



## XI Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

# IMPACTO DA DINÂMICA BARRA-BERMA NA EVOLUÇÃO DA INTERAÇÃO BARRA-BERMA-DUNA, CONSIDERANDO O EFEITO DOS PROCESSOS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS

Ana Margarida Ferreira<sup>a)</sup>, Carlos Coelho<sup>a)</sup>, Paulo A. Silva<sup>b)</sup>

<sup>a)</sup>RISCO & Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

<sup>b)</sup>CESAM & Departamento de Física da Universidade de Aveiro

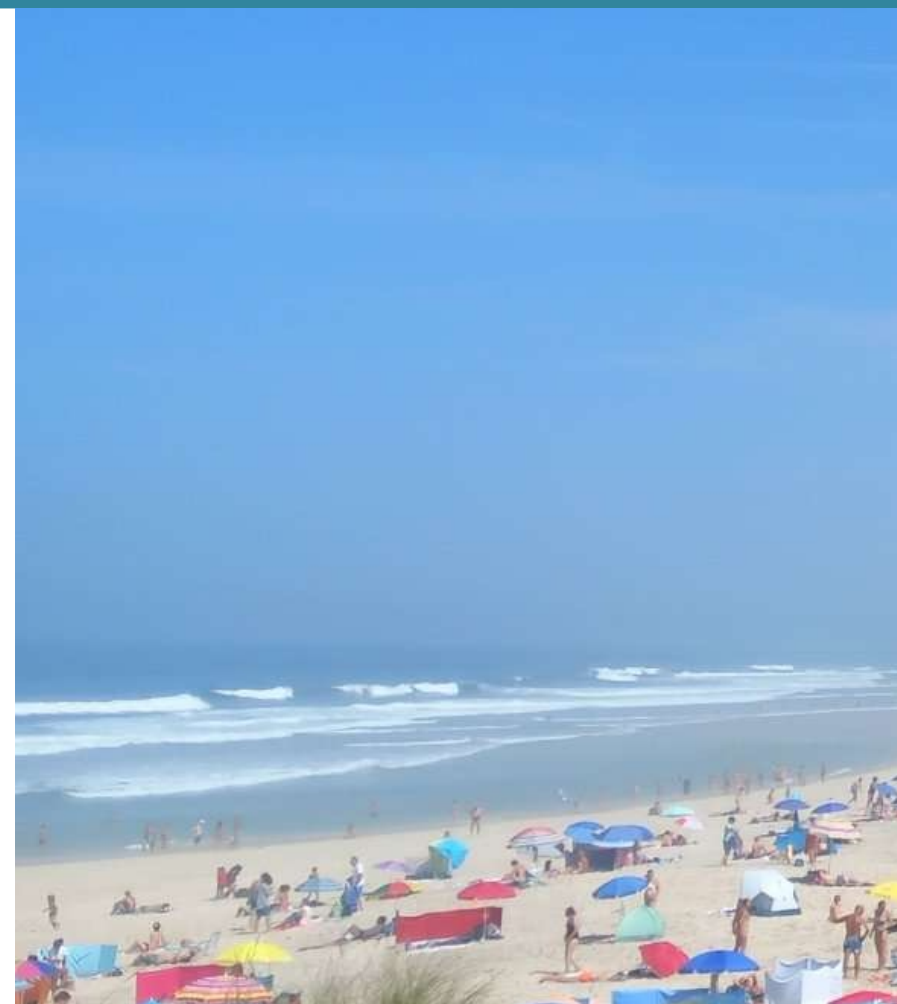
# 1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

2. METODOLOGIA

3. RESULTADOS

4. CONCLUSÕES



# 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas dunares constituem importantes elementos da morfologia costeira, pelas funções que desempenham na proteção costeira, atuando como barreira à propagação das ondas, e preservação de habitats e biodiversidade;

As intervenções de alimentação artificial de sedimentos na zona submersa da praia (barra) são uma opção frequentemente adotada para mitigar o défice sedimentar. Contudo, este tipo de deposição não tem um impacto direto na zona emersa do perfil.

## OBJECTIVO DO ESTUDO:

Aplicar um modelo numérico de médio/longo-prazo para discutir as interações barra-berma-duna, considerando o efeito combinado dos processos longitudinais e transversais de transporte de sedimentos na evolução da morfologia do litoral.

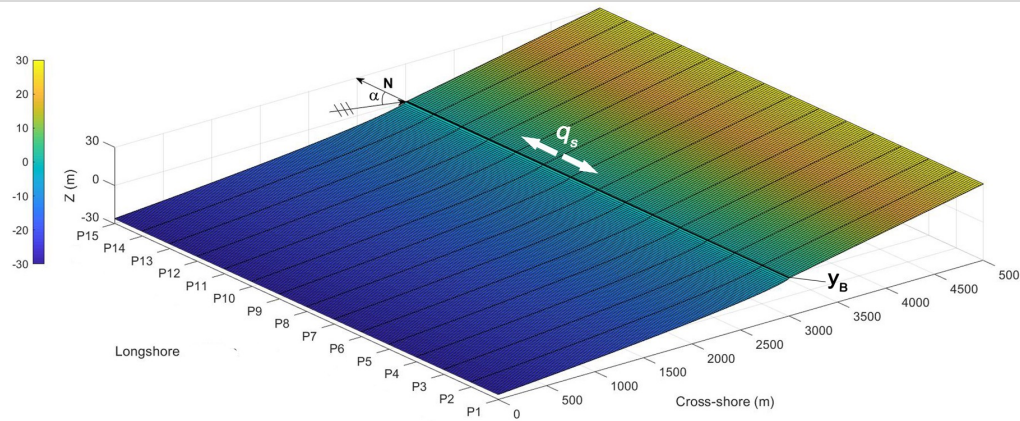
## 2. METODOLOGIA: modelo numérico

### LTC (Coelho, 2005)

#### Processos longitudinais Evolução da posição da linha de costa

A principal causa de evolução da posição da linha de costa são os gradientes de transporte longitudinal de sedimentos

$$\frac{dy_B}{dt} = -\frac{1}{D_B + D_C} \frac{\partial Q_s}{\partial x}$$

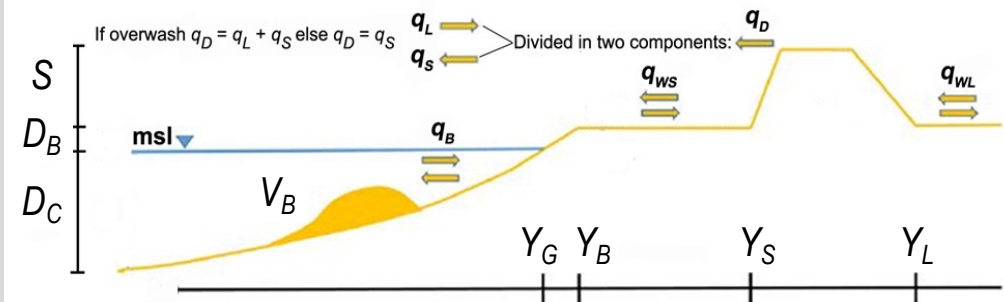


### CS-Model (Larson et al., 2016)

#### Processos transversais Evolução do perfil transversal

Simula os processos transversais relacionados com dinâmica barra-berma, erosão da duna por impacto da agitação e transporte eólico de sedimentos

