LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

João Nuno Fernandes [1]
João Soromenho Rocha [2]

[1] Bolseiro de Investigação, jnfernandes@lnec.pt
[2] Investigador coordenador, jrocha@lnec.pt

© LNEC 2006

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

ORGANIZAÇÃO

- Âmbito e Objectivos
- Principal informação disponível
- Análise da evolução morfológica do fundo
- Erosão localizada na cabeça do esporão
- Principais conclusões

© LNEC 2006

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

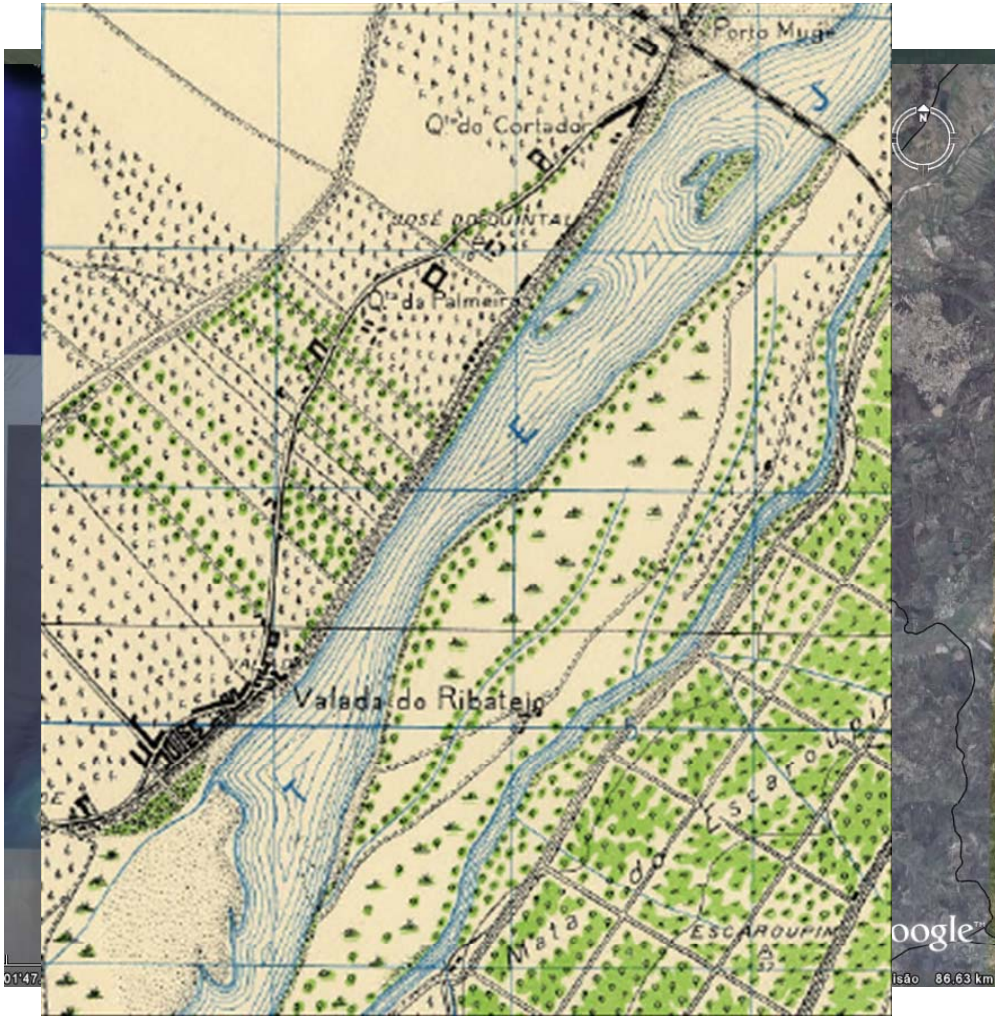
ÂMBITO E OBJECTIVOS

Captação de água da EPAL no rio Tejo em Valada

- Abastece cerca de 1/3 da zona de Lisboa;
- Projectada em 1959;
- Inicio de funcionamento em 1963;
- Troço de rio com leito aluvionar;
- Influência da maré;
- Fenómenos de assoreamento (grande entrada de sedimentos, sobretudo nos períodos de estiagem).

Solução recomendada

- Construção de um esporão na margem esquerda (oposta à captação de água)
- Abertura de um canal através de dragagem, que orienta o escoamento em direcção à tomada de água da Valada;
- Necessidade de mais esporões analisada posteriormente.



