ESTABLIDADE/INSTABILIDADE DAS ARRIBAS LITORAIS

Filipe Telmo Jeremias

Investigador Principal DG/NGEA

Seminário Nacional do Programa Bandeira Azul

ARH do Centro, Coimbra,
3 de Dezembro de 2009

Filipe Telmo Jeremias (ftelmo@lnec.pt)

ABAE ASSOCIAÇÃO BANDEIRA AZUL DA EUROPA

LNEC LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

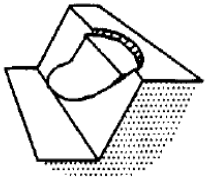
CARACTERIZAÇÃO / DIAGNÓSTICO

AVALIAÇÃO / TOMADA DE DECISÃO

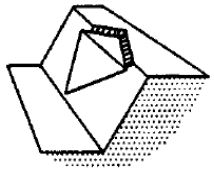
REMEDIAÇÃO

Tipos de instabilidade de taludes

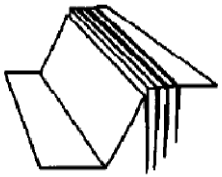
- **Rotura circular**



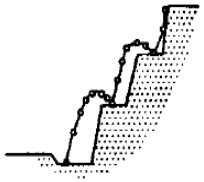
- **Escorregamento planar ou em cunha**



- **Basculamento (*toppling*)**



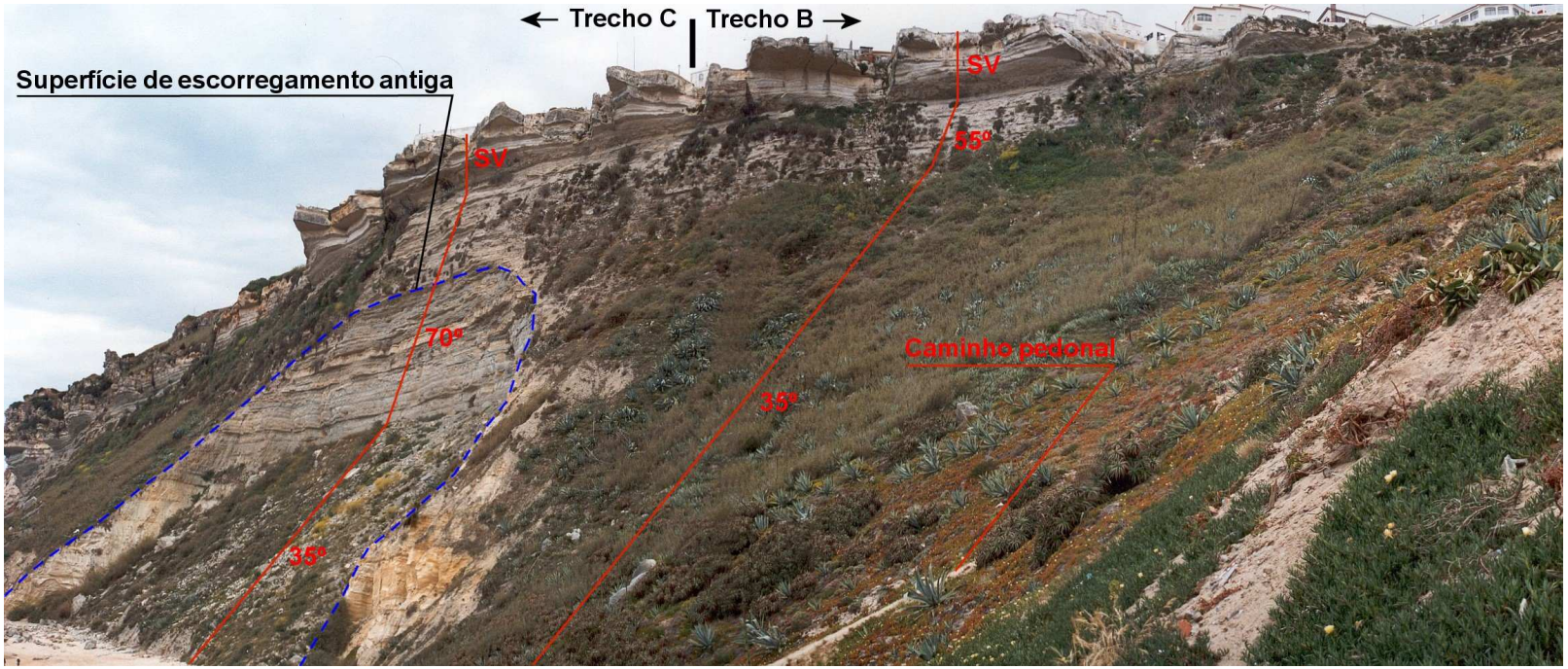
- **Queda de blocos**



- **Rotura de lajes em consola**

ESTADO LIMITE ÚLTIMO	ACÇÕES	PROPRIEDADES DO TERRENO	OBSERVAÇÃO
Rotura circular	➢ Peso próprio ➢ Pressão da água ➢ Cargas aplicadas ➢ Acção sísmica	➢ Diaclasamento ➢ Resistência ao corte ➢ Percolação da água ➢ Geometria do talude	➢ Topografia ➢ Nivelamento da crista - 3D ➢ Fendas de tracção ➢ Piezómetros ➢ Drenagem ➢ Esforços em ancoragens

Rotura Circular



(ftelmo@lnec.pt)

ESTADO LIMITE ÚLTIMO	ACÇÕES	PROPRIEDADES DO TERRENO	OBSERVAÇÃO
Escorregamento planar ou em cunha	➢ Peso próprio ➢ Pressão da água ➢ Acção sísmica ➢ Cargas aplicadas ➢ Vegetação	➢ Diaclasamento do maciço rochoso ➢ Geometria do talude ➢ Resistência ao corte ➢ Percolação	➢ Topografia ➢ Nivelamento da crista - 3D ➢ Fendas de tracção ➢ Piezómetros ➢ Drenagem ➢ Esforços em ancoragens

Escorregamento Planar ou em cunha

ESTADO LIMITE ÚLTIMO	ACÇÕES	PROPRIEDADES DO TERRENO	OBSERVAÇÃO
Rotura de lajes em consola	➢ Peso próprio ➢ Cargas aplicadas ➢ Água do terreno ➢ Acção sísmica ➢ Vegetação	➢ Erosão diferencial ➢ Resistência à tracção ➢ Geometria dos estratos ➢ Geometria do talude	➢ Topografia ➢ Nivelamento da crista - 3D ➢ Fendas de tracção

Rotura de Lajes em Consola

Filipe Telmo Jeremias (ftelmo@lnec.pt)

ESTADO LIMITE ÚLTIMO	ACÇÕES	PROPRIEDADES DO TERRENO	OBSERVAÇÃO
Queda de blocos	➢ Peso próprio	➢ Geometria do talude ➢ Restituição do terreno	➢ Inspecções ➢ Dispositivos de alerta

Queda de Blocos

Ficha de Inspecção de Arribas Litorais

Parâmetros de Identificação

- Nome da praia
- Concelho
- Data da visita de inspecção
- Referência e extracto da Carta Militar de Portugal à escala 1/25 000 relativos à praia
- Referência e extracto da Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000 relativos à praia