$$\frac{dy_B}{dt} = \frac{1}{D_B + D_C} (-q_{WS} - q_B + q_S)$$



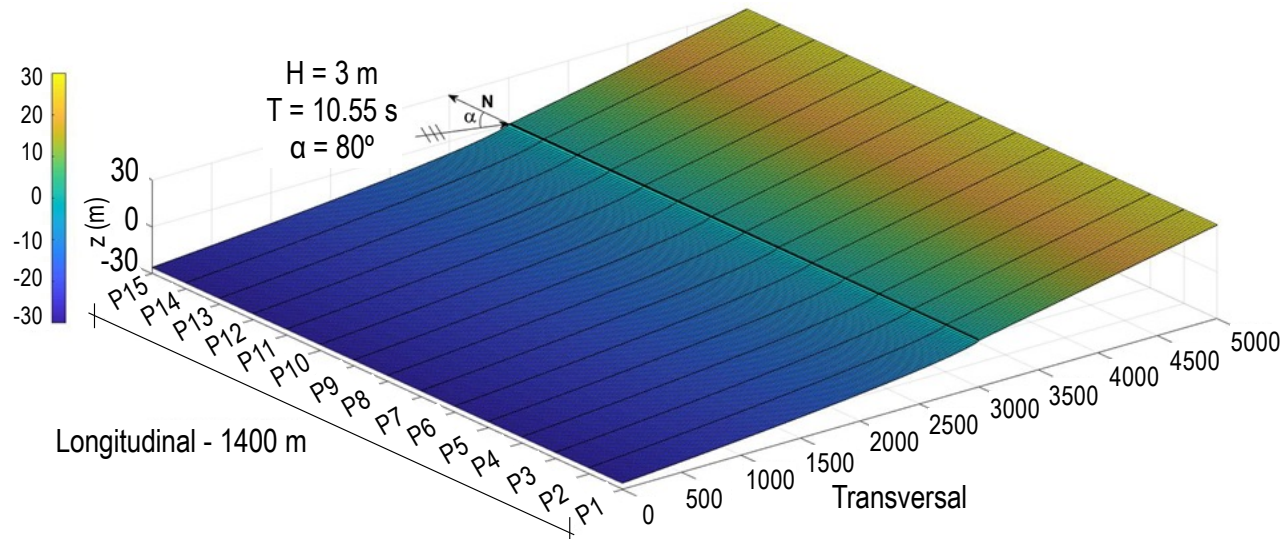
## 2. METODOLOGIA: *setup* de modelação e cenários analisados

A abordagem numérica apresentada foi aplicada com o objetivo de discutir o efeito combinado dos processos de transporte longitudinais com os processos transversais relacionados com a dinâmica barra-berma e erosão da duna induzida por impacto da agitação marítima.

O estudo considerou um horizonte temporal de um ano e, para controlar as variáveis envolvidas, foi realizado considerando um domínio de cálculo genérico com batimetria regular e paralela.

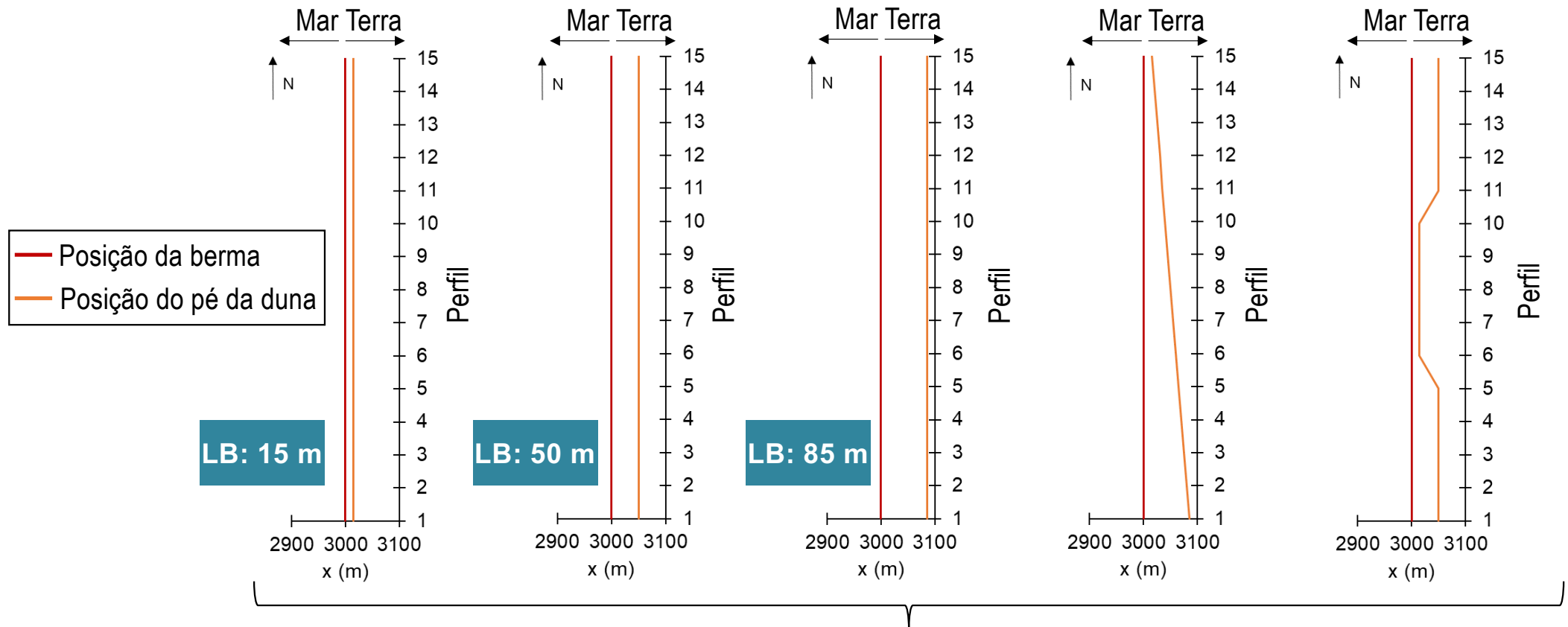
As condições fronteiras do domínio foram definidas para extrapolação das condições vizinhas.

