



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

## **INTERCETOR JAMOR-LAJE DE SANEAMENTO DA COSTA DO ESTORIL**

**Averiguação das causas de danos em edificações localizadas  
em Paço de Arcos (Av. Elvira Velez)**

**Plano de prospeção e de ensaios e plano de observação**

ÁGUAS DO TEJO ATLÂNTICO, S.A.

Lisboa • junho de 2019

**I&D GEOTECNIA**

**RELATÓRIO 249/2019 – DG/Chefia**

## **Título**

### **INTERCETOR JAMOR-LAJE DE SANEAMENTO DA COSTA DO ESTORIL**

Averiguação das causas de danos em edificações localizadas em Paço de Arcos (Av. Elvira Velez)  
Plano de prospeção e de ensaios e plano de observação

## **Autoria**

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

### **João Bilé Serra**

Investigador Principal

### **Laura Caldeira**

Investigadora-Coordenadora, Diretora do Departamento

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: [lnec@lnec.pt](mailto:lnec@lnec.pt)

[www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)

Relatório 249/2019

Proc. 0501/121/21812

## INTERCETOR JAMOR-LAJE DE SANEAMENTO DA COSTA DO ESTORIL

Averiguação das causas de danos em edificações localizadas em Paço de Arcos (Av. Elvira Velez). Plano de prospeção e de ensaios e plano de observação

### Resumo

---

O presente documento integra-se no âmbito do Plano de Trabalhos apresentado pelo LNEC à empresa Águas do Tejo Atlântico S. A. (ATA) relativo à averiguação das causas de danos em edificações localizadas na proximidade da Avenida Elvira Velez em Paço de Arcos, visando esclarecer o grau da eventual causalidade entre as condições do Intercetor Jamor-Laje de Saneamento da Costa do Estoril e esses danos. Nele concretiza-se a primeira fase daquele Plano.

Palavras-chave: Intercetor / Saneamento / Costa do Estoril / Paço de Arcos

## JAMOR-LAGE SEWAGE INTERCEPTOR OF THE ESTORIL COAST

Assessment of the causes of damages to buildings located at Paço de Arcos (Av. Elvira Velez). Site Investigation Plan and Monitoring Plan.

### Abstract

---

This report is part of the Work Plan submitted by LNEC to the Águas do Tejo Atlântico S. A. (ATA) regarding the inquiry of the causes of damages to buildings near the Elvira Velez Avenue in Paço de Arcos. It aims at making clear the eventual causal link between the present conditions of the Jamor-Laje sewage interceptor of the Costa do Estoril and those damages. The first phase of the aforementioned Plan is herein fulfilled.

Keywords: Interceptor / Sewage sanitation / Costa do Estoril / Paço de Arcos

INTERCETOR JAMOR-LAJE DE SANEAMENTO DA COSTA DO ESTORIL

Averiguação das causas de danos em edificações localizadas em Paço de Arcos (Av. Elvira Velez). Plano de prospeção e de ensaios e plano de observação

## Índice

1	Introdução .....	1
2	Visita de inspeção e recolha de informação .....	2
3	Plano de prospeção e de ensaios geotécnicos .....	4
4	Plano de observação.....	6
	Anexos.....	9
	ANEXO I Inspeção Visual. Fotografias. ....	11
	ANEXO II Especificações para a execução dos trabalhos do programa de prospeção e de ensaios geotécnicos .....	39
	ANEXO III Especificações para o fornecimento e a instalação do sistema de observação .....	45

## Índice de figuras

Figura 2.1 – Topografia da zona antes da construção do intercetor e da escola (adaptação de Drena) .....	3
Figura 3.1 – Implantação aproximada das bocas dos furos F1 a F8 e F2A e cotas altimétricas atuais (Adaptação de Drena).....	4

## Índice de quadros

Quadro 4.1 – Grandezas a observar, respetivos objetivos e detalhes de definição de resumos.....	6
---	---





## 1 | Introdução

O presente documento integra-se no âmbito do Plano de Trabalhos apresentado pelo LNEC à empresa Águas do Tejo Atlântico S. A. (ATA) relativo à averiguação das causas de danos em edificações localizadas na proximidade da Avenida Elvira Velez em Paço de Arcos, visando esclarecer o grau da eventual causalidade entre as condições do Intercetor Jamor-Laje de Saneamento da Costa do Estoril e esses danos. Nele concretiza-se a primeira fase daquele Plano.

Assim, no segundo capítulo, relata-se a visita de inspeção realizada no local e a recolha de informação geotécnica e estrutural e são identificadas as zonas com danos significativos nas construções inspeccionadas.

No terceiro capítulo apresenta-se um plano de prospeção e de ensaios geotécnicos destinado à identificação das formações ocorrentes e do seu estado de fracturação e alteração, bem como da presença de condições preferenciais de percolação na envolvente do intercetor e nas zonas em que foi identificada a ocorrência de danos significativos em construções.

No quarto capítulo apresenta-se um plano de observação para esclarecimento da existência de movimentos de vertente na zona, caracterização das condições de percolação no subsolo, caracterização da evolução dos danos nas edificações e dos assentamentos.

São, ainda, apresentadas em anexos as especificações técnicas dos trabalhos de prospeção e ensaio e de instalação e exploração do sistema de observação.

## 2 | Visita de inspeção e recolha de informação

Com a presença do Engenheiro Carlos Oliveira e de outros técnicos da ATA foi realizada uma visita conjunta ATA-LNEC de reconhecimento e de identificação dos aspetos essenciais daqueles danos. Estes ocorrem numa habitação particular, situada no cruzamento da Avenida Elvira Velez e da Rua Manuel Pinhanços, e na Escola Básica Integrada Dr. Joaquim de Barros e no Pavilhão Desportivo Escolar aí existente, de construção posterior à do túnel intercetor Jamor-Laje de saneamento da Costa do Estoril. Nesta escola os danos visíveis concentram-se num pavimento e no Pavilhão Desportivo Escolar.

No Anexo I apresentam-se as fotografias da visita de inspeção agrupadas em três conjuntos: o da habitação, o da escola e o do pavilhão.

Na habitação foram identificados danos causados por assentamentos diferenciais, potenciados pela deficiente qualidade da construção, dado que apenas existem em paredes de alvenaria na zona de anexos, presumivelmente construídos sobre aterros de qualidade insuficiente.

