



A VULNERABILIDADE AO RISCO DE EROSÃO NA COSTA NOROESTE DE PORTUGAL: O CASO DO MUNICÍPIO ESPINHO

THE EROSION VULNERABILITY OF PORTUGAL NORTHWEST COAST: THE CASE OF THE ESPINHO MUNICIPALITY

LA VULNERABILIDAD AL RIESGO DE EROSIÓN EN LA COSTA NOROESTE DE PORTUGAL: EL CASO DEL MUNICIPIO ESPINHO

António de Sousa Pedrosa
Professor do Instituto de Geografia da
Universidade Federal de Uberlândia, CEGOT
aspedros@gmail.com

Resumo: O equilíbrio dinâmico da paisagem do litoral Português sofreu várias pressões ambientais e antrópicas, especialmente durante a segunda metade do século XX. A subida do nível do mar juntamente com a diminuição do fornecimento sedimentar e a ocupação crescente das frentes marítimas condicionou a evolução da paisagem da plataforma do litoral Português. O recuo da linha de costa, juntamente com a diminuição da largura de praias arenosas, a destruição dos sistemas dunares, a degradação da vegetação das dunas costeiras e a expansão das áreas urbanizadas foram os principais processos que marcaram a evolução das áreas litorais. As estruturas de engenharia pesada adoptadas para mitigar os impactos do recuo do litoral, tais como esporões, paredões, quebra-mares e molhes, também contribuíram para a alteração da dinâmica e características naturais da paisagem costeira, que se tem tornado cada vez mais artificial e mais susceptível ao risco de erosão e aos eventos invasivos do mar. A área de estudo seleccionada compreende um sector do litoral, fortemente antropizada, já que se desenvolve aí a cidade de Espinho. Escolhemos esta área por apresentar registos antigos de eventos e episódios de invasão do mar, que têm provocado a erosão da costa, a destruição da frente marítima da cidade, assim como, as obras de engenharia que ao longo dos tempos foram construídas no sentido de mitigar a ação do mar. Procura-se, neste trabalho, determinar qual o grau de vulnerabilidade da linha de costa ao avanço da invasão marinha.

Palavras-chave: Litoral; Erosão marítima; Vulnerabilidade do litoral; Espinho.

Abstract: The dynamic balance of the Portuguese coastline landscape suffered various environmental and anthropic pressures, especially during the second half of the 20th century. The rising of sea level together with the sedimentary supply diminishing and the increasing occupation of the seafronts conditioned the evolution of the Portuguese littoral strip landscape. The retreat of the shoreline, along with decreasing width of sandy beaches, the dune systems destruction, the coastal dune vegetation decline and the urbanized areas expansion were the main processes that marked the littoral landscapes evolution. The heavy engineering structures adopted to mitigate the impacts of coastal retreat, such as seawalls, groins, breakwaters and jetties, also contributed to the loss of the natural features of coastal landscape that is becoming each time more artificial and more susceptible to sea erosion risk and to sea invasion events. The study area comprises a selected sector of the coast, greatly humanized, where he developed the city of Espinho. This area was chosen because it has old records of the sea invasion events and episodes has caused coastal erosion and the destruction of the city's seafront as well as the engineering works that were built to mitigate the action of

the sea. The aim of this study was to determine the vulnerability degree of the coastline to the advancement of marine invasion.

Keywords: Coastal, Maritime erosion, Coastal vulnerability, Espinho.

Resumen: El equilibrio dinámico del paisaje del litoral portugués sufrió varias presiones ambientales y antrópicas, especialmente durante la segunda mitad del siglo XX. La subida del nivel del mar juntamente con la disminución del fornecimiento sedimentar y la ocupación progresiva de la línea costera condicionó la evolución del paisaje de la plataforma del litoral Portugués. El retroceso de la línea costera, juntamente con la disminución del ancho de las playas arenosas, la destrucción de los sistemas de dunas, la degradación de la vegetación de las dunas costeras y la expansión de las áreas urbanizadas fueran los principales procesos que marcaron la evolución de las áreas litorales. Las estructuras de ingeniería pesada adoptadas para mitigar los impactos del retraigo del litoral, tales como espigones, paredones, rompeolas y muelles, también contribuyeron para la alteración de la dinámica y características naturales del paisaje costero, que se ha vuelto cada vez más artificial y más susceptible al riesgo de erosión y a las acciones invasivas del mar. El área de estudio seleccionada comprende un sector del litoral, fuertemente antrópicas, ya que se desarrolla ahí la ciudad de Espinho. Elegimos esta área por presentar registros antiguos de eventos y episodios de invasión del mar, que han provocado la erosión de la costa, la destrucción costera de la ciudad, así como, las obras de ingeniería que a lo largo de los tiempos fueron construidas en el sentido de mitigar la acción del mar. Se busca, en este trabajo, determinar cuál es el grado de vulnerabilidad de la línea de costa con respecto al avance marino.

Palabras-clave: Litoral; Erosión marina; Vulnerabilidad del litoral; Espinho.

INTRODUÇÃO

A costa noroeste de Portugal Continental caracteriza-se pelo domínio de uma costa baixa, arenosa, recortada por pequenos sectores de costa mais elevada de arribas ativas. Esta costa possui uma orientação geral de NNW-SSE inflectindo próximo de Espinho para NNE-SSW, sendo controlada por um conjunto de falhas que atravessam o Maciço Antigo com orientações diversas: NW-SE, NE-SW e E-W. Estas poderão ter sido reativadas durante o Quaternário, tal como sugerem as atuais posições dos estuários dos rios Cávado e Neiva, entre outros (CARVALHO, GRANJA, LOUREIRO e HENRIQUES, 2006; GRANJA, 1999).

Todo o litoral assenta em terrenos da Zona Centro-Ibérica, onde os vestígios do Precâmbrico se encontram muito mal preservados. Nestes terrenos dominam as rochas metassedimentares do complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico, sobre as quais assentam em discordância as formações metassedimentares do Ordovícico, Silúrico e Devónico (NORONHA, 2000). A Zona Centro-Ibérica é limitada a Oeste pela falha Porto-Tomar, onde contata com a faixa metamórfica “blastomilonítica”, constituída por rochas metamórficas muito tectonizadas, intruídas por gneisses e migmatitos. Esta faixa possui uma orientação geral de NNW-SSE, que se estende dos arredores do Porto até Tomar, passando por Espinho e

Albergaria-a-Velha, sendo de idade proterozóica média-superior, incluída na Zona Ossa-Morena. Esta falha é resultado da sutura entre o continente Euroasiático e Africano, na orogenia Cadomiana (final Precâmbrico), onde a fragilidade da crosta terá facilitado a movimentação tectónica (ARAÚJO, 1985, 2002). Ela demarca de grosso modo o rebordo interior da plataforma litoral, ao sul do rio Douro, fazendo a transição entre o litoral e o continente através de uma escarpa de falha, que em alguns locais poderá ter sido retocada pela ação do mar. Para Norte do rio Douro, a transição entre a plataforma litoral e o interior do Maciço Hespérico faz-se por uma arribas fósil, de que podemos citar como o exemplo o Monte de S. Lourenço em Esposende. Esta transição faz-se por uma superfície com uma altitude uniformizada a partir dos 120 m, na qual nascem a maioria dos pequenos ribeiros que desaguam diretamente no mar. A plataforma litoral é uma área aplanada com um ligeiro basculamento para Oeste compreendida entre os 10 e os 60 metros de altitude. Esta plataforma pode ser interpretada como sendo constituída por dois sectores: a plataforma superior (com altitudes entre os 40m - 60m), que funcionaria como antiga plataforma de abrasão marinha, e a plataforma inferior com altitudes compreendidas entre os 10m - 30m. Contudo, a definição de uma antiga linha de costa é extremamente complexa, uma vez que nestes ambientes atuam diversos agentes na erosão. Os diferentes níveis que podem ser interpretados na plataforma litoral, a presença da arribas fósil e a análise sedimentológica transmitem indicações importantes acerca da atuação de episódios de transgressão e regressão marinhas mais ou menos significativas no passado (ARAÚJO 1985, 2000; GRANJA 1999; CARVALHO *et al.*, 2006; DIAS, BERNARDO & BASTOS 2002).

