

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO À EROÇÃO COSTEIRA E AOS EFEITOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Márcia LIMA¹, Filipe ALVES², Marco MARTO³, Carlos COELHO¹

1. RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, marcia.lima@ua.pt, ccoelho@ua.pt

2. CE3C-CCIAM - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, fmalves@fc.ul.pt

3. CESAM & Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, marcovmarto@ua.pt

RESUMO

Este trabalho apresenta uma componente do projeto INCCA (<http://incca.web.ua.pt/>), cujo objetivo inicial corresponde ao desenvolvimento de um manual de medidas de mitigação e adaptação à erosão costeira e às alterações climáticas, de aplicação transversal a todas as zonas costeiras sedimentares. Esta compilação, identificação e caracterização de medidas é um processo dinâmico, que no âmbito do projeto INCCA, conta com o envolvimento das comunidades locais e *stakeholders*, através da realização de *workshops* participativos realizados no concelho de Ovar (caso de estudo do projeto) e tem neste momento 53 medidas.

Palavras-Chave: INCCA; COAST; *workshops* participativos; análise custo-benefício; análise custo-eficácia.

1. INTRODUÇÃO

O projeto INCCA (Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes) tem por objetivo promover uma abordagem que integre a adaptação às alterações climáticas (AAC) e a mitigação da erosão costeira em perspetivas de curto, médio e longo-prazo. A adaptação e mitigação deve considerar as dimensões social, ambiental, económica e de engenharia, para ajudar os órgãos de decisão a conceber planos de ação para implementação de estratégias de AAC sustentáveis e duradouras. É um projeto com uma forte componente participativa, que pretende envolver as populações locais e *stakeholders* através da realização de *workshops* de forma a desenvolver um modelo participativo e económico, reduzindo a vulnerabilidade dos territórios costeiros e aumentando a resiliência das comunidades locais. O litoral do concelho de Ovar foi identificado como sendo uma das zonas de Portugal com maior vulnerabilidade e risco costeiro (Coelho *et.al.*, 2015). Para além da sua riqueza ecológica, da elevada concentração populacional e da qualidade das praias, este território distingue-se pela forte fragilidade geológica, que aliada a uma agitação marítima de rumos muitos abertos e elevada energia resulta num dos processos erosivos mais intensos da orla costeira europeia. Por este motivo, o litoral de Ovar constitui o caso de estudo do projeto INCCA, sendo que, é neste concelho que são realizados os momentos participativos. O projeto prevê *workshops* participativos com o intuito de envolver os *stakeholders* nas diferentes fases do processo de construção da estratégia municipal, promover o debate e a discussão multidisciplinar e multisectorial, e, acima de tudo, contribuir para uma nova cultura de democracia participativa sobre o futuro da gestão costeira em Ovar.

2. MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO

Um dos principais objetivos do projeto INCCA é a identificação e caracterização de estratégias de mitigação e adaptação à erosão costeira e aos efeitos das alterações climáticas possíveis, culminando no desenvolvimento de um manual de medidas de mitigação e adaptação, de aplicação transversal a todas as zonas costeiras sedimentares. O projeto INCCA teve início em fevereiro de 2020 e, à data, o manual conta com 53 medidas. Importa referir que, estas medidas constituem uma base preliminar, sujeita a reavaliação e melhoria no que diz respeito aos seus conteúdos. Uma vez que, o projeto INCCA pretende avaliar impactos ambientais, económicos e sociais a nível local, envolvendo as populações locais através da realização de *workshops*, de forma a desenvolver um modelo participativo e económico, é objetivo que a versão final deste manual resulte da participação e contributos dos diferentes peritos e *stakeholders* envolvidos na temática da erosão costeira.

2.1. Causas e Consequências

A principal divisão lógica das medidas é o seu impacto ao nível das causas ou das consequências do problema

chave aqui identificado: erosão costeira por efeito de um generalizado défice sedimentar. Neste âmbito, são consideradas ações ao nível das causas, todas as medidas que visam agir diretamente no balanço sedimentar no sistema costeiro, seja pela redução do défice, pela adição de sedimentos, ou por intervenção nos fluxos e distribuição de sedimentos. Por outro lado, são consideradas ações ao nível das consequências, todas as medidas que visam reduzir os impactos causados pela erosão costeira, sejam estes em sistemas naturais ou humanos.