No perímetro escolar foi identificada uma depressão num pavimento adjacente ao edifício na extremidade sudoeste desse perímetro. Este pavimento encontra-se numa plataforma de transição entre as cotas superiores da escola e a escada de acesso aos recreios, situados no plano inferior.

Ocorrem, também, danos significativos em elementos de alvenaria no Pavilhão Desportivo Escolar, situado nas cotas mais elevadas do perímetro. Trata-se de fendas com abertura diversa, mas que atingem valores máximos da ordem da dezena de milímetros, aparentemente devidas a assentamentos diferenciais nos elementos de fundação direta. Manifestam-se por danos de natureza estética e funcional.

Foi efetuada a análise da informação geológica e geotécnica do projeto do túnel intercetor, especificamente a referente aos denominados túneis 4-1 e 4-2 situados sob a zona em análise. A diversidade litológica é significativa, quer na direção vertical quer em planta, encontrando-se o local indicado na zona de contacto entre maciços rochosos calcários e basálticos, ambos com horizontes variáveis de evolução<sup>1</sup>.

No perfil longitudinal sobre o alinhamento previsto do túnel encontra-se implantada a sondagem ST4/2, cujo log indica uma pequena espessura superficial de materiais de idade recente (terra vegetal e materiais de aterro) sobre jazendo formações rochosas calcárias (com evolução para grés e intercalações margosas e, eventualmente, para argilas margosas).

A informação disponível sobre o local em estudo peca por ser muito exígua. Tendo em conta o previsto no Plano de Trabalhos, define-se, na sequência, um plano de prospeção e de ensaios

---

<sup>1</sup> Vide o desenho 19 do tomo 9 do volume 2 do projeto "Saneamento da Costa do Estoril. Intercetor Jamor-Laje (2ª fase) da autoria da empresa Drena, Estudos e Projectos de Saneamento Lda., de fevereiro de 1995.

geotécnicos para obtenção da informação geotécnica complementar. Os furos previstos neste plano serão utilizados para instalação de instrumentação, conforme detalhado no plano de observação igualmente aqui definido.

Foi facultada pela ATA a topografia da zona antes da construção do intercetor e da escola (cf. Figura 2.1). A cota da superfície desce desde a rua Elvira Velez até ao pátio de escola-



Figura 2.1 – Topografia da zona antes da construção do intercetor e da escola (adaptação de Drena<sup>2</sup>)

<sup>2</sup> Desenho 18 e 19 do Volume 2 do Tomo 3 “Saneamento da Costa do Estoril. Interceptor Jamor-Laje (2ª fase) da autoria da empresa Drena, Estudos e Projectos de Saneamento Lda., de fevereiro de 1995.

### 3 | Plano de prospeção e de ensaios geotécnicos

Para identificação das formações ocorrentes e do seu estado de fracturação e alteração, bem como da presença de condições preferenciais de percolação na envolvente do intercetor e nas zonas em que foi identificada a ocorrência de danos significativos em construções, serão realizados 9 furos (identificados como F1 a F8 e F2A). Os furos F1 a F8 serão furos de sondagem e deverão atingir a cota 20,5 m, cerca de 3 m abaixo da soleira do túnel. O furo F2A será realizado para instalação de um tubo inclinométrico, com um comprimento de 20 m. Estima-se um comprimento total aproximado de furação de 190 m.

Os furos F1 a F8 serão abertos à percussão em solo ou zonas de alteração de rocha e por rotação nos horizontes rochosos. O furo F2A será aberto com furação destrutiva. A implantação aproximada da boca dos furos é representada na Figura 3.1.

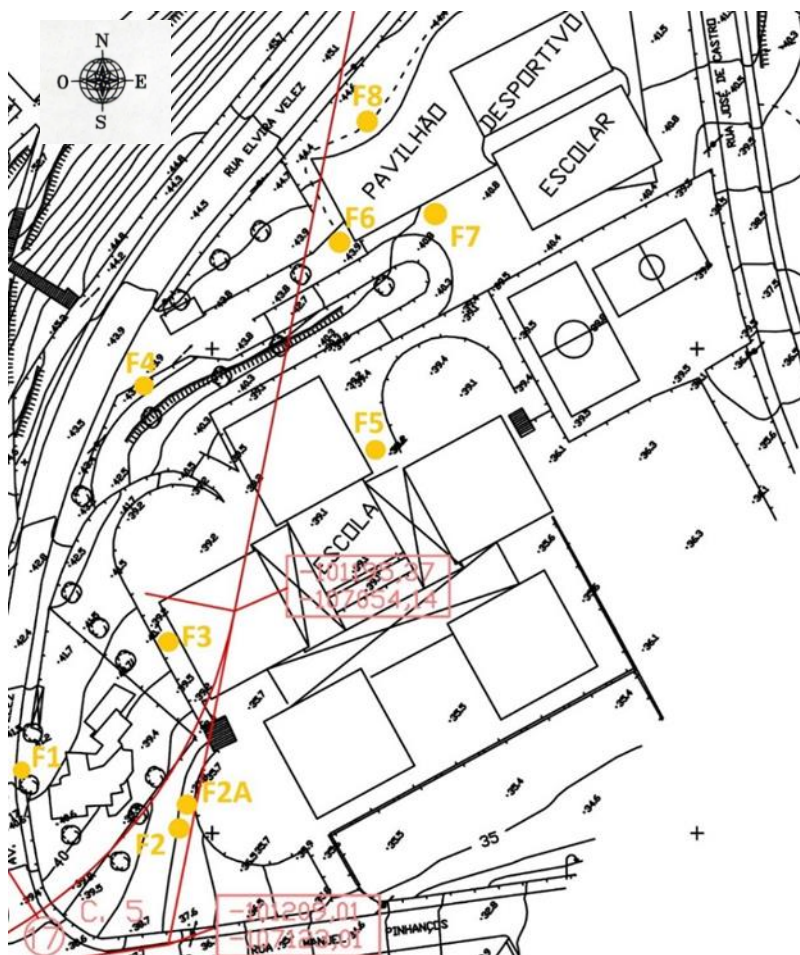


Figura 3.1 – Implantação aproximada das bocas dos furos F1 a F8 e F2A e cotas altimétricas atuais (adaptação de Drena<sup>3</sup>)

<sup>3</sup> Vide o desenho 22.1 do Volume 2 do Tomo 3 “Saneamento da Costa do Estoril. Intercetor Jamor-Laje (2ª fase) da autoria da empresa Drena, Estudos e Projectos de Saneamento Lda., de fevereiro de 1995

Os furos F2, F3, F6 e F8 devem ser implantados a cerca de 5 m na direção transversal do eixo do túnel.

