidal	13 km

Para se conhecerem as tendências evolutivas das tempestades, na Europa, analisaram-se 58 séries de dados de longo termo (30 anos ou mais), relativas a 12 locais e para vários indicadores. Estes incluíram a sobreelevação, a agitação marítima e o vento em situação de tempestade. A sua selecção dependeu da disponibilidade de dados em cada local.

Apesar de alguns locais se observarem tendências evolutivas de longo termo (ver figura), a nível europeu não se observou qualquer tendência evolutiva nas características das tempestades costeiras. Tal não significa que as consequências das alterações climáticas globais (ex. aumento da temperatura do mar, subida do nível médio do mar) não tenham influência nas tempestades e nos seus impactos, a nível europeu. Significa que, para os dados disponíveis, a variabilidade de curto e médio termo (ex. anual ou decadal) domina sobre um potencial sinal de longo termo.



Ocorrência de eventos de sobreelevação (1923-2008) em Venezia, Itália.

A linha vermelha representa a média móvel de 10 anos de eventos de sobreelevação em cada ano e traduz um padrão geral de aumento de frequência.

Um problema comum em programas de investigação e desenvolvimento multi-institucionais e multi-nacionais é o custo associado ao estabelecimento de uma estrutura base para partilha de dados e de conhecimento. Esta abordagem projecto a projecto é ineficiente e faz com que os dados e conhecimentos adquiridos durante um projecto sejam difíceis de obter, indecifráveis ou, num pior cenário, perdidos para sempre com o tempo.

Para superar estes problemas, o projecto MICORE adoptou um novo protocolo de gestão de dados e conhecimento denominado OpenEarth (www.openeearth.eu), onde vários projectos podem armazenar e gerir os seus dados, modelos ou ferramentas de análise. Este sistema foi construído com base em componentes de códigos e protocolos abertos e baseado em padrões internacionalmente aceites. Sendo uma filosofia comum a vários projectos, promove a colaboração entre projectos e a partilha de capacidades, como por exemplo a visualização de dados através do Google Earth (ver figura). A existência de vários utilizadores na base de dados é uma forma de garantia da sua sustentabilidade futura.

O projecto MICORE demonstrou que é vantajoso armazenar e partilhar dados de diferentes instituições e países numa base de dados comum a vários projectos, tal como a OpenEarth. Usando esta abordagem foi possível poupar tempo e dinheiro no desenvolvimento de uma estrutura específica e completa

de armazenamento de dados, não necessitando de reprodução em cada país ou local. A grande vantagem desta aproximação é que a elevada quantidade de dados adquiridos (ex. medições de campo – ver caixa; dados históricos – ver página anterior) e as ferramentas desenvolvidas ficarão disponíveis para uso em futuros programas de investigação e desenvolvimento mesmo após o término do projecto.

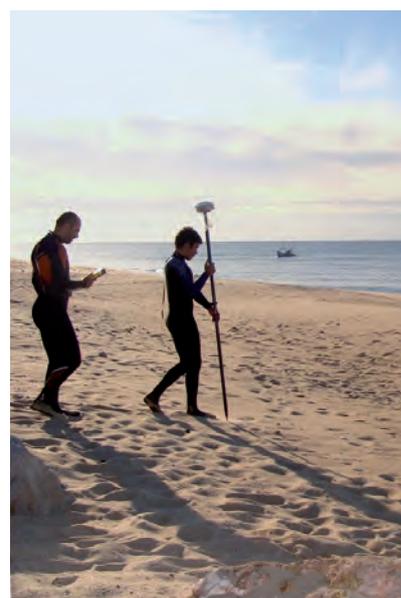


Exemplo de uma ferramenta de visualização de dados utilizando o Google Earth, disponível na base de dados OpenEarth. Este exemplo ilustra o perfil de praia e as medições de linha de costa numa praia da Holanda.

MEDIÇÃO DE IMPACTOS DE TEMPESTADES NO CAMPO

Para se ter confiança na modelação de impactos associados a tempestades marítimas e no Sistema de Alerta, as simulações têm de ser validadas com dados de campo. Foi recolhida uma série de medições pré e pós tempestade ao longo de dois invernos (2008 – 2010), por membros do projecto MICORE, tendo sido utilizada uma grande variedade de técnicas: levantamentos topográficos e batimétricos (utilizando GPS e eco-sondas e LIDAR de alta resolução), medições de ondas e correntes, técnicas de monitorização com recurso a vídeo, fotografia aérea, amostragem de sedimentos, entre outras.