Importa desde já esclarecer que todas as restantes causas potenciais para o agravamento do fenómeno de erosão costeira – por exemplo alterações climáticas que possam incidir na frequência e intensidade de fenómenos extremos, ou incidir na rotação das correntes marítimas – são consideradas através do seu impacto no balanço sedimentar ou na manutenção das estruturas de proteção costeira, pelo que ações que visam combater diretamente o fenómeno das alterações climáticas – por exemplo, através da redução de emissões de CO₂ – não são aqui consideradas nem tidas em consideração.

2.2. Classificação das medidas de mitigação e adaptação

A classificação das medidas de mitigação e adaptação segue a divisão anteriormente definida: grupo A, agir ao nível das causas; grupo B, agir ao nível das consequências. Nesta linha, as medidas foram subgrupadas da seguinte forma (cada um destes subgrupos pode conter uma ou mais medidas de mitigação e adaptação):

A. AÇÃO AO NÍVEL DAS CAUSAS DE EROSÃO COSTEIRA:

1. **Redução do défice sedimentar no sistema costeiro:** Conjunto de medidas que visam combater o défice de sedimentos que chega ao sistema costeiro, através dos rios, ou que são retirados diretamente da zona costeira.
 1. **Renaturalizar ou condicionar os usos do solo (bacia hidrográfica):** Subconjunto de medidas que podem permitir que uma maior quantidade de sedimentos que resultam da erosão hídrica dos solos das bacias hidrográficas chegue efetivamente à costa.
 2. **Redução ou remoção de obras transversais a linhas de água:** Subconjunto de medidas que sugerem a redução ou remoção da deposição de sedimentos em açudes e barragens.
 3. **Obras longitudinais (em margens):** Subconjunto de medidas que sugerem uma menor proteção das margens fluviais (revestimentos e muros) de modo a permitir um maior fluxo de sedimentos nos rios, de modo a poderem chegar à costa.
 4. **Canais – derivações:** Subconjunto de medidas que sugerem um aumento do caudal líquido escoado nas linhas de água naturais, induzindo também maior transporte sólido.
 5. **Extração de areias:** Subconjunto de medidas que visam reduzir os volumes de extração de areias, de forma a manter as areias no sistema fluvial e costeiro.
 6. **Dragagens portuárias sem reposição:** Subconjunto de medidas que sugerem que as dragagens portuárias resultem na reposição das areias no sistema costeiro.
 7. **Veraneantes:** Subconjunto de medidas que visam controlar a saída de areia do sistema costeiro por via da utilização dos veraneantes, em situações de lazer ou desporto.
2. **Regularização do fluxo de sedimentos no sistema costeiro:** Conjunto de medidas que visam equilibrar o fluxo de sedimentos no sistema costeiro, permitindo a sua regularização.
 1. **Mobilização de areias dentro do sistema costeiro:** Subconjunto de medidas que visam a transposição de areias no sistema portuário para as zonas de maior erosão, a sotamar, ou a sua movimentação no perfil de praia.
 2. **Preservação dos sistemas dunares:** Subconjunto de medidas que visam equilibrar e manter os sedimentos nos sistemas dunares (paliçadas, controlo do acesso às praias, plantação de vegetação).
 3. **Gestão de esporões:** Subconjunto de medidas que visam a gestão de esporões de modo a manter os sedimentos no sistema costeiro de uma forma mais eficaz.
 4. **Dragagens de canais de navegação** Subconjunto de medidas que sugerem a deposição em zonas de maior erosão potencial, a sotamar.
3. **Alimentação artificial de sedimentos no sistema costeiro:** Conjunto de medidas que visam a alimentação artificial de modo a mitigar a erosão costeira.
 1. **Alimentação da deriva litoral:** Subconjunto de medidas focadas na alimentação artificial da deriva litoral.
 2. **Alimentação da praia:** Subconjunto de medidas focadas na alimentação artificial da praia.
 3. **Reforço do cordão dunar:** Subconjunto de medidas focadas na alimentação artificial do cordão dunar.