Os furos F1 e F2 serão executados na periferia da habitação, o primeiro no passeio da Avenida Elvira Velez na proximidade do portão e o segundo dentro do perímetro da escola na proximidade do limite de separação com o terreno da habitação. Na proximidade deste será aberto o furo F2A, até à profundidade considerada conveniente para o encastramento do tubo inclinométrico.

O furo F3 será executado na proximidade do abatimento do pavimento na escola. O furo F4 situar-se-á no passeio da Avenida Elvira Velez na proximidade do portão para viaturas da escola. O furo F5 ficará situado no pátio do recreio central da escola.

Os furos F6 a F8 serão executados no exterior do Pavilhão Desportivo na proximidade das zonas com maiores danos: o furo F6 próximo da fachada sudoeste, o furo F7 próximo da fachada sul e o furo F8 próximo da fachada norte.

Nos furos F1 a F8, serão realizados ensaios SPT nos solos ou material de alteração de rocha com espaçamento de 1,5 m, ou sempre que ocorra variação de litologia.

Para caracterização de permeabilidade após a conclusão de cada furo serão realizados ensaios de absorção ou de recuperação de nível de água. A posição e o comprimento das câmaras de ensaio serão especificados após a obtenção do log de cada sondagem.

As especificações técnicas para a realização dos trabalhos de prospeção e dos ensaios são apresentadas em Anexo.

## 4 | Plano de observação

Visando o esclarecimento da existência de movimentos de vertente na zona, caracterização das condições de percolação no subsolo e a caracterização da evolução dos danos nas edificações e dos assentamentos, propõe-se a instalação do sistema de observação que se apresenta seguidamente. O Quadro 4.1 resume as grandezas a observar e os respetivos objetivos e instrumentos a empregar, bem como a sua localização. Indica-se ainda a periodicidade das leituras.

Serão medidas as seguintes grandezas: (i) movimentos horizontais em profundidade (ii) níveis hidráulicos (iii) variação de abertura de fissuras/fendas e (iv) nivelamento topográfico. Relativamente a estas grandezas indicam-se no Quadro 4.1 os objetivos que presidem à sua medição, as formas de medição, os instrumentos de observação, as frequências de leitura e a localização.

A duração da observação será a necessária para o esclarecimento das causas de danos na habitação e no pavilhão desportivo, antevendo se como necessários entre um e dois ciclos anuais para esse efeito.

As medições no decurso dos trabalhos de instalação do sistema de observação serão realizadas pelo Adjudicatário. As medições de referência serão, igualmente, realizadas pelo LNEC.

As medições posteriores serão realizadas pelas equipas técnicas da ATA ou pela entidade que vier a ser contratada para esse efeito.

**Quadro 4.1 – Grandezas a observar, respetivos objetivos e detalhes de definição de resumos**

Grandeza	Movimentos horizontais em profundidade	Níveis hidráulicos	Abertura de fissuras/fendas	Cota altimétrica
Objetivo	Esclarecimento da existência de movimentos de vertente na envolvente e sob a habitação	Caracterização das condições de percolação no subsolo. Será realizada por sondas piezométricas	Evolução dos danos nas edificações	Caracterização da evolução dos assentamentos
Medição direta	Inclinométrica	Nível piezométrico	Variação da abertura	Nível geométrico
Instrumento	Sonda inclinométrica	Sonda piezométrica	Fissurómetro	Nível ótico
Leituras iniciais	Leitura de referência e no levantamento do estaleiro	Diárias até ao levantamento do estaleiro	Leitura de referência e no levantamento do estaleiro	Leitura de referência e no levantamento do estaleiro
Leituras posteriores	Trimestrais	Durante e imediatamente após chuvas intensas	Trimestrais	Trimestrais
Localização	F1 e F2A	F2 a F8	Habitação e pavilhão	Habitação e pavilhão