OS FATORES DE EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA

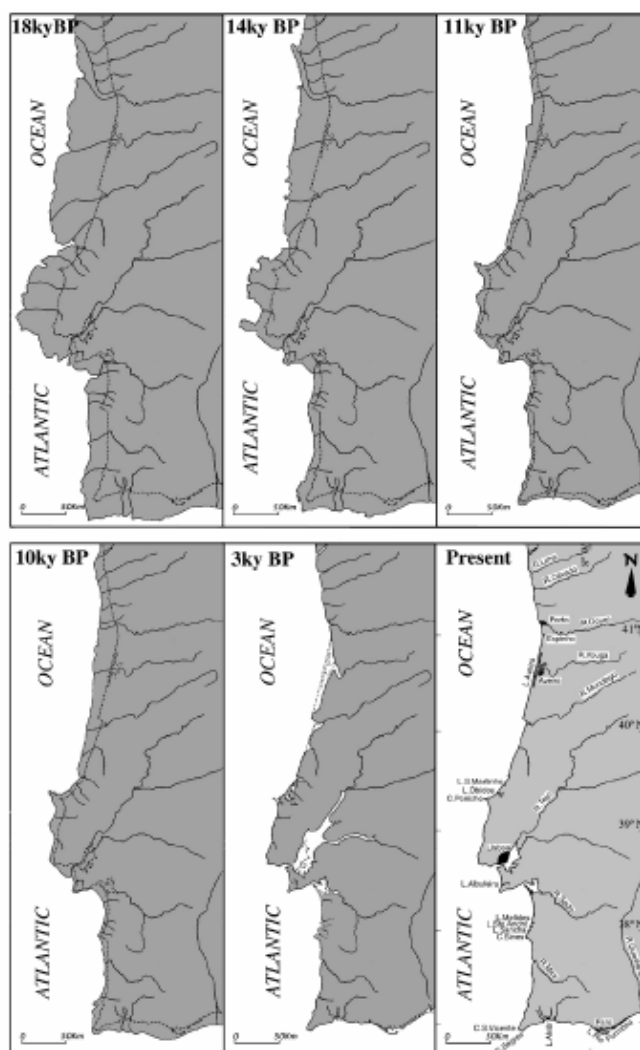
Rodrigues & Dias (1989), Rodrigues *et al.*, (1991) e Dias *et al.* (1997) apresentam uma proposta da evolução geral da linha de costa em Portugal Continental (Figura 1), que sugere a presença desta, em períodos recuados, bem mais para o interior do oceano Atlântico do que a posição da linha de costa atual. Os ciclos de avanço e recuo da linha de costa parecem ter coincidido com os diferentes períodos climáticos, abrangendo uma escala temporal alargada. Deste modo, o recuo da linha de costa não é de todo um fenómeno novo, embora a crescente intervenção antropogénica esteja a contribuir para que o atual recuo ocorra de uma forma mais acentuada.

A constituição geológica da linha de costa e o diferente grau de resistência e de fragilidade de cada tipo de rocha aos vários agentes erosivos, explicam em parte a fisionomia da costa litoral.

Segundo as cartas geológicas 1:50.000, as unidades litológicas mais representativas são:

- as rochas graníticas (varisco e/ou pré-Varisco), onde se incluem os granitos de duas micas, de grão médio, com grandes cristais; o granito biotítico de grão médio a fino; os gnaisses; os migmatitos e os granitos gnaissicos;
- os metassedimentos (Proterozoico-Paleozoico superiores), onde se encontram os xistos, os grauvaques, os quartzitos e os filitos de quartzo;
- a cobertura sedimentar (pós-Miocénico) reúne os depósitos fluviais e aluvionares.

Figura 1: Evolução da Linha de Costa no Norte de Portugal nos últimos 18.000 BP (Before Present)



Fonte: adaptado de Rodrigues & Dias, 1989; Rodrigues *et al.*, 1991; Dias *et al.*, 1997

O tipo de clima e de condições de agitação marítima constituem importantes agentes de atuação sobre as formas do litoral. Assim, é de todo o interesse conhecer o comportamento destas variáveis na costa noroeste de Portugal Continental.

Nesta costa domina uma ondulação de WNW e NW, que tem origem no Atlântico Norte, de latitudes mais elevadas, com uma altura superior a 1m em 95% do ano e a 4m em 5%. No Outono e Inverno prevalecem alturas máximas significativas de 8m a 11m com períodos de intervalo de 8s (CARVALHO & BARCELÓ, 1966; COELHO, 2005). No Inverno e nos períodos de transição, este tipo de ondulação pode ocorrer devido à influência de ventos locais e à circulação do ar de NW pós-frontal ou de depressões. De acordo com Costa, Silva e Vitorino (2001), do Instituto Hidrográfico, na costa oeste de Portugal Continental 75% dos temporais têm uma duração inferior a 2 dias, independentemente do sector costeiro em análise. Os autores concluíram também que os temporais com duração superior a isso estão associados a direções de NW, sendo que aqueles com duração superior a 5 dias só se verificam com tempestades provenientes do sector de direção de NW. Na situação de Verão, a ondulação ocorre com alturas significativas máximas de 1m a 2m e períodos inferiores ou iguais a 6s, devido ao posicionamento do Anticiclone dos Açores associado a uma depressão térmica no interior da Península Ibérica e ao regime de Nortada característico (COELHO, 2005). A ocorrência de temporais nesta costa pode ocasionar o aparecimento de marés meteorológicas, nas quais a sobre-elevação das águas do mar é o resultado da diminuição da pressão atmosférica junto à superfície do oceano ou à ação de ventos fortes e persistentes. São poucos os estudos desenvolvidos neste âmbito, mas segundo dados avançados pelo LNEC (1996) foram já registadas sobre-elevações de 10,4m em 31 de Dezembro de 1981 e 10,2m em 7 de Novembro de 1982, na costa ocidental portuguesa (bóia de Leixões), sendo os valores mais frequentes os de +1,5m (ZH) e + 2,7m (ZH).

Os efeitos da ondulação podem ser ainda potenciados pelo tipo de maré astronômica presente durante a sua ocorrência. A costa ocidental portuguesa enquadra-se no domínio meso-mareal, ocorrendo duas marés com uma periodicidade de 12h25m, sendo o valor máximo teórico de preia-mar de marés vivas de cerca de 4m, com propagação no sentido Sul-Norte (BARBOSA *et al.*, 2003).

