

B) 16-
PROP.
DOM



4

MUNICÍPIO DE SETÚBAL
CÂMARA MUNICIPAL

REUNIÃO N.º 2/2020

PROPOSTA N.º 7/2020/DOM

Realizada em 22/01/2020

DELIBERAÇÃO N.º 28/2020

ASSUNTO: **EMPREITADA CPU50/17/DOM - INTERVENÇÃO DE NATUREZA ESTRUTURAL PARA EVITAR DERROCADAS NA ENCOSTA DO FORTE DE S.FILIPE - EXTINÇÃO DO CONTRATO**

Considerando que:

1 - Por Despacho n.º: 181/2017/GAP, de 29/09/2017, ratificado por deliberação camarária n.º:26A/2017, de 02/11/2017, através da proposta n.º: 24A/GAP/2017, foi adjudicada à empresa ANCORPOR-GEOTECNIA E FUNDAÇÕES, LDª., pelo valor de € 1.156.063,65 (um milhão cento e cinquenta e seis mil e sessenta e três euro e sessenta e cinco cêntimos) pelo prazo de execução de 165 dias, a execução do contrato de empreitada "INTERVENÇÃO DE NATUREZA ESTRUTURAL PARA EVITAR DERROCADAS NA ENCOSTA DO FORTE DE S. FILIPE";

2 - O procedimento em causa teve por objeto a formação do contrato para intervenção de natureza estrutural para evitar derrocadas na encosta do Forte de S. Filipe, no valor de 1. 156.063,65€, sendo que as soluções de estabilização para garantir a estabilidade global do local e, em particular, da zona da encosta mais próxima do forte, passarão essencialmente pela realização de ancoragens definitivas que por serem elementos activos que acomodam forças de intensidade considerável, promovem a segurança impedindo que o movimento de instabilidade ocorra, conforme melhor decorre do objecto do mencionado no contrato, celebrado em 17/11/2017, que submetido à Fiscalização Prévia do Tribunal de Contas veio a ser visado em 25/01/2018;

3 - Atendendo ao valor da adjudicação que ascendeu a 1.156.063,65€ (um milhão cento e cinquenta e seis mil euro e sessenta e três cêntimos), até ao presente a percentagem de execução dos trabalhos contratuais foi de 48,72%, o que corresponde ao montante de 490.413,89€ (quatrocentos e noventa mil quatrocentos e treze euro e oitenta e nove cêntimos);

4 - Os trabalhos da empreitada em causa tinham uma acentuada componente geológica geotécnica;

5 - O normal desenvolvimento dos trabalhos da empreitada foi confrontado com a presença disseminada de vazios no maciço heterogéneo existente, situação esta confirmada por todos os intervenientes técnicos no processo, designadamente, a COBA e o LNEC;

6 - Apesar do projeto inicial prever a possibilidade de existência de vazios, a sua dimensão aproximada só foi possível alcançar com o decorrer dos trabalhos realizados em obra;

7 - *“Ao dia de hoje reconhece-se que o cenário geológico geotécnico real da zona de intervenção é muito mais gravoso do que assumido inicialmente, face à informação disponível de décadas”*. In Nota Justificativa – Agosto de 2019, Coba;

8 - Complementarmente aos dados obtidos quer em fase de projeto, quer em fase de obra, o LNEC sugeriu a realização de perfis geofísicos complementares, com vista à melhor caracterização do conhecimento obtido à data, por sua vez revelador da complexidade geológica do local a fim de *“...conceber uma solução de estabilização o mais adequada ao fenómeno ocorrente.”* In Nota Justificativa – Agosto de 2019, Coba;

9 - Os resultados dos perfis geológicos deveriam, à partida, contribuir para uma melhor compreensão das causas associadas aos sobre consumos de argamassa e de calda de cimento verificados em fase de execução dos trabalhos, com consequências tanto no rendimento de execução das tarefas como no cumprimento do planeamento das mesmas (menor rendimento);

10 - A título meramente informativo *“Em média consumiu-se mais de 6 vezes de quilos de cimento por metro linear, relativamente ao valor teórico para preenchimento do furo”*. In Nota Justificativa – Agosto de 2019, Coba;

11 - O LNEC no seu Memorando de análise aos resultados do Ensaio Prévio nº:3, considerou *“...que o projecto deverá ser revisto de forma a contemplar as conclusões retiradas dos resultados obtidos no EP3...”*. In Memorando de análise aos resultados do Ensaio Prévio nº3, de Março 2019, do LNEC.

12 - Face aos resultados alcançados concluiu-se, de forma indubitável, que o projeto devia ser tecnicamente reformulado, designadamente:

- i) no sentido de as ancoragens definitivas acomodarem uma carga de tração próxima dos 450 kN, o que implica a necessidade do reforço do número de ancoragens, reduzindo-se a carga de serviço das ancoragens de 770KN para 450KN; e
- ii) eventualmente, a execução de uma nova viga de betão armado.

13 - Os resultados dos perfis geológicos e geofísicos executados contribuíram, efetivamente, para um melhor conhecimento da estrutura do maciço confirmando-se a existência disseminada de vazios, não sendo possível, ainda assim, conhecer a real dimensão dos mesmos;

San
Test

14 - "No âmbito do desenvolvimento da obra existiram um conjunto de imponderáveis de carácter imprevisível que condicionaram o desenvolvimento dos trabalhos e conduziram à necessidade de adequação do projecto de execução às reais condições geológicas encontradas, com consequências no prazo e custo da empreitada". In Nota Justificativa – Agosto de 2019, Coba;

15 - Desta feita, é absolutamente imperioso rever integral e profundamente o projecto de execução em causa, face aos novos dados obtidos acerca da estrutura do maciço. Porquanto o projecto de execução desta empreitada já não está adequado à realidade ora apurada e conhecida dessa estrutura, onde se encontra implantado o Forte de S. Filipe, o que determina a extinção do respectivo contrato.

Por conseguinte, com fundamento no exposto, propõe-se que:


nos termos, designadamente, dos artigos 330º b) e 333º do Dec. Lei nº.: 18/2008, de 29/01, vulgarmente, denominado Código dos Contratos Públicos, CCP., na versão aplicável, seja determinada a **extinção do contrato de empreitada de "INTERVENÇÃO DE NATUREZA ESTRUTURAL PARA EVITAR DERROCADAS NA ENCOSTA DO FORTE DE S. FILIPE"**, supra mencionado, preferencialmente, com base em acordo entre o Município e a sociedade empreiteira, devendo para tanto serem realizadas as respectivas diligências.

Anexos:

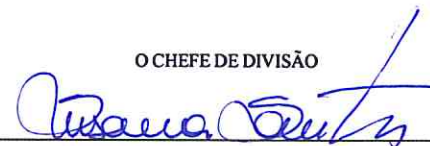
Nota Justificativa – Agosto de 2019, Coba; e

Memorando de análise aos resultados do Ensaio Prévio nº3, de Março 2019, do LNEC

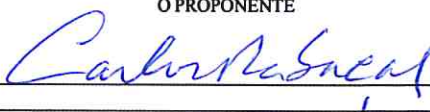
O TÉCNICO

O DIRECTOR DO DEPARTAMENTO


O CHEFE DE DIVISÃO




O PROPONENTE



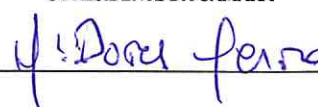
APROVADA / REJEITADA por : _____ Votos Contra; _____ Abstencões; 11 Votos a Favor.

Aprovada em minuta, para efeitos do disposto no n.º 3 do art.º 57 da lei 75/13, de 12 de setembro

O RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DA ACTA



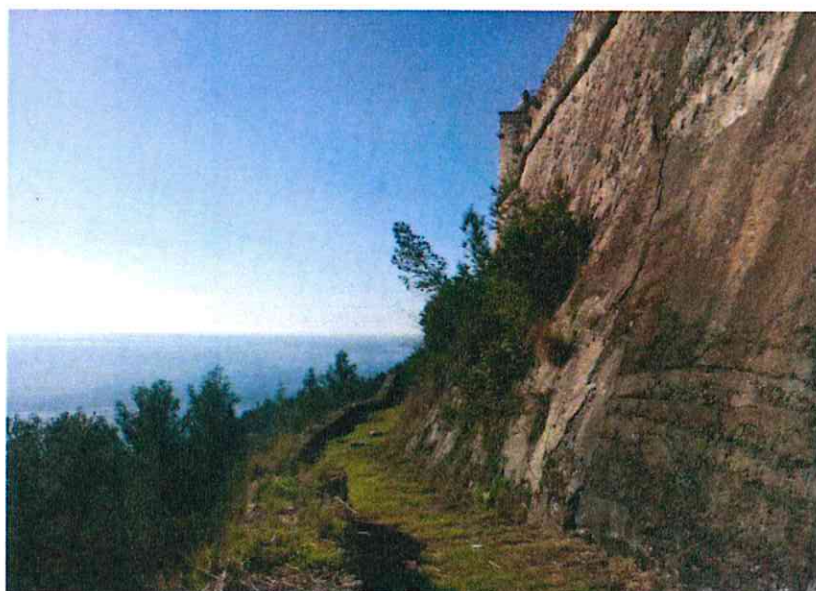
O PRESIDENTE DA CÂMARA





MUNICÍPIO DE SETÚBAL
Câmara Municipal

INTERVENÇÃO DE NATUREZA ESTRUTURAL PARA EVITAR DERROCADAS NA ENCOSTA DO FORTE DE SÃO FILIPE EM SETÚBAL



ASSISTÊNCIA TÉCNICA

NOTA JUSTIFICATIVA

CONDICIONAMENTOS ASSOCIADOS AO
DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS

AGOSTO 2019






coba
Portugal

CONSULTORES DE ENGENHARIA E AMBIENTE, S.A.