B. AÇÃO AO NÍVEL DAS CONSEQUÊNCIAS DA EROSÃO

1. **Proteção com estruturas costeiras:** Conjunto de medidas que visam proteger infraestruturas e bens da erosão costeira, assim como dos danos causados pelo avanço do mar.
 1. **Esporões:** Subconjunto de medidas que promovem a retenção de sedimentos na zona a proteger, criando uma praia mais robusta.
 2. **Obras longitudinais aderentes:** Subconjunto de medidas que visam proteger o património junto à costa, fixando a posição da linha de costa e dissipando a energia das ondas.
 3. **Muros de contenção:** Subconjunto de medidas que visam proteger as encostas, terrenos e propriedades junto à costa.
 4. **Quebramares destacados:** Subconjunto de medidas que visam dissipar a energia das ondas numa zona mais afastada da costa, promovendo também a acumulação de sedimentos na zona abrigada.
1. **Acomodação:** Conjunto de medidas que visam a acomodação do litoral aos mecanismos de erosão costeira.
 1. **Acomodação do edificado/urbanizado:** Subconjunto de medidas que visam a adaptação dos imóveis junto à costa, para ajuste a possíveis investidas do mar.
 2. **Sistemas de Alerta:** Subconjunto de medidas que visam precaver a população para possíveis danos causados pelas investidas do mar e tempestades.
 3. **Educação, sensibilização e monitorização:** Subconjunto de medidas que visam educar e sensibilizar a população para as consequências da erosão costeira.
 4. **Governança participada:** Subconjunto de medidas que visam o envolvimento das partes interessadas na gestão costeira.
 5. **Instrumentos e incentivos financeiros:** Subconjunto de medidas que visam a mitigação e compensação financeira dos riscos de perdas e danos decorrentes da erosão costeira.
1. **Relocalização e/ou Retirada:** Conjunto de medidas que prevêm a relocalização e/ou retirada como forma de mitigação do risco de erosão costeira.
 1. **Relocalização do edificado:** Subconjunto de medidas que visam a relocalização do edificado móvel ou semimóvel, através da demolição e construção em zona mais recuada.
 2. **Demolição de edificado:** Subconjunto de medidas que visam a demolição do edificado como forma de evitar perdas ou danos decorrentes da erosão costeira.

2.3. Modelo Participativo

Um dos principais objetivos do projeto INCCA consiste no desenvolvimento de uma Estratégia Municipal de Mitigação e Adaptação à Erosão Costeira para o concelho de Ovar, estratégia essa que deverá integrar os diferentes impactos ambientais, sociais e económicos (positivos e negativos) para três horizontes temporais – 2030, 2050 e 2100. Esta análise dos diferentes custos e benefícios das medidas, caminhos e estratégias de mitigação e adaptação deverá ter por base quer modelos numérico-matemáticos, desenvolvidos e calibrados especificamente para o efeito, quer o contributo das diferentes partes interessadas – *stakeholders* – na gestão costeira. Desta forma e paralelamente com o desenvolvimento e aplicação da ferramenta COAST (Coastal Optimization Assessment Tool, Lima, 2018), a listagem de medidas deve ter em conta o envolvimento dos *stakeholders* nas diferentes fases do processo de construção através da realização de *workshops* participativos. Este conceito de abordagem participativa já tem vindo a ser realizada noutros projetos (como é exemplo o projeto BASE), no âmbito do qual foi aplicada uma metodologia de planeamento dinâmico e participado da adaptação costeira às alterações climáticas (método SWAP – Scenario Workshop & Adaptation Pathways), Vizinho *et al.* (2018). A aplicação da ferramenta COAST, em análises custo-eficácia e custo-benefício, a estratégias de mitigação da erosão costeira também já tem vindo a ser desenvolvida noutros trabalhos (Lima e Coelho, 2019 e Lima *et al.*, 2020).