Parâmetros de Caracterização Geométrica

- **Identificação dos trechos de arriba que constituem a praia**
- **Trechos de arriba identificados**
  - *Direcção*
  - *Extensão*
  - *Inclinação*
  - *Altura*
  - *Desenvolvimento longitudinal*
  - *Atitude das camadas (embora seja uma característica geológica adoptou-se a sua inclusão nesta secção por ser um elemento espacial e quantitativo)*

Parâmetros de Caracterização Geológico-Geotécnica

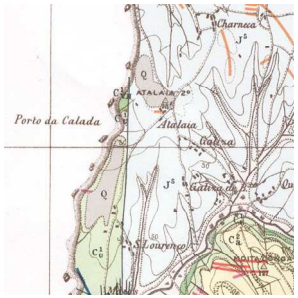
- **Vegetação** (tipo - rasteira, arbustiva e arbórea; densidade - elevada, média e fraca)
- **Hidrogeologia/Drenagem** (exsurgências de água, direcção do escoamento superficial)
- **Caracterização Geológica** (descrição litológica, aspectos estruturais e descontinuidades)
- **Processos Activos e Mecanismos de Instabilização**
- **Situação de Referência** (descrição e caracterização das situações observadas e/ou potenciais de instabilidade, reconhecidas à data da visita de inspecção
- **Obras Anteriores** (identificação e caracterização sumária das intervenções de estabilização já efectuadas nas arribas)
- **Proposta de Intervenção** (definição e caracterização sumária das intervenções propostas visando a estabilização das arribas)

ABAE ASSOCIAÇÃO BANDEIRA AZUL DA EUROPA

LNEC LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Ficha de Inspecção da Praia da Calada

Praia do Porto da Calada	**Concelho**: Mafra	**Carta Militar**	374	**Esc.:** 1/25 000
	Data da visita: 04/06	**Carta Geológica**	30 C	**Esc.:** 1/50 000



Caracterização Geométrica	Esta praia apresenta um desenvolvimento semi-circular constituindo uma pequena enseada, com 300 m aproximadamente. Em planta, podem-se individualizar nas arribas quatro trechos, respectivamente, trecho A situado a sul, trecho B correspondente ao trecho central, trecho C entre as arribas B e D e o trecho D situado a norte.

Direcção da arriba	(A) NE/SW; (B) N/S; (C) E/W; (D) N/S.
Extensão da arriba	(A)190 m; (B) 180 m; (C) 45 m; (D) superior a 100 m.
Inclinação da arriba	(A) SV; (B) 30º–35º (margas) / 55º–60º (arenitos); (C) 35º–40º; (D) 60º–65º.
Altura	(A) diminui para NE, 80 – 69 m; (B) diminui para S, 74 – 65; (C) diminui para E, 68 – 66; (D) diminui para SE.
Desenvolvimento da arriba	(A) desenvolvimento relativamente rectilíneo e regular; (B) desenvolvimento longitudinal relativamente rectilíneo; (C) desenvolvimento longitudinal muito irregular; (D) desenvolvimento longitudinal relativamente rectilíneo.
Atitude das camadas	N20-25ºW; 5-20ºSW (arriba B).

Tipo de Vegetação

Rasteira [X] Arbustiva [X] Arbórea [ ]
Densidade: elevada xxx; média xx; fraca x

Hidrogeologia/Drenagem

Exsurgências de água na face do talude: Sim [X] Não [ ]

Escoamento superficial: Paralelo ao talude [X] Transversal ao talude [X]

Caracterização Geológica

As arribas da praia do Porto da Calada são constituídas por formações estratigraficamente de idade cretácica atribuídas ao Urogoniano e Hauteriviano-Valangiano, e de idade jurássica, pertencentes ao Portlandiano.
As formações jurássicas aflorantes apresentam características litológicas variáveis sendo constituídas po arenitos acinzentados, amarelados e avermelhados, por argilas micáceas, por vezes arenosas, e margas avermelhadas e por calcários margosos. As formações cretácicas do Urogoniano afloram a norte e a sul da praia da Calada sendo constituídas por calcários, margas e arenitos compactos. Subjacente aos terrenos da unidade anterior ocorrem as formações do Halteriviano-Valangiano constituídas por um complexo arenítico, contendo intercalações calcárias e margosas.
As camadas dispõem-se, em geral, segundo camadas decimétricas a métricas, cortadas por fracturas com espaçamento e orientação diversa, mas perpendicular à estratificação. A alternância de camadas margosas e areníticas mais resistentes origina a formação de consolas materializadas pelos níveis areníticos sobrejacentes. A meteorização das camadas margosas mais brandas origina uma película superficial que periodicamente é removida, originando a subescavação destas formações.

Processos Activos e Mecanismos de Instabilidade

Erosão diferencial, erosão marinha, escorrência superficial, queda de detritos e de blocos, desmoronamentos e escorregamentos superficiais.

Situação de Referência

Arriba A: ravinamento dos taludes; formação de cones de dejecção de detritos na base da arriba, contendo blocos de dimensão importante em condições de estabilidade precária; **arriba B**: erosão diferencial das formações argilo-margosas, colocando em consola as camadas areníticas mais resistentes que instabilizam segundo movimentos do tipo queda de blocos e desmoronamentos; colmatação periódica do sistema de drenagem superficial da via; ravinamento dos taludes a jusante da estrada, acumulação de blocos na base arriba, por vezes, em condições de estabilidade precária; **arriba C**: ocorrência de blocos em situações de estabilidade precária; erosão superficial, devido à falta de revestimento vegetal, da sua parte superior **arriba D**: ocorrência de blocos e cunhas de maciço em condições de estabilidade precária; erosão marinha do pé da arriba.