Lisboa, LNEC, abril de 2019

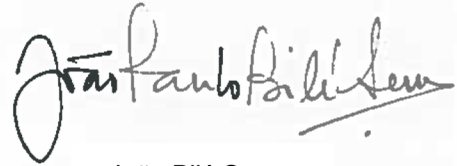
VISTO

A Diretora do Departamento de Geotecnia



Laura Caldeira

AUTORIA



João Bilé Serra  
Investigador Principal



Laura Caldeira  
Investigadora-Coordenadora





## Anexos

---



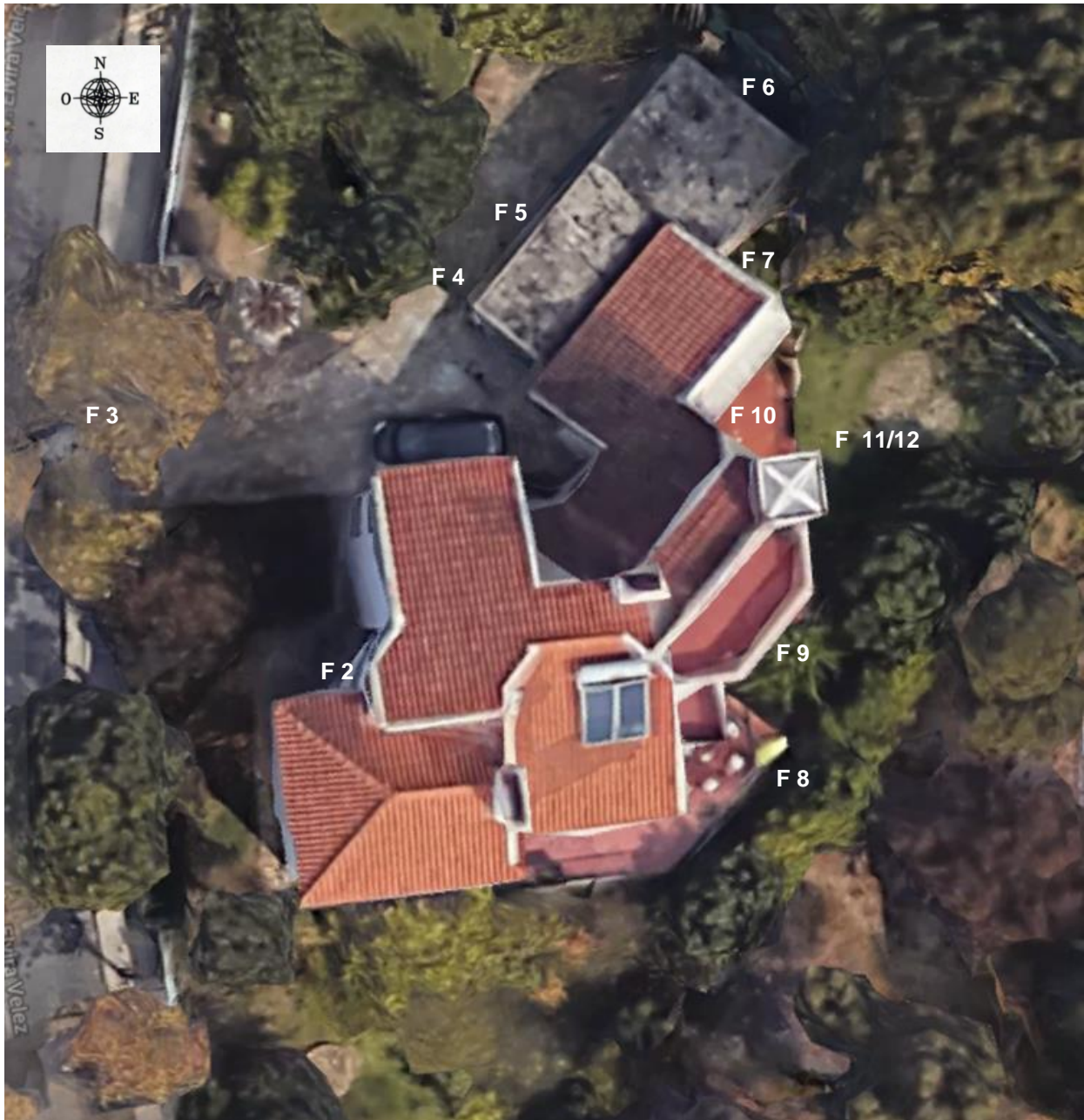
## ANEXO I

### Inspeção visual. Fotografias

INTERCETOR JAMOR-LAJE DE SANEAMENTO DA COSTA DO ESTORIL

Averiguação das causas de danos em edificações localizadas em Paço de Arcos (Av. Elvira Velez). Plano de prospeção e de ensaios e plano de observação

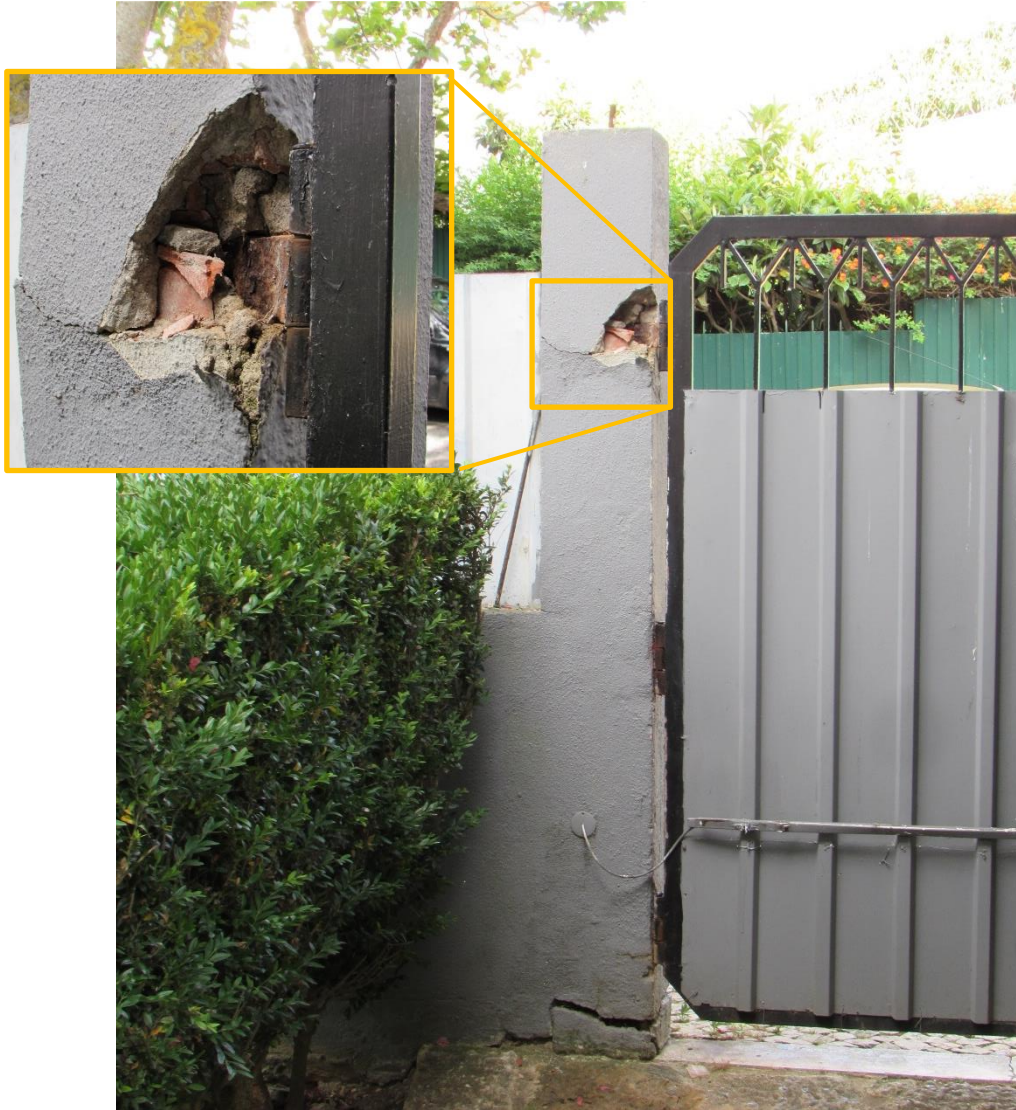
## Fotos da habitação na Avenida Elvira Velez



Fotografia 1 – Vista aérea da habitação e da zona exterior (Google Maps, 2018) e referência posicional das fotografias



