

A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE CONFINAMENTO DE AREIAS EM MATERIAL GEOSINTÉTICO PARA PROTEÇÃO COSTEIRA EM PORTUGAL

THE USE OF SAND-FILLED GEOSYSTEMS IN COASTAL PROTECTION IN PORTUGAL

Lopes, Maria de Lurdes; *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, lcosta@fe.up.pt*
das Neves, Luciana; *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, lpneves@fe.up.pt*
Taveira Pinto, Francisco; *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, fpinto@fe.up.pt*
Veloso Gomes, Fernando; *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, vgomes@fe.up.pt*

RESUMO

Os sistemas de confinamento de areias, em material geossintético, podem incorporar, eficazmente, esquemas de proteção em trechos costeiros em erosão com elevada vulnerabilidade, mas com limitada urbanização litoral e, portanto, onde os riscos de gestão apresentam um grau de intensidade baixo a médio. Em décadas recentes, devido a uma percepção crescente de que as intervenções costeiras do assim denominado, tipo 'hard' – onde se incluem as obras longitudinais aderentes e os esporões que predominam sobretudo na costa ocidental norte Portuguesa – têm limitações funcionais importantes e geram impactos negativos ao nível da gestão global de sedimentos costeiros, novas abordagens têm vindo a receber maior atenção, quer das agências governamentais, quer de outras partes interessadas. A experiência Portuguesa com sistemas de confinamento de areias em material geossintético em obras de defesa costeira encontra-se resumida neste artigo com base num conjunto de casos de estudo, juntamente com resultados de projetos de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico nesta área. Esses projetos visaram a análise da estabilidade de geossistemas sob a ação da agitação marítima e da dinâmica sedimentar em torno desse tipo de estruturas, bem como o desenvolvimento de uma nova tecnologia em parceria com a indústria, mais adequada para aplicação sob condições hidrodinâmicas severas, nomeadamente, as existentes ao longo da costa ocidental Atlântica Portuguesa.

ABSTRACT

Sand-filled geosystems can effectively incorporate protection schemes along coastal stretches under erosion, with high vulnerability, but limited littoral urbanization, where management risks are of low to medium intensity. In recent decades, due to an increasing perception that the coastal interventions of the so called 'hard' type – in which the seawalls and the groynes that dominate along the northwest Portuguese coast are included – have important functional limitations and generate negative impacts at the level of the global management of coastal sediments, new approaches are receiving more attention from the part of the governmental agencies, as well as other stakeholders. The Portuguese experience with sand-filled geosystems in coastal protection works is summarised in this paper, based on a number of case studies, together with results from Research and Development projects in this field. Those projects focused on the stability analysis of geosystems under wave loading and of the sediment dynamics around this type of structure, as well as on the development of a new technology with the industry, more adjusted to be applied under severe hydrodynamic conditions, namely those existing along the Portuguese West Atlantic coast.

1 - INTRODUÇÃO

A dinâmica é uma condição intrínseca aos ecossistemas costeiros. Essa dinâmica, que se traduz tanto na erosão, como na acreção, é a resposta a vários processos costeiros que atuam em diversas escalas temporais, que podem variar desde algumas horas (por exemplo, entre marés) a vários anos/décadas/milénios (por exemplo, a mudança climática). Apesar de naturais, esses processos costeiros são muito frequentemente encarados como uma ameaça, por serem incompatíveis com o desenvolvimento urbano numa determinada região litoral. Neste contexto, praias baixas e arenosas em zonas costeiras fortemente edificadas são particularmente vulneráveis aos riscos costeiros. O desenvolvimento urbano que se observa em algumas zonas do litoral Português é, muitas vezes, o reflexo de uma estratégia de planeamento e ordenamento do território inadequada (por exemplo, ao permitir a construção em zonas naturalmente dinâmicas e próximas do mar), a qual tem vindo a transformar uma condição natural num problema com intensidade crescente.