Apesar da costa NW de Portugal ser uma área onde os fatores naturais implicam uma forte susceptibilidade à erosão costeira, o fenómeno em si e o consequente recuo da linha de costa resultam de um vasto conjunto de fatores indutores, que embora sendo na sua maioria

naturais, são, muitas vezes, despoletados direta ou indiretamente pela atuação antrópica (BASTO, 2010; PEDROSA, 2013).

O litoral noroeste português constitui uma zona com grandes potencialidades naturais e de uma riqueza de recursos inestimável (DIAS *et al.*, 1994), ao longo de cerca de 103 km de extensão. Enquanto espaço gerador de riqueza, constitui um território que move muitos interesses e procuras, o que nas últimas décadas o transformou em um espaço frágil, cada vez mais degradado e em condições de difícil recuperação. Sendo a faixa costeira uma área de interface entre os subsistemas terra-mar, constitui uma área dotada de grande mutabilidade que encontra em conflito com o atual cariz permanente da presença humana, onde a fragilidade tem a sua maior expressão na erosão e no recuo da linha de costa, fenómeno que tem vindo a resultar na perda de áreas de valor ecológico-ambiental e económico (DIAS & TABORDA, 1988; DIAS, 1990).

A concentração da população no litoral, em especial a partir da década de 70, promoveu o desenvolvimento de atividades económicas tanto do sector secundário como do terciário. O rápido crescimento demográfico, a presença crescente de atividades económicas e as importantes mudanças económicas e políticas dos espaços litorais, provocaram a sua “sobrecarga”, com padrões de ocupação do solo muito distintos dos que se observavam antes da década de 70 e com uma crescente exposição das populações e do património aos riscos naturais, em especial ao risco das atuações energéticas do mar e da erosão costeira (CARDOSO, 2005; PEDROSA *et al.*, 2007; PEREIRA & FREITAS, 2008).

Porém, a erosão costeira não é um fenómeno atual, pois em períodos históricos anteriores o recuo da linha de costa e as consequências sobre as propriedades foram também sentidas, como foi possível analisar em Espinho com base na recolha de notícias locais e em monografias.

Mas, as preocupações com este fenómeno tornaram-se mais expressivas após a década de setenta, e em especial durante a década de oitenta do século passado, período em que a construção de estruturas pesadas de proteção costeira proliferou ao longo de toda a costa portuguesa, como a solução mais viável e duradoura de proteção das frentes marítimas que se apresentavam cada vez mais urbanizadas e vulneráveis (CARVALHO, 1995). De facto, durante este período de tempo, as intervenções no litoral português eram da responsabilidade das autarquias, não existindo nenhum organismo nacional com a responsabilidade de planeamento e monitorização. Em resultado da pressão de consolidação e crescimento da construção no litoral, o paradigma de desenvolvimento económico-social vigente nesta

década, e a estratégia adoptada pelos municípios com frente marítima, foi a de manter e, em muitos casos aumentar, a densidade do edificado, protegendo-o das ações erosivas do mar com estruturas pesadas. O sistemático recurso à artificialização da costa (Foto 1), não acompanhado de qualquer monitorização dos seus efeitos, tem sido, na prática, o mecanismo de defesa e estabilização do litoral, apesar de a curto prazo, estas estruturas revelarem-se não só vulneráveis a eventos marítimos mais energéticos, como exigirem ações recorrentes de reparação e manutenção bastante dispendiosas. Apenas na década de 90 surgem as primeiras tentativas de regulamentação e planeamento do litoral, com os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC). Contudo, a gestão destes espaços litorais permanece ainda complexa e disseminada por vários agentes de atuação, que culmina numa dispersão e enfraquecimento de responsabilidades (PEDROSA *et al.*, 2010; PEDROSA, 2013). Este tipo de regulamentação tem contribuído recentemente para inverter o estado de degradação e de destruição de muitos sistemas dunares, notando-se muitas tentativas de intervenções de reabilitação e proteção dos mesmos.

Foto 1: A artificialização do litoral com a construção de obras de protecção



Fonte: PEDROSA, 2010

O fenómeno erosivo e o consequente recuo da linha de costa resultam de um vasto conjunto de fatores indutores (OLIVEIRA, 1982; FERREIRA, 1993), que embora sendo na sua maioria naturais, são muitas vezes, despoletados direta ou indiretamente pela atuação antrópica, dos quais destacamos:

- elevação do nível médio do mar;
- diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral;
- degradação antrópica das estruturas naturais;

- obras pesadas de engenharia costeira.

A faixa litoral tem um comportamento variável no tempo e no espaço desde a macro à microescala. Partindo de diversos vestígios arqueológicos e geológicos encontrados ao longo da costa noroeste de Portugal Continental, é possível observar períodos em que a linha de costa migrou no sentido do mar, interrompida por períodos em que migrou no sentido do continente (DIAS *et al.*, 1994), tal como aconteceu na época Romana e na Idade Média. Estes períodos têm sido associados a oscilações climáticas, embora com reservas, uma vez que os estudos neste âmbito são muito escassos em Portugal.

A construção de aproveitamentos hidroelétricos e hidroagrícolas têm contribuído para uma redução acentuada da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral, em especial a partir da década de 50. Na bacia hidrográfica do rio Douro, a maior da região Norte de Portugal, foram construídas desde 1930 até à atualidade, 53 barragens em Portugal e 97 na Espanha (PEDROSA *et al.*, 2007). Porém, outras bacias hidrográficas, de menores dimensões, também apresentam vários exemplos deste tipo de intervenção, que ao impedirem a livre circulação de sedimentos fluviais, serão responsáveis pela retenção de mais de 80% do volume total de areias em circulação que deixaram de alimentar as praias (DIAS *et al.*, 1994).

