



AVALIAÇÃO DO TRANSPORTE SEDIMENTAR EÓLICO NA PRAIA DA COSTA NOVA, AVEIRO, PORTUGAL

Frederico Romão¹; Matilde Rita²; Susana Costas³; Paulo Silva²; Carlos Coelho¹

¹CERIS, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro; ²CESAM, Departamento de Física, Universidade de Aveiro; ³CIMA/ARNET, Universidade do Algarve
fredericoromao@ua.pt, matilderita@ua.pt, scotero@ualg.pt, psilva@ua.pt, ccoelho@ua.pt.

Resumo

Neste trabalho, a medição do transporte sedimentar eólico foi realizada em 2 posições de um perfil transversal da praia da Costa Nova (Aveiro, Portugal), correspondendo à alta praia e à base da duna. Foram realizadas duas campanhas, relacionando o transporte medido com a velocidade do vento (não medida no local) e a dimensão das areias. Ocorreu transporte em ambos os locais, sendo a intensidade dependente sobretudo da exposição à direção do vento predominante.

Introdução

As zonas costeiras são ambientes dinâmicos, moldados pela interação do vento e da ondulação com os sedimentos, influenciando a morfologia da praia e das dunas (Smits *et al.*, 2024). O transporte sedimentar eólico é determinado pelas características do vento e dos sedimentos, pela humidade da areia e pela vegetação (Hoonhout e Vries, 2016), e ocorre na zona da praia emersa e na região dunar. O transporte eólico promove o crescimento e desenvolvimento das dunas (Pellón *et al.*, 2020), que constituem importantes elementos morfológicos na proteção do litoral contra o avanço do mar (René *et al.*, 2025). Neste trabalho, são apresentados os resultados de 2 campanhas de campo realizadas para a medição do transporte sedimentar eólico na praia da Costa Nova, recorrendo a diferentes tipos de armadilhas de sedimentos.

Metodologia

Foram realizadas duas campanhas de campo, com o objetivo de caracterizar o caudal sólido, a granulometria das areias, e a influência da velocidade e direção do vento, em 2 pontos do perfil (praia e duna). Uma das campanhas foi efetuada no dia 9 de dezembro de 2024, entre as 11:52 e as 14:16 (duração de 2h e 24min) e a outra no dia 19 de março de 2025, entre as 14:28 e as 16:22 (duração de 1h e 54min). Recorreu-se a 3 tipos diferentes de armadilhas de sedimentos, construídas e preparadas de acordo com o identificado na literatura, colocadas em cada ponto do perfil. Utilizaram-se caixas cúbicas (C), de 15 cm de lado, enterradas na areia com a face aberta ao nível da superfície (medindo essencialmente o transporte por arrastamento), tubos (T) posicionados na vertical, com uma abertura de 1 cm de largura e 5 cm de altura, para recolha de sedimentos transportados por saltação e um sistema constituído por 2 redes com uma malha de 63 µm (R), justapostas na vertical, cada uma com uma abertura de 4 cm de altura e 30 cm de largura, e que permitem recolher sedimentos junto à superfície (arrastamento e saltação, na entrada inferior) e à altura de 4 cm (salação, na entrada superior). O posicionamento das armadilhas correspondeu à alta praia e à parte frontal da duna (entre dunas). A orientação das armadilhas teve em consideração a direção de vento predominante nas campanhas (Figura 1).

Em laboratório, após tratamento (pesagem e lavagem), foi avaliada a massa de areia seca recolhida em cada armadilha, obtendo-se também o diâmetro mediano (d₅₀) de cada amostra. O transporte sedimentar eólico foi estimado com base na massa de areia seca, na área da secção de entrada de cada armadilha e no tempo de amostragem. Os resultados foram relacionados com as características do vento registado nos dias das campanhas, recorrendo-se ao Sistema de Medição e Previsão Oceano-Meteorológica de *Puertos del Estado* (<https://portus.puertos.es/#/>), para obter valores num ponto próximo ao local (SIMAR 1045063).