A resposta a esse problema passa pela manutenção de um nível adequado de segurança, limitando a exposição de pessoas, bens e atividades económicas aos riscos costeiros, nível esse assegurado por obras de engenharia costeira tendo em vista a proteção. Não obstante, a necessidade de proteção não pode ser separada da necessidade de preservar a dinâmica natural dos processos costeiros, designadamente, a

manutenção do espaço necessário para que estes se possam desenvolver, a qual apenas poderá ser assegurada através da definição de uma política de planeamento e ordenamento do território adequada. Com efeito, os maiores desafios que a engenharia e a gestão de zonas costeiras enfrentam atualmente são o desenvolvimento e a implementação de soluções de proteção que permitam não só, fruir do litoral, mas também alavancarem a economia, garantam a segurança de pessoas, bens e atividades económicas, e ainda melhorem o ambiente.

A incorporação de sistemas de confinamento de areias em material geossintético em obras de defesa costeira responde a esses desafios, especialmente em aplicações como o reforço dunar – quer se trate de dunas novas, quer de dunas já existentes – e o reforço de praias em complemento com a alimentação artificial de areias. Em ambas as aplicações anteriores, o objetivo da intervenção é a manutenção ou alargamento da zona tampão entre uma linha edificada existente (casas ou infraestruturas) e o mar, diminuindo assim o risco de exposição desse património edificado. A vantagem da incorporação de geossistemas de confinamento de areias é o, muito provável, incremento na longevidade da intervenção, em comparação com o mesmo tipo de solução não reforçada. Outra vantagem dos geossistemas, neste caso em relação aos materiais tradicionalmente utilizados (tais como a rocha ou os blocos de betão), é o efeito não substancial e não permanente sobre os ecossistemas costeiros, uma vez que, por um lado, é expectável que os geossistemas fiquem a maior parte do tempo enterrados, ou no núcleo da praia, ou no núcleo da areia, não comportando uma mudança substancial nos ecossistemas costeiros e, por outro lado, podem ser facilmente removidos (bastando para isso cortar e remover os geossistemas) no caso de já não serem precisos ou no caso de o comportamento estar a ter um impacto negativo ou imprevisto, sobre os processos costeiros. Nas construções em rocha ou blocos de betão, a remoção é tecnicamente difícil e economicamente cara, pelo que, o impacto destas obras sobre os processos costeiros deverá ser encarado como permanente.

Em Portugal, é recente a utilização de sistemas de confinamento de areias em obras de proteção costeira como solução principal. Esses casos de estudo situam-se nas praias de Moledo do Minho – Caminha, São Bartolomeu do Mar – Esposende e Ofir – Esposende e na manutenção e reforço da restinga de Ofir – Esposende. À parte desses exemplos, existe em Portugal um conjunto de intervenções de emergência e estudos piloto. Ao longo deste artigo, serão discutidos aspetos relacionados com essas intervenções, juntamente com resultados de projetos de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico nesta área, desenvolvidos no Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tais projetos visaram a análise da estabilidade de geossistemas sob a ação da agitação marítima e da dinâmica sedimentar em torno desse tipo de estruturas, bem como o desenvolvimento de uma nova tecnologia em parceria com a indústria, mais adequada para aplicação sob condições hidrodinâmicas severas, nomeadamente as existentes ao longo da costa ocidental Atlântica Portuguesa.

2 - INTERVENÇÕES DE EMERGÊNCIA E CASOS DE ESTUDO EM PORTUGAL

2.1 - Introdução

A experiência Portuguesa na aplicação de geossintéticos em obras de engenharia hidráulica estava limitada à sua aplicação como filtro (por exemplo em estruturas portuárias), a intervenções de emergência e experiências piloto; no entanto, desde 2014, o número de aplicações existentes aumentou consideravelmente com a construção do reforço dunar na Praia de Moledo do Minho (2014) no concelho de Caminha, as defesas longitudinais nas praias de São Bartolomeu (2014) e Ofir (2015) ambas no concelho de Esposende e a manutenção e reforço da restinga de Ofir (2015), junto à foz do rio Cávado, também no concelho de Esposende. As características principais de algumas dessas aplicações são apresentadas de forma sucinta, nas secções seguintes.