Fotografia 2 – Vista da entrada principal da habitação, sem sinais de danos por assentamento



Fotografia 3 – Apoio direito do portão largo da habitação, com danificação decorrente da inferior qualidade de construção



Fotografia 4 – Parede noroeste da garagem, sem danos visíveis



Fotografia 5 – Pavimento adjacente à parede noroeste da garagem





Fotografia 6 – Destacamento da parede de alvenaria sudeste da garagem relativamente à parede perpendicular e vista da extremidade oposta (sem sinais de danos)



Fotografia 7 – Fendilhação oblíqua da parede sudoeste da garagem relativamente à habitação



Fotografia 8 – Fissuração oblíqua na ligação da parede lateral de alvenaria do anexo em terraço à habitação (indício de assentamentos diferenciais)



Fotografia 9 – Fissuração horizontal e sub-horizontal em torno de aberturas na parede do anexo em terraço (indício de assentamentos diferenciais)



Fotografia 10 – Abatimento do terraço



Fotografia 11 – Danificação da parede do terraço causada por assentamentos diferenciais



Fotografia 12 – Danificação na parede do terraço causada por assentamentos diferenciais



Fotografia 13 – Vista aérea da EBI Dr. Joaquim de Barros (Google Maps, 2018) e referência posicional das fotografias



Fotografia 14 – EBI Dr. Joaquim de Barros: pátio central, coberto de lajetas e sem sinais de deformação relevante



Fotografia 15 – EBI Dr. Joaquim de Barros: muro limítrofe oeste (sem sinais de deformação)



Fotografia 16 – EBI Dr. Joaquim de Barros: muro limítrofe oeste confinante com o terreno da habitação em consideração (sem sinais de deformação)



Fotografia 17 – EBI Dr. Joaquim de Barros: muro de escadaria de ligação entre o plano superior da escola e o pátio central do recreio (1 de 2)



Fotografia 18 – EBI Dr. Joaquim de Barros: muro de escadaria de ligação entre o plano superior da escola e o pátio central do recreio (2 de 2)



**Fotografia 19 – EBI Dr. Joaquim de Barros: escadaria de ligação entre o plano superior da escola e o pátio central do recreio, e patim inferior**





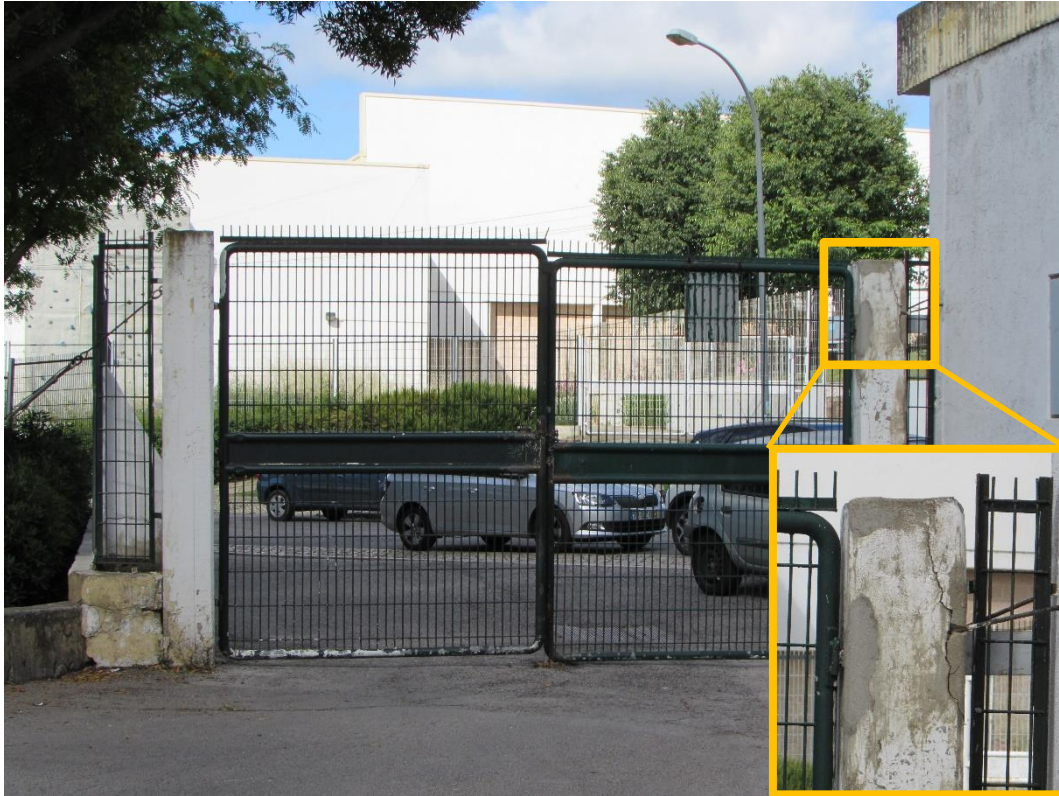
Fotografia 20 – EBI Dr. Joaquim de Barros: escadaria de ligação entre o plano superior da escola e o pátio central, e muro lateral exterior



Fotografia 21 – EBI Dr. Joaquim de Barros: vereda confinante com o limite oeste do perímetro da escola; pormenor de abatimento junto a uma caixa de visita (1 de 2)



Fotografia 22 – EBI Dr. Joaquim de Barros: vereda confinante com o limite oeste do perímetro da escola; pormenor de abatimento junto a uma caixa de visita (2 de 2)



Fotografia 23 – EBI Dr. Joaquim de Barros: portão de acesso de veículos, sendo visível o desalinhamento dos panos do portão devido a danos num dos pilares



Fotografia 24 – EBI Dr. Joaquim de Barros: portão de acesso de veículos e via de acesso ao pavilhão gimno-desportivo



Fotografia 25 – Vista aérea do pavilhão desportivo (Google Maps, 2018)



Fotografia 26 – Pavilhão desportivo: abatimento do pavimento adjacente à fachada sudoeste



Fotografia 27 – Pavilhão desportivo: corredor de acesso à entrada principal



Fotografia 28 – Pavilhão desportivo: danos nas alvenarias em parede de balneário por assentamentos diferenciais



Fotografia 29 – Pavilhão desportivo: danos nas alvenarias em parede de balneário por assentamentos diferenciais