© LNEC 2006

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

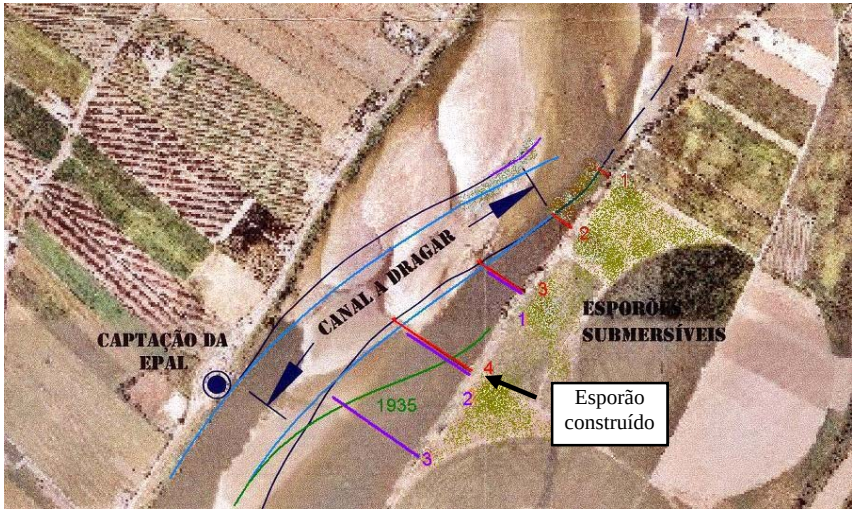
ÂMBITO E OBJECTIVOS

Fase de projecto

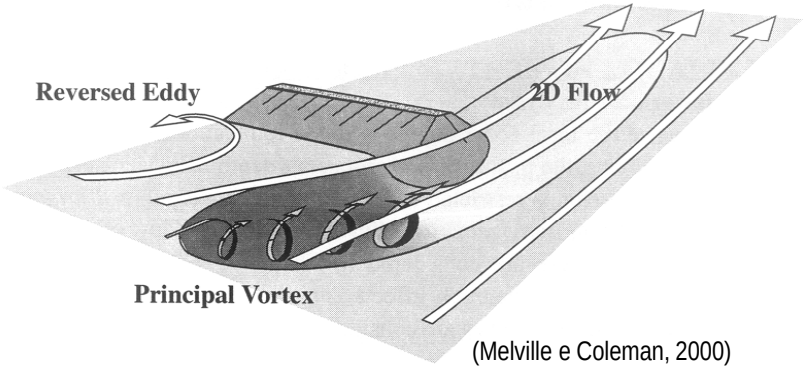
Fase de construção

Fase de monitorização:

- Análise da evolução morfológica do leito do rio
- Avaliação da erosão localizada na cabeça do esporão



Estrutura do escoamento na presença do esporão



(Melville e Coleman, 2000)

© LNEC 2006

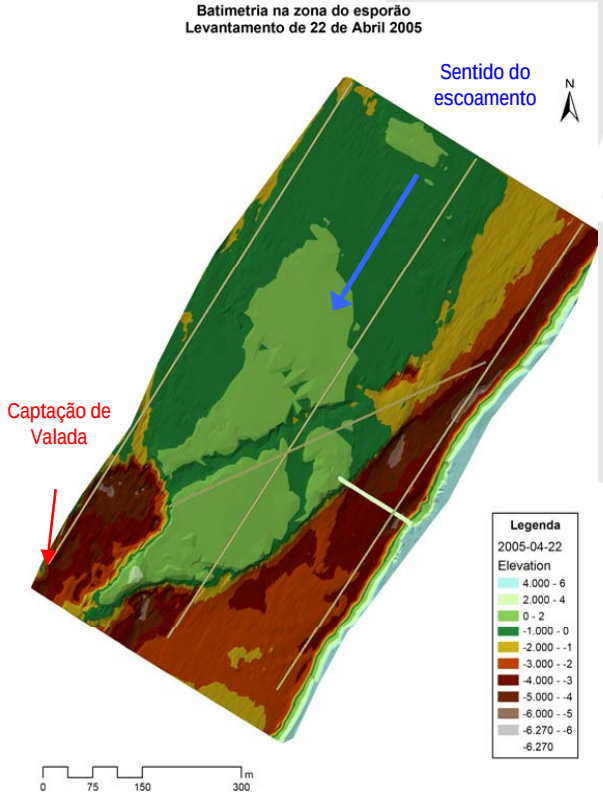
EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

PRINCIPAL INFORMAÇÃO DISPONÍVEL - BATIMETRIA

Levantamentos batimétricos disponíveis:

- Levantamento de 22 de Abril de 2005 – Antes do início da construção do esporão (situação de referência);
- Levantamento de 8 de Julho de 2005 – Correspondente ao final da construção do esporão ("Telas finais");
- Levantamento de 12 de Abril de 2006 – 9 meses após a conclusão do esporão e após um Inverno sem cheias significativas;
- Levantamento de Janeiro de 2007 – 18 meses após a conclusão do esporão e após um Inverno com 2 cheias significativas.