2.2 - Manutenção e reforço da restinga de Ofir, Esposende

A restinga de Ofir e a embocadura do rio Cávado inserem-se no Parque Natural do Litoral Norte POPNLN, criado pelo Decreto Regulamentar n.º 6 de 2005 de 21 julho, sucedendo-se à Área de Paisagem Protegida do Litoral de Esposende (Decreto Lei n.º 357/87 de 17 de novembro). Com uma área de 8887 ha (7653 ha de área marinha e 1234 ha de área terrestre), localiza-se no concelho de Esposende, numa extensão de aproximadamente 16 km entre a foz do rio Neiva e a zona da Apúlia.

A embocadura do rio Cávado está fixada a Norte por um quebramar e a Sul está delimitada por uma restinga arenosa que separa o rio do mar e constitui um elemento fundamental de proteção da frente urbana de Esposende.

A empreitada para a manutenção e reforço da Restinga de Ofir foi terminada em finais de 2015. Trata-se de uma obra de execução complexa, pioneira em Portugal no que respeita à sua dimensão, tanto em altura como em extensão, que, por isso, deve ser encarada como experimental em muitos aspetos. O acompanhamento e a monitorização do comportamento a médio e a longo prazo desta obra irá

certamente fornecer informação relevante para o dimensionamento destas estruturas em condições de agitação severas como as verificadas localmente e, também, informação sobre o seu comportamento sob a ação de correntes fluviais importantes. Os geossistemas foram deixados totalmente expostos, o que, nesta circunstância, poderá fornecer informação relevante sobre a durabilidade do material e a sua vulnerabilidade à danificação accidental, vulnerabilidade essa já observada durante a fase de construção (Figura 1).

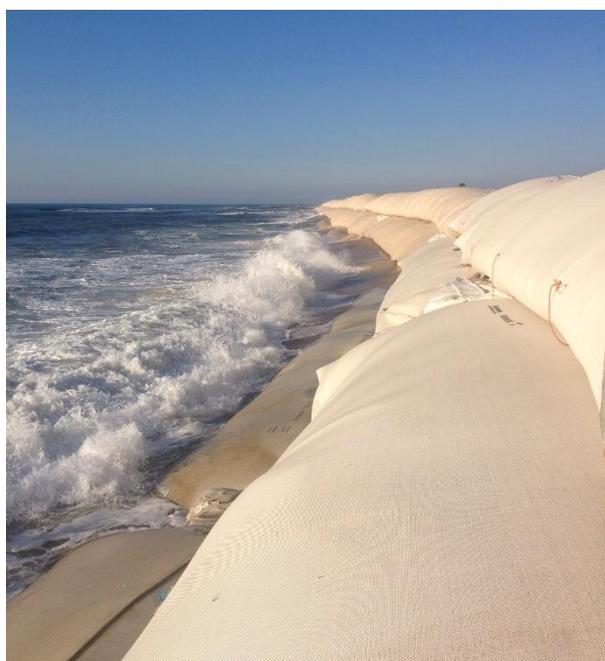


Figura 1 - Aspectos durante a empreitada de construção da obra de manutenção e reforço da restinga de Ofir (novembro de 2015)

2.3 - Praia de Ofir, Esposende

A empreitada de reforço do sistema dunar e proteção da linha de costa da praia de Ofir, localizada no concelho de Esposende, foi concluída no verão de 2015. Esta empreitada, localizada a norte do esporão de Ofir junto às torres, esteve enquadrada numa estratégia de reforço dos sistemas dunares e de outros elementos da linha de costa, com vista à preservação dos ecossistemas naturais e à proteção de pessoas e bens. A sua execução foi dividida em três fases distintas que, na terceira fase, resultou na instalação de geossistemas de confinamento de areiais no núcleo dunar. Após a instalação, os geossistemas foram recobertos de areia e a praia frontal reperfilada. Além dos geossistemas de confinamento de areias, foi instalada, do lado do mar em frente dos geossistemas, uma tela de proteção contra as erosões localizadas, com tubo de ancoragem (*scour apron*). Foi ainda instalada uma tela de geotêxtil não-tecido, como proteção mecânica aos geossistemas.