INTERVENÇÃO DE NATUREZA ESTRUTURAL PARA EVITAR DERROCADAS NA ENCOSTA DO FORTE DE SÃO FILIPE EM SETÚBAL

NOTA JUSTIFICATIVA

CONDICIONAMENTOS ASSOCIADOS AO DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS

Documento nº	40309-AT-NJ01	Data:	14-08-2019
	Nome	Função	Assinatura
Elaborado	Sandra Ferreira	Eng.ª Civil Geotécnica	
Verificado	Raul Pistone	Eng.º Geólogo (PhD) - Consultor	
Aprovado	Sandra Ferreira	Eng.ª Civil - Coordenadora de projecto	

Registo de Revisões:

Revisão	Data	Elaborado	Verificado	Aprovado	Descrição
0	14-08-2019	SCF	RP	SCF	Primeira emissão

INTERVENÇÃO DE NATUREZA ESTRUTURAL PARA EVITAR DERROCADAS NA ENCOSTA DO FORTE DE SÃO FILIPE EM SETÚBAL

NOTA JUSTIFICATIVA

CONDICIONAMENTOS ASSOCIADOS AO DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	BREVE ENQUADRAMENTO	1
3	INFORMAÇÃO EXISTENTE ATÉ AO FINAL DA FASE DE PROJETO DE EXECUÇÃO	2
3.1	FASE ANTERIOR AO PROJETO DE EXECUÇÃO DA ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA.....	2
3.1.1	Prospecção de campo.....	2
3.1.2	Monitorização	2
3.2	FASE DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE EXECUÇÃO DA ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA	4
3.2.1	Condicionamentos associados à obtenção de informação complementar.....	4
3.2.2	Prospecção de campo complementar.....	5
3.2.3	Solução de projeto.....	5
4	ESTUDOS REALIZADOS EM FASE DE OBRA	6
4.1	ESTADO ATUAL DA OBRA.....	6
4.2	EVIDÊNCIAS OCORRENTES.....	7
4.2.1	Resultados dos ensaios prévios das ancoragens.....	7
4.2.2	Sobreconsumos de calda de cimento associados à execução das microestacas do caminho de ronda	7
4.3	PROSPEÇÃO ADICIONAL.....	7
4.4	CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS REAIS.....	8
4.5	CONDICIONAMENTOS ARQUEOLÓGICOS OCORRENTES.....	8
5	PRINCIPAIS CONSEQUÊNCIAS / ADEQUAÇÕES DO PROJETO DECORRENTES DOS CONDICIONAMENTOS ASSOCIADOS À FASE DE OBRA	8
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	9

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Prospeção realizada e instrumentação instalada na fase anterior ao Projeto de Execução de estabilização da encosta.....	2
Quadro 3.2 – Deslocamentos horizontais acumulados em distintas fases. Medições nos inclinómetros.....	3
Quadro 3.3 – Prospeção realizada e instrumentação instalada na fase de Projeto de Execução de estabilização da encosta.....	5

1 INTRODUÇÃO

O forte de São Filipe também conhecido como castelo de São Filipe, localiza-se no Parque Natural da Arrábida, freguesia de São Julião, Nossa Senhora da Anunciada e Santa Maria da Graça, concelho e distrito de Setúbal.

A fortificação é composta de uma planta irregular poligonal, em estrela de seis pontas, com seis baluartes, encontrando-se posicionada no topo de uma encosta de acentuado declive sobre o mar, sendo protegida pelo lado Norte por uma segunda linha amuralhada. Na base da encosta localiza-se a estrada Nacional N 10-4.

As condições geológicas do local, conjugadas com o facto de o forte ser uma estrutura muito antiga, por sua vez já sujeita ao longo do tempo a várias intempéries, conduziram à instabilidade progressiva da encosta e conseqüentemente à abertura de um conjunto de fissuras acentuadas nas muralhas do forte. Houve assim necessidade de realizar um conjunto de intervenções focadas essencialmente na estabilidade da encosta e melhoramento/recalçamento das fundações das muralhas. Estas intervenções passaram necessariamente pela fase de elaboração de um Projeto de Execução, após o que foi possível implementar a realização das soluções previstas, fase esta caracterizada pela execução da obra, atualmente em curso.

No âmbito do desenvolvimento da obra, existiram um conjunto de imponderáveis de carácter imprevisível que condicionaram o desenvolvimento dos trabalhos e conduziram à necessidade de adequação do projeto de execução às reais condições geológicas encontradas, com conseqüências no prazo e custo da empreitada.

O presente documento descreve, sumariamente, os acontecimentos ocorridos.

2 BREVE ENQUADRAMENTO

Esta fortaleza do século XVI, foi classificada Monumento Nacional em 1933, pelo Decreto n.º 23 007, publicado no Diário do Governo n.º 196, de 30 Agosto de 1933, sendo propriedade do Estado Português.

Em 1969 foi registado um deslizamento de terras, na escarpa sudeste da encosta onde está implantado o forte de São Filipe. Em face deste deslizamento, na altura foram realizadas as obras consideradas prioritárias na zona onde aquele ocorreu e desde 1970 que o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), através de protocolos realizados com a extinta Direcção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais e com o ex-IGESPAR, tem vindo a efectuar sucessivas campanhas de instrumentação e leitura, com o objectivo de observar a evolução da estabilidade da encosta.

O relatório que o LNEC elaborou, com base na observação realizada no último trimestre de 2011, na continuação aliás do que já havia relatado em 2006, identifica um cenário de elevado risco, referindo, que os resultados *"permitem reiterar as conclusões apresentadas em relatórios anteriores do LNEC, designadamente em LNEC (2006) e LNEC (2007), de que se salienta a necessidade de realização de obras de estabilização e a reposição e reforço do sistema de monitorização"*, considerando ainda que *"como os dados da observação indiciam, sem a realização de obras de estabilização já não se podem considerar satisfatórias as condições de segurança existentes para obstar à ocorrência de um acidente potencialmente grave, com eventual perda de vidas humanas e de equipamentos, no caso de se verificar um sismo ou um período de chuvas intensas e prolongadas"*.

Face ao exposto foi implementada uma operação de estabilização da encosta, precedida como é comum em obras desta natureza de um estudo geológico-geotécnico complementar aos existentes e de um Projeto de Execução no sentido de

evitar, a prazo, o eventual acidente grave mencionado no citado relatório do LNEC, em particular das zonas onde são evidentes os indícios de perda de estabilidade.

Função da realidade anterior, após a submissão pela Câmara Municipal de Setúbal da candidatura de financiamento da obra, a mesma foi aprovada pelo POSEUR, sendo necessário contratar todas as prestações necessárias à concretização da operação e assegurar todos os actos técnicos, jurídicos e económico-financeiros necessários à perfeita execução da obra.

No final de 2016, foi adjudicado à COBA o Projeto de Execução da estabilização da encosta. No começo de 2018, a obra teve início. Compete ainda ao LNEC, dar todo o apoio e assessoria técnica à Câmara Municipal de Setúbal na preparação e execução dos trabalhos da operação da estabilização da encosta, intervindo esta entidade na fase de projeto e na fase de obra.

3 INFORMAÇÃO EXISTENTE ATÉ AO FINAL DA FASE DE PROJETO DE EXECUÇÃO

3.1 FASE ANTERIOR AO PROJETO DE EXECUÇÃO DA ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA

3.1.1 Prospeção de campo

Previamente ao ano de 2017, foram realizadas distintas campanhas de prospeção e instrumentação fundamentais à perceção do estado de instabilidade da encosta (Quadro 3.1). Considera-se que este reconhecimento da zona de intervenção, em superfície e profundidade, constitui informação essencial, permitindo a caracterização da situação existente.

Quadro 3.1 – Prospeção realizada e instrumentação instalada na fase anterior ao Projeto de Execução de estabilização da encosta.

Ano de execução	Prospeção realizada e instrumentação instalada
1969	Execução de 12 sondagens Instalação de piezómetros simples em 4 furos de sondagem Instalação de inclinómetros em 3 furos de sondagem
1979	Realização de 3 poços, escavados manualmente, com profundidades até 7 metros
1982	Realização de 7 sanjas com profundidade de 0,5 metros e comprimentos máximos de 30 metros
1987	Execução de 2 sondagens com instalação de inclinómetros em todos os furos
2003	Execução de 4 sondagens com instalação de inclinómetros em todos os furos Realização de 4 furos destrutivos para instalação de piezómetros triplos

3.1.2 Monitorização

Tem sido possível acompanhar a evolução do comportamento da encosta do forte de São Filipe desde há muitas décadas atrás. O sistema de observação instalado, permitiu ao LNEC efetuar esse acompanhamento. Função dos dispositivos de monitorização instalados ao longo das últimas décadas, em particular dos inclinómetros, os resultados obtidos nos deslocamentos horizontais máximos acumulados destes dispositivos encontram-se descritos no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Deslocamentos horizontais acumulados em distintas fases. Medições nos inclinómetros.

Inclinómetro	Deslocamento total acumulado em distintas fases (mm)			Deslocamento total acumulado (mm)
	1979 a 1984	1987 a 2003	2004 a 2016	
S1B PI6	-		23,10	23,10
S2B PI6	-		20,20	20,20
S1A CR	16,60	64,65	31,50	112,75
S2 CR	13,63	27,44	19,10	60,17
S3A CR	18,04	17,04	11,20	46,28
S4 CR	-	17,50	8,90	26,40
S5 EC	-	19,10	5,90	25,00

De notar que o valor do deslocamento total acumulado entre 1979 e 2016, muito provavelmente é superior aos valores indicados no gráfico anterior, dado que existiram períodos em que não foram efetuadas leituras. O facto anterior pode também ser corroborado pela evolução de abertura de fendas e o aparecimento de novas. O cenário observado, indicia a existência de deformações de maior ordem de grandeza, que por sua vez provavelmente ocorrem desde há séculos. Na zona do caminho de ronda, por existirem leituras mais antigas, desde 1979, é a zona onde existem registos de deslocamentos acumulados com maiores magnitudes. Relativamente às outras zonas, em particular do pátio PI6, por falta de informação, desconhece-se a evolução do seu comportamento.

