

2º Congresso Ibero - Americano de Responsabilidade Social

25, 26 e 27 de Outubro de 2012

ISEG, Lisboa - Portugal

**COMUNIDADES URBANAS NA ORLA COSTEIRA: A METODOLOGIA MULTICRITÉRIO AHP
(ANALYTIC HIERARCHY PROCESS) PARA A CONSTRUÇÃO DE UM ÍNDICE DE
VULNERABILIDADE SOCIAL FACE À AÇÃO MARÍTIMA**

João Lutas Craveiro

Óscar Antunes

Paula Freire

Filipa Oliveira

Isabel Duarte de Almeida

Francisco Sancho

**COMUNIDADES URBANAS NA ORLA COSTEIRA:
A METODOLOGIA MULTICRITÉRIO AHP (ANALYTIC HIERARCHY
PROCESS) PARA A CONSTRUÇÃO DE UM ÍNDICE DE VULNERABILIDADE
SOCIAL FACE À AÇÃO MARÍTIMA**

João Lutas Craveiro

Doutor em Sociologia, Investigador do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC),
jcraveiro@lneec.pt

Óscar Antunes

Licenciado em Geografia, Bolseiro-FCT no LNEC, oscarduarteantunes@gmail.com

Paula Freire

Doutorada em Geologia, Investigadora do LNEC, pfreire@lneec.pt

Filipa Oliveira

Doutorada em Engenharia Costeira, Investigadora do LNEC, foliveira@lneec.pt

Isabel Duarte de Almeida

Doutorada em Biologia, Docente na Universidade Lusíada, Isabel.s.duarte@gmail.com

Francisco Sancho

Doutorado em Engenharia Civil, Investigador do LNEC, fsancho@lneec.pt

Resumo:

O presente artigo resume uma aplicação da metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process) como metodologia multicritério para a seriação e ponderação de diversa informação recolhida, tendo em vista a construção de um índice de vulnerabilidade social face à erosão costeira e galgamento oceânico. A metodologia AHP, desenvolvida na década de 70 do século passado por Thomas Saaty para a tomada de decisão sobre opções estratégicas empresariais e económicas, tem sido especialmente adaptada para os mais diversos fins, como para a ponderação de fatores de risco ambiental e a hierarquização de elementos de vulnerabilidade social e suscetibilidade territorial. O presente artigo recorre a uma adaptação da metodologia e discute o desenvolvimento de estudos a desenvolver com base nos seus resultados.

Palavras-Chave: Gestão do Risco, Erosão e Inundação Costeiras, Ética ambiental

**1. A ANALYTIC HIERARCHY PROCESS COMO UMA METODOLOGIA
MULTICRITÉRIO: INTRODUÇÃO AOS SEUS PROCEDIMENTOS E
ÂMBITO DE APLICAÇÃO**

A metodologia designada como AHP (Analytic Hierarchy Process) foi inicialmente desenvolvida para a seleção e confronto entre opções estratégicas no domínio das empresas ou da economia. Proposta por Thomas Saaty, na década de 70 do século passado (Saaty, 1980), tendo por base desenvolvimentos no campo das ciências cognitivas (Blumenthal, 1977), a metodologia parte do princípio de que os processos de hierarquização de informação e a tomada de decisão não podem dispensar, em alguma medida, premissas subjectivas de análise. Neste sentido, e considerando ainda que a hierarquização de informação e a tomada de decisão devem

demonstrar um elevado grau de consistência interna, evitando as naturais contradições e inconsistências que podem derivar de juízos subjetivos, a metodologia testou e desenvolveu grelhas de avaliação dos próprios resultados obtidos com a sua aplicação (Saaty, 2009). A metodologia AHP constitui, assim, uma metodologia multicritério por excelência, para a priorização de informação e de indicadores, sob o refinamento estatístico de testes de consistência face à obtenção de resultados.

A metodologia AHP envolve, deste modo, a comparação sucessiva e emparelhada da informação disponível, confrontando as dimensões de análise (grupos de indicadores) entre si e os próprios indicadores no interior de cada dimensão de análise. Assim, a metodologia representa uma aplicação estatística desenvolvida para a análise multicritério, consagrando uma técnica estruturada para a tomada de decisão em ambientes complexos, e a seleção ou priorização das alternativas em jogo ou dos fatores críticos face a um problema (Vargas, 2010).