A Figura 2 mostra uma imagem obtida durante a construção em junho de 2015 e outra uns meses depois, em novembro do mesmo ano.

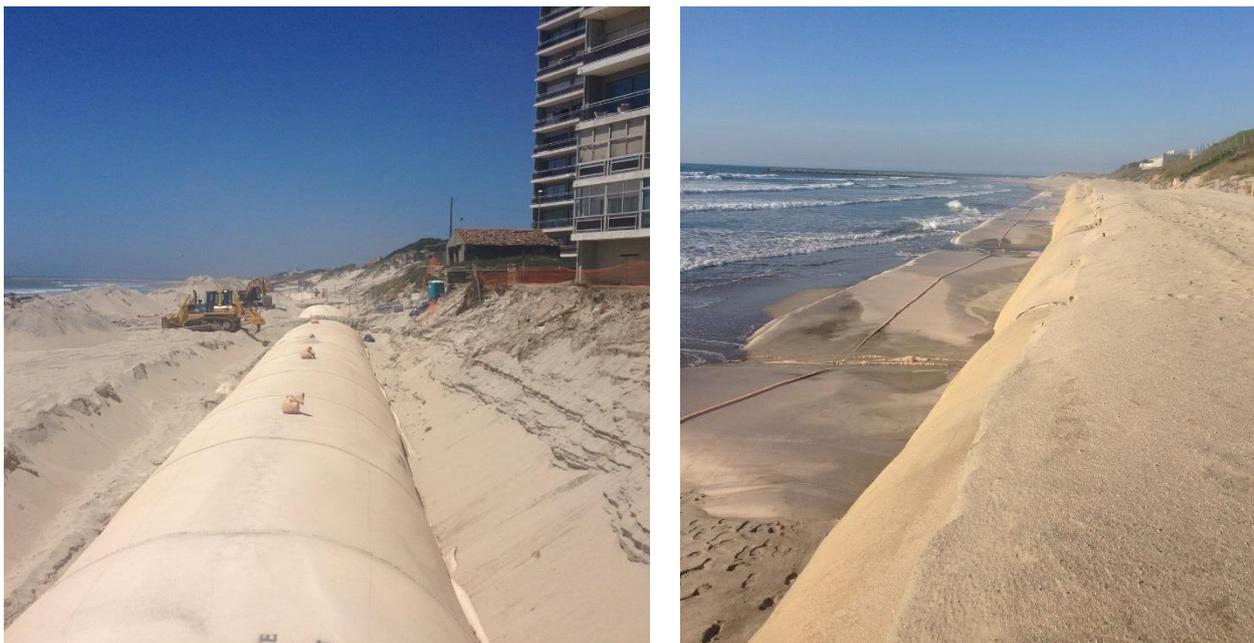


Figura 2 - Aspetos do sistema de reforço dunar na praia de Ofir durante (junho de 2015) e após a construção (novembro de 2015)

2.4 - São Bartolomeu do Mar, Esposende

A intervenção na praia de São Bartolomeu do Mar, situada na costa norte Atlântica de Portugal no concelho de Esposende, compreendeu a demolição de algumas edificações em risco e o arranjo urbanístico da frente marítima. Esta intervenção foi concluída no verão de 2014 e incorpora geossistemas de confinamento de areias. Nesta obra, os geossistemas não se encontram expostos.

2.5 - Moledo do Minho, Caminha

A praia de Moledo do Minho está localizada na costa norte Atlântica Portuguesa, no concelho de Caminha, junto à foz do rio Minho. Trata-se de uma costa arenosa baixa com poucos afloramentos rochosos. Embora esta praia esteja parcialmente abrigada da agitação vinda de nordeste pela presença da ilha da Ínsua, está ainda muito exposta às condições energéticas de agitação existentes no Atlântico.