As leituras realizadas nos inclinómetros S2B PI6 e S1A CR indiciam a existência de movimentos na base deste dispositivo, concluindo-se que muito provavelmente estes elementos não têm ponto fixo. De mencionar também que no inclinómetro S1A CR tiveram que se substituir as calhas inclinométricas devido à sua deformação excessiva. Os resultados obtidos e as evidências observadas indiciam um movimento de destacamento do baluarte Sul do forte, no sentido Sudeste.

Através dos perfis transversais de alguns dos inclinómetros, constata-se que devido ao tipo de distorção registada, em profundidades distintas, muito provavelmente a zona de intervenção pode ser atravessada por potenciais superfícies de deslizamento. É ainda importante destacar que, em geral, as distorções são observáveis nos dois eixos de leitura dos inclinómetros, sendo no entanto mais acentuadas no sentido Sul.

No que respeita à informação obtidas através das leituras dos piezómetros, pode-se considerar, em geral, que a maior parte do tempo estes elementos se encontram secos.

Atualmente, o forte apresenta um vasto conjunto de fendas dispersas ao longo das suas muralhas, incluindo fundações e pátios.

Em 1979, as fendas cingiam-se apenas à sua zona Sul. No entanto, em 2004, observou-se a existência de fendilhação dispersa por toda a estrutura, mas com particular incidência na zona Sul e com maior severidade a Sudeste. Na data anterior foi ainda possível observar a existência de fendas recentes tendencialmente verticais, com gravidade nos muros e desenvolvimento das muralhas correspondentes ao baluarte Sul. Em 2017, o cenário encontrado foi semelhante, ou seja detetou-se o aparecimento de fissuras adicionais, em particular, na muralha do forte localizada a Sudeste.

Desde 1979, muitas das fendas inicialmente fechadas entretanto reabriram, existindo, em geral, em 2004, nas muralhas do forte aberturas superiores a 10 mm, existindo pontualmente valores máximos até 500 mm na muralha Poente. As fendas dos pátios apresentavam aberturas de cerca de 20 mm / 30 mm.

As fendas dos pátios do forte correspondem, em geral, às fendas das muralhas, constituindo muitas vezes um prolongamento das mesmas. Todo o movimento da encosta e conseqüente instabilidade, induziu a formação de fendas ao nível das galerias subterrâneas do forte. De mencionar ainda que o compartimento das galerias subterrâneas situado sob o pátio PI6 foi interditado em 1991, função do estado de degradação estrutural existente. Em 2014, procedeu-se à implementação do reforço estrutural desta zona.

Entre Dezembro de 2012 e Fevereiro de 2016, cerca de 28 % do total dos dispositivos, que constituem o sistema de monitorização avariaram ou ficaram destruídos. Até esta data, aproximadamente, 65 % de todos os dispositivos instalados encontram-se inoperacionais.

3.2 FASE DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE EXECUÇÃO DA ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA

3.2.1 Condicionamentos associados à obtenção de informação complementar

Devido à morfologia acidentada do local, em conjunto com uma vegetação muito densa composta por árvores de grande porte (essencialmente pinheiros) e vegetação rasteira tipo arbusto (com altura até 1,5 m) existiu uma grande dificuldade na execução do levantamento topográfico da encosta e na posterior execução dos trabalhos de prospeção, com os cuidados necessários por tratar-se de uma zona inserida no Parque Natural da Arrábida.

A campanha inicial de topografia (a clássico, com uma precisão de escala de 1/200) foi realizada recorrendo aos meios mais adequados e de maior precisão. Devido à vegetação, não foi possível garantir o procedimento anterior em toda a zona de intervenção, ficando a mesma cingida ao forte e sua envolvente mais próxima, assim como à base da encosta. Devido às limitações anteriores, a topografia foi complementada a partir de voo fotogramétrico (recorrendo a drone), que cobriu a restante encosta e permitiu obter, onde possível, uma precisão de escala 1/1000. Contudo, após análise da informação obtida constatou-se que em locais fulcrais da encosta, existia ainda a necessidade de complementar/confirmar esta informação.

Assim, face aos condicionamentos existentes, recorrendo à ajuda dos Bombeiros Sapadores de Setúbal, através de descida em rapel foi realizado um levantamento a clássico em dois alinhamentos específicos, por sua vez também muito condicionados pelos pontos de localização adequada para a amarração das cordas.

Também devido à densa vegetação existente na zona de intervenção, houve que criar acessos aos locais onde se previu a realização da prospeção, com os cuidados necessários por tratar-se de uma zona inserida no Parque Natural da Arrábida.

Assim, foi necessário proceder à desmatação controlada do local, tendo-se criado posteriormente um conjunto de acessos necessários para aceder aos locais onde foi previsto realizar a prospeção de campo. No total esses acessos perfazem um desenvolvimento de mais de 500 metros. Essa desmatação teve que ser efetuada de forma cuidada, com procedimentos específicos por a zona estar inserida no Parque Natural da Arrábida.

A adversidade do local para realizar este tipo de trabalhos, assim como a montagem de toda a logística adequada à realização desses mesmos trabalhos, traduziu-se na necessidade de garantir um espaço temporal superior ao inicialmente previsto para realização dos mesmos. Em consequência das adversidades encontradas e não previstas, o prazo inicialmente contabilizado para a realização do estudo geológico-geotécnico teve que ser incrementado. A informação contida no estudo geológico-geotécnico constitui a base de sustentação das soluções de estabilização definidas.

3.2.2 Prospecção de campo complementar

Apesar de existir numerosa informação sobre a zona de intervenção, considerou-se que seria importante complementá-la um pouco mais no sentido de incrementar o grau de conhecimento e assim conceber uma solução de estabilização o mais adequada ao fenómeno ocorrente.

Nessa perspetiva foram realizados os trabalhos de prospecção complementar descrito no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Prospecção realizada e instrumentação instalada na fase de Projeto de Execução de estabilização da encosta.

Ano de execução	Prospecção realizada e instrumentação instalada
2017	8 Poços, escavados através de equipamento adequado, com profundidades até 5 metros Execução de 3 sondagens

De salientar que durante o reconhecimento de campo, na zona do baluarte Sul, foi detetada a existência de dois vazios à superfície e ainda três vazios em profundidade, dois numa das sondagens e o terceiro num dos poços realizados. De forma aproximada, a maior geometria dos vazios superficiais era de 1 m de diâmetro e 5 m a 6 m de comprimento. Em profundidade foram encontrados vazios, na sondagem S2, dos 14,3 m aos 16,0 m e dos 21,6 m aos 22,6 m. O vazio do poço P6 apresentava cerca de 30 cm de diâmetro, localizando-se aproximadamente a 4 m de profundidade (base do poço).

Esta informação foi tida em conta no Projeto de Execução, através da adequação da metodologia de selagem das ancoragens e microestacas, nos casos em que a furação necessária para a sua instalação, atravessasse zonas com vazios.

3.2.3 Solução de projeto

Face ao estado de degradação do forte, função das características das formações geológicas do local, das propriedades geotécnicas dos maciços encontrados e da sismicidade da zona, foi necessário prever soluções que estabilizem a encosta. Essas soluções foram desenvolvidas tendo em conta os resultados obtidos ao longo dos anos nos vários dispositivos de instrumentação e observação instalados e dos condicionamentos existentes na zona de intervenção.

Assim sendo, de forma a garantir a estabilidade global do local, em particular, da zona da encosta mais próxima do forte, o projeto previu o recurso as soluções de estabilização que passam essencialmente pela realização de ancoragens definitivas, que por serem elementos ativos que acomodam forças de intensidade considerável, promovem a segurança impedindo que o movimento de instabilidade ocorra.

Função da heterogeneidade das formações do local, por vezes, a fundação das muralhas fica assente no maciço mais alterado e deformável, podendo, em consequência, ocorrer assentamentos. De forma a minimizar esses movimentos, foi proposto o recalçamento das muralhas do forte recorrendo a microestacas de fundação. A medida anterior permitirá simultaneamente aliviar uma parte do peso associado à massa que provoca a instabilidade pois esta componente é transmitida em profundidade abaixo das eventuais superfícies de deslizamento.

Em complemento aos elementos anteriores, houve necessidade de considerar microestacas adicionais, de seção idêntica, que acomodem a força de desvio criada pelo facto de as ancoragens apresentarem uma inclinação em planta, diferente da perpendicular ao seu elemento de apoio.

Os elementos estruturais que acomodarão as microestacas e as ancoragens serão executados em betão armado e consistem em três alinhamentos de vigas. Dois destes alinhamentos encontram-se posicionados junto à base das muralhas do forte (no caminho de ronda com um nível de ancoragens e na base da segunda muralha com dois níveis de ancoragens), localizando-se o terceiro alinhamento na encosta (um nível de ancoragens).

Particular relevância/importância foi dada às operações de selagem das ancoragens e das microestacas. Previu-se que sempre que fosse detetado algum vazio, a furação deveria ser interrompida para se proceder à selagem do espaço detetado com argamassa de características apropriadas. Após o ganho de presa da argamassa, deveria proceder-se à sua reperfuração, retomando a operação de furação até à profundidade pretendida. Nesse sentido, previu-se uma estimativa de quantidades para este tipo de trabalhos.

De forma a caracterizar o comportamento das ancoragens durante as fases de obra e ao longo do seu período de vida útil, antes da realização das ancoragens associadas às soluções de estabilização da obra, foi prevista a realização de pelo menos dois ensaios prévios para confirmação dos pressupostos de projeto, em particular, adequação do seu comprimento, comportamento por fluência e em deformação permanente. Estes ensaios deveriam ser executados em ancoragens independentes, com características idênticas às previstas executar na obra, sendo possível desta forma confirmar a adequabilidade não só do processo construtivo adotado, mas também do próprio corpo da ancoragem.

Propôs-se ainda a realização de um ensaio de carga numa microestaca, especialmente executada para o efeito, de forma a garantir a adequabilidade do processo construtivo adotado, assim com a confirmação dos pressupostos admitidos em projeto.