Embora a metodologia tenha sido desenvolvida inicialmente, como referido, tendo em vista a priorização de opções estratégicas num quadro empresarial é cada vez mais recorrente a sua adaptação para outros fins, nomeadamente para a ponderação de fatores de risco e consequente hierarquização da informação relativa a ambientes de incerteza (Schmoltdt et al., 2001). É o caso da presente aplicação, que visa construir um índice de vulnerabilidade social face à ação do mar envolvendo, com esse propósito, os riscos de erosão costeira e de galgamento oceânico. Não é propósito deste breve texto explorar, com grande detalhe, os passos metodológicos da metodologia, mas tão só apresentar sumariamente a produção de resultados, na relação com as comunidades urbanas abrangidas em zonas costeiras continentais portuguesas.

Refira-se que a aplicação direta da metodologia AHP permite a hierarquização da informação tida como relevante (indicadores e grupos de indicadores ou dimensões de análise), mas a metodologia original requer ser adaptada para que possa ser considerada como um índice de vulnerabilidade (pois torna-se necessário fazer variar o índice numa escala entre o valor unitário e o valor nulo). Deste modo, dado que originalmente o somatório das ponderações obtido pela AHP é sempre igual à unidade, no *novo* produto das ponderações pelos indicadores recolhidos deve optar-se por fazer variar estes últimos na mesma ordem de grandeza (entre 0 e 1), para que a soma dos respetivos produtos varie no mesmo intervalo.

Contudo, não se pretende explanar aqui os produtos numéricos da demonstração do índice construído (uma vez que estes valores iriam variar segundo os casos de estudo e as zonas da sua aplicação), mas expor a hierarquização e organização da informação relevante, por dimensões de análise e indicadores, numa exploração mais próxima da metodologia original da AHP. Neste âmbito, destaca-se a metodologia AHP enquanto metodologia inovadora face a procedimentos convencionais para a organização de informação e perante juízos periciais para a hierarquização de dimensões de análise e de indicadores (Craveiro et al., 2012). A inovação não reside apenas no desenvolvimento de testes de consistência interna por sobre o juízo dos peritos, mas no confronto emparelhado das importâncias relativas das dimensões de análise e respetivos indicadores, reduzindo assim, por etapas sucessivas de comparação e ponderação, a influência da subjetividade na obtenção de resultados.

2. EROSÃO E GALGAMENTO OCEÂNICO: VULNERABILIDADES NAS ZONAS COSTEIRAS NACIONAIS E PRIORIZAÇÃO DE FATORES DE RISCO

Considere-se que, Portugal, com cerca de 950 Km de costa, grande parte dela formada por zonas de praia ou falésias de baixa altitude, apresenta-se como um caso de estudo sensível quanto ao problema da erosão e galgamento costeiro. Atendendo ainda que os municípios continentais portugueses, com frente marítima, concentram cerca de dois terços da população residente e são responsáveis pela produção de 85% da nossa riqueza, mais se justifica o investimento nos domínios de investigação na gestão do risco e na identificação de vulnerabilidades sociais. Neste, como em outros domínios, o custo das medidas reativas e adaptativas sairá muito mais oneroso para o país que o desenvolvimento de políticas preventivas e mitigadoras, sendo necessário discutir obras de proteção e respostas alternativas como o recuo das ocupações humanas e medidas restritivas dos usos do território. Contudo, para melhor se decidir há que avaliar situações e organizar a informação pertinente e tida como relevante para o problema em causa.