© LNEC 2006

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

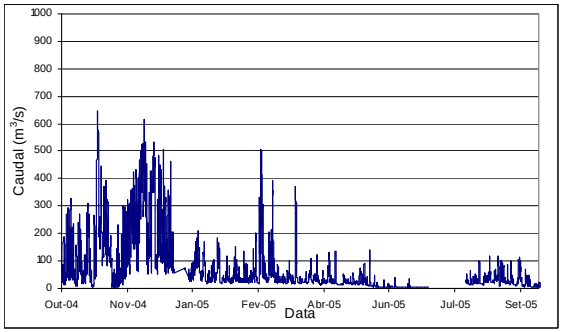
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

PRINCIPAL INFORMAÇÃO DISPONÍVEL – Dados hidrométricos

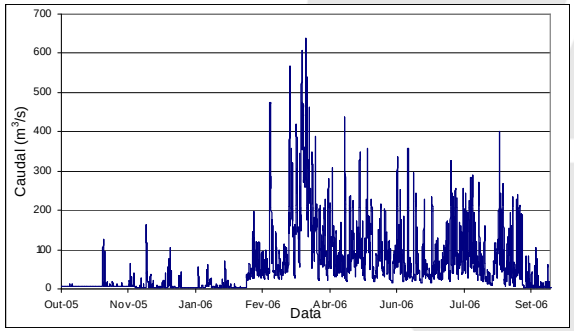
→Das 3 estações hidrométricas instaladas no rio Tejo, foi seleccionada a de Almourol (17G/02H) - Maior número de dados e maior concordância com os níveis medidos na captação de Valada

→ Séries de caudais instantâneos para os anos hidrológicos de 2004/05 a 2006/07, para a estação hidrométrica de Almourol (obtidas do site do SNIRH)

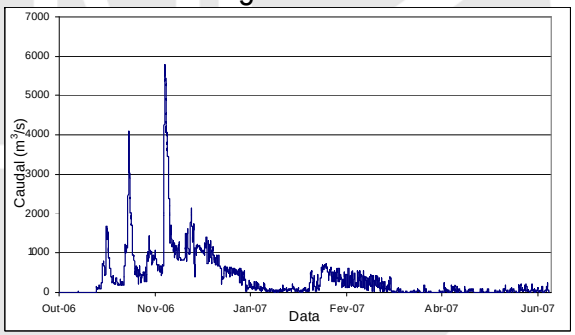
Ano hidrológico de 2004/2005



Ano hidrológico de 2005/2006



Ano hidrológico de 2006/2007



→ Construção: Início - Abril/Maio de 2005
Final - Julho de 2005

→ Efeito da maré presente na captação de Valada para 4000 m^3/s, mas não em 6000 m^3/s