Um evento de destaque foi o grupo de cinco tempestades do Inverno 2009/2010 no Sul de Portugal. Durante dezoito dias, ondulação superior a 4 m causou fenómenos de erosão significativos e danos substanciais em infra-estruturas, colocando a população em risco. Durante esse período, os investigadores do projecto Micore efectuaram levantamentos de praia diários (ver imagem), com o objectivo de captar as rápidas alterações observadas. O evento foi modelado com recurso ao modelo XBeach, verificando-se que o modelo é capaz de reproduzir com sucesso e detalhe razoável as alterações do perfil de praia, antes e após o evento tempestivo.



Levantamento topográfico com GPS na Praia de Faro, Portugal

Uma das partes do Sistema de Alerta é o módulo de previsão de impactos morfológicos (ex. erosão costeira). Este módulo (ver página seguinte), usa as previsões dos parâmetros forçadores ao largo (ex. sobrelevação e agitação marítima) para determinar impactos morfológicos resultantes de tempestades. No projecto MICORE adoptou-se o modelo numérico XBeach, de código aberto, gratuito, e inicialmente desenvolvido para ser usado pelo US Army Corps of Engineers.

O modelo XBeach foi melhorado e validado, usando o conjunto de dados de impactos de tempestades adquiridos em cada dos 9 locais de estudo. Dado que cada área de estudo possui características distintas, tal permitiu que o modelo fosse testado com um conjunto alargado de condições, possibilitando uma aplicação à escala mundial. Apresentam-se alguns resultados para os casos estudados em Itália e Bulgária (ver figura).



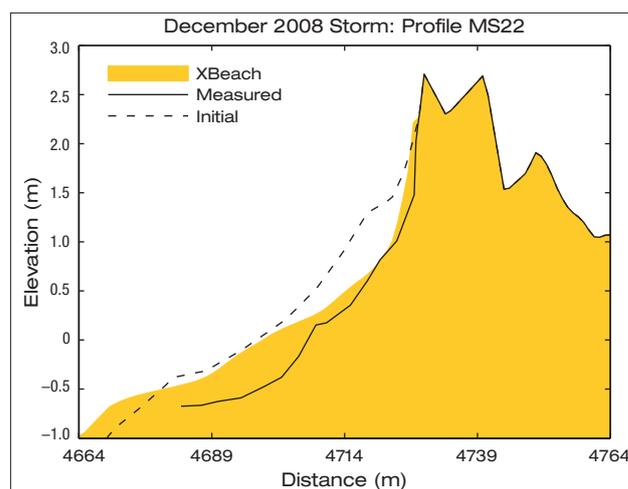
Um evento tempestivo que ocorreu em Dezembro de 2008 no Lido di Classe (Norte de Itália)



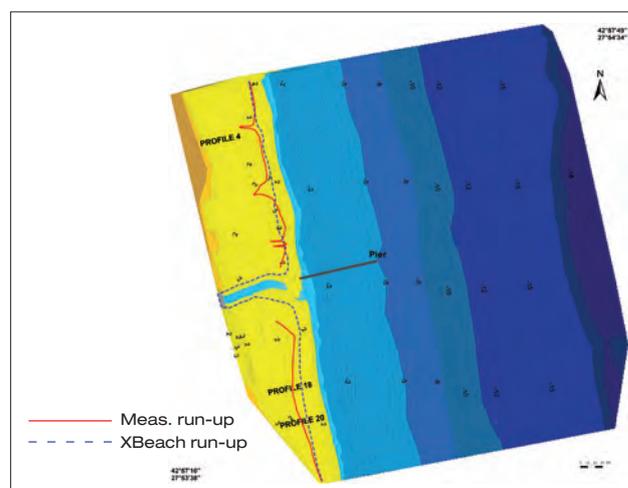
Espraio da onda na tempestade de Março de 2010 em Kamchia Shkorpilovtsi, Bulgária

No caso de estudo italiano, o modelo foi avaliado na sua capacidade de reproduzir a erosão dunar para uma tempestade que ocorreu em Dezembro de 2008. O modelo reproduz com sucesso a erosão da face da duna. Para o caso de estudo búlgaro, o modelo foi avaliado na sua capacidade de reproduzir o espraio (máximo alcance da onda) de uma tempestade de Março de 2010, verificando-se que os resultados reproduzem com sucesso os níveis de espraio registados.