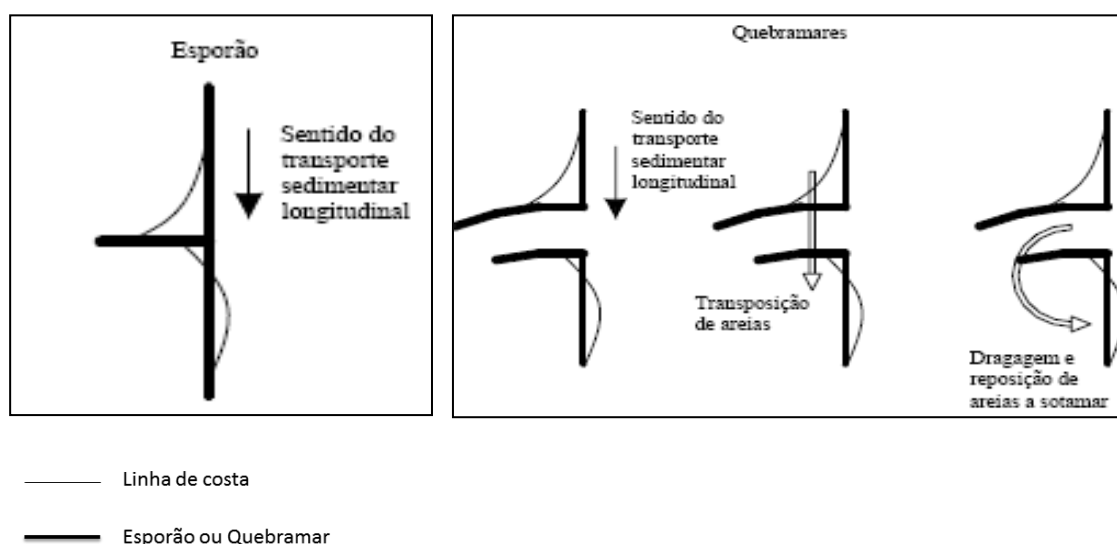
Todavia, a intervenção antrópica pode ser ainda mais intensa no litoral através da destruição das estruturas naturais de defesa costeira, em especial o cordão dunar frontal e as dunas. O turismo balnear, o avanço da urbanização e a construção de áreas industriais são as principais atividades que têm como consequência a criação de corredores eólicos, a alteração dos planos de escoamento superficial e a exploração intensa de sedimentos deixando áreas depressionárias de fácil inundação. Deste modo, a ação das ondas e das marés terá consequências ainda mais graves e por vezes irreversíveis, sobretudo quando a capacidade de autorrecuperação dos perfis de praia e das dunas após as tempestades se torna impossível. Devido à destruição destas estruturas naturais, a vulnerabilidade da ocupação humana a galgamentos oceânicos passa a ser muito maior, tendo como consequência a construção de estruturas pesadas de engenharia para proteção. As principais estruturas encontradas ao longo da costa noroeste de Portugal Continental são os quebra-mares, os esporões e as estruturas longilitorais. Contudo, este tipo de intervenção provoca um desequilíbrio na circulação natural dos sedimentos ao longo do litoral, tendo como principal consequência a acumulação sedimentar ao norte das estruturas e o agravamento da erosão ao sul (Figura 2).

Apesar da sua eficácia a curto e médio prazo na estabilização da linha de costa, estas estruturas revelam-se frágeis com o tempo, exigindo investimentos e intervenções de

recuperação e reposição da segurança que vão sendo progressivamente cada vez mais elevados.

Grande parte da costa noroeste de Portugal Continental compreende várias áreas com erosão acentuada, facto que tem vindo a contribuir para um agravamento da vulnerabilidade do território. Esta situação torna-se ainda mais problemática quando se verifica que a crescente ocupação e exploração das zonas costeiras, nas últimas décadas, têm-se desenvolvido numa base de nem sempre obedecer a princípios de sustentabilidade ambiental e económica. As zonas costeiras são áreas bastante sensíveis à ação antrópica, em especial a pressão urbanística, a implantação de infraestruturas relacionadas com o turismo e lazer e a desestruturação funcional das comunidades costeiras.

Figura 2: Esquema das consequências resultantes da construção de um esporão ou de quebra mares no comportamento da linha de costa.



Fonte: Adaptado de COELHO, 2005.

As áreas de maior vulnerabilidade do litoral norte de Portugal

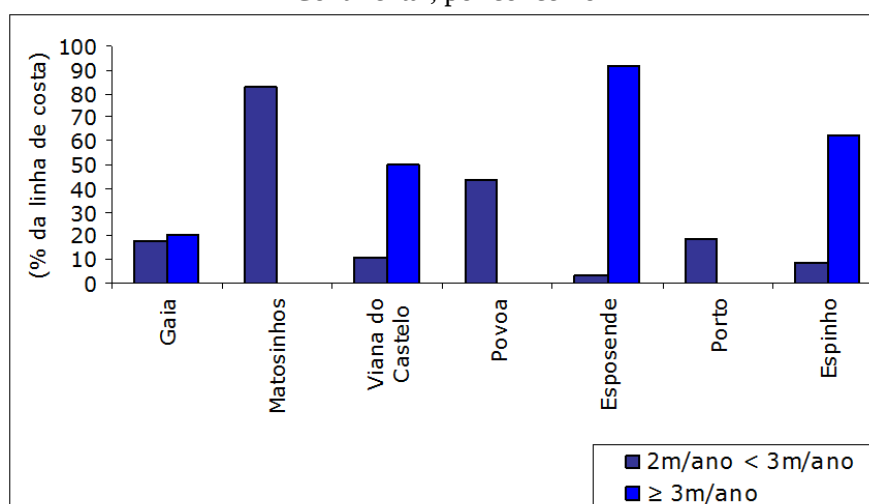
Trabalhos recentes (PEDROSA *et al.*, 2007; PEDROSA, FREITAS & GONÇALVES, 2007; PEREIRA & FREITAS, 2008; BASTO, 2010; PEDROSA, 2013) têm demonstrado que o crescimento urbano acelerado associado a um conjunto de intervenções na costa ao longo de vários anos, sem planeamento prévio e poucos estudos, colocaram a costa litoral noroeste de Portugal Continental numa situação de grande fragilidade. Resultou daí a destruição dos sistemas naturais de proteção, a vegetação autóctone, a poluição das praias, dos rios, das ribeiras e dos lençóis de água, bem como da descaracterização e degradação progressivas da

paisagem costeira. Ao longo de décadas, áreas costeiras que se encontravam numa situação de equilíbrio natural aceitável, sem representar risco para o homem e para o património natural, progrediram para um estado de completa alteração e desequilíbrio promovido pelas intervenções antrópicas, em especial do tipo “*pesada*” como os esporões, quebra mares, paredões e enrocamentos.

A vulnerabilidade do litoral resulta principalmente do efeito conjunto das intervenções antrópicas, dos episódios mais energéticos do mar e das características físicas da própria costa.

Pedrosa *et al.* (2007) constataram que ao longo do litoral noroeste de Portugal domina a costa baixa, em cerca de 87,4 km, essencialmente arenosa, associada a sistemas dunares de relativa importância. Desta, 64,7 km encontram-se em recuo acentuado com taxas compreendidas entre 2m/ano e 3m/ano e superior a 3m/ano (Figura 3).

Figura 3: Distribuição das taxas de erosão acentuadas da linha de costa no noroeste de Portugal Continental, por concelho



Elaboração: PEDROSA *et al.*, 2007

São vários os sectores críticos ao longo da costa noroeste de Portugal, salientando-se o sector ao sul do porto de Viana do Castelo, as praias de S. Bartolomeu do Mar, de Cepães e de Ofir, as frentes urbanas de Valadares, Miramar, Granja, Espinho, Silvalde e Paramos. Acresce ainda o facto de que em cerca de 32 km da costa litoral dominam praias com amplitude inferior a 45m e em 17km as praias com largura inferior a 25m. Simultaneamente constata-se a presença de habitações e infraestruturas a uma distância inferior a 500 m da atual posição da linha de costa. Decorrente desta situação, a costa noroeste de Portugal apresenta-se bastante intervencionada pela presença de enrocamentos, quebra mares e esporões.