→ Duas cheias significativas no ano hidrológico de 2006/2007 → 4/11 e 24/11

© LNEC 2006

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

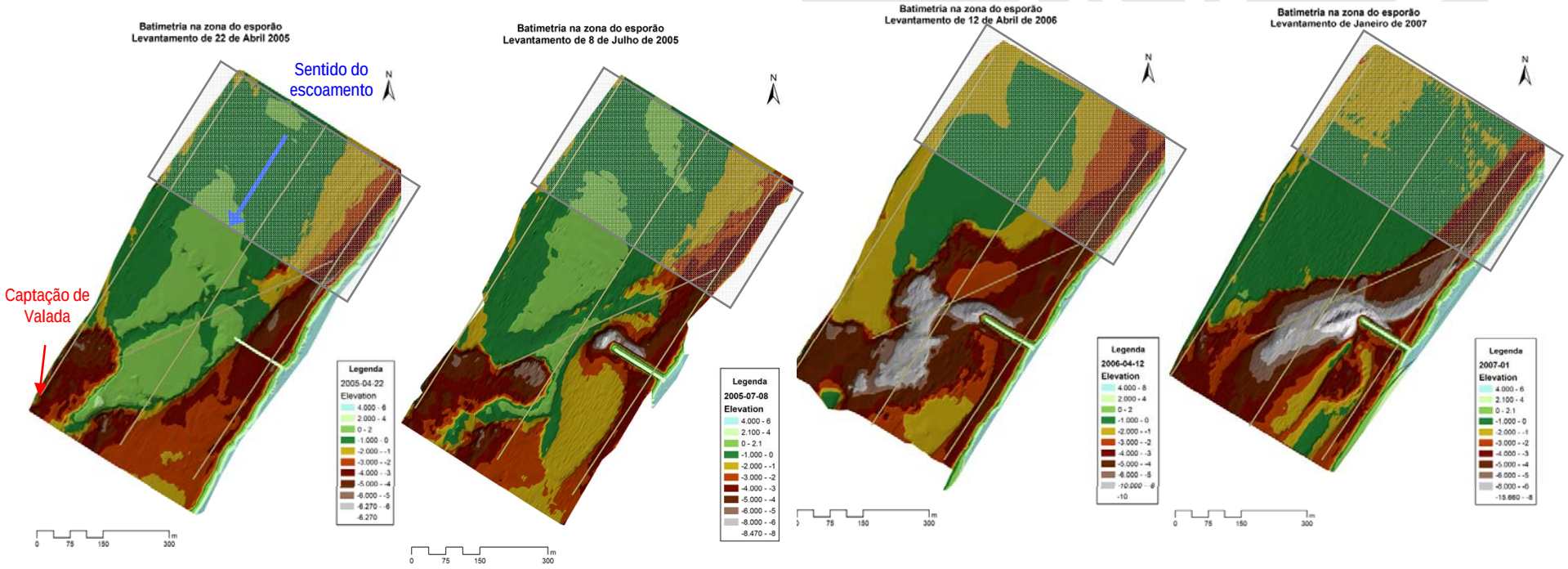
ANÁLISE DA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO FUNDO

Levantamentos

Abril de 2005; Julho de 2005; Abril de 2006; Janeiro de 2007

Comparação global

Primeiros 300 m de montante sem diferenças significativas do fundo aluvionar nos 3 primeiros levantamentos, evidenciando-se um ligeiro assoreamento na zona central após as cheias de Novembro de 2006



© LNEC 2006

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

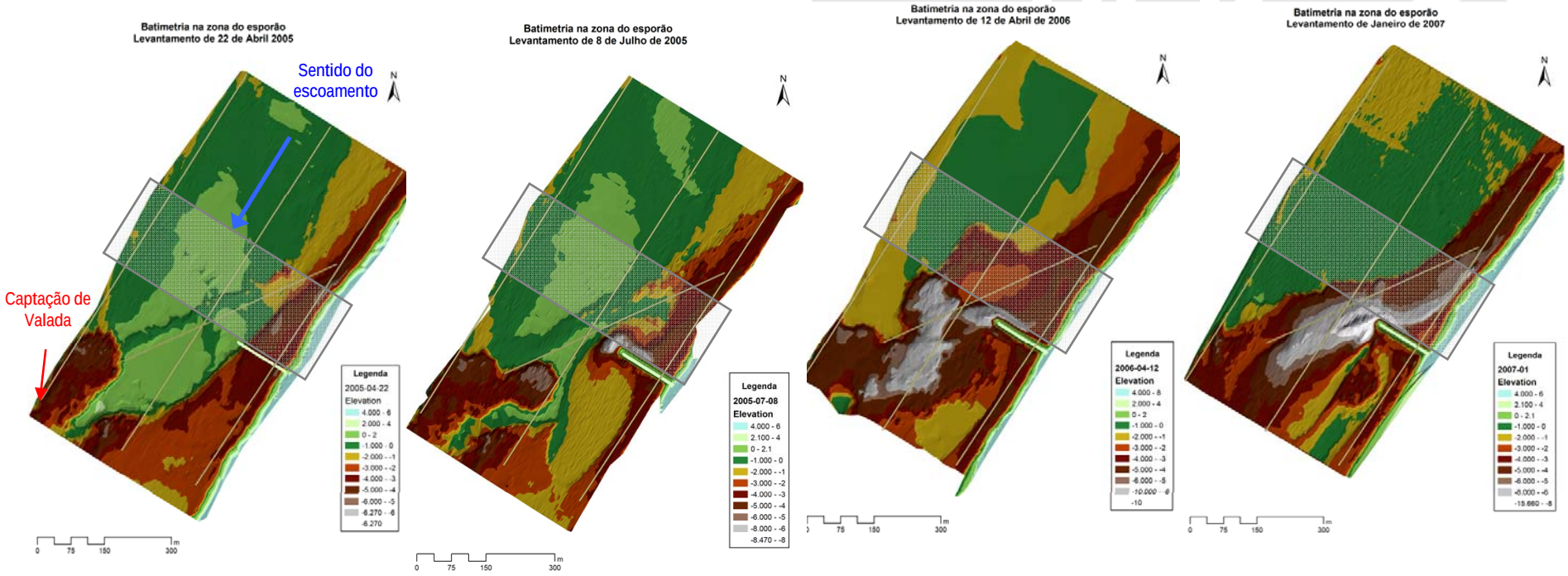
ANÁLISE DA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO FUNDO