Face à importância da obra foi ainda proposta uma campanha de instrumentação e observação complementar à existente. Far-se-iam leituras com uma periodicidade pré-definida quer na fase de obra, quer na vida útil. O posicionamento definitivo da instrumentação prevista e a frequência das leituras, poderia eventualmente ter que ser ajustado função dos condicionamentos específicos de cada local e também função dos resultados obtidos nos vários dispositivos de instrumentação e observação. O projeto previa a leitura de 5 inclinómetros para medição de deslocamentos em profundidade, 16 células de carga para medição da variação de tensão das ancoragens definitivas, 31 alvos topográficos para medição dos deslocamentos das muralhas e vigas de betão, 12 marcas topográficas para medição de assentamentos superficiais, 1 piezómetro e 34 fissurómetros.

4 ESTUDOS REALIZADOS EM FASE DE OBRA

4.1 ESTADO ATUAL DA OBRA

A obra arrancou no início de 2018, contudo, devido a um conjunto de condicionamentos de caráter imprevisível a solução de projeto teve que ser revista.

Sumariamente, os trabalhos de obra executados atualmente são:

1. Ensaio prévios das ancoragens.
2. Ensaio de carga da microestaca.
3. Dispositivos de instrumentação e observação, com exceção de 2 inclinómetros.
4. Praticamente quase todas as microestacas da viga de betão armado, posicionada no caminho de ronda.
5. Ferrolhos de ligação da viga de betão armado do caminho de ronda à muralha do forte.

Os resultados obtidos nos vários dispositivos de instrumentação e observação instalados, desde o início da obra até Abril de 2019, não indiciam existência de deformações ou distorções relevantes e/ou condicionantes ao adequado desempenho da zona de intervenção.

4.2 EVIDÊNCIAS OCORRENTES

4.2.1 Resultados dos ensaios prévios das ancoragens

A análise ao ensaio prévio das ancoragens decorrente no início do ano de 2019 mostrou:

1. A presença de vazios, aquando da furação, nos 5 metros iniciais do bolbo de selagem, que por sua vez pode estar relacionada com o comportamento de fluência registado.
2. No 3º patamar de carga, com cerca de 537 KN, a ancoragem apresentou um coeficiente de fluência superior a 2 mm, o que corresponde a rotura por fluência.
3. A carga de projeto prevista para as ancoragens era superior ao valor anterior, evidenciando que o maciço, onde se previa a localização da respetiva selagem, poderá apresentar um comportamento de fluência inadequado para as solicitações previstas no Projeto de Execução desenvolvido.

4.2.2 Sobreconsumos de calda de cimento associados à execução das microestacas do caminho de ronda

De uma maneira geral, os sobreconsumos de calda de cimento associados às furações realizadas, em particular, das microestacas da viga de betão armado do caminho de ronda e das ancoragens de ensaio prévio, foram superiores aos expectáveis. Função da informação geológica disponível previamente ao início da obra, este cenário não era previsível.

Em média consumiu-se mais de 6 vezes de quilos de cimento por metro linear, relativamente ao valor teórico para preenchimento do furo.

4.3 PROSPEÇÃO ADICIONAL

Durante o decurso do ano de 2019, o LNEC procedeu à realização de perfis de resistividade elétrica, com recurso ao dispositivo de Dipolo-dipolo, segundo quatro alinhamentos. Num dos alinhamentos foi executado o ensaio antes (janeiro de 2019) e depois da realização das microestacas da viga de betão armado do caminho de ronda (julho de 2019).

A repetição do ensaio permitiu observar:

1. Verifica-se que a resistividade elétrica aumentou na zona onde se executaram as microestacas.
2. Em profundidade, os 5 metros superiores correspondem a materiais com baixa resistividade, provavelmente pode ser o aterro realizado para enchimento do caminho de ronda.
3. Junto ao forte, e abaixo da cota +70 metros, o perfil geofísico, fornece uma informação escassa, mas indicia que o maciço aparenta ter melhores características de resistividade estrutural, em face dos valores verificados próximo dessas cotas.

Face aos resultados obtidos, pode-se concluir que o tratamento com calda de cimento está a resultar, tendo o maciço melhorado com a execução das microestacas.

4.4 CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS REAIS

Primeiramente é importante constatar que nas várias campanhas de prospeção realizadas desde 1969, apenas a de 2017, executada no âmbito do Projeto de Execução da estabilização da encosta, detetou a existência de vazios.

Ao dia de hoje reconhece-se que o cenário geológico geotécnico real da zona de intervenção é muito mais gravoso do que assumido inicialmente, face à informação disponível de décadas.

O forte foi edificado maioritariamente sobre as formações caracterizadas por conglomerados e grés, que, por sua vez se encontram intercalados por margas. Seria exetável que as margas fossem o estrato com piores caraterísticas de resistência e deformabilidade, contudo, na fase de obra, veio a constatar-se que os conglomerados apresentam-se frequentemente muito descomprimidos, o que origina zonas, de material pouco compacto, ainda que pouco espessas.

Face ao exposto a realidade geológica e geotécnica apresenta-se como mais desfavorável do que o inicialmente previsto, traduzindo-se, conforme já mencionado, na existência de excessivos sobreconsumos de calda de cimento e na diminuição da capacidade resistente do maciço para acomodar a carga das ancoragens inicialmente prevista no Projeto de Execução.

4.5 CONDICIONAMENTOS ARQUEOLÓGICOS OCORRENTES

Por ser Monumento Nacional existe a necessidade de realizar o acompanhamento arqueológico da obra. Esta atividade tem como objetivo a preservação quer do forte, quer da sua envolvente de afetações desnecessárias, decorrentes dos trabalhos associados à empreitada. Pretende-se ainda identificar e registar, eventuais realidades arqueológicas que venham a ser identificadas.

Tendo por base o acompanhamento prestado durante o decorrer da obra detetaram-se alguns condicionamentos de carater arqueológico, em particular, a existência de um caneiro enterrado, de seção variável, que percorre transversalmente o caminho de ronda junto à extremidade Poente do baluarte Sul, a existência de uma galeria enterrada, na zona da torre do forte e ainda saliências ao nível da base da muralha, tornando-a por vezes mais espessa.

A existência destes condicionamentos fez com que o Projeto de Execução tivesse que ser revisto de forma a preservar estes achados.

5 PRINCIPAIS CONSEQUÊNCIAS / ADEQUAÇÕES DO PROJETO DECORRENTES DOS CONDICIONAMENTOS ASSOCIADOS À FASE DE OBRA

No seguimento da execução dos ensaios de prévios das ancoragens realizados até Janeiro de 2019 e dos resultados obtidos nos mesmos, foi necessário efetuar a revisão da solução de estabilização proposta no Projeto de Execução, apresentado em Maio de 2017. As alterações decorrentes dizem essencialmente respeito à carga de tração a instalar nas ancoragens definitivas, que por incapacidade geológica-geotécnica do maciço, terão que forçosamente acomodar valores inferiores aos inicialmente previstos. Assim, para garantir a estabilidade da encosta, terão que se realizar mais ancoragens. Em consequência, função dos vários condicionamentos existentes, a geometria associada às vigas de betão armado terá que ser revista, assim como o número de microestacas e de drenos sub-horizontais.

Em função dos resultados obtidos no ensaio prévio realizado em Janeiro de 2019, foi decidido entre projetista, LNEC e Câmara Municipal de Setúbal incorporar na presente revisão do Projeto de Execução as seguintes alterações:

1. A análise dos resultados permitiu estimar, para efeitos de dimensionamento da solução de estabilização revista, uma carga de tração de 537 kN para um coeficiente de rotura por fluência superior a 2 mm. Assim sendo, a revisão da solução de estabilização adotou uma carga de tração de 450 kN por ancoragem.
2. A necessidade de redução da carga por ancoragem, face à inicialmente prevista no Projeto de Execução (770 kN), obrigou à realização de dois níveis de ancoragens em dois dos alinhamentos de vigas (anteriormente com um nível).
3. De modo a incrementar a capacidade resistente do bolbo de selagem das ancoragens, este foi aumentado em 1,0 m, passando de 9,0 m para 10,0 m de comprimento.
4. Função dos significativos sobreconsumos obtidos durante as atividades de selagem das ancoragens de ensaio e das microestacas da viga de betão do caminho de ronda, considera-se que todo o maciço interno da encosta estará sujeito a uma melhoria das suas características face à incorporação da argamassa/calda de cimento. O aspeto anterior, em combinação com o faseamento construtivo proposto (a blocagem das ancoragens só será realizada após a execução de todas as ancoragens e microestacas de uma zona específica) e a elevada densidade de elementos de estabilização a instalar na encosta, permitirão à partida garantir que as ancoragens da obra terão uma melhoria no seu comportamento relativamente às ancoragens de ensaio prévio. Esta situação será confirmada, através da realização dos ensaios de adequabilidade das ancoragens da obra (ancoragens instrumentadas com células de carga), pelo que estes serão os primeiros a realizar.
5. O plano de instrumentação e observação terá que ser também ajustado, em resultado do aumento do número de ancoragens, da redução da carga de tração instalada e da heterogeneidade geológico-geotécnica que o maciço tem apresentado, Assim sendo, o número de ancoragens instrumentadas foi incrementado, o número de inclinómetros também, tendo sido realizados os necessários ajustes nos limites de alerta e alarme.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realidade geológica e geotécnica da zona de intervenção veio-se a revelar mais condicionante do que seria expectável, apesar do conhecimento adquirido previamente ao início da obra, em 2018 e que se reporta a décadas atrás desde 1969. Em consequência, foi necessário ajustar para a nova realidade geológica e geotécnica o Projeto de Execução, desenvolvido em 2017. Em linhas gerais, manteve-se a conceção da solução, contudo, houve que incrementar as quantidades associadas às ancoragens, face à necessidade de redução da tração a instalar nestes elementos e aos volumes de argamassa de injeção do maciço.