O aumento da erosão e o agravamento da vulnerabilidade em muitas áreas da costa litoral têm exigido intervenções seja dos tipos “*hard*” ou “*soft*”. De facto, em alguns sectores costeiros verifica-se a construção de estruturas de engenharia pesada costeira, noutros o recurso da geotêxteis, ripagens de areia e realimentação artificial e ainda noutros sectores, a opção por deixar a natureza seguir o seu curso. Muitas destas intervenções exigem custos elevados que provêm do erário público, isto é, de orçamentos nacionais ou municipais e muito raramente dos proprietários dos bens em risco ou dos responsáveis diretos da erosão. O projeto EUROSION (2006) refere o valor de 3.200 milhões de euros de investimento em manutenção, reparação e reposição de infraestruturas na Europa em 2001. Em Portugal é difícil conhecer o valor deste tipo de investimento. No início deste século, no POOC Caminha-Espinho coloca-se já a hipótese de relocar habitações e infraestruturas em muitas áreas da costa noroeste de Portugal, a saber: Pedrinhas, Couve e Cedovém em Apúlia - Esposende, S. Bartolomeu do Mar em Mar - Esposende, campo de golfe da Estela - Póvoa do Varzim e Paramos - Espinho. Até agora nenhuma aconteceu, sendo as grandes indenizações que o estado terá de pagar aos moradores, a principal causa da não deslocalização das populações.

A vulnerabilidade do litoral: o caso do município de Espinho

A evolução do litoral de Espinho (inclui as freguesias de Espinho, Paramos e Silvade) é um bom exemplo de estudo, uma vez que a problemática da erosão costeira e recuo da linha de costa está bastante documentada na imprensa local, bem como o tipo de soluções que foram adoptadas na tentativa de estabilizar a linha de costa e minorar as perdas de superfície (Foto 2).

A evolução da faixa costeira de Espinho adquire um maior interesse de estudo desde finais do século XIX e início do século XX. Dos finais do século XIX até à década de 80 do séc. XX, segundo Pedrosa e Freitas (2008a, 2008b), foram verificados recuos significativos na ordem dos 7m/ano (entre 1933 e 1970) e os 2m/ano (1998/2003), sendo a década de 70 o período em que se observou um recuo da linha de costa mais acentuado. Entre 1933 e 1970, a erosão crescente verificada na linha de costa da cidade de Espinho resultou na destruição completa, na década de 40, de parte de um quarteirão que se localizava entre a atual Rua 2 e a antiga Rua 1, que já tinha desaparecido em finais do século XIX (Foto 3).

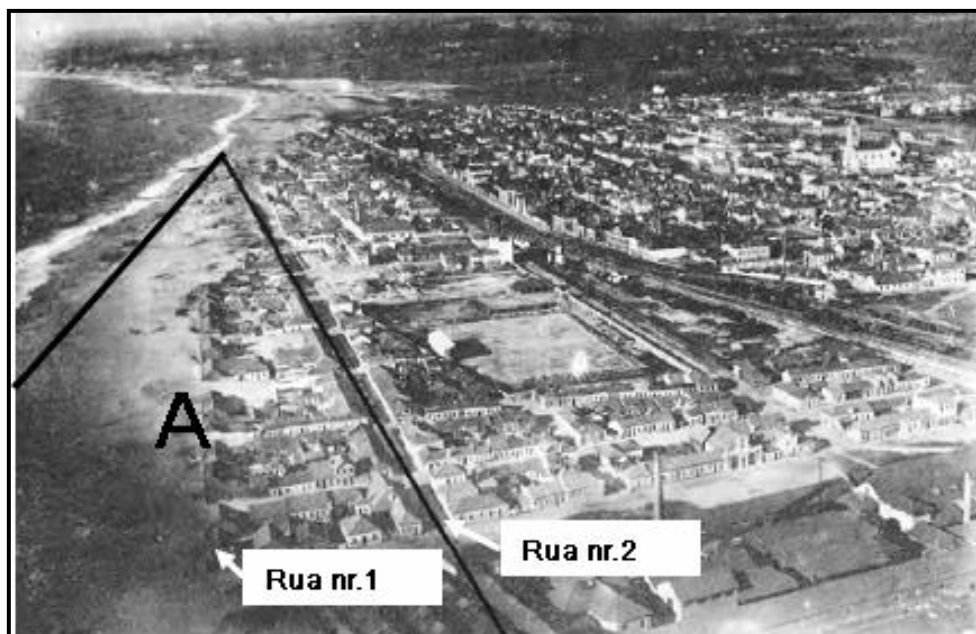
Entre 1970 e 1998, a percentagem de costa em recuo foi de 58,6%, sendo que em 49% desta, a taxa de recuo foi superior a 3m/ano (Figura 4).

Foto 2: O recuo da linha de costa na frente da cidade de Espinho levou ao desaparecimento de todo o património edificado, cultural e religioso, do núcleo primitivo da cidade.



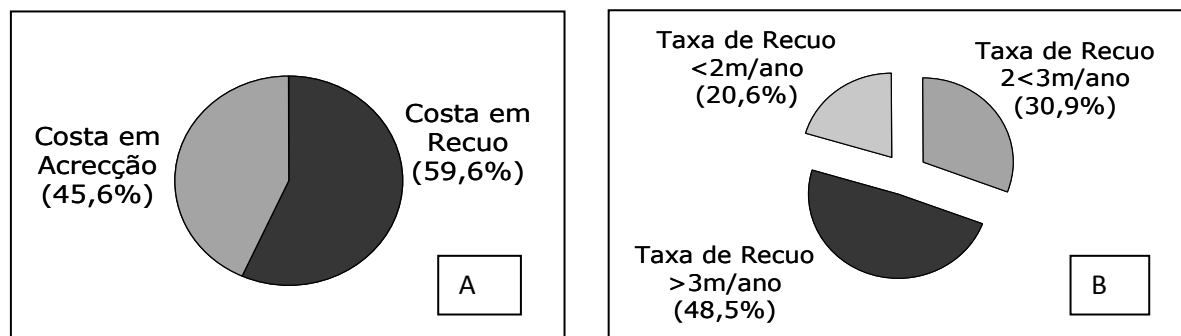
Fonte: BASTO, 2010

Foto 3: Quarteirão da cidade de Espinho (A) que desapareceu na década de 40



Fonte: BASTO, 2010.

Figura 4: A) Tendência evolutiva da costa em Espinho no período entre 1970-1998; B) Comportamento das taxas de recuo no litoral de Espinho, entre 1970-1998.



Elaboração: PEDROSA *et al.*, 2007.

Os recuos mais acentuados (4,8m/ano) afetaram as frentes marítimas de Paramos e de Silvalde, enquanto que na cidade de Espinho se registaram pequenos ganhos nas praias entre os esporões. É neste período de análise que se observam as primeiras taxas de recuo da linha de costa acentuadas junto de Silvalde e de Paramos, em especial após a construção dos esporões na década de 70 e 80, que contribuíram em parte para acentuar fenómeno erosivo (Quadro 1).

Quadro 1: Quadro-síntese da evolução do comportamento da linha de costa em Espinho, bem como das intervenções e do número de episódios de “invasão do mar”.