Levantamentos

Abril de 2005; Julho de 2005; Abril de 2006; Janeiro de 2007

Comparação global

Até à secção correspondente ao esporão, são pequenas as diferenças entre os 2 primeiros levantamentos.
De Julho 2005 para Abril de 2006 verifica-se um abaixamento expressivo em grande parte da secção (dragagem), o qual foi reposto em parte pelas cheias, com excepção da zona de influência do esporão.



© LNEC 2006

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

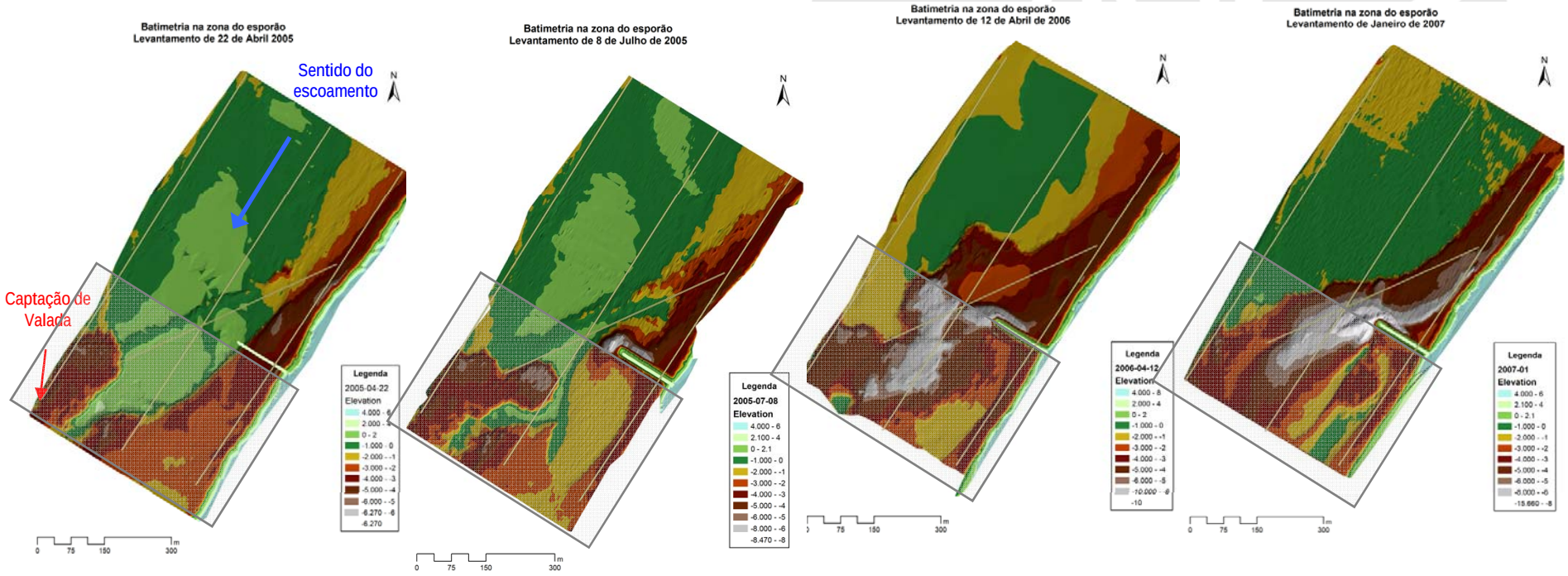
ANÁLISE DA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO FUNDO

Levantamentos

Abril de 2005; Julho de 2005; Abril de 2006; Janeiro de 2007

Comparação global

A jusante do esporão verifica-se um re-preenchimento do fundo junto à margem esquerda e a abertura de um canal de escoamento preferencial