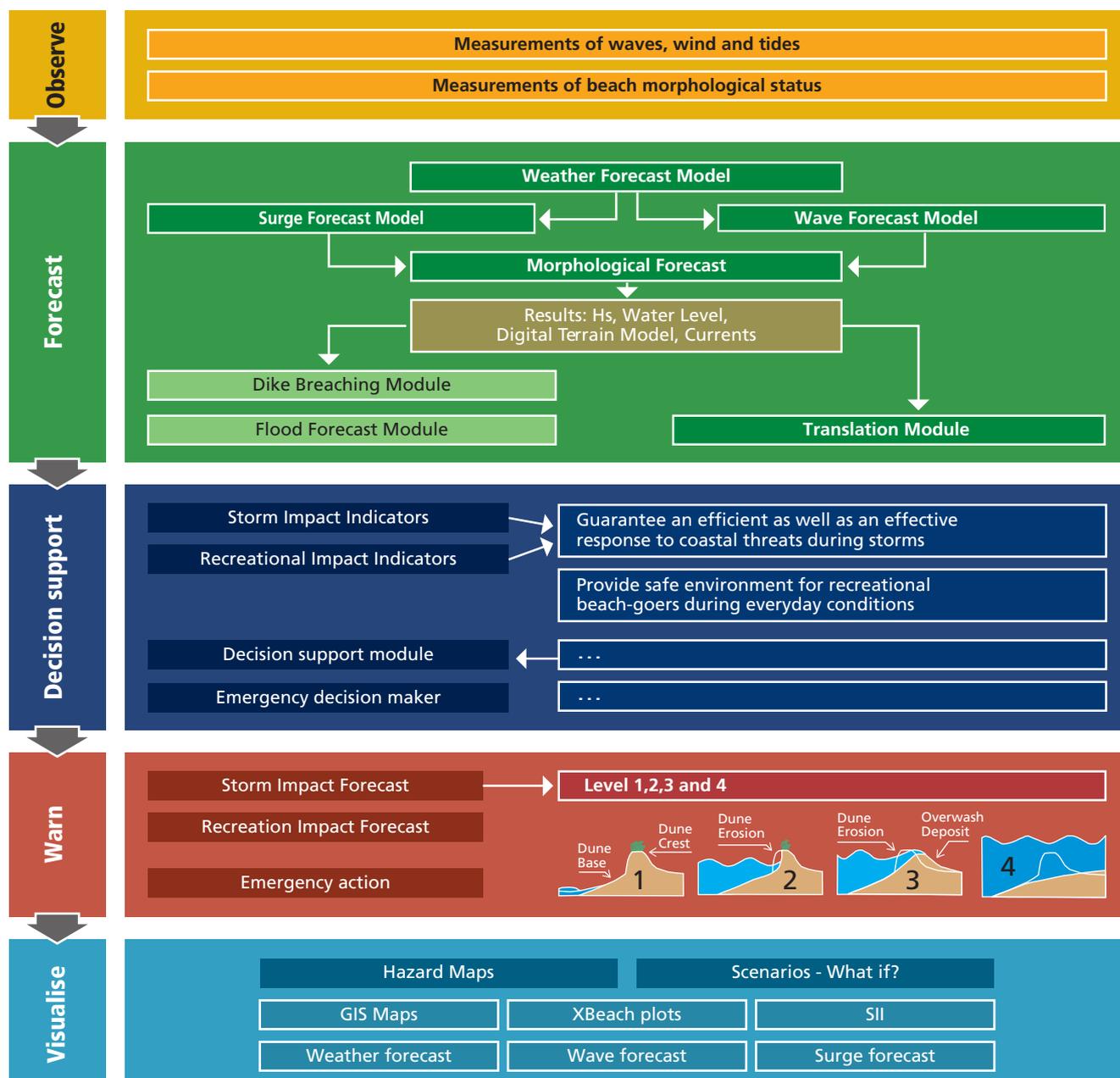
No âmbito do projecto houve uma importante transferência de conhecimento e interacção entre geocientistas, com conhecimento dos processos locais e regionais, e a equipa responsável pelo desenvolvimento do modelo XBeach. Desta interacção, resultou uma melhoria significativa no modelo que foi incorporado em todos os protótipos de Sistema de Alerta desenvolvidos.