Sector		Frete da cidade de Espinho	Silvalde/Paramos
Período de 1900-1933	Taxa Média (m/ano)	1,8	s.d.
	Nº. de episódios de “invasões do mar”	22	s.d.
	Nº. de intervenções costeiras de protecção	5	s.d.
Período de 1933-1970	Taxa Média (m/ano)	- 6,8	s.d.
	Nº. de episódios de “invasões do mar”	14	s.d.
	Nº. de intervenções costeiras de protecção	12	s.d.
Período de 1970-1993	Taxa Média (m/ano)	1,5	- 2,8
	Nº. de episódios de “invasões do mar”	10	3
	Nº. de intervenções costeiras de protecção	4	3
Período de 1993-1998	Taxa Média (m/ano)	9,16	0,80
	Nº. de episódios de “invasões do mar”	2	1
	Nº. de intervenções costeiras de protecção	4	3
Período de 1998-2003	Taxa Média (m/ano)	-3,5	-1,2
	Nº. de episódios de “invasões do mar”	s.d.	s.d.
	Nº. de intervenções costeiras de protecção	s.d.	3

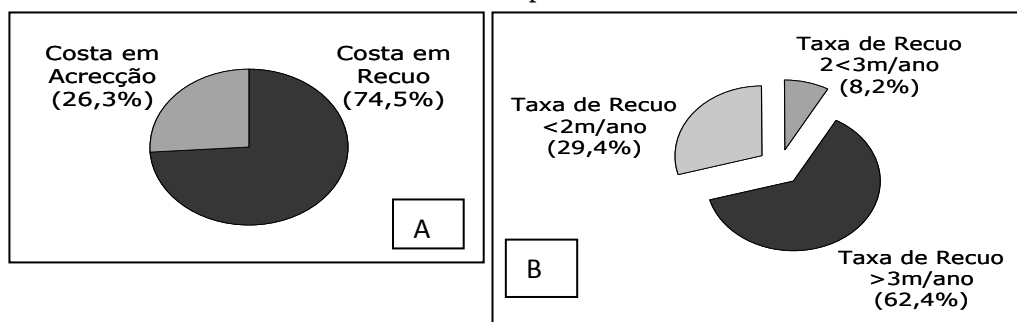
s.d. – sem dados.

Fonte: PEDROSA e FREITAS, 2008a.

Todavia, analisando os 5 anos seguintes (1998 e 2003) verifica-se que a percentagem de costa em recuo aumentou para 74,5% e, embora os sectores costeiros com taxas de recuo entre os 2m/ano e 3m/ano tenham diminuído, a incidência da taxa de recuo de mais de 3m/ano aumentou significativamente em mais de 60% da costa (Figura 5).

As áreas mais afetadas são as frentes marítimas de Silvalde, de Paramos e da cidade de Espinho, que revelou recuos de 7m/ano entre os dois esporões. Na recolha e compilação de informação, verificou-se que os sucessivos episódios de invasão do mar e de galgamentos, associados a temporais, ocorridos desde finais do século XIX até ao século passado parecem ter contribuído em grande parte para os recuos acentuados da linha de costa.

Figura. 5: A) Tendência evolutiva da costa em Espinho no período entre 1998-2003; B) Comportamento das taxas de recuo no litoral de Espinho, entre 1998-2003.



Elaboração: PEDROSA *et al.*, 2007.

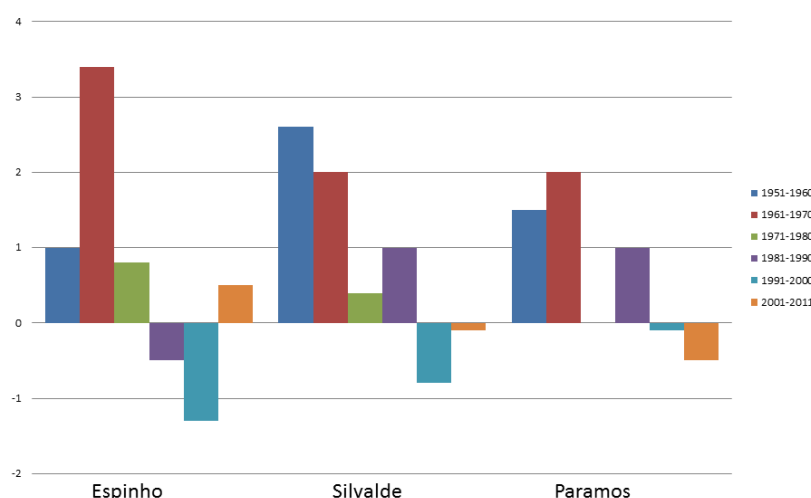
A construção destas estruturas pesadas de proteção costeira revelaram-se ineficazes a médio prazo e causadoras da amplificação e do agravamento do processo de recuo da costa, quer na cidade de Espinho, quer nas frentes marítimas mais a sul do concelho como Silvalde e Paramos (PEDROSA e FREITAS, 2008a, BASTO, 2010).

A crescente ocupação urbana que se verificou desde finais do século XIX e cuja expressão foi ainda mais intensa na década de 70, provocou também uma intensa destruição das estruturas naturais de defesa, como o cordão dunar frontal e o próprio campo dunar, que deixou de existir na cidade de Espinho. A ocupação humana de carácter permanente data da segunda metade do século XIX, com a presença de comunidades de pescadores e suas famílias oriundas da Afurada (Vila Nova de Gaia) e de Ovar. Estas comunidades associaram a atividade piscatória à “praia de banhos”, conceito que se desenvolveu nos finais do século XIX e que atribuía ao mar o sentido da cura, que em conjunto com o desenvolvimento do caminho de ferro levou ao aumento significativo da construção de edifícios. As novas construções próximas da linha de costa eram bastante diferentes dos palheiros dos pescadores.

Os palheiros eram construídos em madeira e podiam ser deslocados sempre que o mar ameaçava avançar, ao contrário das habitações em pedra que ficaram progressivamente expostas à ação do mar durante a ocorrência de temporais.

Em 2001, 18,6% dos edifícios das freguesias de Espinho localizavam-se até uma distância de 500m da costa e 3,6% até 100m. Até às distâncias referidas encontram-se mais de metade dos edifícios da freguesia de Espinho (51,4%), enquanto que em Silvalde e em Paramos situam-se nos valores de 10%. Segundo dados do Instituto Nacional de Estatística, a edificação junto à linha de costa na cidade de Espinho não apresenta alterações significativas desde 1960 (Figura 6), enquanto que em Silvalde e Paramos se verifica um ritmo de crescimento anual do edificado bastante elevado entre 1970-1981. Porém esta tendência é interrompida no período de 1991-2001, e se mantém nas freguesias de Silvalde e Paramos, sendo contrariada na de Espinho.

Figura 6: Ritmo de crescimento anual do edificado por freguesia no concelho de Espinho.



Elaboração: PEDROSA, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intensa e quase completa destruição de dunas associada a certa forma de vivência com o mar, explica o grau crescente de exposição ao risco de erosão que os bens patrimoniais e construídos revelaram nas últimas décadas. Para além do tipo de intervenção antrópica que se efetua de forma direta, importa ainda referir as intervenções indiretas, cujos impactos são raramente monitorizados, embora reconhecidos pela comunidade científica. Destaque-se a

redução do abastecimento sedimentar de que podemos referir os fatores mais importantes como a construção de barragens e as dragagens. Segundo Dias *et al.* (1994), pode-se estabelecer uma correlação positiva entre a construção de numerosas barragens e o recuo da linha de costa, uma vez que as descargas naturais de sedimentos para a deriva litoral são inibidas. Analisando o número de barragens construídas na bacia do Douro, verifica-se que este aumentou significativamente após a década de 50 quer em Portugal quer na Espanha, facto que contribuiu para a redução da sua capacidade natural de transporte de cerca de 1.8×10^6 m³/ano de sedimentos para os atuais 0.8×10^6 m³/ano (DIAS *et al.*, 1994). Assim, o objetivo de capturar maior quantidade de sedimentos com a presença de esporões, para permitir a recuperação da amplitude da praia e prevenir o recuo da linha de costa, não foi de modo algum alcançado, uma vez que a própria disponibilidade sedimentar é bastante menor.