### Domínio de cálculo com identificação dos perfis transversais



Ana Margarida Ferreira, Carlos Coelho, Paulo A. Silva – 26 de Maio de 2025, Maputo

A evolução da morfologia foi avaliada para 15 cenários distintos que combinam 5 morfologias diferentes de larguras de praia ao longo do domínio com 3 situações distintas de volumes de barra submersa dos perfis transversais.



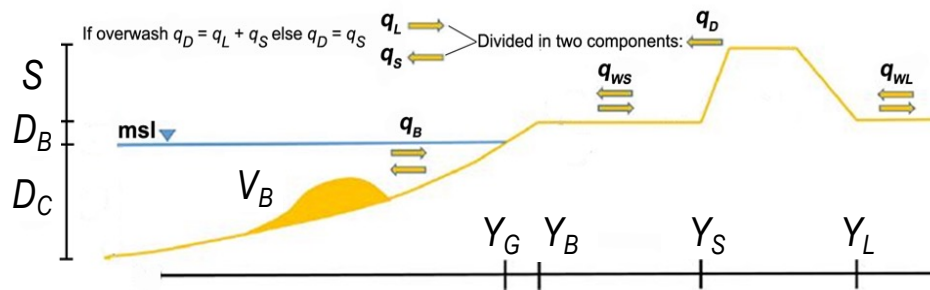
I: em equilíbrio com a agitação -  $V_{bar} = 129.46 \text{ m}^3/\text{m}$ ;

II: com excesso de sedimentos, representativo de alimentação de sedimentos na barra submersa -  $V_{bar} = 489.23 \text{ m}^3/\text{m}$ ;

III: com déficit sedimentar, representativo de um perfil fragilizado -  $V_{bar} = 8.39 \text{ m}^3/\text{m}$

## 2. METODOLOGIA: *setup* de modelação e cenários analisados

- Morfologia dos perfis transversais ao longo do domínio:

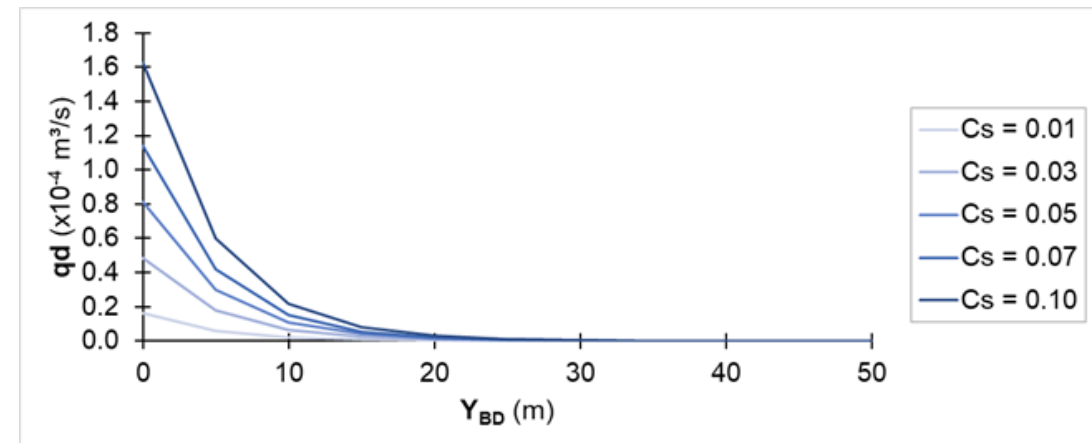


| $\beta_L$ | $\beta_S$ | $Y_G$ | $Y_B$ | $Y_S$ | $S$ | $D_B$ | $D_C$ |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|
| (rad)     | (rad)     | (m)   | (m)   | (m)   | (m) | (m)   | (m)   |
| 0.32      | 0.24      | 3000  | 3040  | 3090  | 6   | 2.8   | 15    |

- Erosão da duna induzida pelo impacto da agitação marítima:

$$q_D = 4C_S \frac{(R + \Delta h - z_D)^2}{T}, R > z_D - \Delta h$$

Erosão da duna induzida por impacto da agitação marítima em função da largura da berma e o coeficiente empírico de transporte de sedimentos ( $C_S$ ) – Ferreira *et al.* (2024)