Face ao risco de erosão costeira e galgamento oceânico torna-se necessária a mobilização de dados referentes a dimensões de análise biofísicas e socio-territoriais, que se prendem afinal com a conjugação entre fatores ambientais e derivados da ação do mar com fatores territoriais de morfologia da costa, ocupação do solo e a própria exposição humana aos riscos considerados. Tendo-se selecionado, no domínio do projeto de investigação em curso sobre regulações e conflitos ambientais (1), dois casos de estudo principais devido ao seu historial de inundações com particular intensidade (destruição de edificado e inundações costeiras com faixas de terra afetada, entre 50 a 100 metros ou mais para o interior, variando a magnitude dos danos com a distância à linha da costa), houve que recolher e produzir informação sobre os casos selecionados (Espinho e Costa da Caparica) de modo a fazer incidir a análise nas vulnerabilidades sociais.

Assim, a informação de diversa ordem foi discriminada em função de dimensões de análise ou critérios (C), tendo-se considerado em reunião de equipa do projeto que os critérios (C) relevantes, com base em estudos anteriores e auscultação de consultores, deveriam abranger dados referentes a aspectos geomorfológicos (C1), à ação do mar e relação direta com estruturas de proteção existentes na linha da costa (C2), uma dimensão territorial mais associada aos usos do solo e à evolução urbana (C3) como, finalmente, dados sobre a população e a perceção do risco por parte de grupos sociais mais vulneráveis e dependentes da exploração do mar (C4). Os critérios, assim como os respetivos indicadores, forem analisados de forma emparelhada e segundo a metodologia AHP, com recurso a uma escala adaptada de hierarquização com variação entre os valores 1 e 9. Estes valores representam uma primeira aproximação à hierarquização dos critérios e indicadores, assumindo-se o valor 1 como valor neutro e o valor 9 como o valor máximo quanto à importância do critério ou indicador considerado, em sucessivas comparações emparelhadas com outros critérios ou indicadores. A atribuição de pesos ou ponderações a cada critério ou indicador tem por base o cálculo vetorial resultante da matriz original das sucessivas comparações efetuadas, por critério e por indicador. Igualmente, recorre-se à metodologia ensaiada para a discriminação de um índice de consistência, proposto por

Thomas Saaty (1980, op. cit.), de modo a verificar o grau de consistência das sucessivas ponderações emparelhadas (2).

Os resultados finais podem ser visualizados no Quadro 1 (quanto à ponderação dos indicadores) e no Gráfico 1 (quanto à ponderação dos critérios). Deste modo, uma equação ou índice de vulnerabilidade face à ação do mar, tendo em conta os critérios e indicadores selecionados, seria representado pelo somatório dos produtos entre a ponderação de cada indicador (a soma das ponderações é igual a 1) e o valor standardizado da variação da sua informação de base recolhida nos casos de estudo (a standardização desta informação de base faz com que as respetivas escalas tenham igualmente o valor 1 como o valor máximo (3), de modo que o valor máximo do índice não possa expressar um valor superior à unidade).

Indicadores por Critério	COD	% Total
C11 - Distância à linha de costa (a partir de buffers)	C11	6,65
C12 - Taxa de recuo de linha de costa	C12	18,49
C13 - Declive do terreno	C13	1,84
C21 - Energia da onda	C21	16,64
C22 - Nível da água relativo à cota de terreno	C22	31,86
C23 - Estruturas de Protecção	C23	6,62
C31 - Variação da ocupação do solo (não urbano para urbano) 1990 - 2007	C31	3,98
C32 - Densidade Líquida Edifícios (classe 1 do primeiro nível da COS'07 [Territórios Artificializados]) 2011	C32	1,18
C33 - Rácio de Alojamentos/Edifícios (por subsecção em cada área de estudo) 2011	C33	5,63
C34 - Transição de ã residencial /residencial 1990-2007	C34	0,68
C41 - Densidade Populacional Líquida (nº residentes/área classe 1.1 do segundo nível da COS'07 [Tecido Urbano]) 2011	C41	2,99
C42 - Rácio População Presente/População Residente (por subsecção em cada área de estudo) 2011	C42	1,03
C43 - Índice de Dependência Total (por subsecção em cada área de estudo) 2001	C43	1,89
C44 - Perceção social do risco (inquéritos locais, escala ponderada sobre risco e segurança, valor max=6)	C44	0,51