Fotografia 30 – Pavilhão desportivo: danos nas alvenarias em parede de balneário por assentamentos diferenciais



Fotografia 31 – Pavilhão desportivo: danos nas alvenarias em parede de balneário por assentamentos diferenciais



Fotografia 32 – Pavilhão desportivo: danos nas alvenarias em parede de balneário por assentamentos diferenciais





Fotografia 33 – Pavilhão desportivo: danos nas alvenarias em parede de balneário por assentamentos diferenciais



Fotografia 34 – Pavilhão desportivo: danos numa viga do hall do pavilhão



Fotografia 35 – Pavilhão desportivo: danos em alvenaria no hall do pavilhão



Fotografia 36 – Pavilhão desportivo: danos em alvenaria no corredor de acesso ao campo



Fotografia 37 – Pavilhão desportivo: danos em alvenaria no hall do pavilhão



Fotografia 38 – Pavilhão desportivo: danos em alvenaria nas instalações sanitárias próximas do campo



Fotografia 39 – Pavilhão desportivo: danos funcionais na zona de acesso ao campo



Fotografia 40 – Pavilhão desportivo: danos funcionais na zona de acesso ao campo



Fotografia 41 – Pavilhão desportivo: vista da fachada norte

INTERCETOR JAMOR-LAJE DE SANEAMENTO DA COSTA DO ESTORIL

Averiguação das causas de danos em edificações localizadas em Paço de Arcos (Av. Elvira Velez). Plano de prospeção e de ensaios e plano de observação

## ANEXO II

### Especificações para a execução dos trabalhos do programa de prospeção e de ensaios geotécnicos

INTERCETOR JAMOR-LAJE DE SANEAMENTO DA COSTA DO ESTORIL

Averiguação das causas de danos em edificações localizadas em Paço de Arcos (Av. Elvira Velez). Plano de prospeção e de ensaios e plano de observação



## Geral

Os trabalhos de prospeção geotécnica deverão ser acompanhados, em permanência no local, durante a totalidade da campanha, por um geólogo ou engenheiro geólogo.

Os trabalhos de prospeção e ensaios deverão ser executados de acordo com estas Especificações Técnicas. Os casos e as especificações omissos deverão ser apresentados à ATA para aprovação.

Não são consideradas como omissões a falta de referência a quaisquer trabalhos, operações ou diligências que sejam indispensáveis à adequada execução dos trabalhos.

Cabe ao Adjudicatário a responsabilidade de executar todos os trabalhos preparatórios e complementares à realização das sondagens e ensaios de campo.

As quantidades previstas dos trabalhos de prospeção e ensaios encontram-se resumidas no Quadro II.1.

**Quadro II.1 – Quantidades relevantes de cada item do sistema de observação**

Grandeza	Unidade	Quantidade
1 – Estaleiro	vg	1
2 – Sondagens à furação		
2.1 – Mudança de sonda	un	9
2.2 – Furação à percussão	un	35
2.3 – Furação à rotação	un	135
2.4 – Furação destrutiva	un	20
3 – Colheita de amostras indeformadas	un	6
4 – Colheita de amostras remexidas	un	6
5 – Ensaios de campo		
5.1 – Ensaios SPT	un	40
5.2 – Ensaios de absorção de água ou de esgoto e recuperação do nível de água	un	8

## Sondagens

As sondagens nos furos F1 a F8 serão realizadas à percussão nas fácies terrosas e à rotação nos restantes casos (fácies rochosas ou de alteração de rocha).

Antecipa-se a necessidade de se ter que recorrer ao entubamento dos furos, de modo a garantir a sua estabilidade. Deverão ser utilizados tubos de aço de diâmetro apropriado, de forma a permitir a boa execução de todas as operações previstas nos furos (instalação de tubos inclinométricos e de piezómetros e colheita de amostras indeformadas). A recuperação do entubamento deverá efetuar-se no final da furação.

Não será autorizada a utilização de lamas bentoníticas para a execução das sondagens.

Informações a anotar:

- ✓ data;
- ✓ identificação do sondador;
- ✓ referência da sondagem;
- ✓ coordenadas (M, P, Z (referenciado ao zero hidrográfico ZH));
- ✓ sistema de furação e equipamentos utilizados;
- ✓ profundidade atingida pela furação no início e no fim de cada dia de trabalho;
- ✓ nível de água no início e no fim de cada dia de trabalho;
- ✓ profundidade a que foi detetada pela primeira vez o nível de água;
- ✓ nível de água após a cessação dos trabalhos de furação;
- ✓ profundidades dos contactos entre diferentes camadas;
- ✓ profundidades de extração de amostras, indicando as profundidades do topo e da base respetivas;
- ✓ profundidade de execução dos ensaios;
- ✓ indicação dos tempos de furação, de limpeza, das imobilizações (reportando as respetivas causas), de execução dos ensaios e de início e fim dos períodos de trabalho.

## **Colheita de amostras indeformadas**

Serão colhidas seis amostras indeformadas nos horizontes de solo com especial incidência nas zonas em aterro, portanto no decurso de furação à percussão. Será utilizado um amostrador tipo Shelby de parede fina, com diâmetro interno de 3" ou 70 mm com uma razão de área máxima de 12%.

As amostras serão colocadas em tubo porta-amostras selado com parafina nos topos e armazenados em câmara húmida.

As amostras colhidas nos furos F1 e F2 serão colhidas à profundidade de contacto entre os materiais recentes e o topo do maciço rochoso.

Nos furos F4 a F6 as amostras serão colhidas nos materiais de aterro entre as cotas +40,0 m e +41,0 m.

## **Colheita de amostras remexidas**

Serão colhidas seis amostras remexidas nas zonas em aterro através da abertura de poços até uma profundidade máxima de 2,5 m. As amostras terão uma massa mínima de 50 kg e serão recolhidas à pá e guardadas em saco de plástico devidamente selado.

## Ensaio de absorção de água ou de esgoto e recuperação do nível de água

Os ensaios devem efetuar-se numa câmara com a altura mínima de 0,5 m, centrada à profundidade em que se pretende determinar a condutividade hidráulica. Esta câmara será definida entre dois obturadores.

O ensaio pode ser realizado a carga hidráulica variável ou constante, consoante o valor antecipado da condutividade hidráulica do terreno for, respetivamente, inferior ou superior a  $10^{-6}$  m/s.