### 3. RESULTADOS: largura de berma constante ao longo do domínio = 50 m

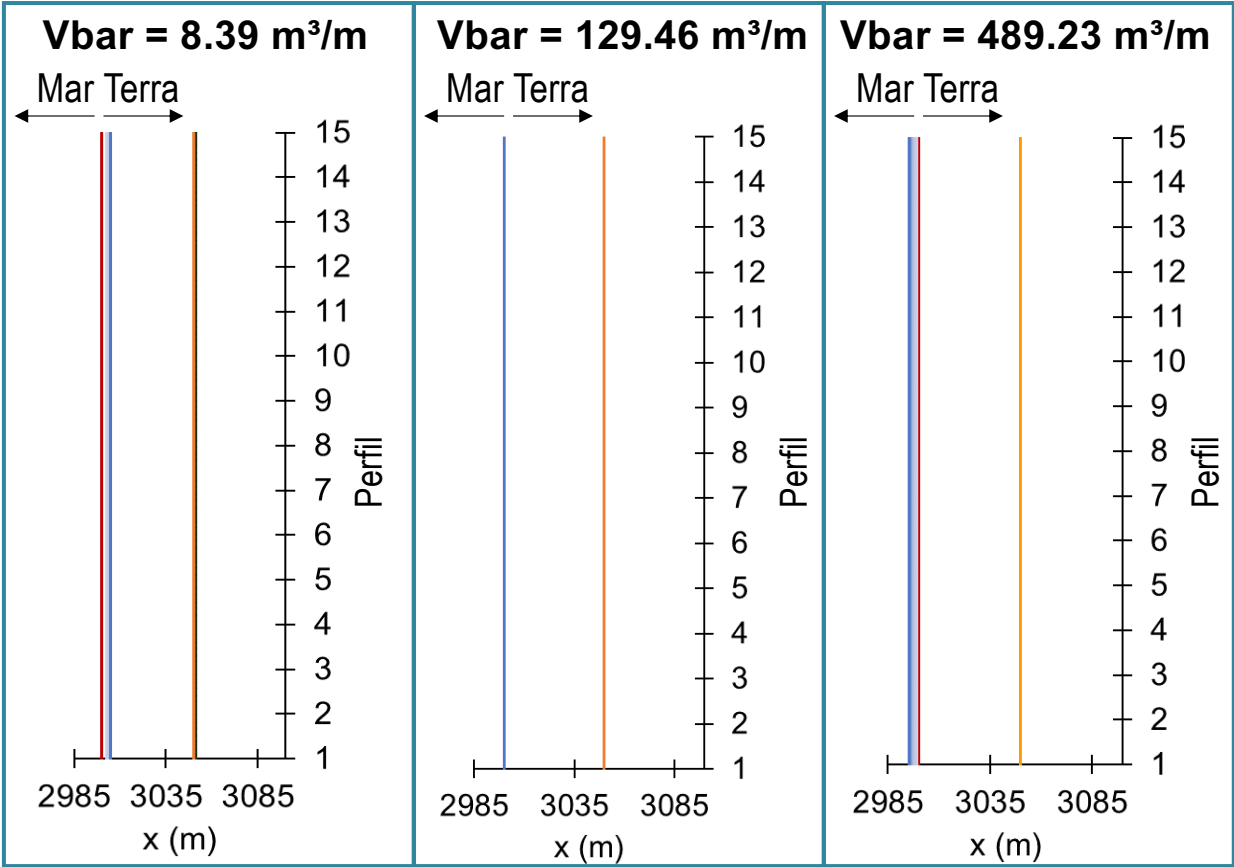


— Posição inicial da berma; — Posição inicial do pé da duna  
Linhas azuis: posição mensal da berma, escurecendo gradualmente até o final da simulação  
Linhas verdes: posição mensal do pé da duna, escurecendo gradualmente até o final da simulação

Evolução da morfologia dominada pelos processos transversais relacionados com dinâmica barra-berma;  
O volume da barra tende a convergir para o equilíbrio, resultando em trocas sedimentares com a berma.

**Variação da morfologia no final da simulação**  
 $Y_S$ : Posição do pé da duna;  $Y_B$ : Posição da berma

|                  | Inicial $V_{bar}$ (m³/m) |        |        |
|------------------|--------------------------|--------|--------|
|                  | 8.39                     | 129.46 | 489.23 |
| $\Delta Y_S$ (m) | 0.00                     | 0.00   | 0.00   |
| $\Delta Y_B$ (m) | -4.90                    | 0.00   | 4.51   |



### 3. RESULTADOS: largura de berma constante ao longo do domínio = 15 m

— Posição inicial da berma; — Posição inicial do pé da duna

Linhas azuis: posição mensal da berma, escurecendo gradualmente até o final da simulação

Linhas verdes: posição mensal do pé da duna, escurecendo gradualmente até o final da simulação

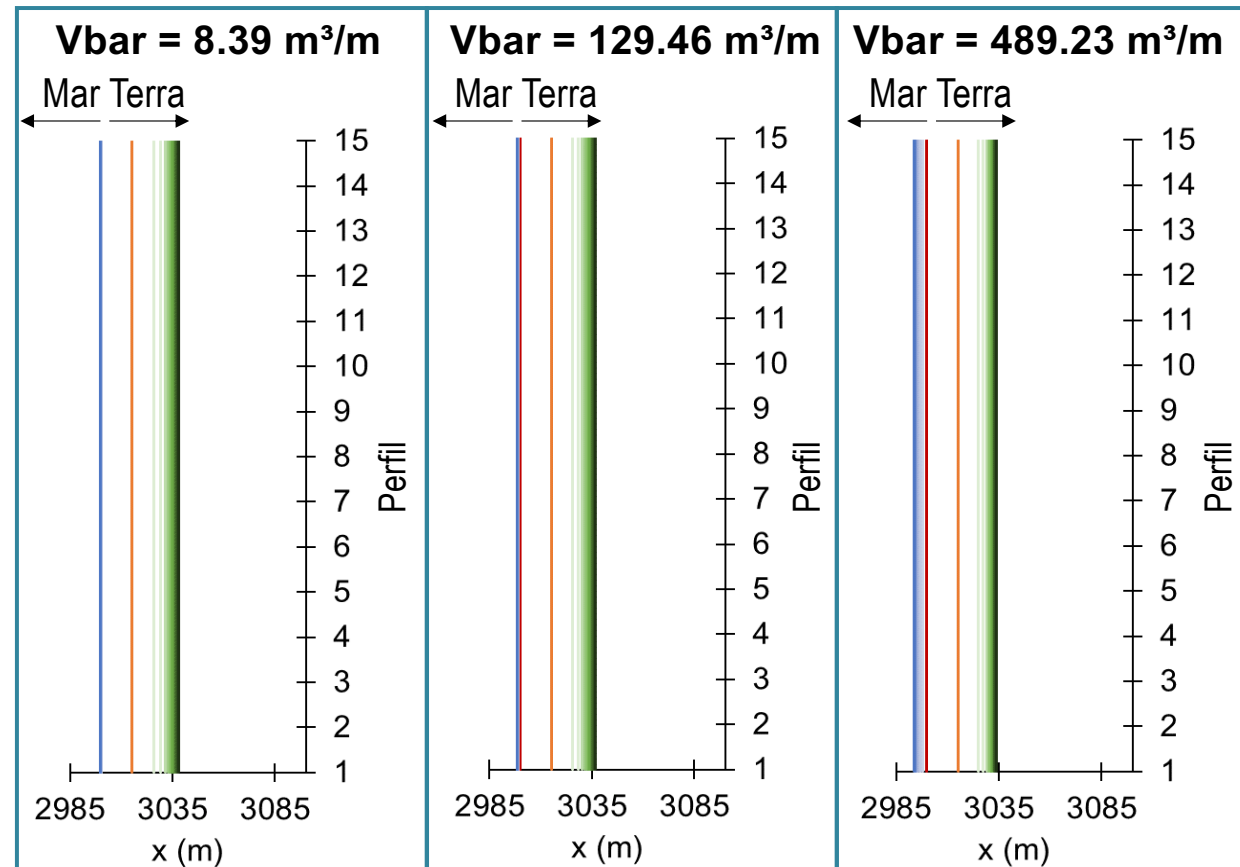
Evolução da morfologia resulta da relação entre os processos transversais relacionados com dinâmica barra-berma e erosão da duna;

O ataque à duna resulta em recuo da duna que é mitigado pela alimentação artificial da barra.