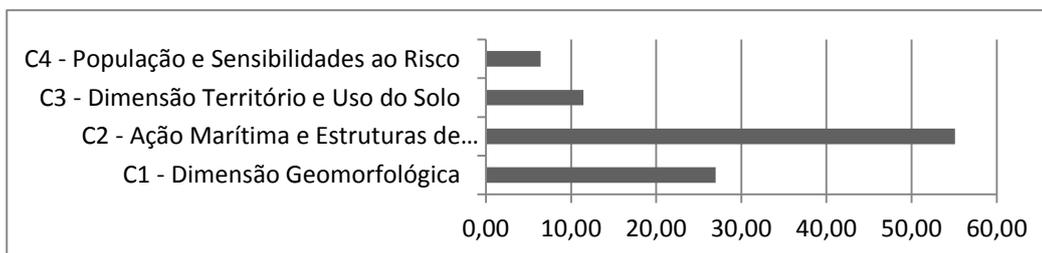
$\Sigma=100\%$

Quadro 1: Peso relativo de cada indicador e coeficientes para o índice de vulnerabilidade

Do exposto, pode concluir-se que a informação a privilegiar como mais relevante, face à ação do mar e à correspondente exposição humana ao risco de erosão e galgamento da linha da costa, diz essencialmente respeito a condições naturais como o desnivelamento entre o nível da água e a cota do terreno, a energia da onda ou o contexto de suscetibilidade da costa expressa na respetiva taxa de recuo. Evidentemente que outros fatores ou condições são também relevantes, para o apuramento de um índice de vulnerabilidade humana, como a distância em relação à linha da costa e a existência, ou ausência, de estruturas de proteção (sem contar, neste caso, com o tipo de proteção ou obra costeira).

Segue-se informação relativa à presença de pessoas e de edificações erguidas no território, assim como de características da própria população e perceção do risco. A fraca ponderação dos aspectos percepcionais foi explicada pelos peritos e equipa de investigação atendendo que a vulnerabilidade resulta essencialmente de condições materiais, sociais e ambientais uma vez que, na ocorrência real de um galgamento oceânico, a distribuição dos danos não tem em conta a prévia perceção das pessoas face à sua eventual segurança. Obviamente que uma perceção forte do risco deve implicar o desenvolvimento de comportamentos precaucionais, mas o âmbito destes comportamentos incide apenas indiretamente sobre as condições materiais e ambientais pré-existentes à opção (considerada nos casos de estudo) de residir em local de risco. Se

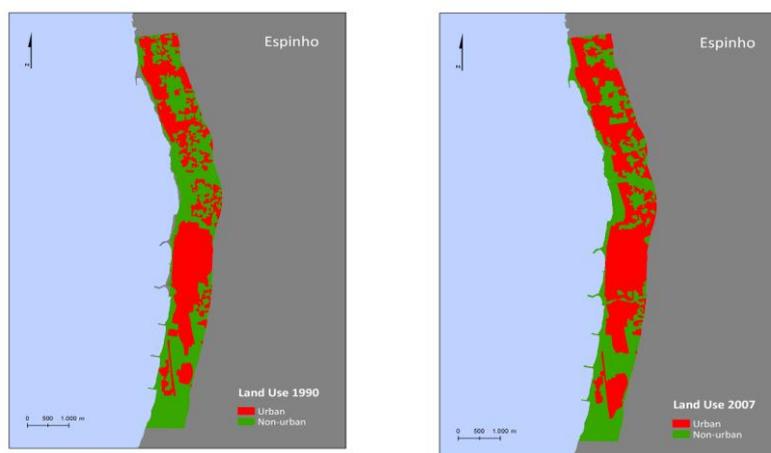
quisermos evidenciar a ponderação dos fatores essenciais ou critérios a ter em conta, dir-se-ia então que os aspectos afetos às características da ação do mar e estruturas de proteção como as condições associadas à ocupação do território ou uso do solo são os aspectos mais relevantes (Gráfico 1).