Após o inverno de 2010/2011, a praia de Moledo encontrava-se severamente erodida, condição que obrigou a uma intervenção de engenharia costeira, uma vez que não era expectável que a praia e a duna pudessem recuperar de forma natural, devido à diminuta quantidade de sedimentos fornecidos. Porque o plano de ordenamento da orla costeira não contemplava qualquer intervenção nessa zona e dado o inestimável valor natural da paisagem, foi decidido que a solução de reforço da praia e duna incorporaria geossistemas de confinamento de areias.

Ao longo de um comprimento de 330 m foram colocados, no núcleo da duna, 11 geossistemas de confinamento de areias (cada um com aproximadamente 500 m³). Foi também instalada, do lado do mar em frente dos geossistemas, uma tela de proteção contra as erosões localizadas, com tubo de ancoragem (*scour apron*). Esta solução combina a necessária proteção com um impacte ambiental baixo. Desde a sua construção em agosto de 2014, os geossistemas têm-se mantido enterrados no núcleo da duna.

2.6 - *Pine Cliffs Resort, praia da Falésia, Albufeira*

No Algarve, a fundação de um apoio de praia foi protegida da agitação marítima e da erosão costeira com 3 geossistemas de confinamento de areias: um, com 40 m e outros dois, com 10 m cada. Essa estrutura foi construída em 2011; no entanto, pela sua grande exposição aos agentes climáticos e à danificação acidental (por exemplo pela fixação de guarda sóis), encontrava-se já parcialmente danificada em 2014.

2.7 - *Praia da Leirosa, Figueira da Foz*

A instalação de uma conduta em 1995 na praia da Leirosa, município da Figueira da Foz, forçou a passagem através de um sistema dunar que resultou na sua progressiva exposição aos agentes climáticos e conseqüente degradação, agravada pelo enfraquecimento das fontes aluvionares.

Desde 2000, foram efetuadas diversas operações de reconstrução dunar, através de ripagem de areias e plantação de vegetação dunar, que tiveram um sucesso limitado.

Em fevereiro de 2005, foi instalado um projeto experimental incorporando um sistema aberto de confinamento de areias, num trecho com cerca de 120 m. No entanto, esta estrutura não correspondeu inteiramente às expectativas, embora tenha sido eficaz na manutenção do alinhamento do sistema dunar. Durante os primeiros anos, os sistemas foram esvaziando em vários lugares, aparentemente em consequência de problemas relacionados com a construção. Esses problemas verificavam-se sobretudo nas juntas do sistema, que foram materializadas por sobreposição e ligadas *in situ* através de ar quente. Em 2008, a estrutura foi reparada com tubos construídos com um geotêxtil não-tecido.

A Figura 3 mostra algumas imagens da instalação piloto em 2010.



Figura 3 - Aspectos do reforço do sistema dunar da praia da Leirosa (abril de 2010)

2.8 - *Estela Golf, Póvoa do Varzim*

O campo de golfe Estela está localizado na praia da Estela, no concelho da Póvoa do Varzim, a cerca de 9 km ao norte do porto desta cidade e imediatamente a sul de uma área protegida. O campo de golfe desenvolve-se ao longo de 3 km de frente marítima exposta ao Atlântico.

As atividades de dragagem no rio Cávado e outras alterações morfológicas no rio e ao nível da bacia hidrográfica fizeram com que houvesse um decréscimo no volume de sedimentos transportados pela

corrente de deriva litoral. Também a interrupção do escoamento do rio Cávado por barragens, açudes e diques tende a agravar ainda mais a redução da alimentação ao litoral, perceptível na erosão observada na restinga de Ofir e no litoral de Cedo Bem e Apúlia.

A primeira intervenção na praia da Estela documentada foi realizada no período entre 1 e 12 de abril de 1999. Esta intervenção consistiu na ripagem de areias da praia frontal para o pé da duna e a consolidação destes depósitos de areia com paliçadas (Veloso-Gomes *et al.*, 2006). Em outubro do mesmo ano uma intervenção semelhante foi novamente necessária porque o mar estava a avançar sobre o campo de golfe. Antes do final do inverno de 1999/2000 foram realizadas outras duas intervenções, uma em janeiro e outra em março. Além da ripagem de areais, foram instaladas novamente paliçadas com o objetivo de promover a retenção do transporte sedimentar eólico no corpo da duna.