No âmbito dos *workshops* iniciais previstos no projeto INCCA, cujos resultados contribuíram para a identificação e caracterização das medidas de mitigação e adaptação do presente trabalho, foram realizadas duas sessões de trabalho colaborativo virtual, nos dias 27 de novembro e 4 de dezembro de 2020, que contaram com a presença de cerca de 20 *stakeholders* representativos dos diferentes atores com responsabilidade sobre a gestão, decisão e utilização costeira no concelho de Ovar (Câmara Municipal de Ovar, Agência Portuguesa do Ambiente, Juntas de Freguesia locais, Polis do Litoral da Ria de Aveiro, Bombeiros Voluntários, associações locais, investigadores, etc.). A primeira sessão teve como objetivo a seleção de medidas (conjunto final de 9 medidas) às quais, na segunda sessão, foi feita uma análise multicritério (Alves, 2021). Ainda na segunda sessão foram selecionadas 3 medidas e feita uma matriz de análise custo-benefício para cada uma delas.

3. RESULTADOS

Com base na recolha bibliográfica e nos resultados e dados recolhidos no 1º *workshop* participativo, foram caracterizadas através de fichas, 53 medidas de mitigação e adaptação à erosão costeira, cujo exemplo se apresenta na Figura 1. A informação disponibilizada para cada uma das fichas é semelhante, de forma a que possam ser facilmente consultadas e comparadas entre si. Cada uma das fichas individuais de mitigação e adaptação apresenta um código identificativo, com base nos grupos apresentados na secção 2.2 (exemplo da Figura 1, código B111 | ação ao nível das causas – B; proteção com estruturas costeiras – 1; e esporões – 1). O último algarismo identifica o número da medida dentro do subgrupo. É feita uma breve descrição da medida, de forma a permitir aos utilizadores o seu conhecimento genérico e é apresentada uma figura ilustrativa de cada medida. Ainda na zona introdutória de cada ficha é classificado o seu nível de ação em três componentes distintas: *Proteção, Acomodação e Relocalização* (escala de 7 níveis, - - -: - -; -; S/; +; ++; +++). Os dados gerais de cada uma das fichas terminam com a identificação do estado de implementação da medida no concelho de Ovar, caso de estudo do projeto. Na zona central de cada uma das fichas procede-se à identificação dos impactos (positivos e negativos) que caracterizam a medida, ao nível ambiental, económico e social. A identificação de impactos está ainda numa base embrionária, sujeita a ser complementada e melhorada, por parte da equipa do projeto e dos *stakeholders* envolvidos. Para cada impacto pretende-se ainda realizar a caracterização métrica com valores (ou intervalos de valores) ajustados a cada medida. De referir que, nesta fase, estão identificadas apenas as unidades de medida para alguns dos impactos. A ficha termina com informação complementar acerca da medida, nomeadamente, identificação de casos de estudo aplicáveis, referências bibliográficas e/ou notas e observações.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto INCCA (Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes) iniciou há um ano e termina em 2023, tendo como objetivo principal promover uma abordagem que integre a adaptação às alterações climáticas e a mitigação da erosão costeira em perspetivas de curto, médio e longo-prazo, considerando as dimensões social, ambiental, económica e de engenharia da adaptação, com uma forte componente participativa, que pretende envolver as populações locais e *stakeholders* através da realização de *workshops*. A primeira fase do projeto teve por objetivo o desenvolvimento de um manual de medidas de mitigação e adaptação à erosão costeira e às alterações climáticas, acessível ao público e em contínua melhoria e desenvolvimento ao longo do projeto. Neste trabalho foi apresentado este conceito, que conta neste momento com 53 medidas identificadas e

caracterizadas. Numa fase seguinte ao desenvolvimento do projeto é objetivo quantificar métricas de cada um dos impactos identificados para cada uma das medidas, com base em recolha bibliográfica, informação disponibilizada pelos *stakeholders* e realização de *workshops* participativos. Nesta primeira fase foram já realizados dois momentos participativos, que ajudaram na priorização e caracterização das medidas de mitigação e adaptação e que, pelo *feedback* positivo dos participantes, reforçam a utilidade pública destes momentos. A participação pública representa um passo importante rumo a uma governança mais transparente, equilibrada e enraizada ao nível da gestão costeira, condição fundamental para a educação e sensibilização das populações locais. O envolvimento e informação da população visa uma melhor aceitação das medidas implementadas, e uma ação planeada mais eficaz, efetiva e benéfica para todos, no curto e no longo prazo. O manual de medidas de mitigação e adaptação já construído e ainda em desenvolvimento pode ser consultado e comentado em <http://incca.web.ua.pt/>.