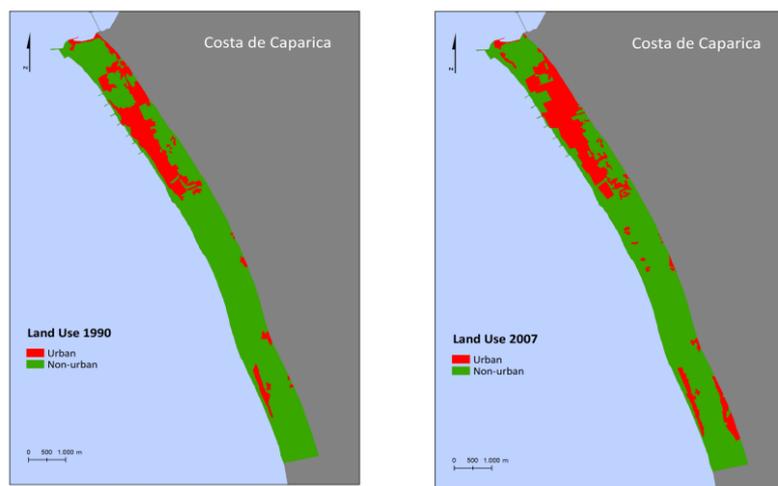
Taxa de Consistência (<10)=2.99

Gráfico 1: Peso relativo de cada critério (variação entre 0 e 1 transformada para escala percentual)

Naturalmente há que considerar que a prevalência de fatores naturais como a existência de infraestruturas de proteção junto à linha da costa não dispensa a observação *do que está* mais para *dentro de terra*. É, aliás, em função da presença de edificações e de pessoas que, verdadeiramente, se pode falar em risco e em exposição humana ao risco. Não se pode reduzir o fenómeno da erosão costeira e do galgamento oceânico a uma condição natural, ou induzida pelas alterações climáticas, a *força do avanço do mar*. O mapeamento das vulnerabilidades sociais, tal como foi realizado pela equipa de investigação e os autores deste texto, é deveras elucidativo a esse respeito. Muitas vezes considera-se que o *avanço do mar* ou a subida do nível médio das águas, e os riscos associados para as populações, são atributos que se remetem para o clima e as condições naturais. É certo que se pode concluir que a erosão costeira significa, como risco humano, que *o mar avança em direção às casas*. Contudo, há que considerar a componente social e territorial da exposição ao risco: é também certo que *as casas avançam em direção ao mar*, pois a alteração do uso do solo e a mobilização de espaço para a construção urbana contribuem para a vulnerabilidade social e acentuam os fatores de exposição ao risco (Craveiro et al., 2011; Pires et al, 2011). A título de exemplo, e para os casos de estudo referidos (Figuras seguintes), constate-se a densificação do edificado e a mudança de uso do solo tendo em conta o uso urbano.



Figuras 1: Mudança de uso do solo na área de estudo do projeto RENCOASTAL (Espinho)



Figuras 2: Mudança de uso do solo na área de estudo do projeto RENCOASTAL (Costa da Caparica)

Assim, e dado que os riscos considerados envolvem uma série de fatores biofísicos e de ordem social a opção por uma metodologia multicritério parece adequada, assim como a adaptação da metodologia adotada serve as especificidades da análise desenvolvida. Além disso, a metodologia adotada implica a realização de um teste de consistência, de modo a avaliar a congruência dos resultados produzidos. De algum modo, estes testes de validação de resultados são ainda uma novidade em Portugal, pois geralmente a construção de ponderações de critérios ou indicadores em jogo faz apenas recurso a consultas de peritos tomando a sua opinião como estritamente suficiente. O teste de consistência representa, assim, uma postura crítica face a procedimentos.

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo exposto ao longo do presente artigo julga-se que a adoção de uma metodologia multicritério corresponde a uma necessidade incontornável quando se encontram em jogo avaliações que envolvam o tratamento de informação de diversa ordem. Algo que também se pretende aqui realçar é que as infraestruturas de proteção como as intervenções desenvolvidas no território devem ser melhor exploradas, no sentido de se diferenciar o tipo de obras de engenharia e o carácter das intervenções desenvolvidas, nos âmbitos da mitigação ou da proteção face a eventuais danos.