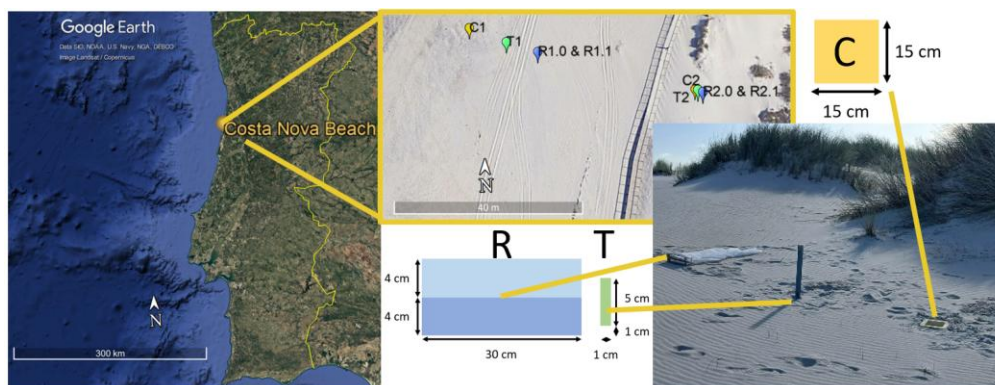


Figura 1. Praia da Costa Nova, orientada a 15°N e posição das armadilhas no campo (centro). Armadilhas colocadas na duna e respetivo esquema de aberturas: R(2.0 e 2.1), T e C (direita).

Resultados

Apresentam-se na Tabela 1, os valores da velocidade e da direção do vento, a 10 m de altura, observados durante o decorrer das campanhas, bem como os valores médios resultantes.

Tabela 1. Velocidade (V) e direção (Dir) do vento a 10 m de altura, durante as campanhas (Ca).

Ca 1	12h	13h	14h	Média	Ca 2	14h	15h	16h	Média
V (m/s)	8.00	7.79	7.59	7.79	V (m/s)	11.04	10.05	9.72	10.25
Dir (°)	357.00	2.00	6.00	1.67	Dir (°)	157.00	143.00	149.00	149.67

As quantidades de água e de sal recolhidas nas amostras de areia são desprezáveis, por comparação com a dimensão das amostras (percentagens de água inferiores a 0.12%, e de sal inferiores a 0.29%, entre todas as amostras). A armadilha que se mostrou mais eficiente na recolha de sedimentos foi a caixa cúbica (valores entre 0.02 e 4.09 kg), podendo captar sedimentos provenientes de qualquer direção. O tubo, foi a armadilha que recolheu menores quantidades de sedimentos (inferiores a 0.09 kg), sendo espetável dadas as dimensões das aberturas das diferentes armadilhas. As armadilhas de rede captaram, de forma geral, uma maior quantidade de sedimentos no nível inferior comparando com o nível superior. A armadilha R2.1 recolheu maior quantidade de sedimentos do que a R2.0, durante a campanha 2, devido à acumulação de sedimentos na entrada inferior, limitando a entrada de sedimentos em R2.0 e permitindo maior entrada de sedimentos no nível superior (por saltação). Os resultados obtidos para o transporte eólico (Tabela 2) mostram que, independentemente do tipo de armadilha, o vento de N (campanha 1) induziu maior transporte no ponto situado na praia e o vento de SSE (campanha 2), favoreceu o transporte na zona da duna. O comportamento observado na campanha 1 pode ser explicado pelo facto das armadilhas colocadas na duna estarem bastante protegidas do vento de N, por efeito da própria duna. O d50 dos sedimentos recolhidos em cada armadilha variou de 0.18 a 0.21 mm, obtendo-se maiores dimensões nas armadilhas de caixa (C) e nas redes R1.0 e R2.0, e menores dimensões nas redes R1.1 e R2.1.

O transporte por arrastamento, captado nas armadilhas de caixa, registou valores máximos na praia, durante a campanha 1 (1280×10^{-6} kg/m/s), e na duna, durante a campanha 2 (614×10^{-6} kg/m/s). Para as restantes armadilhas observa-se que, os pontos localizados na praia acabam por estar expostos à ação direta do vento nas 2 campanhas, enquanto o ponto localizado entre dunas encontra-se protegido do vento N pela duna (Ca 1), e está mais exposto ao vento SSE (Ca 2). Deste modo, em geral, obtiveram-se valores de transporte na mesma ordem de grandeza na praia, nas duas campanhas, e de ordem de grandeza distinta na duna (maiores na Ca 2). O transporte na praia, em Ca 2 é cerca de 67% a 77% do registado em Ca 1, nas redes, mas no T1 acabou por ser bastante inferior na Ca 2 (14%), devido ao abaixamento da superfície



da praia em torno do tubo durante o período de monitorização, impedindo a entrada de sedimentos por arrastamento. Este facto pode ter ocorrido por efeito da velocidade do vento.