INCCA | Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes

B111 Proteção com esporões lineares (perpendiculares ou oblíquos)

Medida que visa a defesa de linha de costa através de estruturas lineares, perpendiculares ou oblíquas à linha de costa. O principal objetivo destas obras é a retenção de sedimentos a barlamar, promovendo a acumulação de sedimentos do deriva litoral, dando origem a uma nova praia ou expandindo a existente. Os esporões podem funcionar como solução independente ou podem ser projetados em conjunto, para funcionar como um campo de esporões (criando uma linha de costa em forma de dente de serra), estabilizando um trecho costeiro mais extenso.

Proteção: ++ Acomodação: S/ Relocalização: --

Estado de Implementação em Ovar: Não iniciado / NA Fase de estudo Orçamentado Em implementação Implementado

Impactos	Ambientais	Económicos	Sociais
Positivos	- Aumento da largura de praia a barlamar da estrutura m	- Proteção das frentes urbanas €	- Aumento da área balnear a barlamar da estrutura m ²
	- As superfícies submersas e na zona intertidal (rochas) podem funcionar como habitat de diversa fauna e flora	- Aumento da atratividade local devido à criação de praia € - Podem funcionar em conjunto com outras soluções de defesa costeira €	- Promoção da atividade piscatória na zona da estrutura - Zona de abrigo proporciona atividades de lazer e desporto
Negativos	- Antecipam a erosão a sotamar. - O lado de sotamar fica mais vulnerável ao ataque da agitação, facilitando a ocorrência de galgamentos e eventuais inundações. - Obra de elevado impacto ambiental (construção e manutenção) - CO ₂ , Qt de material usado, etc.	- Custos de construção e manutenção € - Eficiência depende do transporte de sedimentos e a eficácia é condicionada pela direção da agitação. €	- Aumento do risco de exposição nas zonas localizadas a sotamar - Impacto visual, devido à artificialização da zona costeira

Nota: a eficiência dos esporões é dependente do transporte de sedimentos ao longo do litoral e a sua eficácia é especialmente vulnerável à direção da agitação. Se não houver transporte longitudinal de sedimentos, os esporões não promovem a acumulação de areia e se a erosão for antecipada a sotamar, o ataque do clima de agitação do lado mais vulnerável pode representar impactos significativos.

Medida de mitigação e adaptação desenvolvida no âmbito do projeto INCCA

Fig. 1. Exemplo de ficha individual da medida de mitigação e adaptação B111 “Proteção com esporões lineares (perpendiculares ou oblíquos)”.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo projeto “Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes”, INCCA - POCI-01-0145-FEDER-030842, suportado pelos orçamentos do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização, na sua componente FEDER, e da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, na sua componente de Orçamento de Estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, F. (2021), Relatório técnico do 1º workshop participativo do projecto INCCA: análise económica das medidas de mitigação e adaptação à erosão costeira no Concelho de Ovar, FCUL-UL, Lisboa.
- Coelho, C., Pereira, C., Costa, S., Lima, M. (2015). Seção III, Capítulo III: A Erosão Costeira, as Tempestades e as Intervenções de Defesa Costeira no Litoral do Concelho de Ovar, Portugal, pp. 331-367.
- Lima, M. (2018). Ferramenta Numérica de Análise do Impacto de Intervenções de Defesa Costeira na Evolução da Linha de Costa: custos e benefícios. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro.
- Lima, M.; Coelho, C.; Veloso-Gomes, F.; Roebeling, P. (2020), An integrated physical and cost-benefit approach to assess groins as a coastal erosion mitigation strategy. *Coastal Engineering*, 156, 103614.
- Lima, M.; Coelho, C. (2019). Assessing Costs and Benefits of Coastal Structures to Mitigate Erosion. In *Proceedings of the Coastal Structures*, Hannover, Germany, 30 September–2 October 2019; pp. 864–874.
- Vizinho, A., Campos, I., Coelho, C., Pereira, C., Roebeling, P., Alves, F., Rocha, J., Alves, M.F., Duarte-Santos, F., Penha-Lopes, G. (2018); SWAP – Planeamento Participativo da Adaptação Costeira às Alterações Climáticas. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 17(2): 99-116. DOI:10.5894/rgci-n48.