O modelo aqui proposto acaba por privilegiar os aspectos geomorfológicos e biofísicos, mas isso deve-se não apenas à tipologia dos riscos considerados como às especificidades dos lugares e casos de estudo analisados. Contudo, como também os resultados o indiciam, a natureza do risco pode ser, de algum modo, percebida como um fator *externo* e extra-urbano, mas a caracterização da densidade do edificado e da presença humana constituem fatores essenciais em qualquer planeamento sobre medidas de mitigação, proteção ou socorro em caso de emergência. Como também referido, o problema da erosão costeira e do risco de galgamento oceânico encontram-se intimamente associados à ocupação e uso do solo como à presença humana. A caracterização do edificado como das formas de presença (e não presença) humana são etapas fundamentais a desenvolver em próximos estudos, salientando a vulnerabilidade humana como

o grau de perda ou a natureza dos danos sobre pessoas e bens expostos a um evento de determinada severidade. Conclui-se, assim, que a construção de um índice de vulnerabilidade ou a ponderação dos seus fatores não é um fim em si mesmo, mas uma etapa de investigação que deve ser aprofundada, como tem sido no decorrer do projeto em causa, com análises de natureza mais qualitativa sob a aplicação de entrevistas a residentes, stakeholders e grupos mais expostos aos riscos considerados.

Notas:

- (1) O projeto de investigação é desenvolvido no LNEC, em parceria com a Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, e é financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Intitula-se Regulações e Conflitos Ambientais devido à Erosão Costeira (PTDC/CS-SOC103202/2008) e tem coordenação no Núcleo de Ecologia Social do Departamento de Edifícios do LNEC. Prevê-se a sua conclusão, com prolongamento de prazo solicitado à FCT por um período de seis meses, em Setembro do próximo ano.
- (2) O Índice de Consistência calcula-se através do somatório do produto de cada elemento do vetor de Eigen pelo total da respetiva coluna da matriz comparativa original, sendo o seu cálculo ainda relativizado pelo número de critérios em análise. A leitura do resultado é dada por uma grelha convencional e cujo limite máximo de intervalo não deve ser superior a 0.1 para se admitir a não aleatoriedade dos resultados.
- (3) Por exemplo, dividindo-se cada valor recolhido por zona considerada ou caso de estudo pelo valor máximo encontrado para o respetivo indicador.

Bibliografia:

Blumenthal, A. L. (1977). *The Process of Cognition*. Prentice Hall: New Jersey.

Craveiro, J. L., Pires, I. M., Almeida, I. D., Antunes, O. (2011). Zonas Costeiras Continentais Portuguesas: Questões Prévias sobre a Ecologia Humana das Zonas Costeiras pelo Uso e Regulação dos Territórios, *RevCEDOUA, Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente*, N.º24, Ano XII, 2.09, 2011: 119-126.

Craveiro, J. L.; Antunes, O. (2012). Risco de Erosão Costeira, Vulnerabilidades Sociais e Conflitos Ambientais. *Cidades e Desenvolvimento. Atas das 2ª Jornadas de Investigação e Inovação*, 18 a 20 de Julho de 2012. Ed. Laboratório Nacional de Engenharia Civil: Lisboa (pp.83/4)

Pires, I. M., Craveiro, J. L.; Antunes, O. (2011). Land Use Change in Three Portuguese Regions Subject to Coastal Erosion. *CoastalGIS, 10th International Symposium on GIS and Computer Mapping for Coastal Management*. Oostende, Belgium, 5-8 September, 2011.

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill: New York.

Saaty, T. (2009). Extending the Measurement of Tangibles to Intangibles. *International Journal of Information Technology & Decision Making*. Vol. 8, n.º1, 2009: pp.7-27

Schmoldt, D.; Kangas, J.; Mendoza, G.; and Pesonen, M. (2001). *The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.

Vargas, R. V. (2010). Utilizando a Programação Multicritério (Analytic Hierarchy Process-AHP) para Selecionar e Priorizar Projetos na Gestão de Portfólio. *PMI Global Congress 2010*. Recuperado em 25 de Setembro de 2012: <http://www.ricardo-vargas.com/wp-content/uploads/downloads/articles/ricardo_vargas_ahp_project_selection_pt.pdf>.