Modelação XBeach e validação da erosão dunar resultante desse evento



Validação do espraio de onda da mesma tempestade com recurso ao modelo XBeach em duas dimensões



Desenvolveu-se uma estrutura para o Sistema de Alerta (ver figura) adaptável a cada área de estudo, incorporando 5 módulos:

- **Módulo de observação**, onde são obtidas as condições meteorológicas, as características da agitação, da sobre-elevação e da morfologia da praia necessárias para o modelo;
- **Módulo de previsão**, que efectua a previsão de alterações morfológicas e de impactos usando o modelo XBeach;
- **Módulo de suporte à decisão**, que contém ferramentas e ajuda à tomada de decisões (ex. Indicadores de Impacto de Tempestades e mapas de vulnerabilidade);

- **Módulo de aviso**, onde os avisos são enviados de acordo com os limites determinados para cada área de estudo;

- **Módulo de visualização**, onde se representa informação de suporte aos utilizadores e gestores.

Os protótipos do Sistema de Alerta operam on-line, executando diariamente a cadeia de módulos descrita. Os sistemas de alerta correm diariamente, e não apenas durante tempestades, para testar a robustez do método e obter um grau elevado de confiança por parte dos utilizadores. Esta estratégia permite a utilização do sistema para aplicações diárias como a segurança balnear, aumentando as suas potencialidades.



Sistemas de Alerta

Italy

"Lido di Dante - Lido di Classe" Beach (Italy)

Belgium

24h Forecast Oostende

France

Storm impact forecasting system
Lido of Sete beach

Poland

Spain

Cádiz - Cadiz

The Netherlands

Forecasts - Rijnland X

United Kingdom

Risk map for Formby Point

Portugal

Storms Early Warning System (48h Forecast)

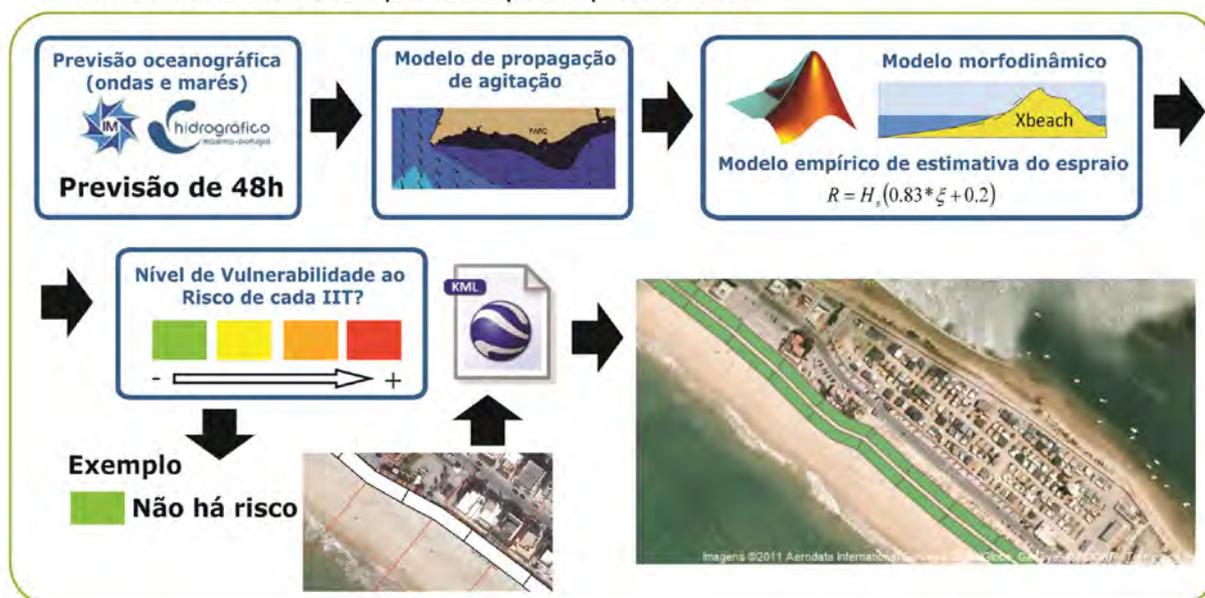
Bulgaria

Early Warning System / Xbeach
Kamchia-Shkorpirovtsi Beach (Bulgaria)