Será importante mencionar que tratando-se de uma construção classificada como Monumento Nacional e de uma obra geotécnica classificada como de categoria 3 (NP EN 1997-1), a adequação das soluções de projeto à realidade local, trará benefícios evidentes em termos de segurança e durabilidade do forte.

Conforme prática corrente tratando-se de uma obra geotécnica, destaca-se a importância de garantir a realização de leituras aos vários dispositivos de instrumentação, com a periodicidade definida no projeto, sendo desta forma possível garantir a monitorização e o acompanhamento da evolução do comportamento do forte, durante a fase de obra e durante o seu período de vida útil.

Lisboa, Agosto de 2019

Pela COBA, S.A.

Sandra Ferreira
Coordenador do projecto

Raúl S. Pistone
Consultor



4

MEMORANDO

FORTE DE S. FILIPE, EM SETÚBAL - "INTERVENÇÃO DE NATUREZA ESTRUTURAL
PARA EVITAR DERROCADAS NA ENCOSTA DO FORTE DE S. FILIPE"

Análise dos resultados do Ensaio Prévio nº3

1. INTRODUÇÃO

Em cumprimento com o solicitado pela Câmara Municipal de Setúbal (CMS), na reunião realizada no LNEC a 1 de fevereiro de 2019, apresentam-se os resultados do Ensaio Prévio nº 3 (EP3), bem como a respetiva análise.

O EP3 foi inicialmente programada para 20 de dezembro de 2018. No entanto, nessa data, ocorreram anomalias nos mordentes do atuador hidráulico (macaco), que inviabilizaram a realização do ensaio. Nesta circunstância o ensaio foi adiado para o dia 14 de janeiro de 2019. O LNEC esteve presente nas duas datas mencionadas.

A Ancorpor apresentou os resultados que obteve no EP3 no "Relatório gráfico de resultados Ensaio Prévio de Ancoragem 3", de 18 de janeiro de 2019.

A análise efetuada pelo LNEC aos resultados obtidos neste ensaio foi apresentada na reunião supramencionada. Para esta análise teve-se em consideração as normas em vigor, designadamente a ISO/DIS 22477-5 e a NP EN1537:2016.

2. INSTRUMENTAÇÃO DA ANCORAGEM

2.1 Em dezembro de 2018

Em 19 de dezembro de 2018, uma equipa do LNEC deslocou-se à obra para acompanhar os trabalhos preparatórios do empreiteiro que antecederam a realização do EP3. Nessa data foi montado o sistema de pré-esforço, tendo sido aplicada uma carga para a estabilização do sistema da ordem de 37 kN (Figura 2.1), isto é, inferior à carga de referência (P_a) 130 kN.



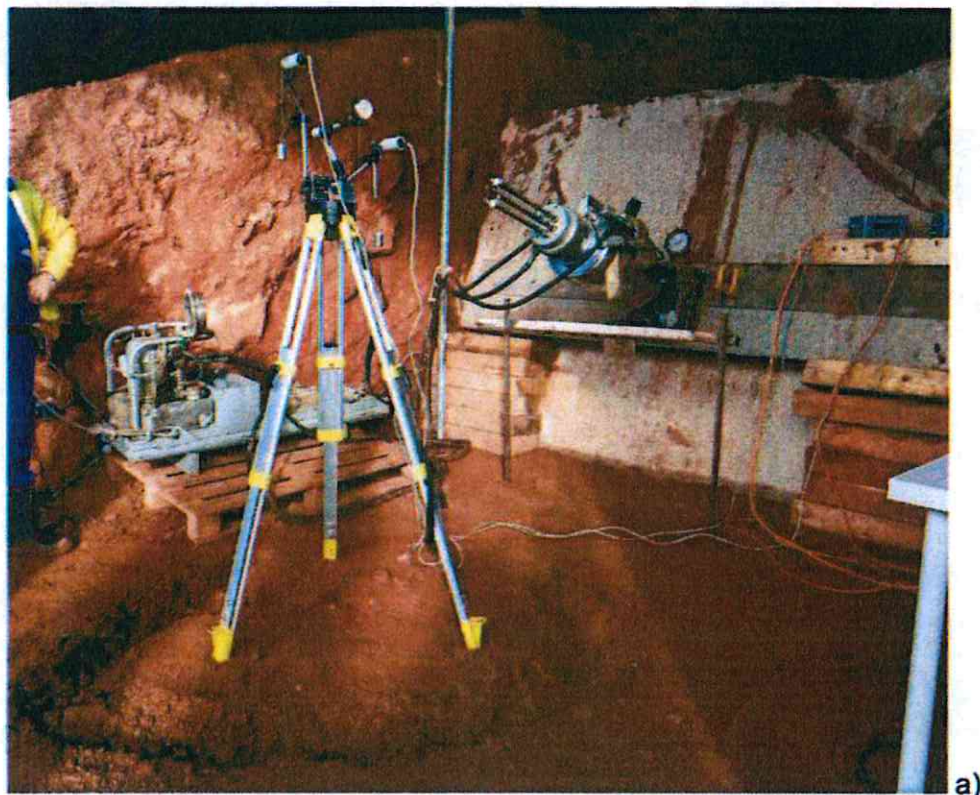
Figura 2.1 – Montagem do sistema de pré-esforço

Para controlar os movimentos da ancoragem, durante o EP3, em 20 de dezembro de 2018, foi materializado um ponto fixo com recurso a um tripé (Figura 2.2a) e colocaram-se: i) dois defletómetros digitais, em dois cordões da armadura (Figura 2.2a); ii) um defletómetro analógico, para permitir o registo dos movimentos do êmbolo do macaco; e iii) um defletómetro analógico para observar os movimentos da parede (Figura 2.2c), com apoio em outro referencial externo.

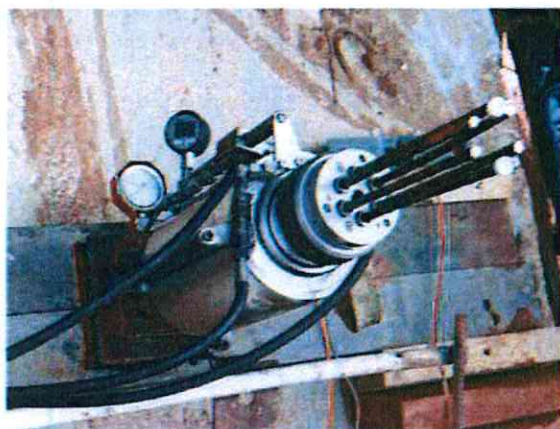
Para observar a evolução da carga, recorreu-se a uma célula hidráulica (Figura 2.2b) de manómetro analógico, a um manómetro digital instalado no circuito hidráulico do macaco e ao manómetro analógico da bomba de aplicação de pré-esforço.



4



a)



b)



c)

Figura 2.2 – Instrumentação do EP3, em 20 de dezembro de 2018

Na fase inicial da primeira tentativa do ensaio registaram-se deslocamentos diferenciais dos fios dos cordões da armadura que indicaram a ocorrência de anomalias (Figura 2.3 e Figura 2.4). Nesta circunstância, interrompeu-se o ensaio para se proceder à verificação do estado das cunhas. Após a abertura da peça de arrasto do macaco, constatou-se que as cunhas apresentavam deficiências (Figura 2.5 e Figura 2.6), devidas a excesso de uso e desgaste, do que resulta uma fixação inadequada dos cordões da armadura durante a aplicação da carga.



Pelo facto de não ser possível proceder à substituição de imediato das respetivas cunhas o ensaio foi interrompido.

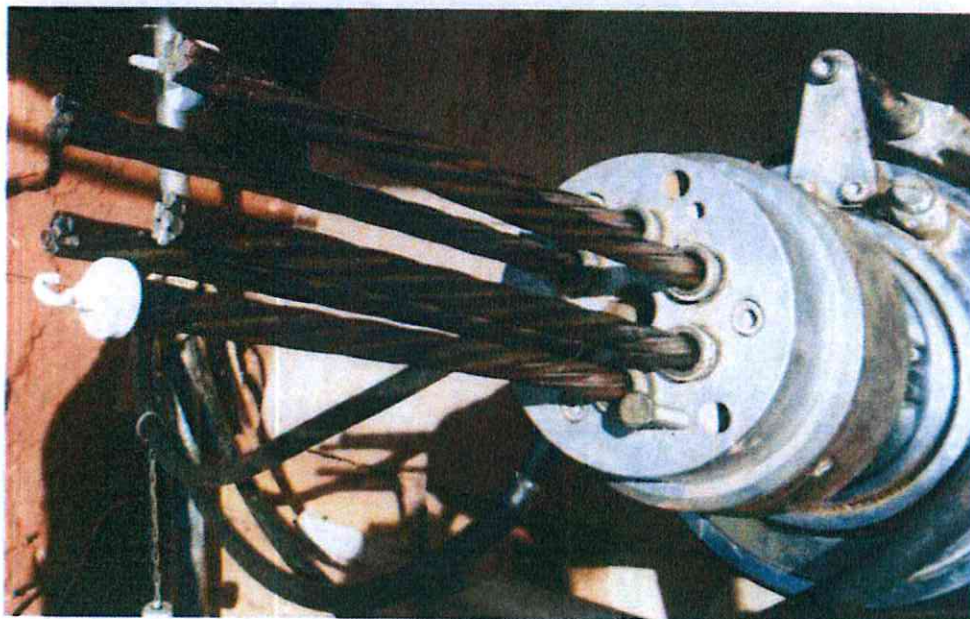


Figura 2.3 – Aspetto das pontas da armadura na fase inicial de aplicação da carga

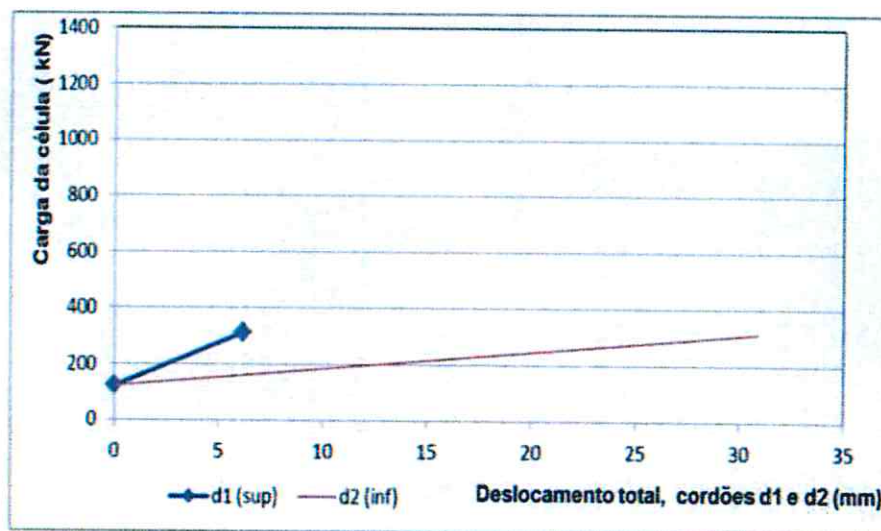


Figura 2.4 – Resultados dos deslocamentos em dois cordões, da armadura



4



Figura 2.5 – Aspeto das cunhas do macaco



Anomalias observadas:

- 1) Desgaste dos filetes;
- 2) Preenchimento integral dos sulcos entre filetes.