Tabela 2. Caudal eólico sólido (Q_s , $\times 10^{-6}$ kg/m/s) para todas as armadilhas e campanhas (Ca).

	Q_s (arrastamento)		Q_s (saltação)					
	Praia	Duna	Praia			Duna		
Ca	C1	C2	T1	R1.0	R1.1	T2	R2.0	R2.1
1	1280	3	1050	291	152	46	8	7
2	537	614	149	225	102	961	1076	1328

Discussão

Neste trabalho, o transporte sedimentar eólico foi medido com recurso a 3 tipos diferentes de armadilhas, ao longo de 2 campanhas de campo. Na campanha 1 recolheram-se maiores quantidades de sedimento na praia e durante a campanha 2 recolheu-se mais sedimentos na duna, realçando a dependência da direção do vento predominante. A caixa foi a armadilha que recolheu maior quantidade de sedimentos, seguido pelas redes e finalmente pelo tubo. Strypsteen *et al.* (2021) referem o uso de um sistema de redes para recolha de sedimentos transportados pelo vento, em 2 praias da Bélgica (Mariakerke e Koksijde), obtendo estimativas de transporte superiores para Koksijde (entre 3.5 e 37.3×10^{-3} kg/m/s) e inferiores para Mariakerke (entre 2.0 e 26.8×10^{-3} kg/m/s). A diferença de valores está associada às diferenças do tamanho dos sedimentos (menor em Koksijde) e da velocidade do vento (6.3 - 11.3 m/s para Mariakerke e 9.6 - 13.1 m/s para Koksijde). Os resultados dos autores alinham-se com os resultados deste trabalho onde, maiores velocidades no vento conduzem a maiores taxas de transporte registado pelas redes. Uma armadilha semelhante foi utilizada por Eichmanns e Schüttrumpf (2020) na ilha Langeoog, Frísia Oriental, Alemanha. As armadilhas de rede, posicionadas em diferentes locais da praia, permitiram o registo de transportes sedimentares entre 6.3 e 15.8×10^{-3} kg/m/s na praia, entre 0.2 e 0.8×10^{-3} kg/m/s no pé da duna, e valores menores em zonas protegidas. Este trabalho refere que em zonas protegidas, o transporte é reduzido, tal como ocorreu na duna durante a campanha 1, onde as armadilhas se encontravam protegidas da ação direta do vento pelas dunas. Navarro *et al.* (2015) utilizaram um sistema com 10 armadilhas de rede posicionadas na vertical (cada uma com 10 cm de altura), em Valdevaqueros, Tarifa, Espanha, para medir o transporte eólico na crista e na base da duna. Na crista da duna, 90% dos sedimentos foram recolhidos nos 20 cm inferiores, enquanto na base da duna, essa percentagem foi de 63%. De uma forma geral, redes posicionadas a alturas superiores registam valores menores de transporte sedimentar eólico pois quanto mais perto da superfície, maior a quantidade de sedimento disponível, e mais formas de transporte são observadas (arrastamento e saltação). Zhang *et al.* (2026), utilizou sensores acústicos para medição do vento em 5 alturas diferentes (de 0.06 a 2.00 m), em 4 locais. Os amostradores verticais permitiram recolher sedimentos até ao máximo de 0.60 m de altura. A quantidade de sedimento transportado pelo vento diminui desde a superfície até à altura máxima dos amostradores, dependendo da altura de saltação, que está dependente da velocidade do vento (maior velocidade, maior altura de saltação).