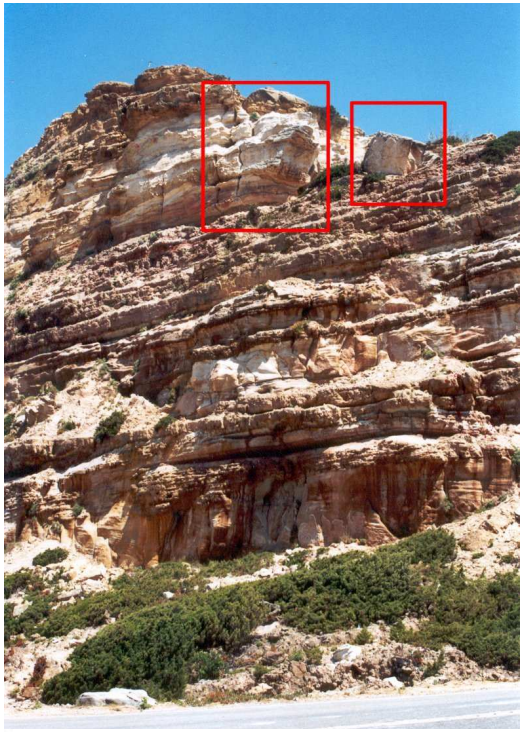
Obras Anteriores

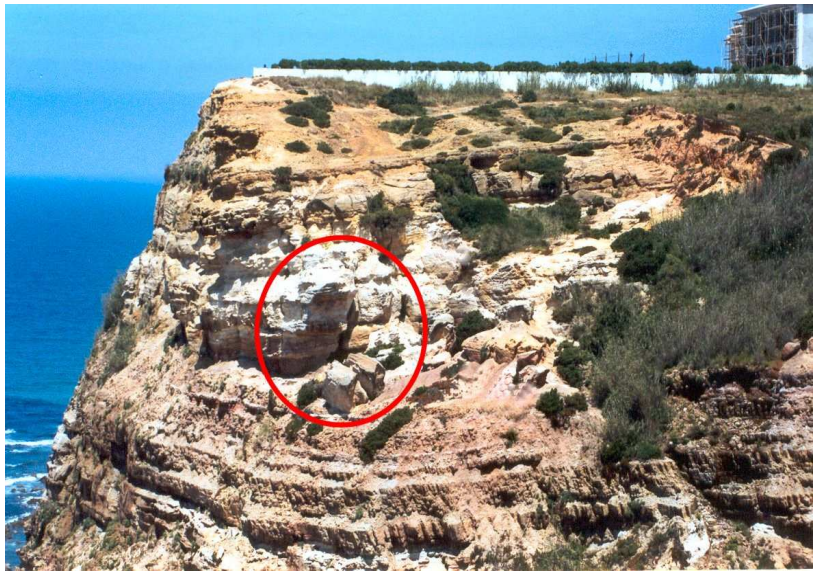
Decorreram no verão de 2001 as seguintes intervenções: **arriba B**: saneamento dos detritos e blocos soltos e colocação de uma rede em toda a sua extensão; construção no seu topo de uma plataforma para parqueamento; construção de um sistema de drenagem visando desviar da crista da arriba as águas pluviais provenientes da EN-247; **arriba C**: saneamento dos detritos e blocos soltos acumulados na arriba, principalmente ao longo das linhas de escorrência naturais; desmonte com recurso a meios mecânicos de blocos e cunhas de maciços de dimensões importantes, cuja localização se apresenta na Foto 8.

Proposta de Intervenção

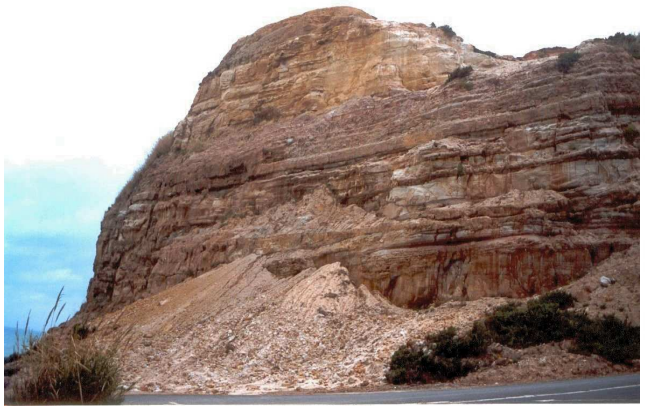
Arriba A: a) construção no topo da arriba na sua extremidade NE de um sistema de drenagem superficial; b) regularização da zona inferior da arriba, procedendo ao saneamento dos blocos com maiores dimensões e revestimento vegetal dos taludes, com espécies autóctones, visando controlar a erosão ravinosa; c) construção na zona inferior da arriba de sistema de drenagem superficial associado ao caminho de acesso; d) interdição de estacionamento junto ao pé da arriba na área não alcatroada; e) sinalização de aviso contra o perigo de queda de blocos na base da arriba na sua extremidade SW; **arriba B**: a) remoção de blocos soltos e de blocos instabilizados contidos pela rede metálica; b) construção de um sistema de drenagem superficial no topo da arriba; c) protecção dos níveis argilo-margosos através da construção de máscaras em enrocamento argamassado, com furos drenantes de forma a captar eventuais exsurgências de água; esta protecção deverá ser efectuada prioritariamente nos níveis argilo-margosos, cujo recuo originou já a formação de consolas de arenito susceptíveis de desabar; tendo em conta a evolução da arriba, deverá ser avaliada periodicamente a necessidade de estender esta intervenção para outras zonas do talude; no caso de níveis argilo-margosos de espessura reduzida (inferiores a 1,0 m) a sua protecção poderá ser assegurada com gunitagem (com co semelhante à litologia protegida) sobre rede de aço, associada à execução de furos drenantes (geodrenos); d) fixação pontual de blocos ou cunhas de maciço com recurso a pregagens; e) regularização do talude d jusante da estrada, procedendo ao saneamento dos blocos com maiores dimensões e revestimento vegetal do taludes, com espécies autóctones, visando controlar a erosão ravinosa; f) captação e controle no talude

Filipe Telmo Jeremias (ftelmo@lnec.pt)