Figura 2.6 – Pormenores das anomalias das cunhas interiores do macaco

2.2 Em 14 de janeiro de 2019

Na sequência da situação referida na secção 2.1, optou-se por reforçar a instrumentação deste ensaio para controlar de forma estrita a evolução dos deslocamentos durante o ensaio. Assim, foi materializado um ponto fixo com recurso a um tripé (Figura 2.2a) para permitir a colocação dos defletómetros digitais, fornecidos pelo empreiteiro, e dos analógicos, fornecidos pelo LNEC, Figura 2.7 e Figura 2.8. Refere-se que o LNEC colocou cinco defletómetros analógicos para instrumentar cinco dos seis cordões da armadura.

O programa de ensaios havia sido previamente definido pela COBA (2018).

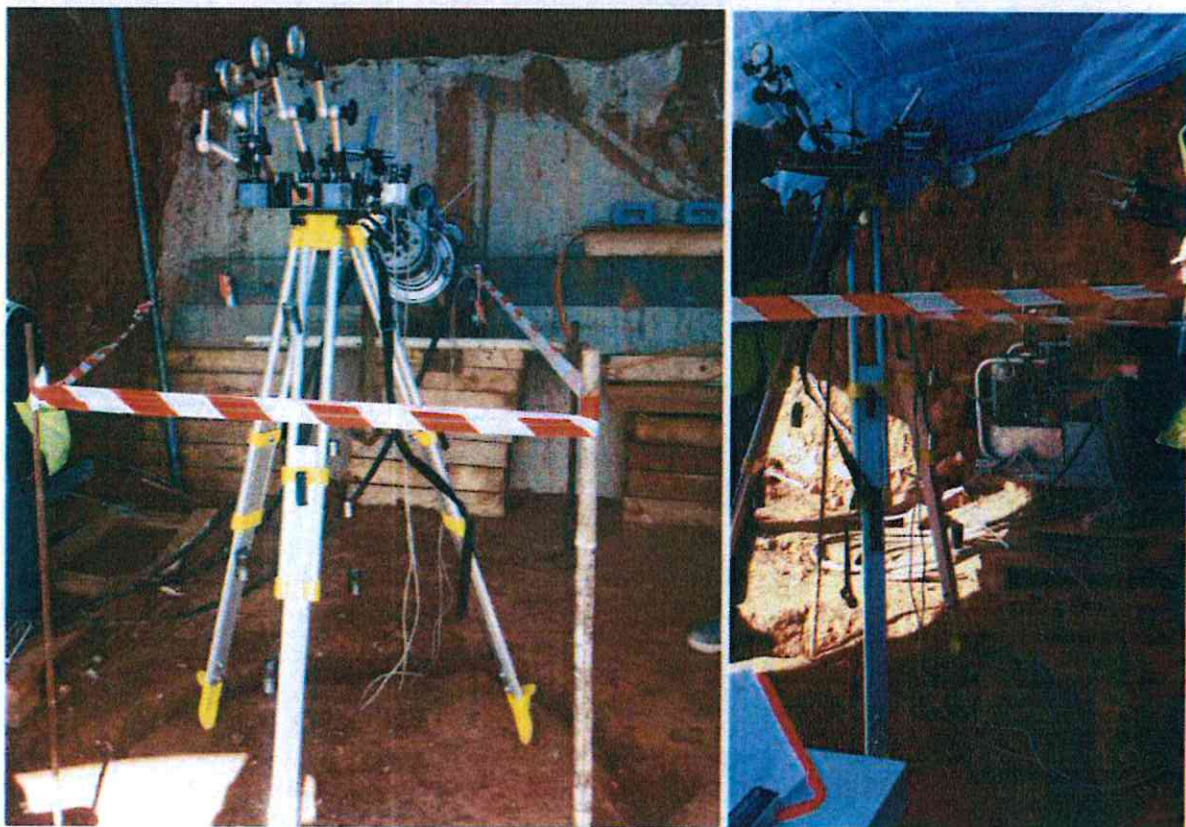


Figura 2.7 – Aspeto do local do EP3



4

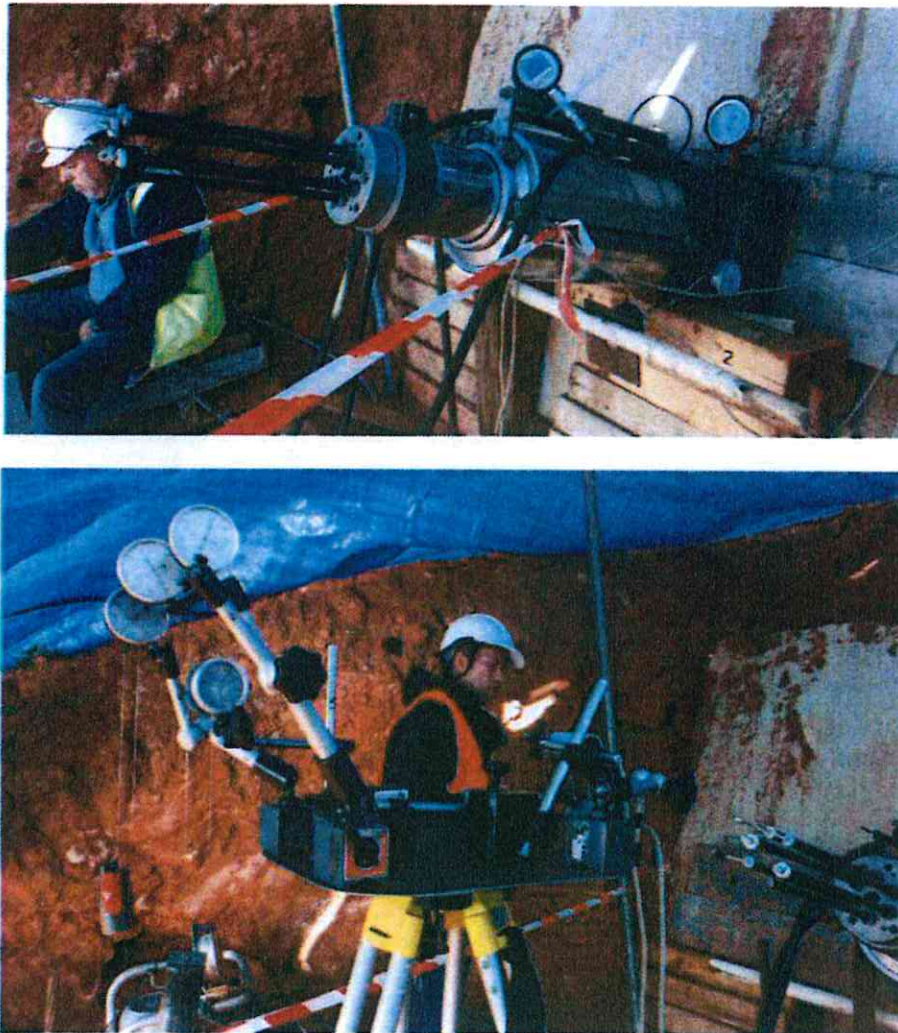


Figura 2.8 – Aspeto geral do equipamento aplicado no EP3

3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO EP3

3.1 – Comportamento mecânico

Os resultados do EP3 representam um comportamento mecânico da ancoragem satisfatório, Figura 3.1 à Figura 3.4.