**Variação da morfologia no final da simulação**

$Y_S$ : Posição do pé da duna;  $Y_B$ : Posição da berma

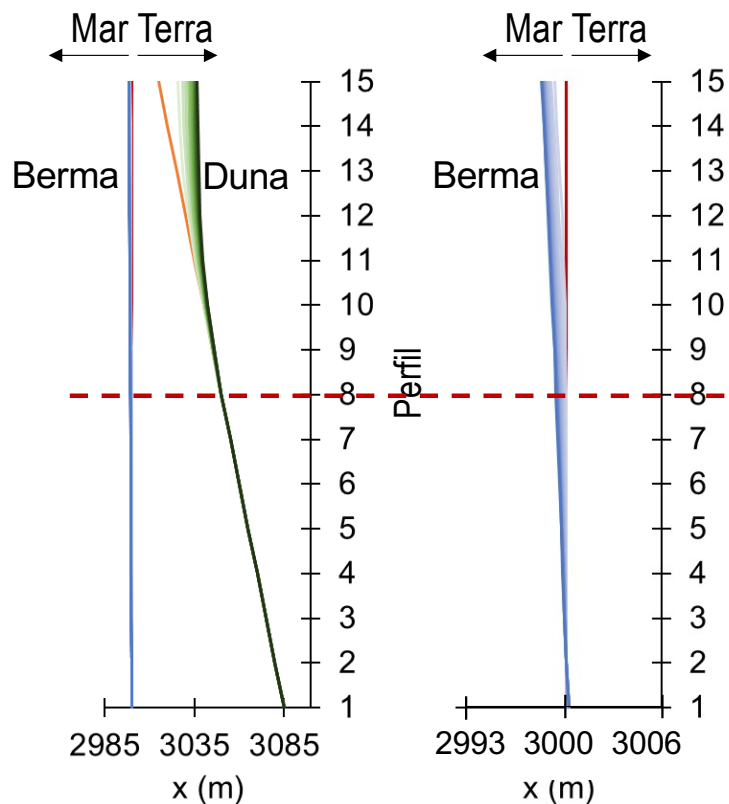
|                  | Inicial $V_{bar}$ ( $m^3/m$ ) |        |        |
|------------------|-------------------------------|--------|--------|
|                  | 8.39                          | 129.46 | 489.23 |
| $\Delta Y_S$ (m) | -22.98                        | -21.56 | -18.73 |
| $\Delta Y_B$ (m) | 0.22                          | 1.70   | 5.99   |



### 3. RESULTADOS: largura de berma variável ao longo do domínio

**Vbar = 129.46 m<sup>3</sup>/m**

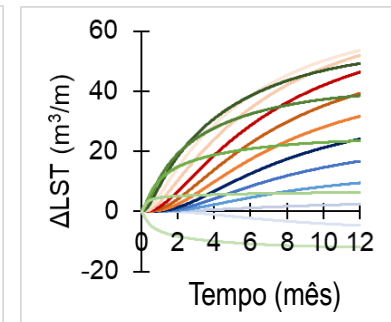
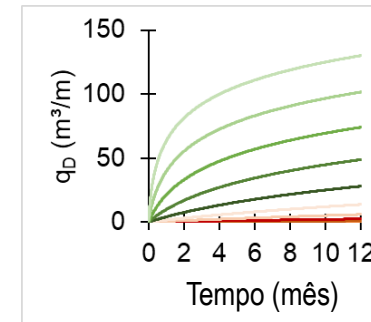
— Posição inicial da berma; — Posição inicial do pé da duna  
Linhas azuis: posição mensal da berma, escurecendo até o final da simulação;  
Linhas verdes: posição mensal do pé da duna, escurecendo até o final da simulação



$$\Delta Y_B (m) = 0.64 \text{ m (L+T)}$$

$$\Delta Y_B (m) = 0.00 \text{ m (T)}$$

Erosão da duna (m<sup>3</sup>/m)      Gradiente longitudinal (m<sup>3</sup>/m)



P1  
P2  
P3  
P4  
P5  
P6  
P7  
P8  
P9  
P10  
P11  
P12  
P13  
P14  
P15

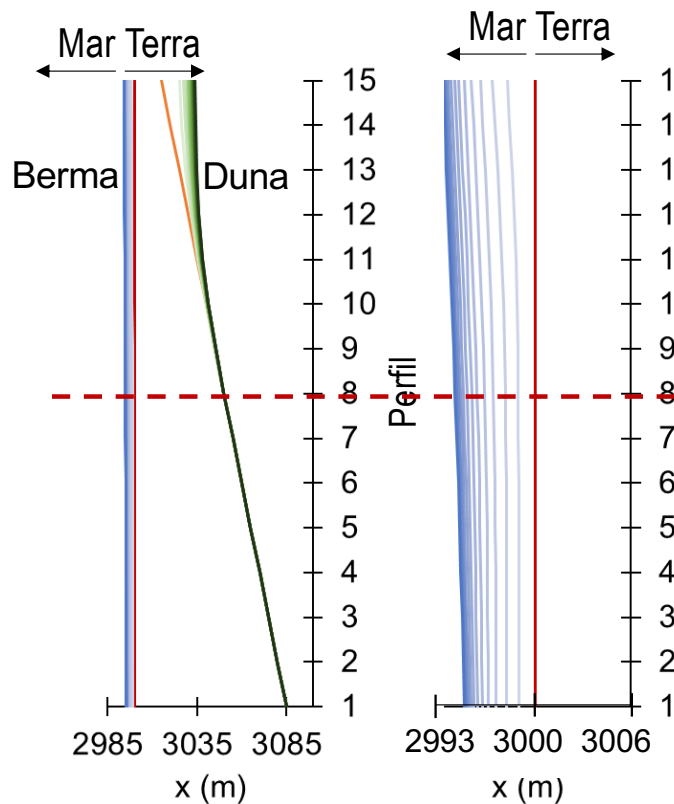
Evolução da morfologia depende do efeito combinado dos processos de transporte longitudinais e transversais de sedimentos;

Os gradientes de transporte longitudinal de sedimentos levam a avanço da posição da linha de costa em perfis em equilíbrio em termos de dinâmica transversal;

### 3. RESULTADOS: largura de berma variável ao longo do domínio

**Vbar = 489.23 m<sup>3</sup>/m**

— Posição inicial da berma; — Posição inicial do pé da duna  
Linhas azuis: posição mensal da berma, escurecendo até o final da simulação;  
Linhas verdes: posição mensal do pé da duna, escurecendo até o final da simulação



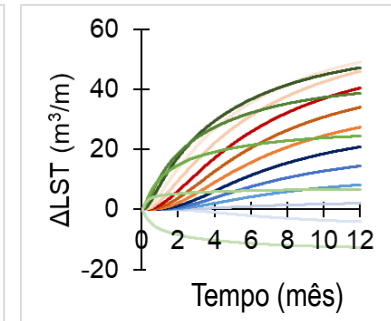
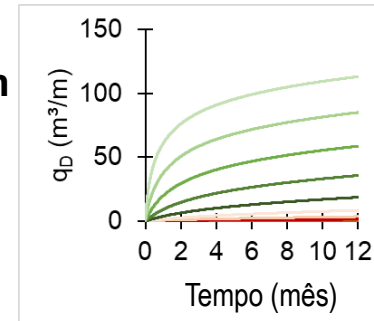
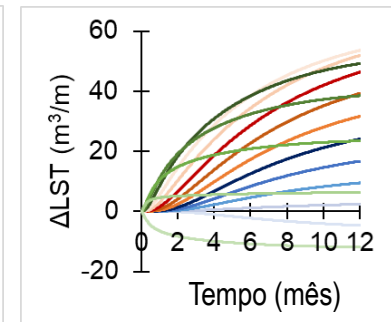
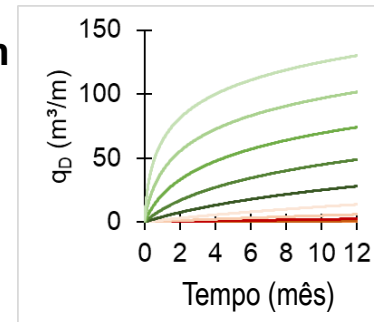
**Vbar**  
**129.46 m<sup>3</sup>/m**