© LNEC 2006

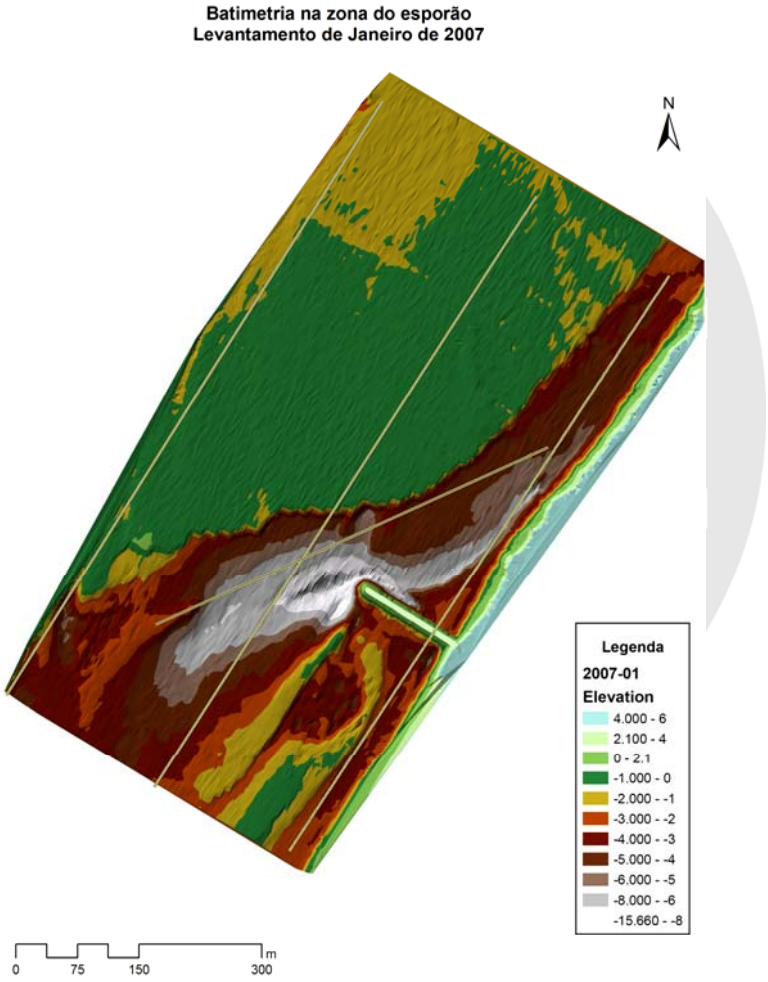
EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO FUNDO

Perfis levantados:

- Sopé das margens
- Eixo do rio
- Eixo do canal em dragagem
- Secção transversal do rio situada no eixo do esporão



© LNEC 2006

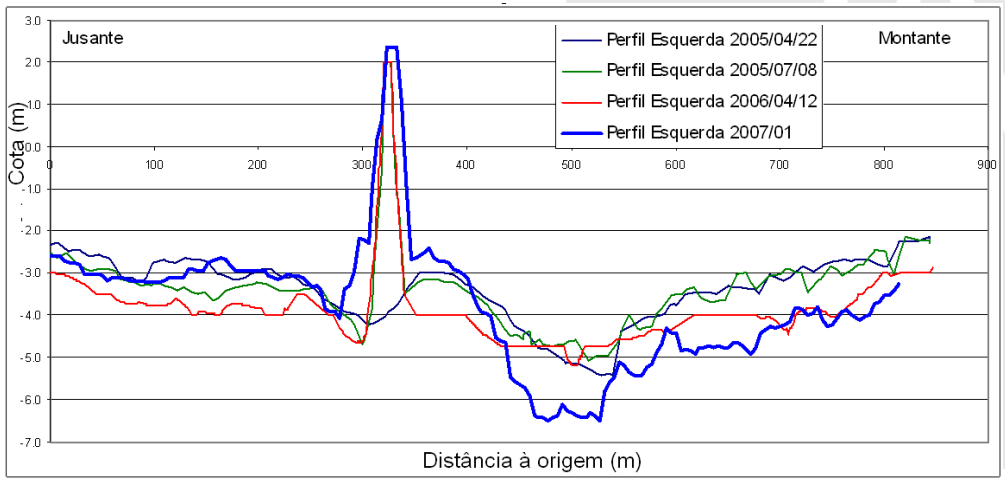
EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO FUNDO

Sopé da margem esquerda

→ Pequenas diferenças entre os três primeiros levantamentos
→ Denota-se um abaixamento progressivo do fundo (máx. de 1 m) nos 400 m de montante
→ Para jusante do esporão houve uma tendência para um assoreamento da mesma ordem de grandeza.