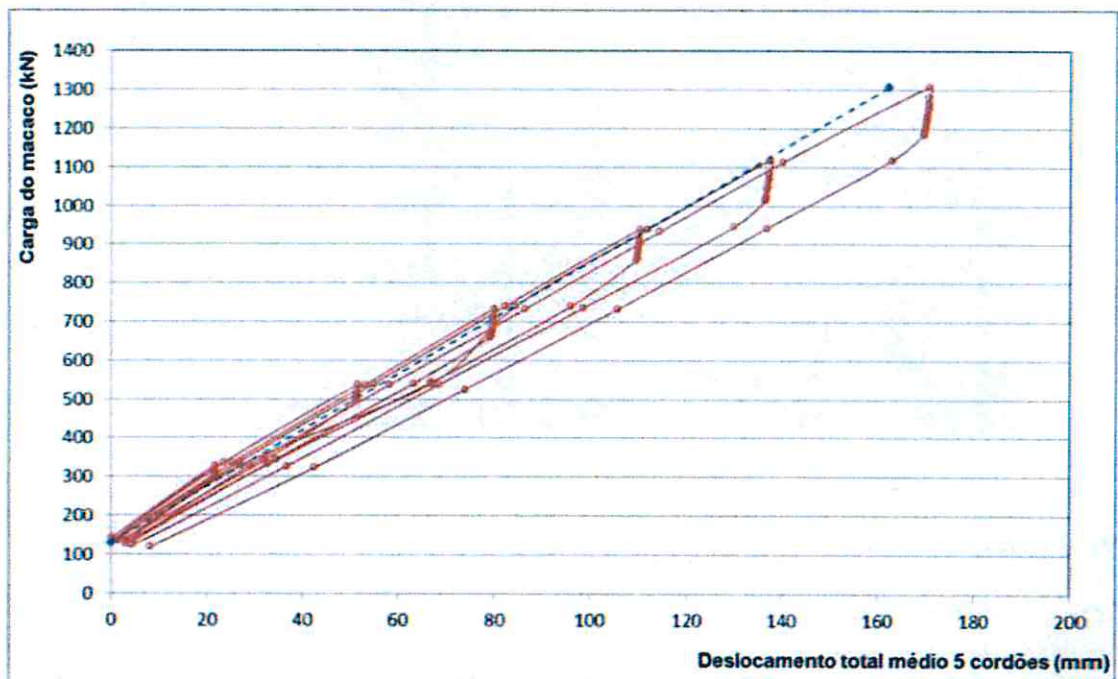
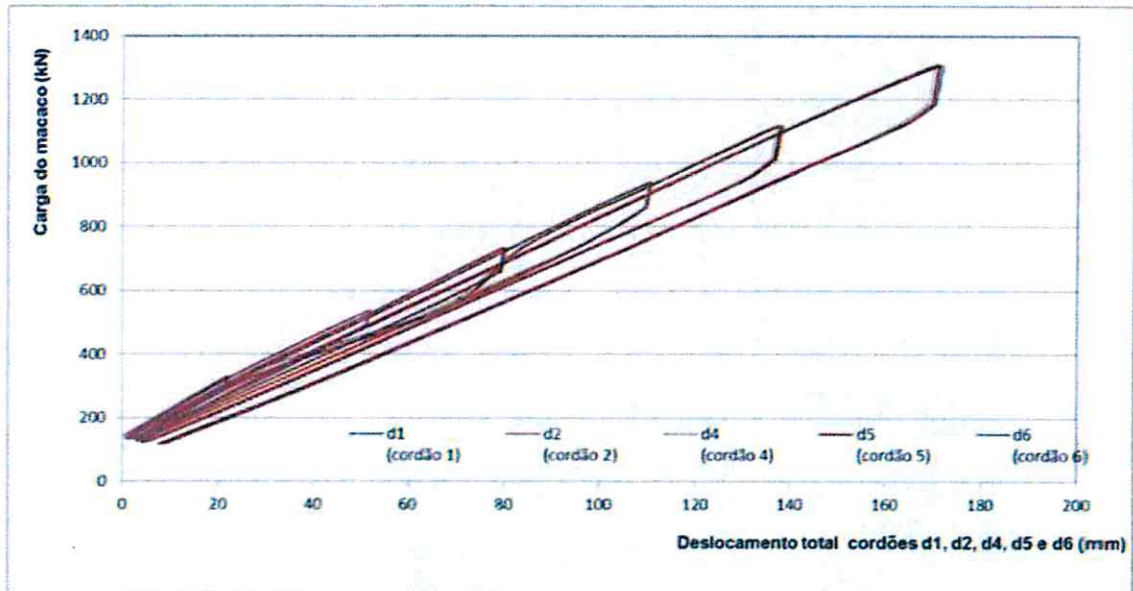



Figura 3.1 – Resultados do EP3: evolução dos deslocamentos da armadura com a carga, observados pelo LNEC



4

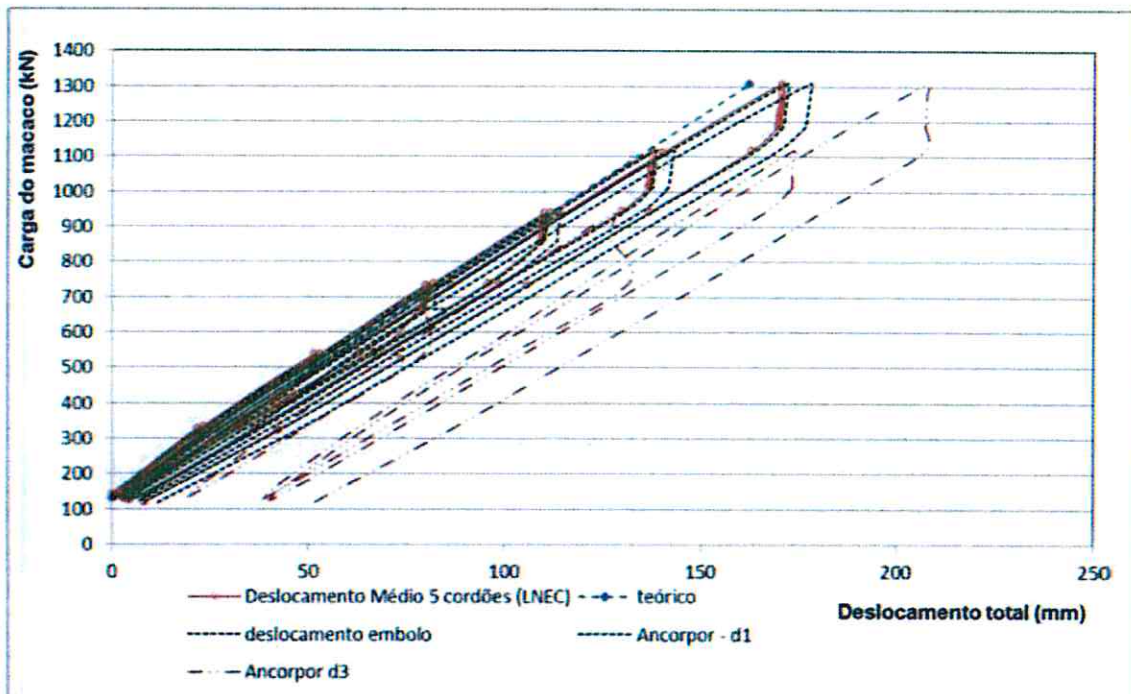
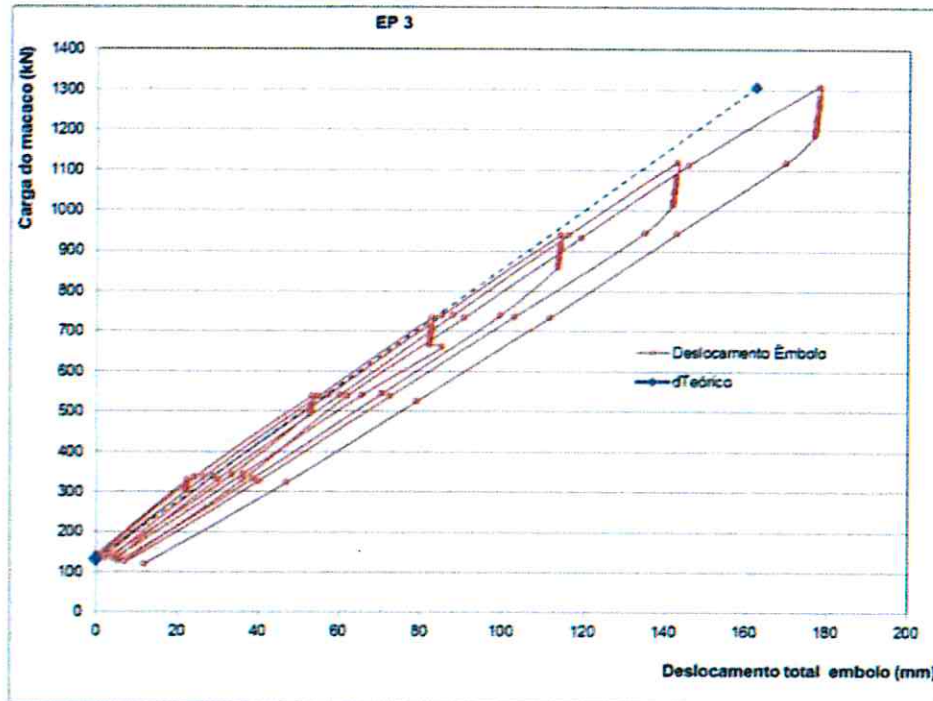


Figura 3.2 – Resultados do EP3: evolução do deslocamento do êmbolo e do valor total médio nos 5 cordões da armadura com a carga, observados pelo LNEC