**Vbar**  
**489.23 m<sup>3</sup>/m**

$\Delta Y_B (m) = 5.06 \text{ m (L+T)}$   
 $\Delta Y_B (m) = 4.51 \text{ m (T)}$

Erosão da duna (m<sup>3</sup>/m)

Gradiente longitudinal (m<sup>3</sup>/m)

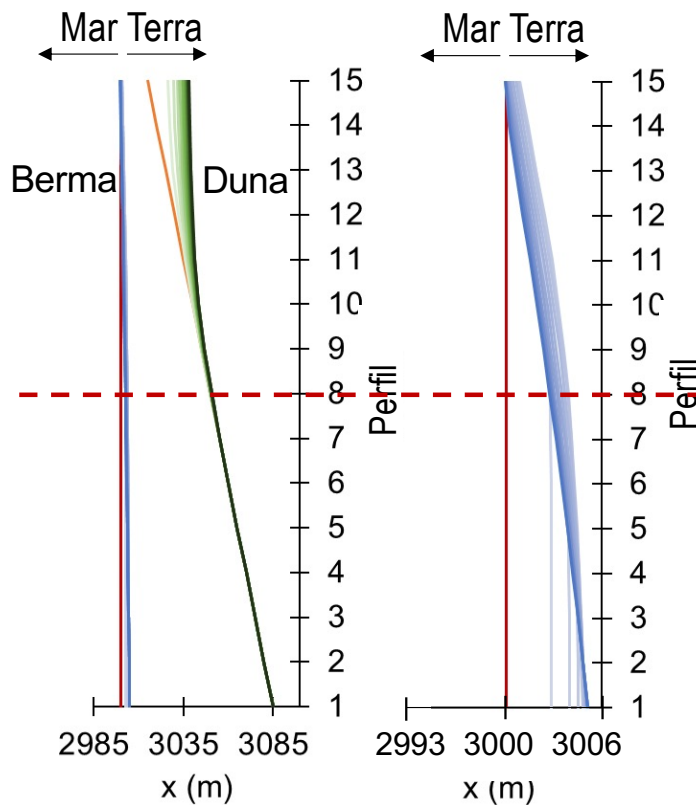


- P1
- P2
- P3
- P4
- P5
- P6
- P7
- P8
- P9
- P10
- P11
- P12
- P13
- P14
- P15

### 3. RESULTADOS: largura de berma variável ao longo do domínio

**Vbar = 8.39 m<sup>3</sup>/m**

— Posição inicial da berma; — Posição inicial do pé da duna  
Linhas azuis: posição mensal da berma, escurecendo até o final da simulação;  
Linhas verdes: posição mensal do pé da duna, escurecendo até o final da simulação



**Vbar**  
**129.46 m<sup>3</sup>/m**

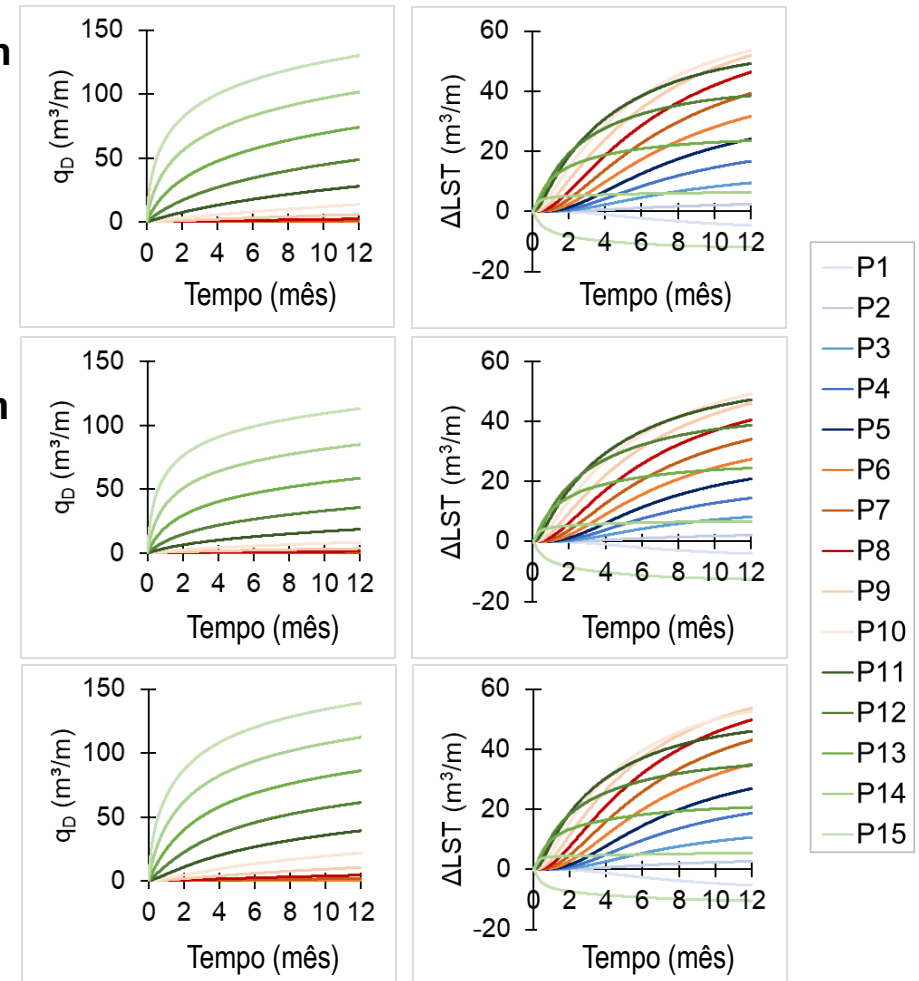
**Vbar**  
**489.23 m<sup>3</sup>/m**

**Vbar**  
**8.39 m<sup>3</sup>/m**

$$\Delta Y_B (m) = -2.07 \text{ m (L+T)}$$

$$\Delta Y_B (m) = -4.09 \text{ m (T)}$$

Erosão da duna (m<sup>3</sup>/m) Gradiente longitudinal (m<sup>3</sup>/m)