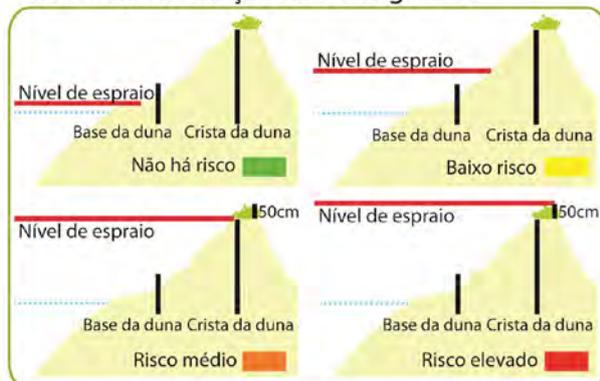
A praia de Faro localiza-se na península do Ancão, a qual constitui a unidade mais ocidental do sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa. A linha de costa está em recuo há, pelo menos, meio século. Face a uma expansão extraordinariamente intensa do turismo no Algarve, e às apetências, para fins balneares, a praia de Faro é caracterizada por forte ocupação urbanística, nomeadamente casas de pescadores e de segunda habitação. O primeiro factor decisivo que propiciou a intensa ocupação que se verifica na praia de Faro foi a construção da ponte rodoviária que lhe dá a acesso. Esta ocupação praticamente destruiu o cordão dunar e condiciona significativamente a dinâmica sedimentar. O Sistema de Alerta (A) para o local foca-se no desenvolvimento potencial de avisos à protecção civil relativos a níveis de risco associados a dois indicadores:

(1) monitorização de emergência; (2) redução do risco de erosão, sendo que o primeiro traduz a vulnerabilidade ao galgamento oceânico (B) e o segundo a vulnerabilidade ao recuo (C). Este indicadores são classificados com base numa escala de cores representativas do nível de vulnerabilidade associado, e foram representados visualmente sobre a forma de 22 polígonos sobre um Google Map. Desta forma, a Autoridade de Protecção Civil pode identificar fácil e rapidamente o tipo e nível de risco associado ao longo da praia. Informação mais detalhada sobre as previsões de risco podem ser consultadas no sítio web <http://www.cima.ualg.pt/micore>. No futuro, o esquema de visualização deste Sistema de Alerta pode ser adaptado e estendido a toda a linha de costa do território Nacional.

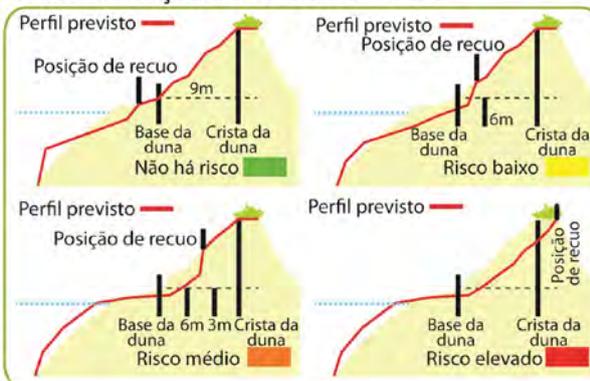
A. Sistema de Alerta de Tempestades para a praia de Faro



B. IIT Monitorização de emergência



C. IIT Redução do Risco de Erosão



Sistema de Alerta de Tempestades desenvolvido para a praia de Faro, Portugal. Os níveis de risco ao longo deste troço costeiro(A) associados a cada um dos IITs- Indicadores de Impacte de Tempestades (B e C) são

representados através de 22 Polígonos: a 1ª e 2ª linhas de polígonos representados sobre mapa dizem respeito ao nível de vulnerabilidade relativos ao 1º e 2º IIT, respectivamente.

Apenas um pequeno número de países europeus possui esquemas de protecção civil para riscos associados a tempestades costeiras. Esses esquemas são baseados em avisos meteorológicos que não estão ligados à vulnerabilidade de uma dada área costeira e às suas características específicas (ex. tipo de morfologia ou grau de urbanização/ocupação). Esta lacuna nos esquemas de protecção civil para tempestades costeiras (quando comparado com os planos de protecção face a inundações, por exemplo) é em parte devida ao afastamento que existe entre utilizadores/gestores da zona costeira e os especialistas em processos costeiros.