No ensaio a carga variável, injeta-se, ou extrai-se, no furo de sondagem, um volume de água previamente medido, registando-se a variação do nível de água ao longo do tempo. A frequência das medições do nível de água, em cada ensaio, deve ser a suficiente para traçar a curva nível de água versus tempo, que servirá de base à obtenção da condutividade hidráulica. As leituras devem prolongar-se até à estabilização do nível de água no furo de sondagem. Na medição do nível de água deve utilizar-se uma sonda elétrica, com graduação milimétrica, e um cronómetro.

No ensaio a carga constante também se pode injetar ou extrair água do furo de sondagem, sob carga constante, até à estabilização do nível de água. Só se deve considerar a estabilização do nível quando não se registarem variações superiores a um centímetro, em três leituras consecutivas, espaçadas de 5 minutos. A bomba utilizada deve manter o caudal constante durante a realização do ensaio e permitir uma precisão 10 vezes superior ao caudal utilizado. Na medição do nível de água deve-se utilizar o equipamento já mencionado para os ensaios a carga variável.

O coeficiente de permeabilidade obtido é função da geometria do furo, da carga hidráulica induzida no terreno e do caudal necessário para a manter.

Caso não seja detetada água no furo de sondagem, o ensaio deverá realizar-se a carga constante, até se verificarem as condições enunciadas no parágrafo anterior.

A água a utilizar nos ensaios deverá ser isenta de quaisquer materiais em suspensão.

Para cada ensaio deverão ser registadas as seguintes informações:

- ✓ datas do início e do fim do ensaio;
- ✓ identificação do responsável pelo ensaio;
- ✓ código de identificação do furo de sondagem;
- ✓ comprimento e diâmetro da cavidade de ensaio;
- ✓ profundidade da base e do topo da cavidade de ensaio;
- ✓ profundidade do nível de água no início do ensaio;
- ✓ tipo de ensaio (carga variável ou carga constante);
- ✓ todas as leituras/medições efetuadas durante a realização do ensaio (carga hidráulica, caudal necessário para manter a carga hidráulica, variação da carga hidráulica com o tempo, etc.);
- ✓ anomalias e/ou observações que se considerem relevantes.

## Ensaios de penetração dinâmica (SPT)

As especificações do equipamento a utilizar deverão estar de acordo com o estipulado no parágrafo 3.3.3 da norma BS 1377: Part 9: 1990 secção 3<sup>4</sup>.

Os ensaios deverão ser realizados com um intervalo de 1,5 m ou sempre que mude o tipo de terreno.

Os ensaios deverão ser conduzidos em duas fases, registando-se, alternativamente, o número de pancadas ou o comprimento de penetrado quando se atinge o limite de pancadas definido, referentes a cada uma das fases de ensaio.

Após a remoção e abertura do amostrador, serão colhidas amostras que representem os solos atravessados nos 0,30 m inferiores da penetração, sendo as amostras selecionadas acondicionadas em recipientes cilíndricos de plástico, rígidos, transparentes e estanques ao ar, de modo a preservar o seu teor em água. A identificação da amostra deverá incluir a seguinte informação: local, data, código da sondagem, diâmetro do furo, código da amostra, profundidade de ensaio e número de pancadas correspondente ou penetração atingida correspondente.

As informações a anotar no decurso da execução dos ensaios SPT são as seguintes:

- ✓ informações relativas a sondagem, já referidas anteriormente na secção referente a sondagens;
- ✓ profundidade de ensaio;
- ✓ descrição litológica das formações interessadas no(s) ensaio(s);
- ✓ registo de eventuais amostras colhidas e do número de pancadas obtido em cada uma das fases do ensaio.

---

<sup>4</sup> BSI, 1990 – BS 1377: Part 9: In situ tests. British Standards Institution

### ANEXO III

## Especificações para o fornecimento e a instalação do sistema de observação

INTERCETOR JAMOR-LAJE DE SANEAMENTO DA COSTA DO ESTORIL

Averiguação das causas de danos em edificações localizadas em Paço de Arcos (Av. Elvira Velez). Plano de prospeção e de ensaios e plano de observação

Estas especificações destinam-se a informar a elaboração pela ATA do caderno de encargos para o fornecimento e instalação do sistema de observação. As quantidades previstas de cada item do sistema de observação estão resumidas no Quadro III.1.

**Quadro III.1 – Quantidades relevantes de cada item do sistema de observação**

Grandeza	Unidade	Quantidade
1 – Instalação de tubo inclinométrico	m	44
2 – Instalação de piezómetro em furo de sondagem	m	200
3 – Instalação de fissurómetros	un	18
4 – Instalação de tacos de nivelamento	un	20
5 – Relatório de instalação*	un	1
6 – Campanha de medição**	un	1

## Medição de deslocamentos horizontais em profundidade

A medição de deslocamentos horizontais em profundidade na proximidade da habitação será efetuada indiretamente através da medição inclinométrica em dois tubos instalados em furos de sondagem.

Os tubos inclinométricos deverão ser do tipo ABS, prevendo-se um diâmetro de 70 mm (2,75”) como o mais adequado, face ao registo esperado de deslocamentos de pequena amplitude em maciços rochosos.

A definição final do diâmetro dos tubos inclinométricos ocorrerá após o conhecimento dos *logs* das sondagens F1 e F2.

Um dos pares de calhas deverá ficar orientado segundo o maior declive do desnível na zona da habitação.

Face à eventualidade de assentamentos na zona, os troços dos tubos inclinométricos deverão dispor de uniões telescópicas ou, em alternativa, serem instalados com uma manga corrugada drenante para promoverem a separação relativamente à calda de enchimento do espaço anelar entre o tubo e a parede do furo.

As cabeças dos tubos inclinométricos devem ficar protegidas por um maciço de encabeçamento e devidamente salvaguardadas relativamente a atos de vandalismo.

O tubo inclinométrico deverá ser selado numa zona fixa do terreno, isto é, onde não seja expectável a ocorrência de deslocamentos, num comprimento mínimo de 2 m. As características da calda de selagem devem ser adequadas às características do terreno encaixante, recomendando-se caldas de cimento com bentonite com uma dosagem água/cimento, em peso, de 1,5:1 e de bentonite até 3% do peso de cimento. A bentonite deve ser previamente hidratada, havendo o cuidado de registar a massa de água empregue na hidratação, para controlo da dosagem A/C final. Após a presa da

selagem, no enchimento do espaço anelar recorrer-se-á ao mesmo tipo de calda, com as necessárias recargas para garantir a cota final pretendida.