O caso das dragagens, apesar da escassez de dados e de monitorização como já referido, constitui igualmente um fenómeno de relevância na redução da carga sedimentar dos rios, em especial a partir de 1990. No caso do rio Douro, esta atividade é responsável pela remoção anual de cerca de 1.5×10^6 m³/ano (BAPTISTA, 2006).

A aplicação do índice de susceptibilidade (PEDROSA *et al.*, 2007) veio demonstrar que os sectores costeiros localizados na frente marítima da cidade de Espinho e do Bairro de Pescadores de Silvalde poderão registar perdas iguais à amplitude de praia de 2003 em menos de 2,5 anos. No caso de Paramos, as perdas poderão ocorrer em 5 anos, facto que tem sido atenuado através de intervenções de reforço dos enrocamentos. O cruzamento das diversas informações compiladas (Quadro 2) com o auxílio da ferramenta SIG, permitiu a produção do Mapa de Vulnerabilidade do Território ao Risco de Erosão Costeira (Figura 7), baseado na seguinte fórmula (VALPEDRA *et al.*, s/d):

$$SI_{se} = \frac{V_{se}}{V_{min} \times V_{max}}$$

V_{se} – valores das variáveis socioeconômicas

V_{min} – Valor mínimo de vulnerabilidade (ex. 6)

V_{max} – Valor máximo de vulnerabilidade (ex. 30).

Após a normalização de cada subíndice realiza-se o cálculo da vulnerabilidade:

$$SI_{total} = \frac{SI_{cn} + SI_{cp}}{3}$$

SI_{cn} – Sub índice: Características Naturais

SI_{cp} – Sub índice: Condições de Protecção da Costa

SIse - Sub índice: características socioeconômicas

Quadro 2: Parâmetros de análise da vulnerabilidade e nível de vulnerabilidade atribuído

Parâmetros/Ponderação		Nível de Vulnerabilidade	
Características Naturais	Topografia (Altitude m)/ (10%)	> 30 ≤ 30 > 20 ≤ 20 > 10 ≤ 10 > 5 ≤ 5	1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Médio 4 Elevado 5 Muito Elevado
	Distância do Património Classificado à Linha de Costa (m) / (10%)	> 1000 ≤ 1000 > 200 ≤ 200 > 50 ≤ 50 > 20 ≤ 20	1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Médio 4 Elevado 5 Muito Elevado
	Amplitude Maré (m)/ (5%)	< 1,0 ≥ 1,0 < 2,0 ≥ 2,0 ≤ 4,0 ≥ 4,0 ≤ 6,0 > 6,0	1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Médio 4 Elevado 5 Muito Elevado
	Geomorfologia / (5%)	Arribas Rochosas Arribas Rochosas Erodíveis e Praias Protegidas Praias Expostas e Planícies > 100m Praias Expostas < 100m Dunas, restingas, Estuários, Aluviões e Lagoas	1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Médio 4 Elevado 5 Muito Elevado
	Ocupação do Solo / (5%)	Floresta Vegetação Rasteira e Solo Cultivado Solo Remexido mas sem Uso Área Rural Área Urbana e Industrial	1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Médio 4 Elevado 5 Muito Elevado
	Taxas de Recuo/ Acreção (m/ano) / (15%)	> 0 ou acreção ≤ 0 > -1 ≤ -1 > -3 ≤ -3 > -5 ≤ -5 erosão	1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Médio 4 Elevado 5 Muito Elevado
Características Socio-Económicas	Densidade Populacional / (10%)	Áreas sem População < 10hab/km ² 10hab/km ² < 50hab/km ² 50hab/km ² < 100hab/km ² ≥ 100hab/km ²	1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Médio 4 Elevado 5 Muito Elevado
	Valor Económico do Solo / (10%)	Áreas Húmidas e Corpos de Água Floresta Área Agrícola Área Rural Área Urbana, Industrial e Turística	1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Médio 4 Elevado 5 Muito Elevado
	Património Classificado / (15%)	Sem PIC ¹ ou Ecossistemas a Preservar INC ² e sem Espécies Ameaçadas Alguns IH ³ e Espécies Características Ameaçadas IT ⁴ e Espécies Características Ameaçadas IHC ⁵ e Ecossistemas Classificados Ameaçados	1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Médio 4 Elevado 5 Muito Elevado
	Condições de Protecção da Linha de Costa / (10%)	Estruturas Portuárias Enrocamentos Esporões e Quebramares Sem protecção	2 Baixo 3 Médio 4 Elevado 5 Muito Elevado

Fonte: PEDROSA *et al.*, 2007

A análise deste mapa indica que 67% (5 km) da linha de costa de Espinho possui um nível de vulnerabilidade superior a 50%, enquanto que 16% (1,3 km) apresenta um nível de vulnerabilidade superior a 60%. Estes níveis elevados de vulnerabilidade devem-se à

conjugação de uma vulnerabilidade socioeconômica alta, em resultado do tipo de ocupação de solo e da densidade populacional, com uma susceptibilidade natural igualmente alta, pela presença de praias muito estreitas enquadradas por um sistema de esporões e enrocamentos (BASTO, 2010). Pode considerar-se que a atual situação da costa de Espinho é bastante frágil, o que exigirá, a curto e médio prazo, mais intervenções de reforço das estruturas de proteção existentes. Contudo, questiona-se até quando esta solução continuará a ser viável, quer a nível ambiental quer a nível socioeconómico.

Finalmente poderá afirmar-se que o grau de vulnerabilidade à erosão resulta principalmente do efeito conjunto das intervenções antrópicas (enrocamentos e esporões), da erosão generalizada da linha de costa e das suas características morfológicas. Este trabalho veio confirmar um nível muito crítico da susceptibilidade e de vulnerabilidade à erosão costeira do litoral NW de Portugal Continental (PEDROSA *et al.*, 2007; PEDROSA, FREITAS, 2008b), e o caso de Espinho que aqui apresentamos é exemplo claro dessa situação.