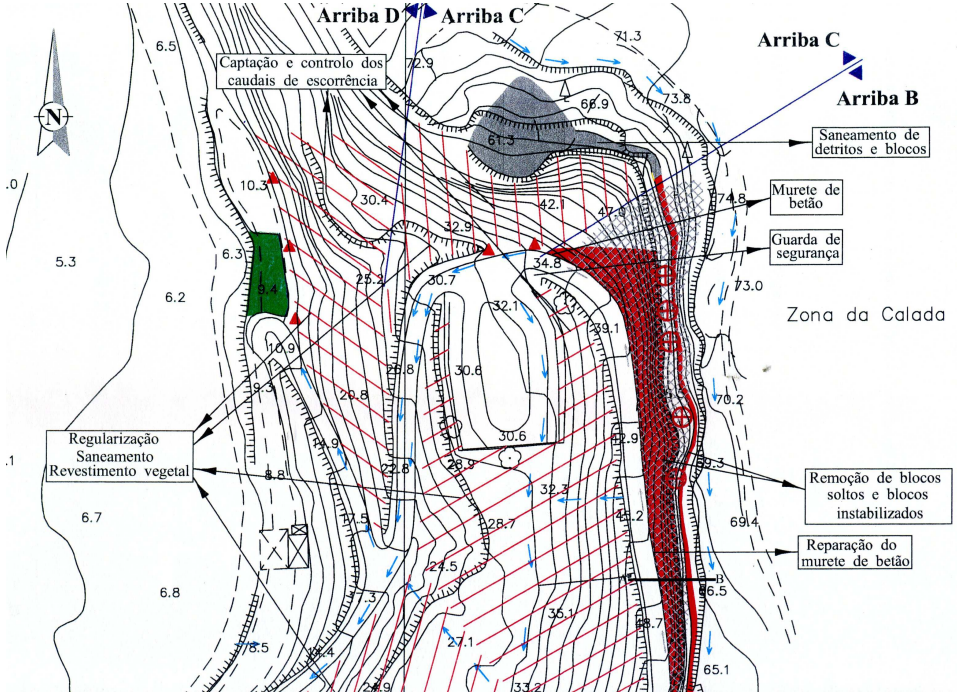


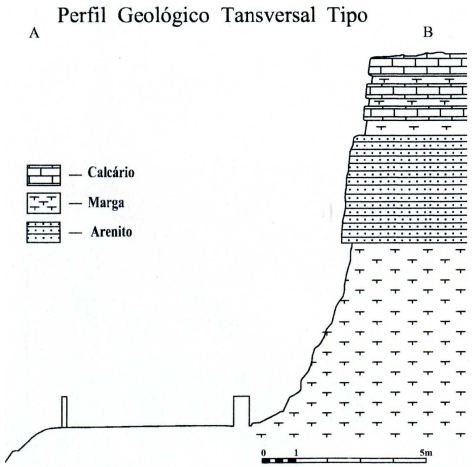


Praia da Calada

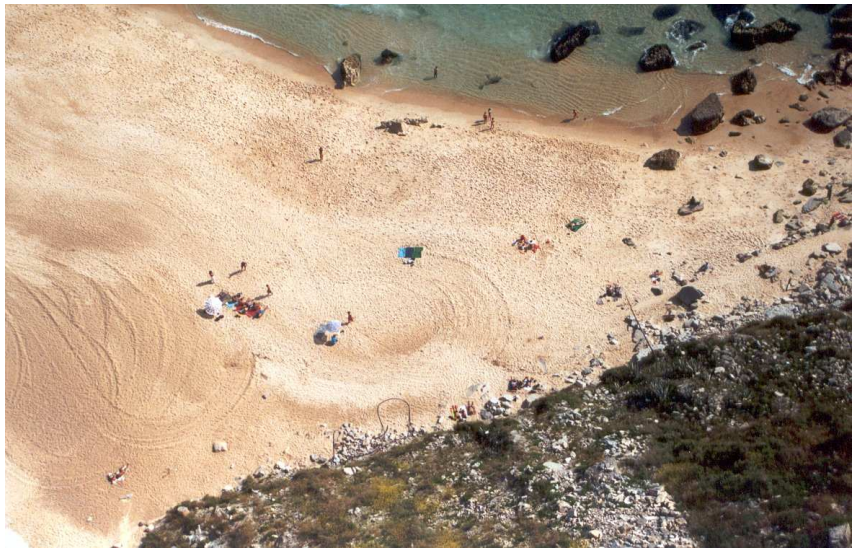


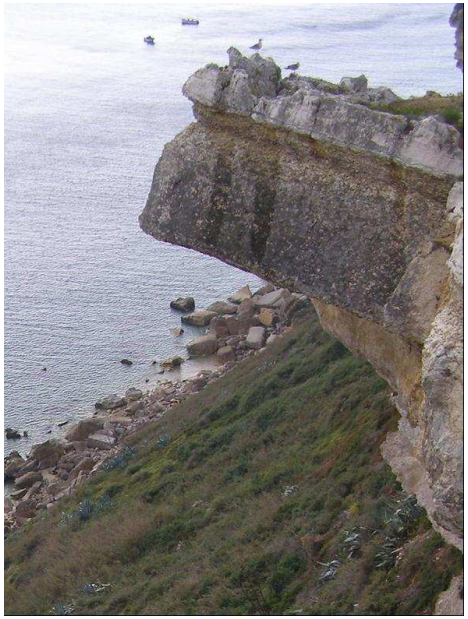
Praia da Calada





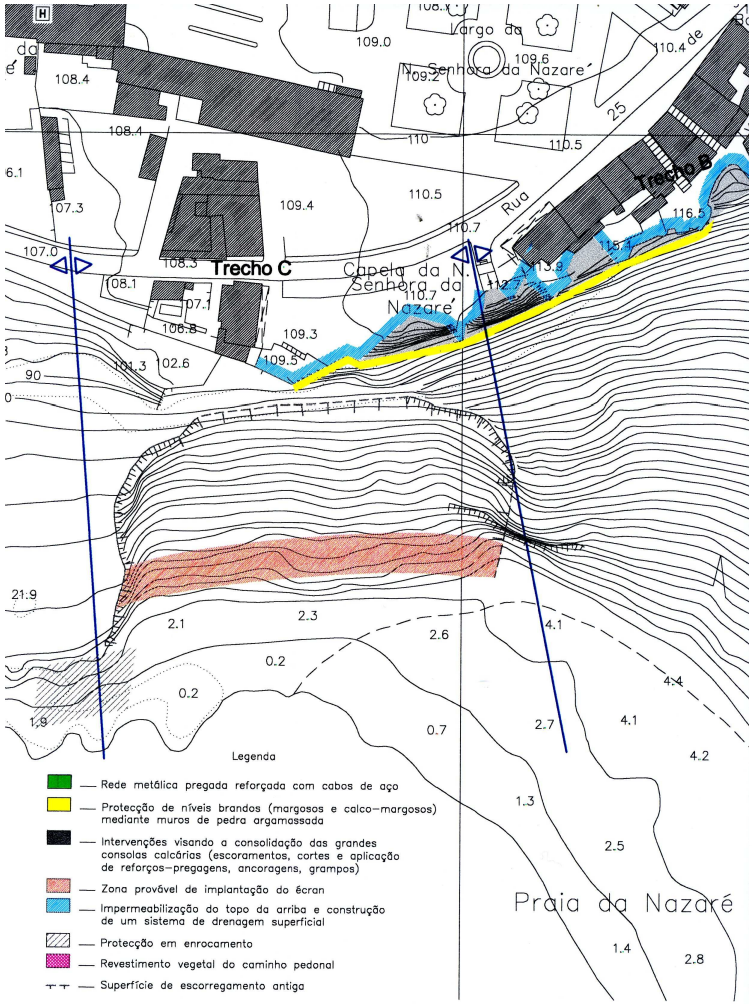
Filipe Telmo Jeremias (ftelmo@lnec.pt)