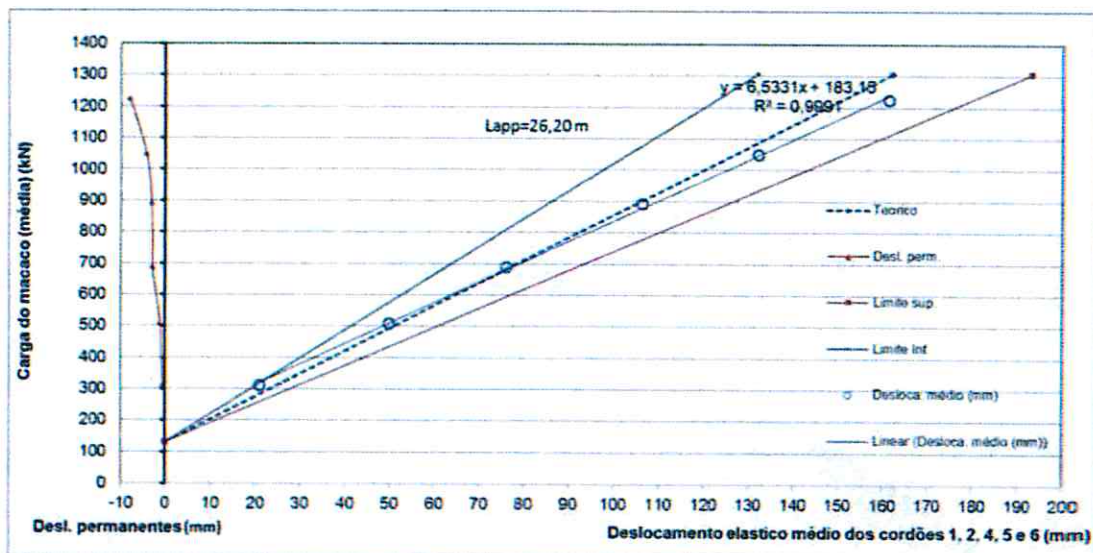
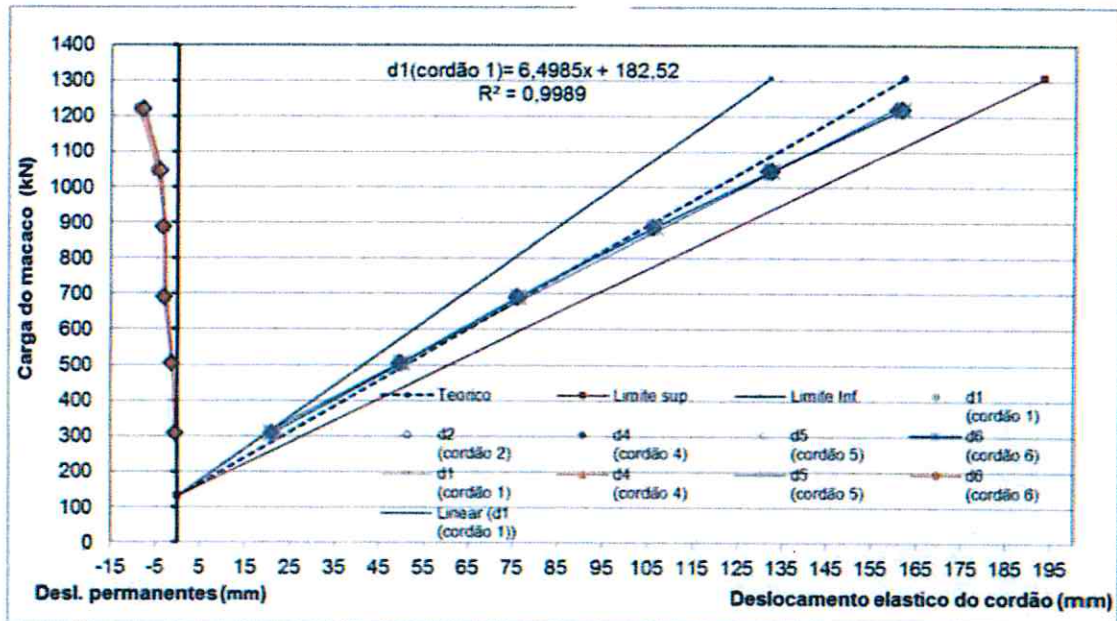


Figura 3.3 – Resultados do EP3: evolução dos deslocamentos elásticos e dos deslocamentos permanentes com a carga

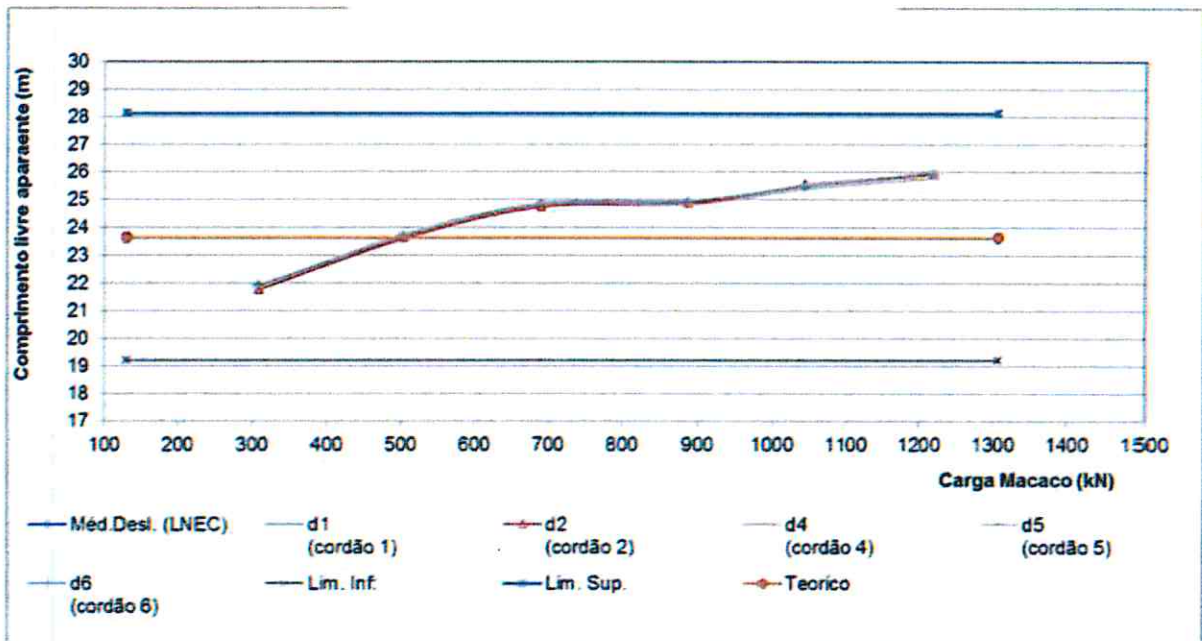


Figura 3.4 – Resultados do EP3: evolução do comprimento livre aparente com a carga, na fase de descarga

3.2 – Comportamento de fluência

Na Figura 3.5 apresenta-se a evolução do k_s com a carga. Nesta figura representam-se os valores obtidos pelo LNEC, considerando as formas de cálculo indicadas na legenda, e os que constam do relatório da Ancorpor (2019).

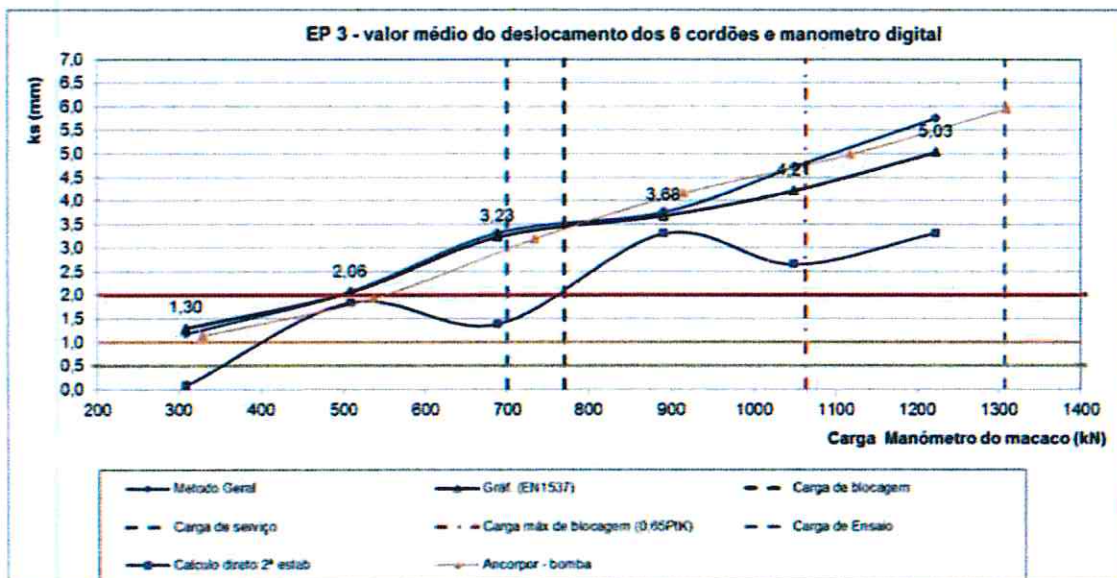


Figura 3.5 – Resultados do EP3: evolução de k_s com a carga

4. CONCLUSÕES

Considera-se que os resultados obtidos no EP3 permitem concluir que:

- 1) O sistema de monitorização foi redundante, quer no controlo dos deslocamentos, quer no controlo da carga. A redundância justificou-se pelo facto de ter havido uma tentativa de ensaio falhada.
- 2) Não se verificou o estado de limite último de resistência em nenhuma das zonas da ancoragem (zonas de selagem, de comprimento livre e da cabeça da ancoragem, bem como no maciço de reação).
- 3) a ancoragem apresenta um comportamento mecânico adequado e que, assim, comprova que o terreno possui a resistência adequada às exigências de projeto.
- 4) Em termos de comportamento de fluência, os resultados obtidos a partir dos patamares de fluência, indicam que as formações existentes na zona de selagem não possuem as características de resistência necessárias para garantir no tempo a carga de serviço definida no projeto (700 kN). De facto, em conformidade com os resultados do EP3 o k_s assume o valor de 2 mm, que corresponde ao valor de rotura por fluência, para cargas da ordem dos 500 kN.

Considera-se que o projeto deverá ser revisto de forma a contemplar as conclusões retiradas dos resultados obtidos no EP3, tal como foi já definido na reunião de 1 de fevereiro de 2019, que decorreu no LNEC.



Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, março de 2019

Visto

Autores

A Diretora do Departamento de Geotecnia

Laura Caldeira

Mariana de Carvalho

(Investigadora Auxiliar)

Arlindo de Sousa

(Técnico superior)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancorpor (2019) – **Relatório gráfico de resultados Ensaio Prévio de Ancoragem 3**. 18 de janeiro de 2019
- Ata de reunião (2019) – **P.05.06.2439 – Intervenção de natureza estrutural para evitar derrocadas na encosta do Forte de S. Filipe. Reunião de Projeto n.º2**. 1 Fevereiro.2019
- COBA (2018) – e-mail REF: 58975 - RE: P.05.06.2439 - "Forte S. Filipe": **Nota Técnica EP3**. 27 de novembro de 2018
- ISO/DIS 22477-5 – **Geotechnical Investigation and testing – Testing of geotechnical structures – Part 5: Testing of anchorages**
- NP EN 1537:2016 – **Execução de obras geotécnicas especiais – Ancoragens no terreno**