Kaplan *et al.* (2016) aplicaram um tipo de armadilha semelhante aos tubos, em Bay Head, New Jersey, EUA, obtendo transportes até 6.0×10^{-3} kg/m/s, ilustrando grande variabilidade em função da exposição da armadilha à direção do vento (maiores valores obtidos quando o vento incide na direção da entrada da armadilha), tal como observado no presente trabalho. Finalmente, Strypsteen *et al.* (2021) usaram 3 tipos de armadilhas de sedimento (2 semelhantes às caixas e 1 semelhante aos tubos), para medição do transporte sedimentar eólico na praia de The Hors, Ilha de Texel, Países Baixos. Os resultados do transporte apresentam valores entre 0.4 - 144.9×10^{-3} e 0.5 - 6.8×10^{-3} kg/m/s para as armadilhas horizontais e no intervalo 1.5 - 126.9×10^{-3} kg/m/s para a armadilha vertical, mostrando gama de valores diferentes, para o mesmo local e condição de vento (velocidade e direção), em função do tipo de armadilha.



Conclusão

Neste trabalho, são apresentados os procedimentos e resultados de 2 campanhas de campo, realizadas na praia da Costa Nova, para medição do transporte sedimentar eólico. Os valores obtidos foram diferentes entre as duas campanhas, em resposta a diferentes valores de intensidade do vento (maior intensidade e mais transporte sedimentar na campanha 2, do que na campanha 1, dependendo do tipo de armadilha). Os diferentes locais de amostragem (praia e duna) apresentaram também diferenças no transporte eólico, o que se deve ao grau de exposição direta da armadilha ao vento. Conclui-se que, tal como a tipologia da armadilha, a direção do vento e a posição das armadilhas têm impacto no transporte sedimentar eólico medido. Este trabalho fornece alguns resultados preliminares de transporte sedimentar eólico para a praia da Costa Nova, sendo necessárias mais medições em condições diversificadas de vento para a caracterização efetiva do transporte sedimentar eólico. Estes resultados serão úteis para parametrização de modelos numéricos, avaliação da dinâmica sedimentar dos sistemas dunares e respetiva capacidade de regeneração, após tempestades.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através do projeto **UID/6438/2025** da unidade de investigação CERIS.

Referências Bibliográficas

- Eichmanns, C. e Schüttrumpf, H. (2020). "Investigating Changes in Aeolian Sediment Transport at Coastal Dunes and Sand Trapping Fences: A Field Study on the German Coast". *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(12), 1012.
- Hoonhout, B.M. e Vries, S.D. (2016). "A process-based model for aeolian sediment transport and spatiotemporal varying sediment availability". *Journal of Geophysical Research Earth Surface*, 121(8), pp. 1555–1575.
- Kaplan, K.L., Nordstrom, K.F. e Jackson, N.L. (2016). "Constraints on aeolian sediment transport to foredunes within an undeveloped backshore enclave on a developed coast". *Geomorphology*, 271, 13–21.
- Navarro, M., Muñoz-Perez, J.J., Román-Sierra, J., Ruiz-Cañavate, A. e Gómez-Pina, G. (2015). "Characterization of wind-blown sediment transport with height in a highly mobile dune (SW Spain)". *Geologica Acta*, 13(2), 155–166.
- Pellón, E., de Almeida, L.R., González, M. e Medina, R. (2020). "Relationship between foredune profile morphology and aeolian and marine dynamics: A conceptual model". *Geomorphology*, 351, 106984.
- René, C., Robin, N., Smyth, T.A.G., Hesp, P.A., Lamy, A., Raynal, O. e Heurtefeux, H. (2025). "Dynamics and sediment transport in a path-induced blowout in opposing wind conditions". *Science of the Total Environment*, 978, 179340.
- Smits, N., Goossens, D. e Riksen, M. (2024). "Effect of pedestrian trampling on aeolian sand dynamics on beach surfaces: An experimental study". *Geomorphology*, 455, 109181.
- Strypsteen, G., van Rijn, L.C., Hoogland, M.D., Rauwoens, P., Fordeyn, J., Hijma, M.P. e Lodder, Q.J. (2021). "Reducing aeolian sand transport and beach erosion by using armour layer of coarse materials". *Coastal Engineering*, 166, 103871.
- Strypsteen, G., Van Rijn, L.C. e Rauwoens, P. (2021). "Comparison of equilibrium sand transport rate model predictions with an extended dataset of field experiments at dry beaches with long fetch distance". *Aeolian Research*, 52, 100725.
- Zhang, Z., Wang, S., Han, L., Pan, K., Liu, X., Wang, R., Dong, Z. (2026). "Farmland wind erosion in the Mu Us Desert, China". *Soil and Tillage Research*, 255, 106788.