© LNEC 2006

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

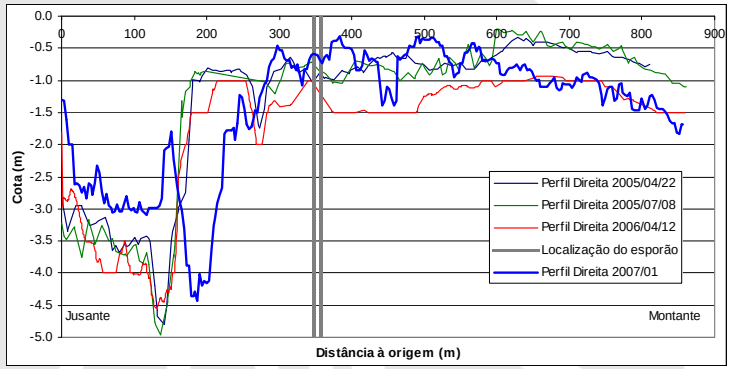
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO FUNDO

Sopé da margem direita

→ Primeiros 3 levantamentos sem diferenças significativas até uma distância de 180 m do início do perfil. Aprofundamento de 0,5 m daí para montante

→ Último levantamento sem modificações significativas a montante do esporão. A jusante verifica-se uma deslocação para montante da zona mais funda, em cerca de 50 m.

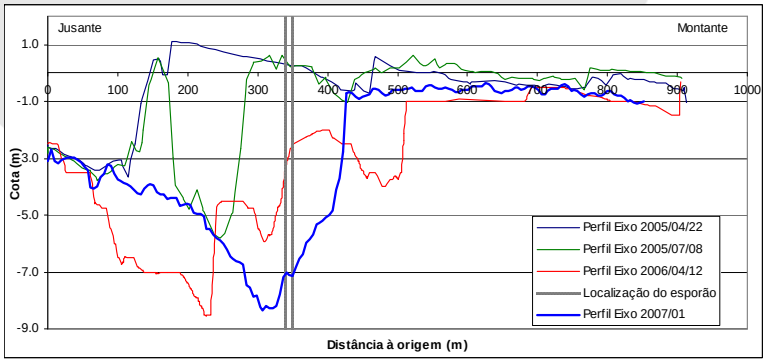


Eixo do rio

→ Sem alteração significativa nos primeiros 400 m de montante

→ A partir desse ponto ocorreu um grande abaixamento do fundo

→ No último levantamento verifica-se a intensificação da erosão originada pela presença do esporão.



© LNEC 2006

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

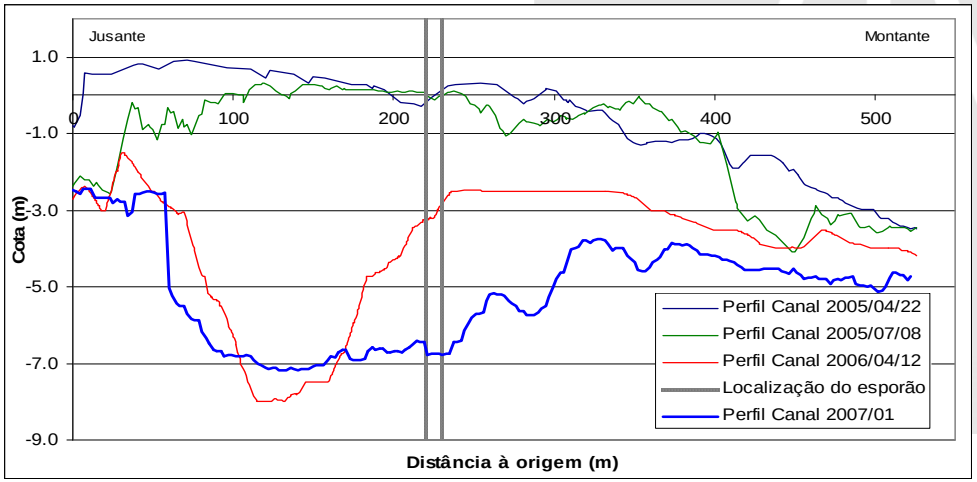
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO FUNDO

Eixo do rio

→ Entre os dois perfis iniciais não há diferenças significativas. No penúltimo período de análise as diferenças são muito significativas com especial relevância para a zona a jusante do esporão atingindo os 8 m.

→ No último levantamento continua a verificar-se uma descida do fundo à custa da dragagem, atingindo aprofundamentos até 3 m a montante do esporão. Este abaixamento provém também da erosão localizada junto à cabeça do esporão.