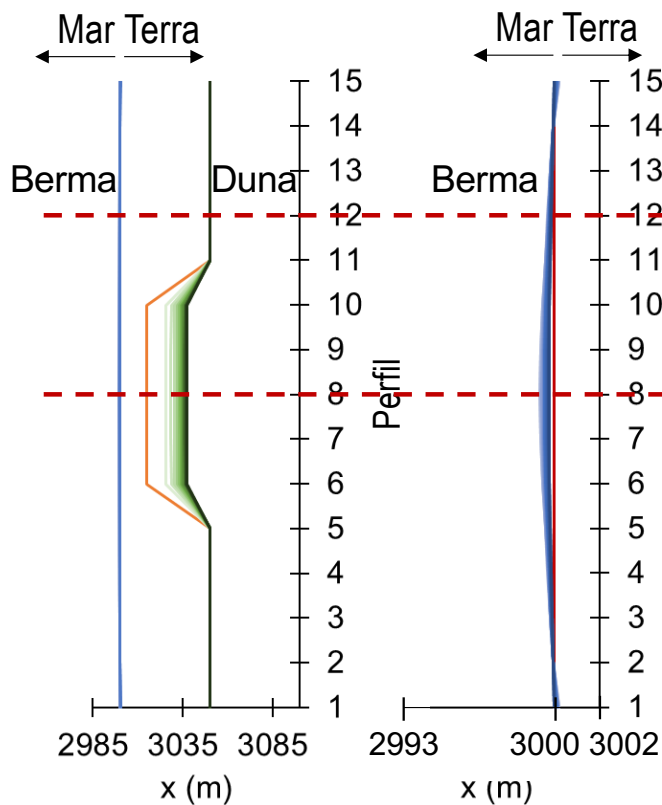
### 3. RESULTADOS: largura de berma variável ao longo do domínio

**Vbar = 129.46 m<sup>3</sup>/m**

— Posição inicial da berma; — Posição inicial do pé da duna

Linhas azuis: posição mensal da berma, escurecendo até o final da simulação;

Linhas verdes: posição mensal do pé da duna, escurecendo até o final da simulação



$$\Delta Y_B (m) = 0.12 \text{ m (L+T)}$$

$$\Delta Y_B (m) = 0.00 \text{ m (T)}$$

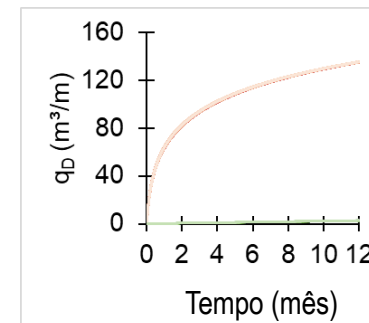
$$\Delta Y_B (m) = 0.21 \text{ m (L+T)}$$

$$\Delta Y_B (m) = 1.70 \text{ m (T)}$$

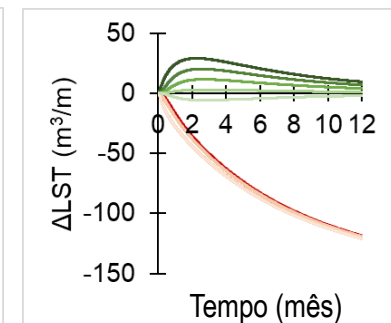
$$\Delta Y_S (m) = -22.48 \text{ m (L+T)}$$

$$\Delta Y_S (m) = -21.56 \text{ m (T)}$$

Erosão da duna (m<sup>3</sup>/m)



Gradiente longitudinal (m<sup>3</sup>/m)



P1  
P2  
P3  
P4  
P5  
P6  
P7  
P8  
P9  
P10  
P11  
P12  
P13  
P14  
P15

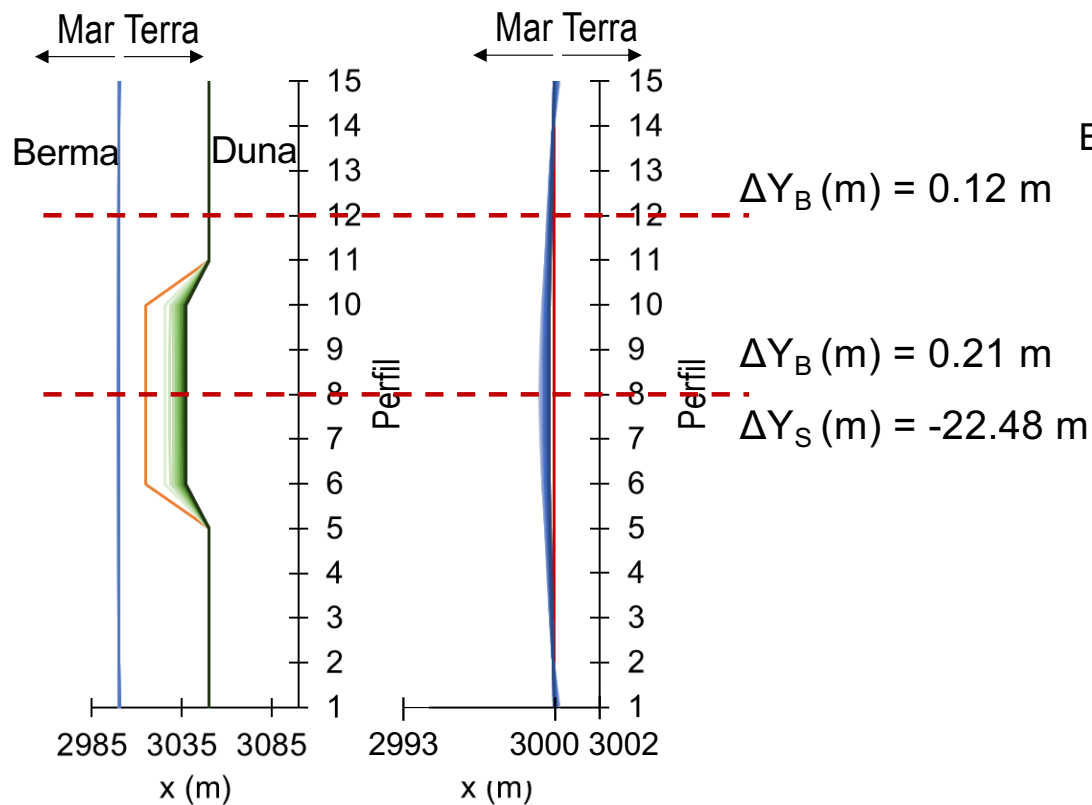
Os gradientes de transporte longitudinal de sedimentos levam a avanço da posição da linha de costa em perfis em equilíbrio em termos de dinâmica transversal;

A dispersão dos sedimentos reduz os avanços observados nos perfis intermédios, por comparação com o avanço observado quando apenas se considera os processos transversais.