Em 2000/2001, após as marés-vivas de setembro, a duna encontrava-se quase completamente destruída pela agitação marítima (das Neves *et al.*, 2005; e das Neves, 2003). Tempestades persistentes, que resultaram numa sequência pouco habitual de eventos consecutivos, causaram uma forte destruição do sistema dunar que obrigou ao seu reposicionamento de emergência, várias vezes no período de novembro de 2000 a janeiro de 2001. Esses eventos, pouco comuns, motivaram a procura de uma solução mais robusta e, em dezembro de 2000, foram pela primeira vez utilizados *big-bags*, com aproximadamente 1 m³, cheios com areia. Durante outubro e dezembro de 2001 e maio de 2002, foram colocados novos *big-bags* cheios com areia ao longo do talude da duna e, desde então, são colocados, anualmente ou várias vezes por ano, novos elementos.

A Figura 4 mostra algumas imagens tiradas na primavera de 2010.



Figura 4 - Aspetos do reforço do sistema dunar da praia da Estela (março de 2010)

3 - PROGRAMA DE INVESTIGAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO

Desde inícios da última década, tem vindo a ser realizado na FEUP um programa de Investigação, Desenvolvimento e Inovação sobre técnicas de proteção costeira sustentáveis incorporando geossistemas de confinamento de areias. Esse programa foi o seguimento natural de uma ampla investigação (e consultoria) nos domínios dos geossintéticos como materiais de construção e das estruturas de proteção costeira e da gestão de zonas costeiras, enquanto tópicos de investigação separados.

Compreende um vasto número de estudos preliminares de engenharia, bem como os seguintes projetos de investigação, desenvolvimento e inovação:

- **Projeto de I&D (POCTI/ECM/60807/2004)** sobre a análise experimental da estabilidade de geocontentores sob a ação da agitação marítima.
- **Projeto de doutoramento** sobre a estabilidade de geossistemas de confinamento de areias, em relação a erosões localizadas e ao abaixamento generalizado do nível da praia em frente à estrutura.

Mais informação sobre este projeto de doutoramento pode ser consultada, por exemplo, em das Neves (2011) e das Neves *et al.* (2009, 2011).

- **Projeto de I&D (PTDC/ECM/122760/2010)** sobre a avaliação dos níveis de segurança associados a erosões localizadas em torno de geossistemas utilizados para controlo da erosão costeira na costa Portuguesa, permitiram identificar os principais processos envolvidos na estabilidade incluindo os relacionados com o transporte sedimentar local.

Mais informação sobre este projeto pode ser consultada, por exemplo, em das Neves *et al.* (2015a) e Moreira *et al.* (2015, 2016).

- **Projeto de Desenvolvimento e Inovação desenvolvido em Co-Promoção com um parceiro da indústria (Projeto n.º 23093 (AAC 13/2011))**, que teve como objetivo o desenvolvimento de uma nova tecnologia de proteção costeira incorporando sistemas de confinamento de areias em material geossintético mais adaptada às características hidrodinâmicas da costa portuguesa, isto é, zonas costeiras com elevada exposição à agitação marítima com características de elevada energia, embora com potencial para ser exportada.

Este projeto incluiu a implementação de duas instalações piloto: uma, na praia de Cortegaça – Ovar e outra, na restinga de Ofir – Esposende.

Mais informação sobre este projeto pode ser consultada, por exemplo, em das Neves *et al.* (2015b).

4 - ASPETOS SOBRE A UTILIZAÇÃO DE GEOSISTEMAS DE CONFINAMENTO DE AREIAS

Os geossistemas de confinamento de areias têm a vantagem decisiva sobre os materiais tradicionais (enrocamento e blocos de betão) que é a idêntica capacidade para mitigar a erosão costeira com um potencial impacto limitado e não-permanente sobre os processos costeiros naturais.