© LNEC 2006

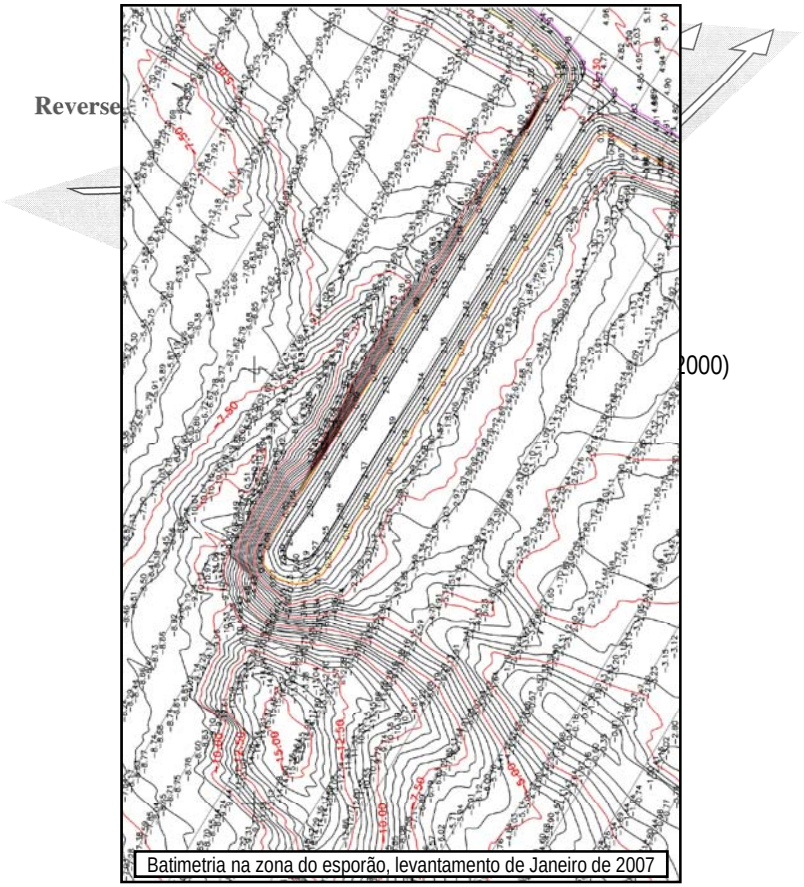
EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

EROSÃO LOCALIZADA NA CABEÇA DO ESPORÃO

Estrutura do escoamento na presença do esporão

→ Erosão localizada na cabeça do esporão



Batimetria na zona do esporão, levantamento de Janeiro de 2007

Erosão localizada atinge um máximo de 15 m, situando-se a cerca de 40 m da cabeça do esporão, cerca de 30 m para jusante e 30 m para o eixo do rio (levantamento de Janeiro de 2007)

2 meses após a ocorrência das cheias não tendo decorrido tempo suficiente para eventual regressão da fossa de erosão.

A profundidade máxima da cavidade de erosão é confinada, não influenciando o escoamento na zona da captação.

Equação de Froelich (1989) –

$Y_s/Y_a = 2.27\ K_1K_2(L')^{0.43}y_a^{0.57}Fr_1^{0.61} + 1$

- 6,8 m para 3500 m^3/s
- 8,2 m para 8000 m^3/s.

A granulometria do enrocamento utilizado na construção do esporão não sofreu qualquer movimento, confirmando a sua adequação às cheias do rio Tejo, pelo menos até cheias dos períodos de retorno verificados.

© LNEC 2006

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DO ESPORÃO DE VALADA NA MORFOLOGIA DO FUNDO DO RIO TEJO

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

CONCLUSÕES

- Conjugando o efeito directo do esporão com as dragagens efectuadas, o objectivo de cortar o canal junto à margem esquerda para fazer chegar a água à captação de Valada foi atingido.

- As duas cheias ocorridas em Novembro de 2006, não conseguiram repor completamente a dragagem a jusante do eixo do esporão, a qual é contraproducente, nomeadamente a efectuada do lado esquerdo.

- A montante do esporão e para o lado direito da ponta do mesmo a dragagem poderá não ser ainda em excesso, mas há indícios que poderá também ter sido efectuada dragagem na zona esquerda, a montante do esporão.

- Para além do efeito do esporão e da dragagem há indícios de que a zona central do leito aluvionar, com as cotas mais elevadas, poderá ter descido até cerca de 0,5 m, provavelmente por influência do estreitamento provocado pelo esporão, pela ocorrência dos caudais de Inverno.

- A erosão máxima na cabeça do esporão é superior à estimada com base em formulações teóricas.

- Apesar disso, a sua localização, afastada das margens do rio Tejo, não induz qualquer risco.

© LNEC 2006