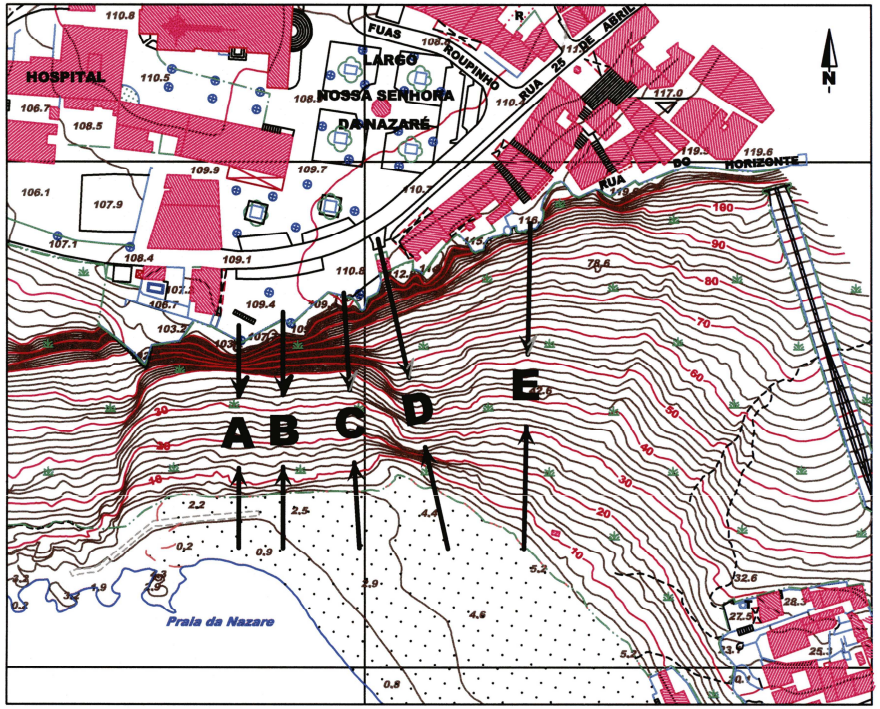
Praia da Nazaré

Proposta de Intervenção Praia da Nazaré



ABAE ASSOCIAÇÃO BANDEIRA AZUL DA EUROPA

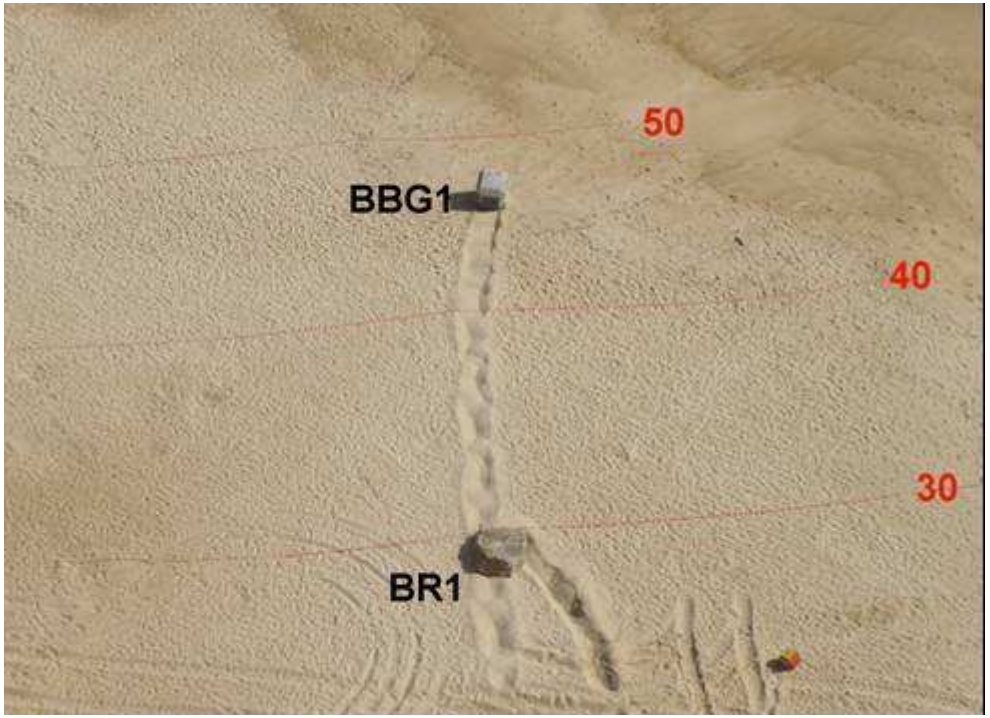
LNEC LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



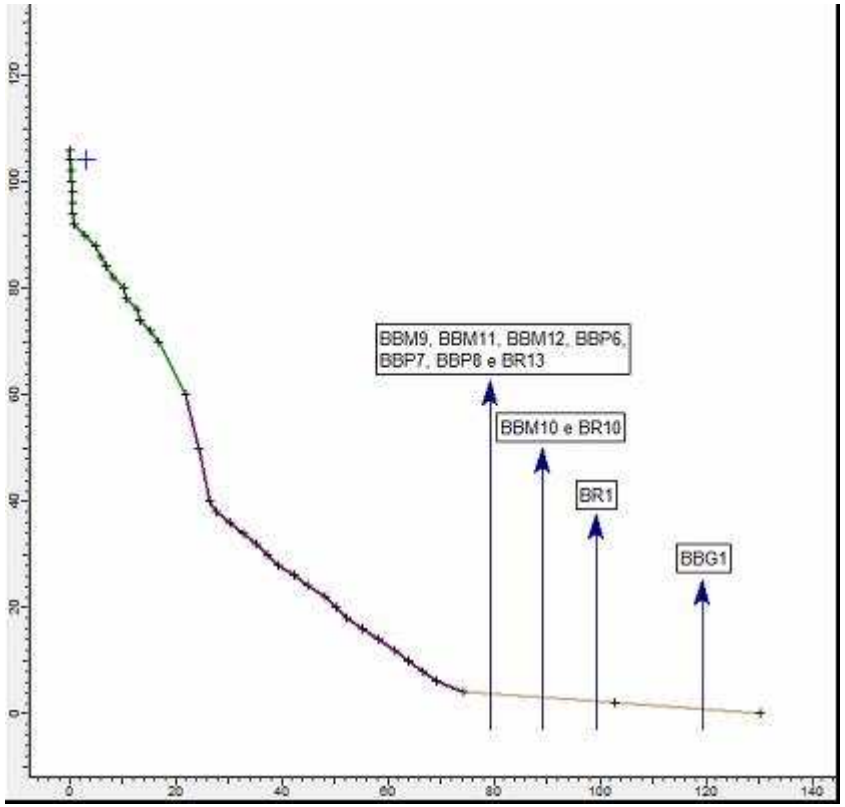
→A← **Alinhamentos dos ensaios in situ de queda de blocos**

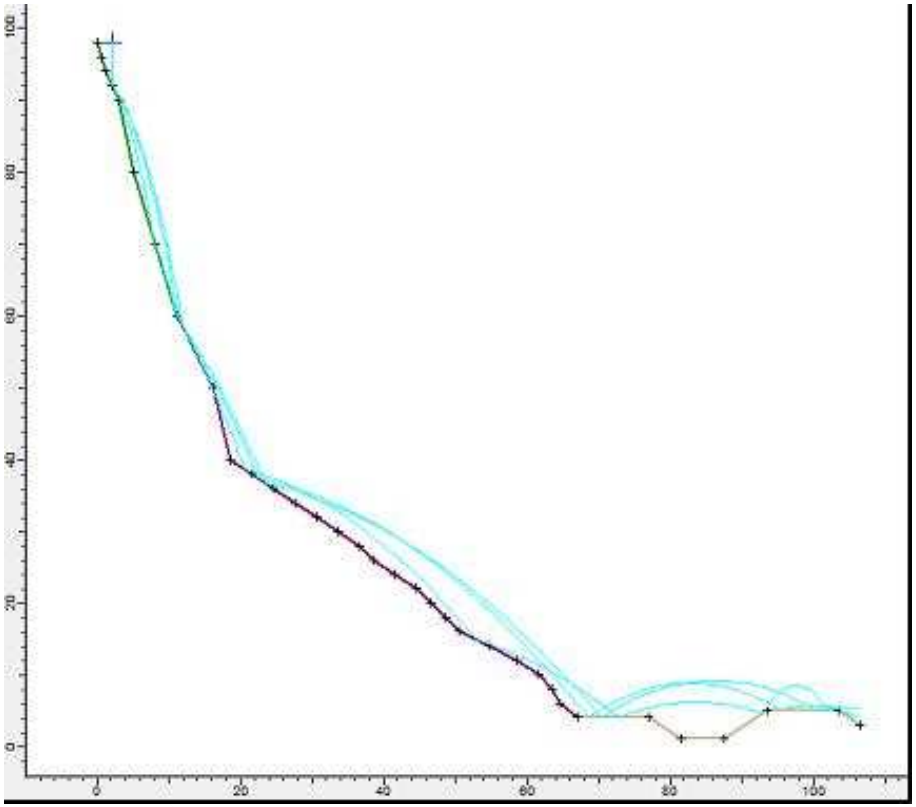
0 100m

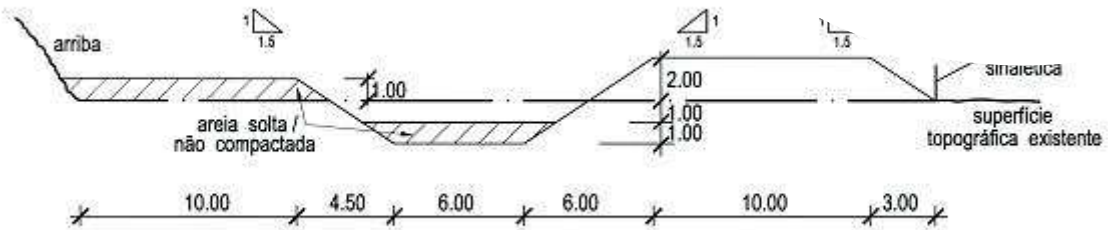
Referência	Percurso			Localização final
	Zona superior do talude	Zona inferior do talude	Areal	
BBM6	1 ressalto	2 ressaltos (fragmentou-se parcialmente)	Batimento e rolamento	Intervalo 20 – 30m
BBM7	1 ressalto (fragmentou-se parcialmente)	2 ressaltos	Batimento e rolamento	Intervalo 10 – 20m
BBM8	----	1 ressalto	Rolamento	Intervalo 10 – 20m
BBP1	1 ressalto (fragmentou-se)	Retido na vertente	----	----