As principais desvantagens estão associadas à durabilidade e vulnerabilidade do material e ainda à longevidade da estrutura, quando sujeita a condições hidrodinâmicas de elevada energia.

Assim, de uma maneira geral, uma boa aplicação para este tipo de sistemas é como estrutura temporária por exemplo em intervenções de emergência, ou como meio para perceber como os processos costeiros reagem à presença de um estrutura, nomeadamente, de que modo afetam o próprio sistema e os sistemas vizinhos.

Outra utilização comum destes sistemas é em obras de proteção costeira em zonas com variação de níveis de água limitada e de nível energético baixo, bem como em zonas pouco expostas aos riscos costeiros pela ausência de frentes edificadas próximas do mar. Em várias partes do mundo têm sido aplicadas com êxito, em associação com a alimentação artificial de praias.

Ao longo deste texto, o objetivo principal do resumo efetuado foi dar uma visão geral acerca da aplicação de geossistemas de confinamento de areias em Portugal. Os casos de estudo apresentados, cada um dos quais com sucessos e problemas, permitem, não só avaliar a viabilidade da aplicação deste conceito em zonas costeiras sujeitas a condições hidrodinâmicas severas, como as que ocorrem ao longo da costa Atlântica Portuguesa, como também as condições mais favoráveis para essa aplicação, analisando o seu reflexo na durabilidade dos materiais e na longevidade da respetiva obra de proteção costeira.

De uma maneira geral, é possível concluir que a utilização de geossistemas de confinamento de areias em zonas costeiras expostas a condições hidrodinâmicas severas é uma aplicação é viável. No entanto, a sua utilização como estrutura permanente deve ser encarada com algum cuidado.

Conforme observado em alguns dos casos de estudo apresentados, a deformação dos sistemas de confinamento pode gradualmente induzir mudanças e variações de elevação e alinhamento ao longo da estrutura, com impacto no comportamento desta, sob a ação da agitação. Também foi visto que a erosão lateral e o movimento e remoção de alguns elementos da estrutura podem resultar numa falha parcial ou global da mesma. Assim, parece que, desde que os elementos individuais do geossistema permaneçam intactos e firmemente no lugar, as estruturas são eficazes. Esta condição é no entanto difícil de conseguir na prática, pelo carácter intrinsecamente dinâmico da linha de costa e também dos próprios sistemas de confinamento.

Existem várias causas para a falha de um geossistema, mas esta está normalmente relacionada com o rolamento, o deslizamento e a deformação da fundação, devido às erosões localizadas provocadas pelos agentes ambientais. As erosões laterais (limite entre zonas protegidas e não protegidas) e as erosões no tardoz da estrutura também podem gerar instabilidade estrutural. Elementos maiores são geralmente mais estáveis, mas também mais difíceis de manusear e de reparar.

São desaconselháveis geossistemas expostos, não só porque essa exposição poderá comprometer a sua durabilidade de médio e de longo prazo, como também aumentará a sua vulnerabilidade ao vandalismo e à danificação accidental.

Dos casos de estudo apresentados e de outras referências existentes, a manutenção regular é um dado adquirido; esperar o contrário poderá resultar em falhas. Os casos existentes também demonstram que,

com a exceção de projetos muito pequenos, a instalação precisa de um empreiteiro com experiência e uma boa equipa de supervisão, a fim de garantir um trabalho com ótima qualidade. A negligência na escolha dos materiais, na preparação do local e no posicionamento dos geossistemas pode provocar rasgamentos no geotêxtil e assentamentos diferenciais causando, eventualmente, o colapso por deflexão excessiva, queda ou deslocamentos. As costuras e as sobreposições são sempre mais fracas do que o material original não-ligado, pelo que, devem ser mantidas a um nível mínimo e pré-fabricado tanto quanto possível.