O projecto MICORE promoveu a interacção entre os investigadores e os gestores costeiros nas várias fases de desenvolvimento do projecto, com recurso à realização de reuniões com os utilizadores finais. Estas reuniões permitiram aos especialistas ganhar conhecimento sobre a melhor forma de transferir os resultados científicos, possibilitando uma fácil interpretação e utilização por parte do decisor. Foi no seguimento destas reuniões que se desenvolveram os Indicadores de Impacte de Tempestades (ver abaixo). O sucesso destas actividades foi essencial na utilização diária do Sistema de Alerta como ferramenta de gestão costeira. A interacção entre o investigador e o utilizador final também permitiu o aumento da percepção sobre a problemática do risco costeiro induzido por tempestades, bem como das estratégias de mitigação dos impactes associados, permitindo a melhoria futura dos esquemas/protocolos de gestão.



INDICADORES DE IMPACTO DE TEMPESTADES (IITs)

Para quantificar os impactos de tempestades os especialistas recorrem a parâmetros físicos, tais como, volume de erosão, velocidades de escoamento, níveis de espraio e caudais de galgamento. Do ponto de vista do utilizador que necessita de tomar decisões rápidas com a informação disponível, os parâmetros mencionados são de difícil uso operacional. Os módulos de previsão e de suporte à decisão do Sistema de Alerta foram desenhados para produzirem indicadores úteis, denominados Indicadores de Impacto de Tempestades (IITs). Estes correspondem à quantificação do sistema costeiro numa forma adequada aos

decisores e são descritos em níveis, acima ou abaixo dos quais existe uma acção a ser tomada.

Um exemplo de um IIT é o Corredor de Segurança (ver tabela), utilizado pelo Sistema de Alerta italiano como medida da área emersa de praia, e permite a passagem e uso em segurança da praia. Se esta largura for muito pequena então as pessoas na praia poderão estar em risco por não terem forma de escapar de um impacto de uma acção marinha. Neste caso a acção apropriada seria proceder ao fecho temporário da praia.

Objectivo estratégico	Objectivo operacional	Conceito quantitativo de estado	Estado de referência desejado	Estado de referência actual	Procedimento de intervenção	Procedimento de avaliação
Prevenir perdas de vida devidas a condições marítimas danosas	Interdição da praia durante condições potencialmente danosas	Corredor de Segurança (CS): distância da base da duna à linha da água	Risco baixo para CS > 10 m, Médio se 5 m < CS < 10 m e Alto se CS < 5 m	Série temporal de CS previstos	Colocação de sinalização na praia indicando que está interdita	Verificação da sinalização e de que não houve perdas humanas



Conclusões e Recomendações

O trabalho desenvolvido no projecto MICORE produziu inovações significativas na área da gestão e protecção a riscos induzidos por tempestades costeiras. O desenvolvimento de nove protótipos operacionais de Sistemas de Alerta demonstrou que esta ferramenta, baseada em aquisição de dados em tempo real e sua assimilação num conjunto de modelos hidrodinâmicos e morfológicos, pode ser utilizada em áreas vulneráveis de toda a Europa. Estes protótipos constituem a base para uma futura implantação a nível europeu, através da adopção dos seguintes princípios:

- **Utilização de uma estrutura genérica, adaptável a uma grande variedade de ambientes costeiros**
- **Utilização de ferramentas gratuitas e de código aberto, sem necessidade de adquirir licenças comerciais**
- **Ajustar o funcionamento do Sistema de Alerta às necessidades dos utilizadores/gestores**

Recomenda-se que haja um futuro esforço no desenvolvimento de sistemas de alerta de larga escala, para riscos associados a tempestades costeiras, a nível regional, nacional e europeu. Estes deverão ser integrados com esquemas de alerta já existentes (ex. tsunamis ou cheias). É ainda fundamental proceder à monitorização continuada das tempestades costeiras no sentido de obter um conhecimento adicional sobre a variabilidade e as alterações nos sistemas de geração de das tempestades na Europa e para poder validar e melhorar os Sistemas de Alerta.