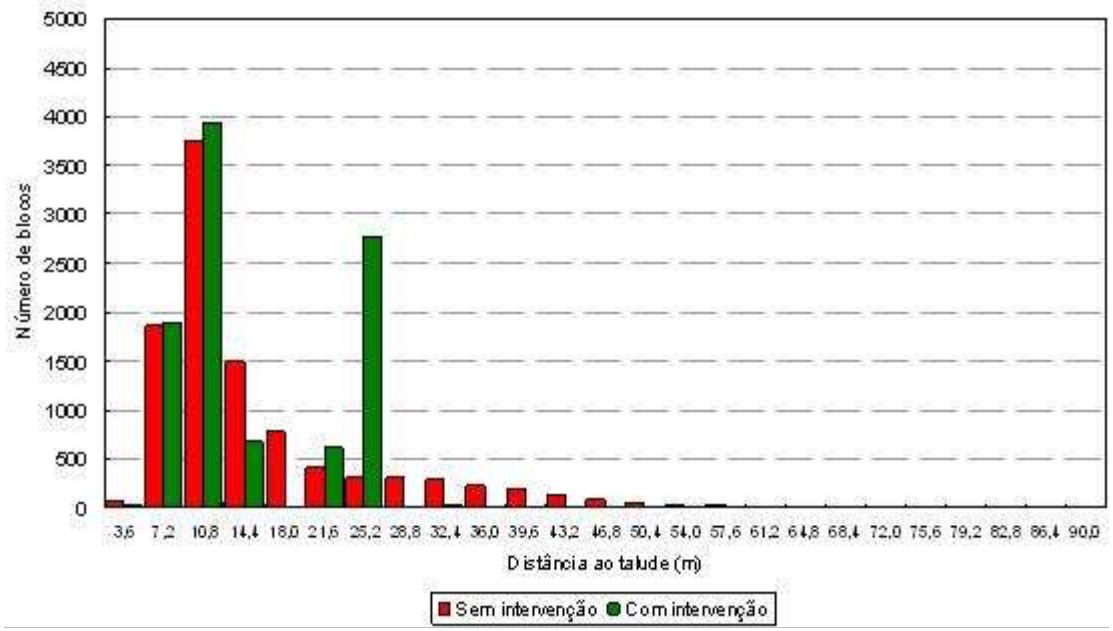


Filipe Telmo Jeremias (ftelmo@lnec.pt)


BBM9, BBM11, BBM12, BBP6, BBP7, BBP8 e BR13
BBM10 e BR10
BR1
BBG1




arriba
1
1.5
1.00
areia solta / não compactada
2.00
1.00
1.00
superfície topográfica existente
10.00
4.50
6.00
6.00
10.00
3.00

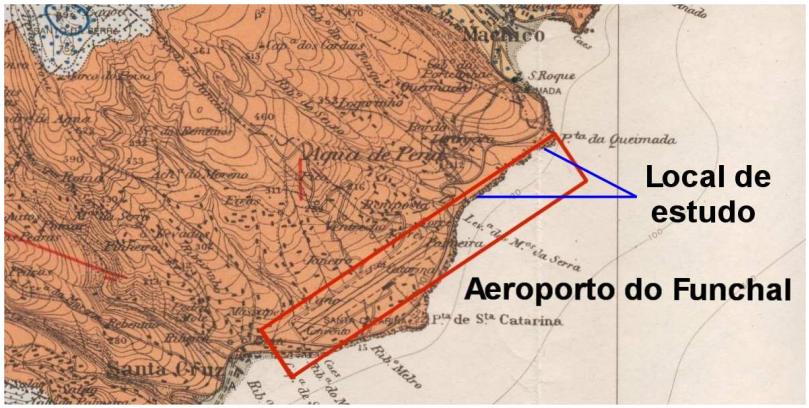


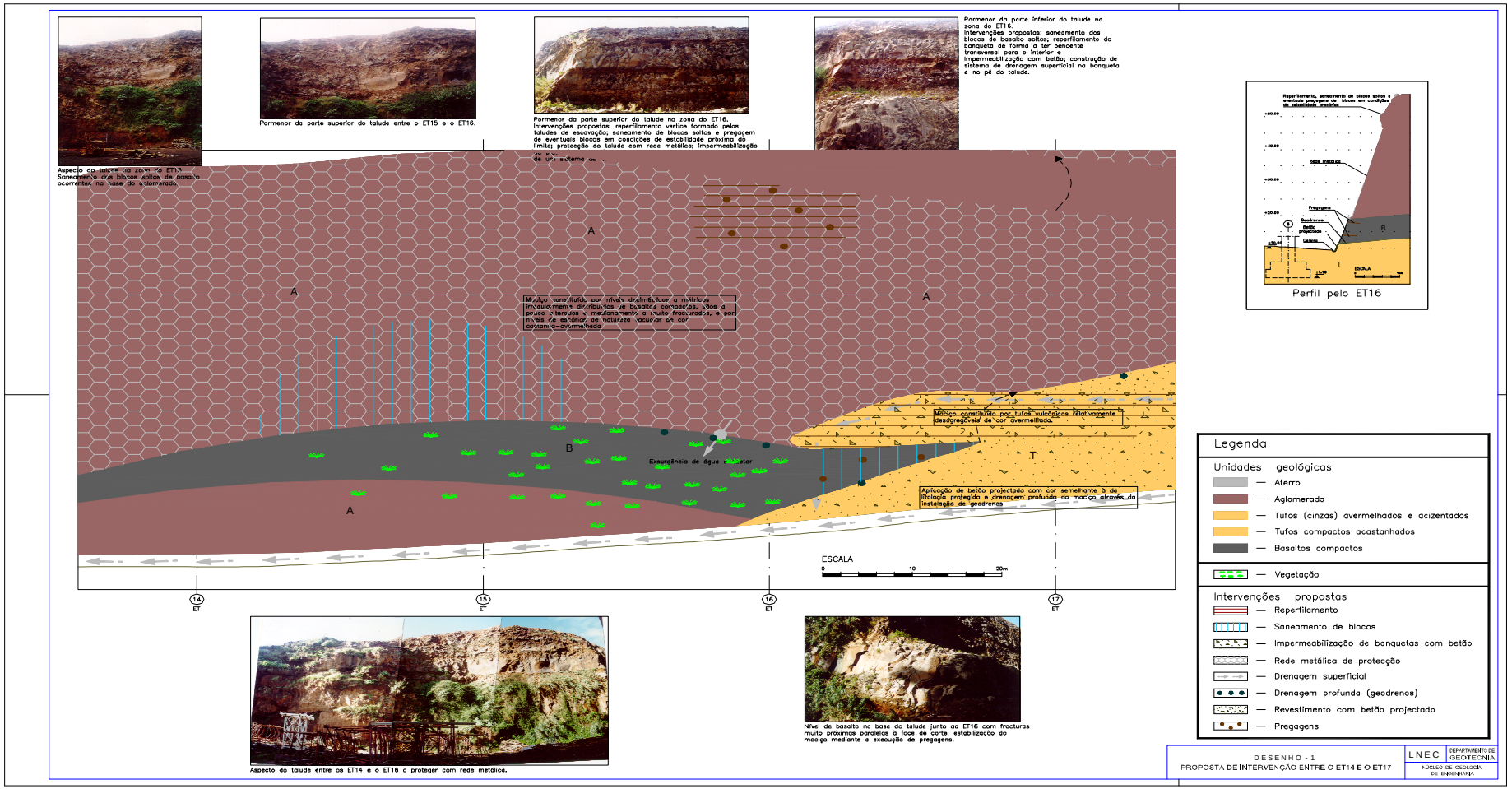
Sem intervenção	Perfil A	Perfil B	Perfil C	Perfil D	Perfil E
Base da arriba	100	100	100	99,5	6,1
Final da vala	0	8,6	12,1	12,3	0
Final da mota	0	3,8	4,9	3,7	0
Final zona intervenção	0	2,8	3,3	2,2	0
Com intervenção	**Perfil A**	**Perfil B**	**Perfil C**	**Perfil D**	**Perfil E**
Base da arriba	100	100	100	99,6	6,2
Final da vala	0	0,6	0,5	0,1	0
Final da mota	0	0,1	0,1	0,0	0
Final zona intervenção	0	0,0	0,1	0,0	0