5 - CONCLUSÕES

Neste artigo encontra-se resumida a experiência Portuguesa com geossistemas de confinamento de areias em obras de defesa costeira com base num conjunto de casos de estudo, juntamente com resultados de projetos de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico nesta área, desenvolvidos no Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. São também apresentados, de forma sucinta, os aspetos sobre a utilização de sistemas de confinamento de areias, designadamente, vantagens e desvantagens em relação aos materiais tradicionalmente utilizados, bem como cuidados a ter na instalação e ao longo da vida útil da obra.

De uma maneira geral, considera-se que este é um conceito viável quando enquadrado numa estratégia de preservação e aumento da resiliência costeira, nomeadamente através do reforço dos sistemas dunares e do reforço de praias com vista à preservação dos ecossistemas naturais e à proteção de pessoas e bens. Em alguns casos, essa viabilidade só poderá estar garantida através de medidas de planeamento e ordenamento do território, como a deslocação de pessoas e bens para zonas mais interiores, ou de uma estratégia concertada com outras intervenções de engenharia costeira, como a alimentação artificial de praias.

REFERÊNCIAS

- das Neves, L., Lopes, M., Veloso Gomes, F., Taveira Pinto, F. (2011). Experimental Study on the Effect of Geotextile Encapsulated-Sand Systems on a Frontal Beach, *Journal of Coastal Research*, Pages 2027–2031, ISSN 0749-0208.
- das Neves, L., Lopes, M.L., Veloso-Gomes, F. (2015b). Beach and dune reinforcement with geotextile encapsulated-sand systems. The Portuguese experience, in: *Coastal Sediments 2015*, WORLD SCIENTIFIC, ISBN 978-981-4689-96-0, doi: 10.1142/9789814689977_0174.
- das Neves, L., Lopes, M.L., Veloso-Gomes, F., Taveira-Pinto, F. (2009). Experimental Stability Analysis of Geotextile Sand-Filled Containers for Dune Erosion Control, *Journal of Coastal Research*, Pages 487–490, ISSN 0749-0208.
- das Neves, L., Moreira, A., Taveira-Pinto, F., Lopes, M.L., Veloso-Gomes, F. (2015a). Performance of submerged nearshore sand-filled geosystems for coastal protection, *Coastal Engineering*, Volume 95, January 2015, Pages 147-159, ISSN 0378-3839, doi: 10.1016/j.coastaleng.2014.10.005.
- das Neves, L., Veloso-Gomes, F., Lopes M.L. (2005). Coastal erosion control using sand-filled geotextile containers: a case study from the NW coast of Portugal, *Proceedings of the 29th International Conference Coastal Engineering*, McKee Smith Jane (ed.), Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Volume 4, pp. 3852-3864, ISBN 978-981-256-298-
- das Neves, Luciana (2003). Geossintéticos e geossistemas em engenharia costeira, MSc Thesis. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, 206pp.
- das Neves, Luciana (2011). Experimental stability analysis of geotextile encapsulated-sand systems under wave-loading, PhD Thesis, Universidade do Porto, Portugal, 290pp+app.
- Moreira, A., Gomes, J., das Neves, L., Taveira-Pinto, F., Lopes, M.L., Veloso-Gomes, F. (2015). Experimental study on the performance of a perched beach constructed with geotextile encapsulated-sand systems, in: *Coastal Sediments 2015*, WORLD SCIENTIFIC, ISBN 978-981-4689-96-0, doi: 10.1142/9789814689977_0173.
- Moreira, A., Silva Vieira, C., das Neves, L., Lopes, M.L. (2016). Assessment of friction properties at geotextile encapsulated-sand systems' interfaces used for coastal protection, *Geotextiles and Geomembranes*, Volume 44, Issue 3, June 2016, Pages 278-286, ISSN 0266-1144, <http://dx.doi.org/10.1016/j.geotextmem.2015.12.002>.
- Veloso-Gomes, F., Taveira-Pinto, F., das Neves, L., Pais-Barbosa, J. (2006). *EUrosion - a European initiative for sustainable coastal erosion management. Pilot site of river Douro - Cabo Mondego and case studies of Estela, Aveiro, Caparica, Vale do Lobo and Azores*, Porto, Portugal: IHRH/FEUP, 317p+app, ISBN 972-752-074-x.