Figura. 7: Mapa de Vulnerabilidade do concelho de Espinho ao Risco de Erosão Costeira



REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Maria A. A Evolução do Litoral em Tempos Históricos: a Contribuição da Geografia Física. In: **O Litoral em perspectiva Histórica (séc. XVI-XVIII)**, FLUP, Porto, 2000, p.1-15.
- ARAÚJO, Maria A. Linhas Gerais de uma Nova Metodologia do estudo do Litoral, **Revista da faculdade de Letras – Geografia**, Porto, 1ª série, vol. 1, p. 75-85, 1985.
- ARAÚJO, Maria A. Relative Sea Level, Diastrophism and Coastal Erosion: the Case of Espinho (Portuguese NW Coast), **Actas do 6º Simpósio Internacional – Littoral 2002. The Changing Coast. EUROCOAST/EUCC**, Porto, Portugal, vol. 3, 2002, 125-132.
- BAPTISTA, Paulo R.E.B. **O Sistema de Posicionamento Global Aplicado ao Estudo de Litorais Arenosos**, Dissertação de Doutoramento apresentado à Universidade de Aveiro, 2006, 278 p.
- BARBOSA, J. et. al. **Indicators of A Gis-Based Aerial Images Analysis of the Portuguese Northwest Coastal Dynamics**, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003, 7 p.
- BASTO, C. M. F. **Vulnerabilidade e risco face à erosão costeira entre Aguda-Paramos: duas metodologias de análise**, Dissertação de Mestrado em Geografia Física, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2010, 250p.
- CARDOSO, A. A. **Padrões de Ocupação do Solo em Áreas de Risco natural: o caso do litoral Poveiro**, dissertação de mestrado em Gestão de Riscos Naturais. Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto, 2005, 192p.,
- CARVALHO, G. S. (1995) - A História Geológica da Zona Costeira de Espinho nos Últimos 30 000 anos. In **Actas do 1º Encontro de história Local de Espinho**, Câmara de Espinho, 1995, p. 155-168.
- CARVALHO, G. S. et al. Late Pleistocene and Holocene environmental changes in the coastal zone of northwestern Portugal, **Journal of Quaternary Science**, 21 (8), 2006, p. 859-877.
- CARVALHO, J. J. R., BARCELÓ, J. P. **Agitação Marítima na Costa Oeste de Portugal Metropolitano - Contribuição Para o Seu Estudo**, Memória n.º 290, Ministério das Obras Públicas, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1966, 34 p.
- COELHO, C. **Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira**, Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro, 2005, 404 p.
- COSTA, M.; SILVA, R.; VITORINO, J. Contribuição para o Estudo do Clima de Agitação Marítima na Costa Portuguesa, **2as. Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Associação Internacional de Navegação – Sines**, 2001, 20 p.
- DIAS, J.A. A Evolução Actual do Litoral Português, **Geonovas**, Lisboa, 11, 1990, p. 15-28.
- DIAS, J.A. e TABORDA, R. Evolução Recente do Nível Médio do Mar em Portugal, **Anais do Instituto Hidrográfico**, 9, 1988, p. 83- 97.
- DIAS, J.A.; BERNARDO, P.; BASTOS, R. The Occupation of the Portuguese Littoral in 19th and 20th Centuries, **Littoral 2002**, Porto-Portugal, vol. 3, 2002, p. 22-26.
- DIAS, J.A.; RODRIGUES, A. e MAGALHÃES, F. Evolução da Linha de Costa, em Portugal, desde o Último Máximo Glaciário até à Actualidade: Síntese dos Conhecimentos, **Estudos do Quaternário, APEQ**, Lisboa, I, 1997, p. 53-99.

DIAS, J.A.M.; FERREIRA, Ó.; PEREIRA, A. R. **Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré**. Edição electrónica (2005): <http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks.>, 1994.

EUROSION. **Viver com a Erosão Costeira na Europa – Sedimentos e Espaço para a Sustentabilidade**, Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, 2006, 40p.

FERREIRA, Ó. **Caracterização dos Principais Factores Condicionantes do Balanço Sedimentar e da Evolução da Linha de Costa entre Aveiro e o Cabo Mondego**, Tese de Mestrado Univ. Lisboa, Lisboa, 168p., 1993.

GRANJA, H.M. Evidence for late Pleistocene and Holocene Sea-level, Neotectonic and Climate Control en the Coastal Zone of Northwest Portugal, **Geologie en Mijnbouw**, Kluwer Academic Publishers-Netherlands, 77, 1999, p. 233-245.

LNEC. **Instalação de uma Monobóia para Descarga de Petróleo Bruto para a Refinaria do Porto, Caracterização das Condições Naturais – Relatório Final**. Relatório 172/96 – NPP, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 1996.

NORONHA, F. Enquadramento Geológico da Região do Porto, In **XX Curso de Actualização de Professores de Geociências**, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto/Associação Portuguesa de Geólogos, 2000, p.1-4.

OLIVEIRA, I. B. M. et. al. Littoral Problems in the Portuguese West Coast, **Coastal Engineering**, 3, 1982, p. 1950-1969.

PEDROSA, A. S. (Coord.). **LITTORISK, Heritage and Prevention of Natural Hazards: Coastal Diffuse Habitats**, Technical Report, Regional frame operation NoÉ – Heritage and Natural Hazards Prevention, Interreg III C Sud, Porto, 2007, 220 p.

PEDROSA, A. S. et al.. **Livro-guia da viagem de estudo ao litoral norte e serras do noroeste português**. FLUC, CEGOT, Coimbra, 2010, 85 p.

PEDROSA, A. S.; FREITAS, C. A vulnerabilidade do património classificado à erosão costeira no NW de Portugal: Contributo da geografia física, in edição especial da revista **Geografia. Ensino & Pesquisa** (Anais do V Seminário Latino – Americano e I Ibero-Americano de Geografia Física – “aproximando experiências para a sustentabilidade de um ambiente globalizado”), Eixo-3, 12 (1), ISSN 0103 – 1538, Santa Maria, RS – Brasil, 2008b, p. 3468-3483.

PEDROSA, A. S.; FREITAS, C. The human impact n the Espinho-Paramos coast in the 20th Century, in **Journal of Iberian Geology**, 34 (2), ISSN: 1698-6180, 2008a, p. 253-270.

PEDROSA, A. S.; FREITAS, C.; GONCALVES, J. GIS Based-Analysis and Future Trends of Human Impact on Coastal Evolution: the Case Studies of Esposende and Espinho (Portugal). In: **8th International Symposium on GIS and Computer Mapping for Coastal Zone Management**. Santander CoastGIS, 2007, <http://www.coastgis07.com/descargas/programacoastgis.pdf>.

PEDROSA. A. S. Risco de erosão no litoral Norte de Portugal: uma questão de ordenamento do território. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, 25 (1): 133-146, jan/abr/, 2013, p.133-145

PEREIRA, A. S.; FREITAS, C. A Paisagem Litoral Portuguesa: Requalificação Ambiental ou Antropização Crescente?, comunicação apresentada in **P E C S R L - The Permanent European “Conference for the Study of the Rural Landscape - 23rd Session “Landscapes, Identities and Development”** Lisboa, Óbidos. 2008.

RODRIGUES, A., MAGALHÃES, F. e DIAS, J. A. (1991) - Evolution of the North Portuguese Coast in

RODRIGUES, A.; DIAS, J.M.A. Evolução pós-glaciária da Plataforma Continental a Norte do Cabo Mondego. **Anais do Instituto Hidrográfico**, Lisboa, 10, 1989, p. 39-50.

the last 18 000 years. London, **Quaternary International**, 9, 1991, p. 67-74.

VALPREDA, E. *et al.*. **Monitoring Coastal Erosion Natural Resilience by Indexing Coastal Dunes State**. ENEA-PROT PREV-Bologna, (s/d) 7 p.

Recebido em 07 de junho de 2013

Aprovado em 01 de julho de 2014