Prof. Paolo Ciavola
Coordinator | WP7 Leader
Italy

Dipartimento di Scienze della Terra
Università degli Studi di Ferrara

Phone: +39.0532.97.46.22
Fax: +39.0532.97.47.67
E-mail: cvp@unife.it



Mr. Marco Deserti
Italy

Hydro-Meteorological and Climatological Service
of the Emilia Romagna ARPA-SIMC

Phone: +39.051.52.59.15 +39.051.649.7511
Fax: +39.051.649.75.01
E-mail: mdeserti@arpa.emr.it



Mrs. Luisa Perini
WP6 Leader
Italy

Geological Survey of the Emilia-Romagna Region

Phone: +39.051.527.4212
Fax: +39.051.527.4208
E-mail: lperini@regione.emilia-romagna.it



Prof. Oscar Ferreira
WP1 Leader
Portugal

University of Algarve
CIACOMAR-CIMA

Phone: +351.289.800.900
Fax: +351.289.800.069
E-mail: offerreir@ualg.pt



Prof. Rui Taborda
Portugal

University of Lisbon
Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade
de Lisboa

Phone: +351.217.500.357 +351.217.500.066
Fax: +351.217.500.119
E-mail: rtaborda@fc.ul.pt



Dr. Javier Benavente
Spain

University of Cadiz
Department of Earth Sciences

Phone: +34.956.016.447 +34.956.016.276
Fax: ++34.956.016.195
E-mail: javier.benavente@uca.es



Dr. Balouin Yann
WP3 Leader
France

BRGM-French Geological Survey
Regional Geological Survey
of Languedoc-Roussillon Montpellier

Phone: +33.467.157.972
Fax: +33.467.157.972
E-mail: y.balouin@brgm.fr



Mr. Piet Haerens
WP5 Leader
Belgium

International Marine Dredging Consultants

Phone: +32.327.092.94
Fax: +32.323.567.11
E-mail: piet.haerens@imdc.be



Prof. Jon Williams
Active partner months 1-30
United Kingdom

University of Plymouth
School of Geography

Phone: +44.2380.711.840
Fax: +44.2380.711.841
E-mail: jwilliams@abpmer.co.uk



Prof. Kazimierz Furmanczyk
Poland

University of Szczecin INoM
Laboratory of Remote Sensing and Marine Carto-
graphy

Phone: +48.91.444.23.51
Fax: +44.2380.711.841
E-mail: kaz@univ.szczecin.pl



Dr. Nikolay Valchev
Bulgaria

Institute of Oceanology, Bulgarian Academy of
Sciences

Phone: +359.52.370.493 +359.52.370.486
Fax: +359.52.370.483
E-mail: valchev@io-bas.bg



Dr. Albertus "Ap" Van Dongeren
WP4 Leader
The Netherlands

Stichting Deltares

Phone: +31.15.285.8951
Fax: +31.15.285.8951
E-mail: ap.vandongeren@wldelft.nl



Dr. Mark Van Koningsveld
WP2 Leader
The Netherlands

Technical University of Delft
Civil Engineerin

Phone: +31.6.53.246.297 +31.10.447.8767
Fax: +31.10.447.8100
E-mail: M.vanKoningsveld@tudelft.nl



Dr. Alejandro Jose Souza
United Kingdom

Natural Environment Research Council
Proudman Oceanographic Laboratory

Phone: +44.15.17.954.820
Fax: +44.15.17.954.801
E-mail: ajso@pol.ac.uk



Dr. Pedro Ribera
Spain

University Pablo de Olavide
Department of Physical, Chemical and Natural
Systems

Phone: +34.954.349.131
Fax: +34.954.349.814
E-mail: pribrod@upo.es



Mrs. Stefania Corsi
Italy

Consorzio Ferrara Ricerche

Phone: +39.0532.76.24.04
Fax: +39.0532.76.73.47
E-mail: stefania.corsi@unife.it

Further Information

Review of climate change impacts on storm occurrence, MICORE Deliverable 1.4. Available for download at www.micore.eu

Ciavola P. et al. (2011) Storm impacts along European coastlines. Part 1: the joint effort of the MICORE and ConHaz Projects, *Environmental Science & Policy*, doi:10.1016/j.envsci.2011.05.011

Ciavola P. et al. (2011) Storm impacts along European coastlines. Part 2: lessons learned from the MICORE project, *Environmental Science & Policy*, doi:10.1016/j.envsci.2011.05.009

Ferreira O. et al. (2009) Coastal storm risk assessment in Europe: Examples from 9 study sites, *Journal of Coastal Research*, SI56, 1632 - 1636

MICORE Project documentary: 13 min video presentation. Available for download at www.micore.eu

Roelvink et al. (2009) Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands, *Coastal Engineering*, 56, 1133-1152

Van Koningsveld M. and Mulder J.P.M. (2004) Sustainable coastal policy developments in the Netherlands. A systematic approach revealed, *Journal of Coastal Research*, 20, 375-385