### 3. RESULTADOS: largura de berma variável ao longo do domínio

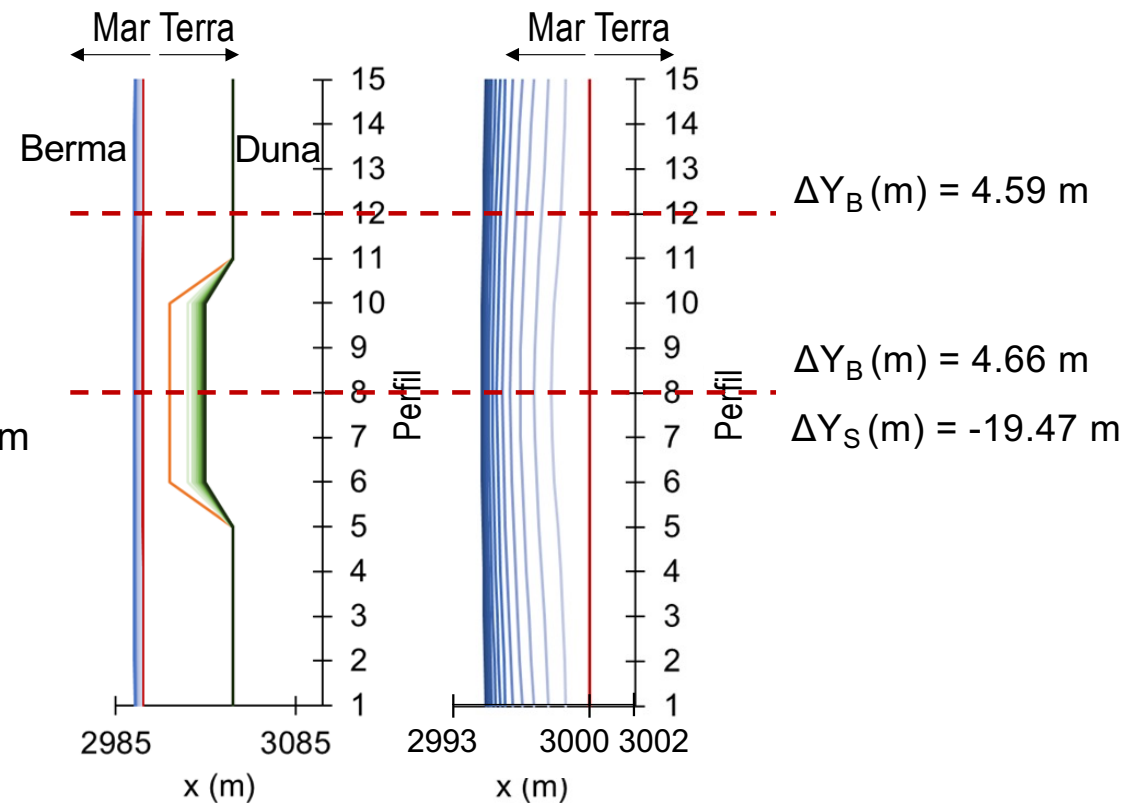
**Vbar = 129.46 m<sup>3</sup>/m**

— Posição inicial da berma; — Posição inicial do pé da duna  
Linhas azuis: posição mensal da berma, escurecendo até o final da simulação;  
Linhas verdes: posição mensal do pé da duna, escurecendo até o final da simulação



**Vbar = 489.23 m<sup>3</sup>/m**

— Posição inicial da berma; — Posição inicial do pé da duna  
Linhas azuis: posição mensal da berma, escurecendo até o final da simulação;  
Linhas verdes: posição mensal do pé da duna, escurecendo até o final da simulação

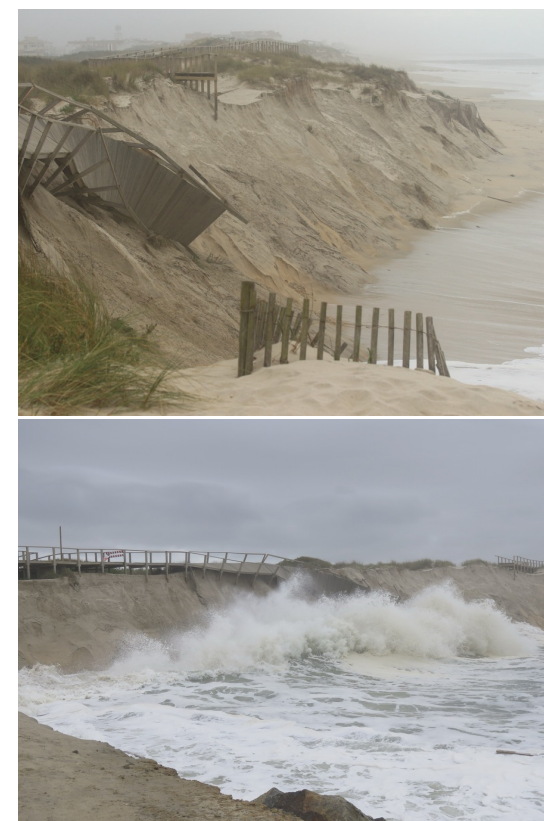


## 4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

**Os resultados destacam a relação entre processos de transporte de sedimentos longitudinais e transversais:**

- Perfis transversais com menores larguras de berma são mais vulneráveis à erosão da duna e a dinâmica barra-submersa tem impacto na evolução da duna;
- A alimentação da barra submersa mitiga a erosão da duna e o recuo da linha de costa, contribuindo os gradientes de transporte longitudinal de sedimentos para a dispersão dos sedimentos depositados ao longo do domínio de cálculo;
- Os resultados do modelo têm potencial para auxiliar a gestão costeira, nomeadamente no que se refere ao estudo do desempenho e longevidade de alimentação artificial de sedimentos;
- Os futuros desenvolvimentos focam-se na aplicação do modelo a casos de estudo reais, incluindo séries de agitação marítima reais.

**Eventos de erosão da duna registados em Portugal (Costa Nova), em Fevereiro de 2025**





## XI Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa

# OBRIGADA PELA ATENÇÃO!

Ana Margarida Ferreira

[margarida.ferreira@ua.pt](mailto:margarida.ferreira@ua.pt)

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem o apoio financeiro disponibilizado à Ana Margarida Ferreira à Universidade de Aveiro e à FCT através da bolsa de doutoramento 2021.07269.BD e à FCT/MCTES pelo apoio financeiro ao CERIS e CESAM, através de fundos nacionais.



universidade  
de aveiro



Fundação  
para a Ciência  
e a Tecnologia