Em conclusão, esta análise permite afirmar que a probabilidade de um bloco rochoso se destacar da arriba e ultrapassar a intervenção estudada é extremamente reduzida, pelo que o risco resultante da queda de blocos se enquadra em valores considerados aceitáveis e da ordem de grandeza do que é usual em obras semelhantes de Engenharia Civil.

ABAE ASSOCIAÇÃO BANDEIRA AZUL DA EUROPA

LNEC LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL




Pormenor da parte superior do talude entre o ET15 e o ET16.
Pormenor da parte superior do talude na zona do ET16. Intervenções propostas: reperfilamento vertice formado pelos taludes de escavação; saneamento de blocos soltos e pregagem de eventuais blocos em condições de estabilidade próxima do limite; protecção do talude com rede metálica; impermeabilização de um sistema de
Pormenor da parte inferior do talude na zona do ET16. Intervenções propostas: saneamento dos blocos de basalto soltos; reperfilamento da banqueta de forma a ter pendente transversal para o interior e impermeabilização com betão; construção de sistema de drenagem superficial na banqueta e no pé do talude.
Aspecto do talude na zona do ET16. Saneamento dos blocos soltos de basalto ocorrentes na base do aglomerado.
A
B
T
Maciço constituído por níveis predominantes a matrizes irregularmente distribuídas de basaltos compactos, bloos e pedaços alterados e maciamente, a muito fraturados, e por níveis de estéril de natureza vacuolar da cor castanha-avermelhada
Maciço constituído por tufos vulcânicos relativamente desagregáveis de cor avermelhada.
Exsurgência de água a capitar
Aplicação de betão projectado com cor semelhante à da litologia protegida e drenagem profunda do maciço através da instalação de geodrenos.
ESCALA
0
10
20m
14 ET
15 ET
16 ET
17 ET
Aspecto do talude entre os ET14 e o ET16 a proteger com rede metálica.
Nível de basalto na base do talude junto ao ET16 com fracturas muito próximas paralelas à face de corte; estabilização do maciço mediante a execução de pregagens.
Reperfilamento, saneamento de blocos soltos e eventuais pregagens de blocos em condições de estabilidade precária
Rede metálica
Pregagens
Geodrenos
Betão projectado
Calcário
B
T
ESCALA
Perfil pelo ET16
Legenda
Unidades geológicas
Aterro
Aglomerado
Tufos (cinzas) avermelhados e acizentados
Tufos compactos acastanhados
Basaltos compactos
Vegetação
Intervenções propostas
Reperfilamento
Saneamento de blocos
Impermeabilização de banquetas com betão
Rede metálica de protecção
Drenagem superficial
Drenagem profunda (geodrenos)
Revestimento com betão projectado
Pregagens
DESENHO - 1
PROPOSTA DE INTERVENÇÃO ENTRE O ET14 E O ET17
LNEC
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
NÚCLEO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA

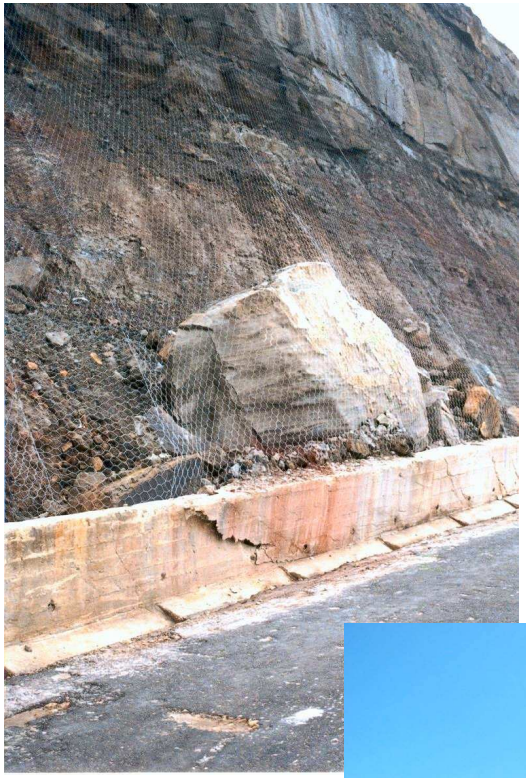
Técnicas de Remediação

- **Medidas de Correcção**
  - Reperfilamento de taludes
- **Medidas de Protecção**
  - Banquetas
  - Valas de retenção no pé de talude
  - Barreiras no pé do talude
  - Aterros no pé do talude
  - Redes metálicas
  - Barreiras dinâmicas
  - Protecção superficial
  - Vegetação
- **Medidas de Reforço/Consolidação**
  - Drenagem
  - Obras de contenção
  - Ancoragens
  - Pregagens

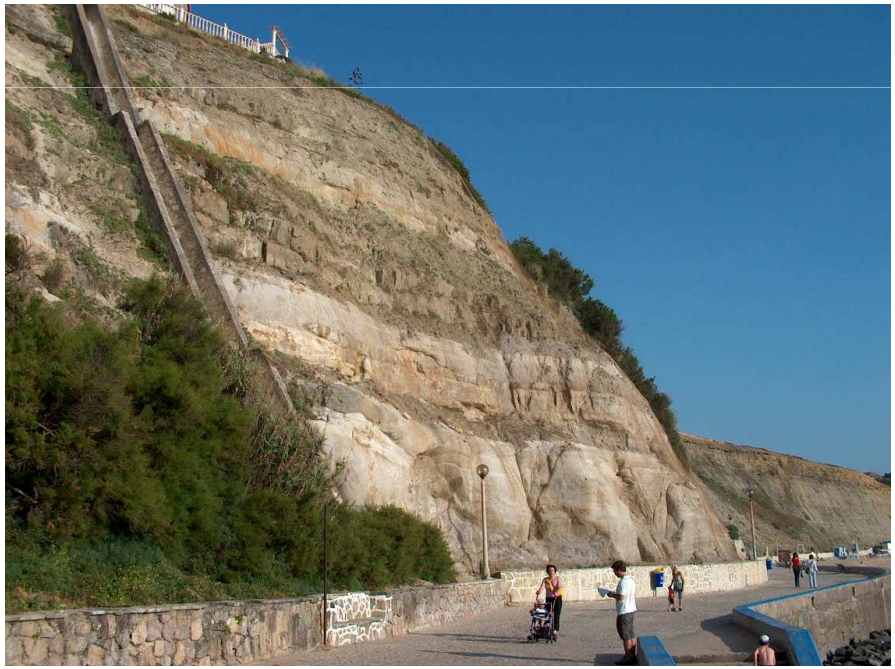
NÃO APROX
QUEDA DE BL
DANGE
EROSION ZONE
STITUTO DA ÁGUA

Técnicas de Remediação

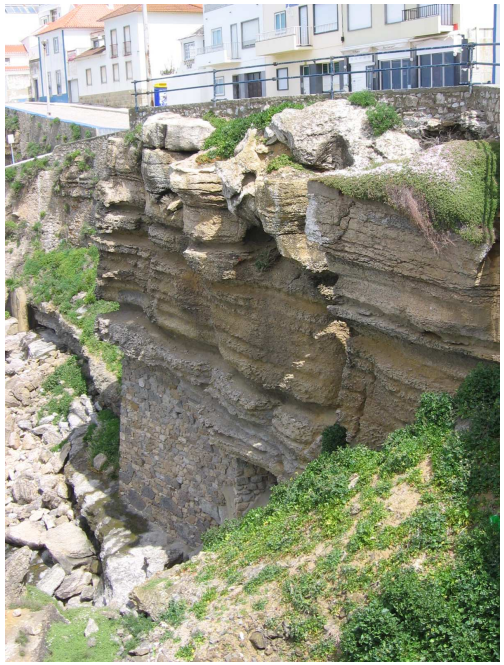
Técnicas de Remediação



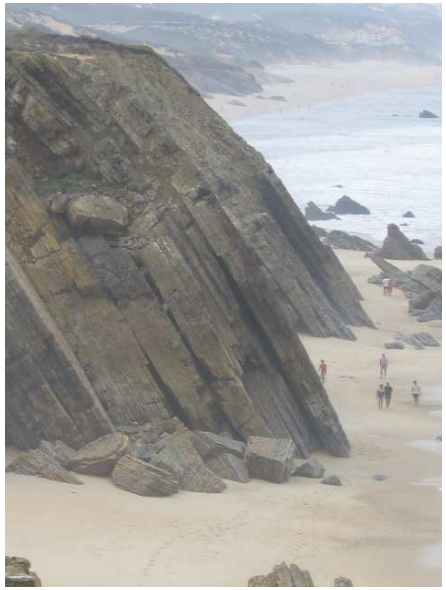
Técnicas de Remediação

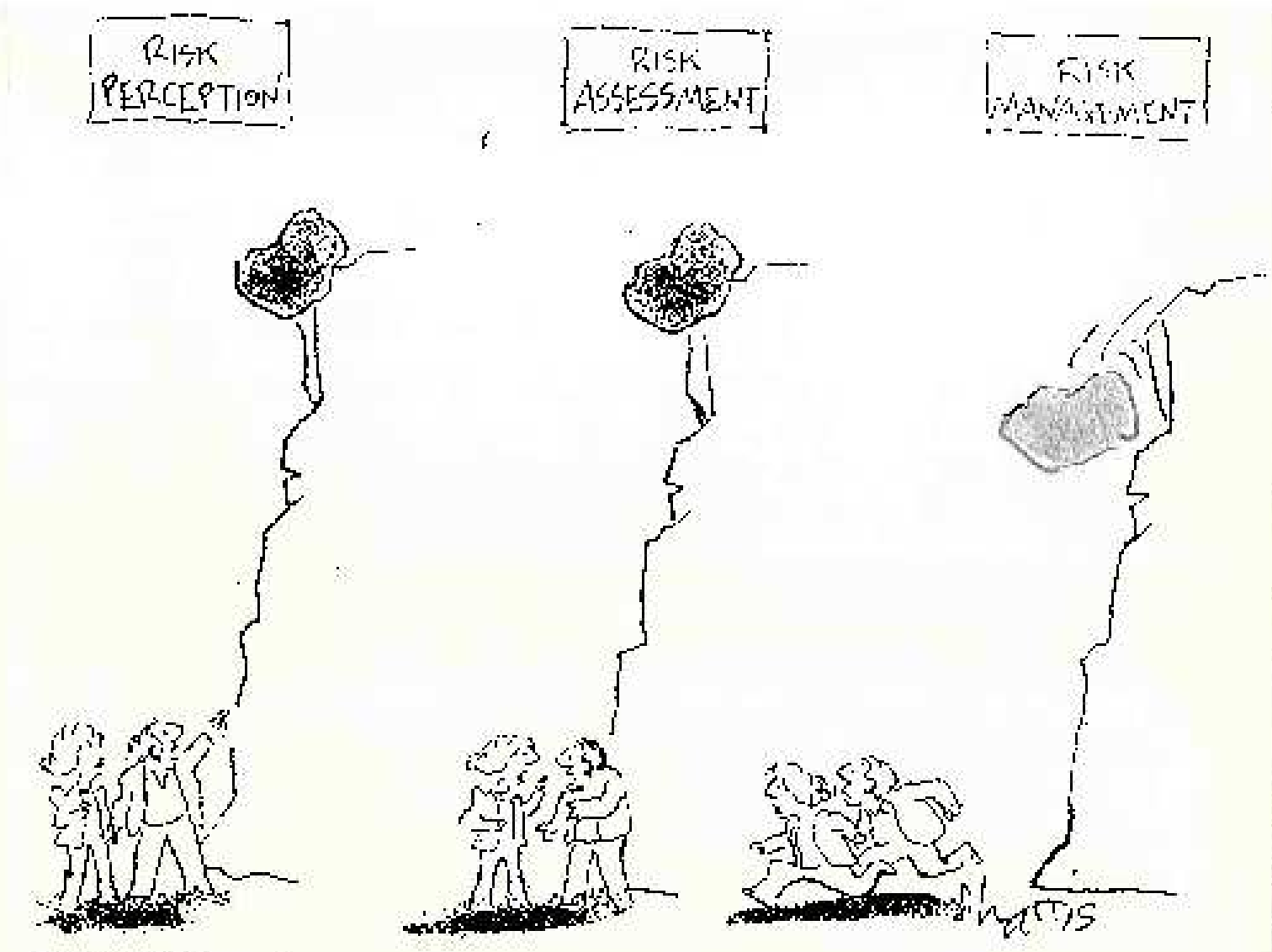


Técnicas de Remediação



2
2006 8 19




RISK PERCEPTION
RISK ASSESSMENT
RISK MANAGEMENT

FIM
OBRIGADO

Filipe Telmo Jeremias (ftelmo@lnec.pt)