Face à incerteza atual sobre o diâmetro dos tubos, recomenda-se que no caderno de encargos para contratação do fornecimento e instalação do sistema de observação sejam previstos os diâmetros comerciais de 70 mm e de 85 mm.

A geometria de referência dos tubos inclinométricos será determinada numa campanha de específica de referência após a instalação.

## Medição de níveis hidráulicos

A medição dos níveis hidráulicos será realizada pela determinação do nível da água em piezómetros hidráulicos do tipo Casagrande. A determinação do nível opera-se por uma sonda piezométrica. Esta é constituída por um fio elétrico com uma ponteira metálica cujo contacto com o nível de água fecha o circuito e permite detetar a passagem de corrente.

Serão instalados nos furos F2 a F8 um total de 14 piezómetros.

O diâmetro do furo de sondagem deverá permitir a instalação, no mesmo furo, de mais do que uma ponteira piezométrica. A localização das câmaras piezométricas será definida em função dos terrenos atravessados na sondagem respetiva.

Cabe ao Adjudicatário a responsabilidade de instalar corretamente os piezómetros, para o que tomará todas as precauções necessárias e fornecerá mão-de-obra qualificada.

Os piezómetros serão totalmente construídos em tubo de Hidronil, com um diâmetro de 1 ½" e com a ponteira crepinada numa extensão de 0,5 m envolvida em geotêxtil. A zona crepinada será inserida numa câmara piezométrica preenchida por material de filtro e limitada por dois troços de selagem. O comprimento da câmara piezométrica e será, no máximo, igual à altura da zona crepinada do piezómetro somada de 1 m.

Após a conclusão e a limpeza do furo será introduzida uma mistura de cimento e bentonite para o preencher até à cota inferior da selagem inferior da câmara piezométrica mais profunda. A composição desta mistura deverá ter uma dosagem água/cimento, em peso, de 1,5:1 e de bentonite até 3% do peso de cimento.

A selagem superior da câmara piezométrica será constituída por uma camada, com cerca de 0,25 m, de bentonite, em *pelets*, compactada, com um pilão suspenso de um cabo.

Após posicionamento da ponteira a uma distância máxima de 0,5 m do fundo da câmara, esta será preenchida por areia lavada (com diâmetro das partículas entre 0,06 e 6 mm) para constituição de um filtro. A areia será depositada com a ajuda de uma tremonha (mangueira colocada próxima do fundo do furo). A espessura final deste filtro define o comprimento da câmara piezométrica. O filtro deverá ser selado superiormente como referido acima.



O preenchimento do furo até próximo da cota de instalação do piezómetro seguinte, ou até à boca do mesmo, será efetuada sobre a camada de selagem superior com uma mistura de cimento e de bentonite acima definida.

Na instalação das restantes ponteiros piezométricas deverá ser utilizado o procedimento anteriormente descrito.

Uma vez terminada a instalação, os tubos piezométricos serão devidamente fixados ao maciço de encabeçamento. O sistema de fixação deverá ser definido pelo Empreiteiro e aprovado pela ATA.

Após a selagem de cada furo deverão ser feitas medições do nível piezométrico, de acordo com o seguinte programa: imediatamente após selagem e diárias na sequência desta até ao levantamento do estaleiro. A frequência de leituras no período posterior decorrerá de acordo com o Plano de Observação.

A medição do nível da água nos piezómetros de tubo aberto será efetuada por uma sonda suspensa por um fio condutor que assinala o nível da água quando é fechado o circuito elétrico.

Informações a anotar:

- ✓ datas do início e do fim da instalação;
- ✓ responsável pela instalação;
- ✓ código de identificação do(s) piezómetro(s);
- ✓ georreferenciação do local (M, P, Z);
- ✓ profundidades entre as quais se instalou as câmaras piezométricas;
- ✓ profundidade da extremidade inferior do(s) tubo(s) crepinado(s);
- ✓ cota(s) piezométrica(s) no final da instalação do furo;
- ✓ leitura das cotas piezométricas, diariamente após a respetiva instalação;
- ✓ registo de todas as ocorrências significativas.

Uma vez que o número de piezómetros a instalar poderá sofrer aumento em função da informação recolhida na campanha de prospeção e ensaios, o caderno de encargos do fornecimento e instalação do sistema de observação deve incluir a apresentação de preço unitário (metro de piezómetro) para esta instalação.

## **Medição de abertura de fissuras/fendas**

A medição da variação da abertura de fissuras e fendas será realizada por fissurómetros simples com leitura ótica de uma escala graduada móvel.

O tipo de fissurómetro a empregar permitirá a leitura em duas direções perpendiculares no seu plano. Será solidarizado por colagem à face do elemento fissurado em cada um dos lados da fissura. As características da cola permitirão que após secagem a ligação seja, na prática, indeformável.

Os valores mínimos do campo de medição serão de +/- 20 mm e de +/- 10 mm, respetivamente nas direções transversal e paralela ao alinhamento da fissura no local de medição. A resolução da escala será de 1 mm ou melhor.

Deverá ser tomada uma leitura de referência da abertura inicial da fissura através de um comparador de fissuras com uma resolução de 0,1 mm ou melhor.

Serão instalados 18 fissurómetros, 6 na habitação particular e 12 no pavilhão desportivo.

Para fazer face a eventual aumento do número de fissurómetros a instalar o caderno de encargos do fornecimento e instalação do sistema de observação deve incluir a apresentação de preço unitário para esta instalação.

### **Medição de deslocamentos verticais**

A medição topográfica de deslocamentos verticais será realizada pelo estacionamento de um par de miras rígidas sobre pontos objeto para leitura por um nível ótico de precisão por laser, numa sequência de operações de nivelamento e de contra nivelamento.

Serão instalados tacos de nivelamento e cantoneiras para materializar os pontos objeto, que se disporão em duas linhas de nivelamento geométrico (LNG) na casa de habitação e no pavilhão desportivo. Os tacos de nivelamento serão solidarizados firmemente na superfície de pavimentos ou em topos de muro. As cantoneiras de nivelamento, firmemente conectados com as fachadas dos edifícios, destinam-se à montagem de miras de suspensão, conforme ilustrado na Fotografia III.1.

Os dois pontos extremos de cada LNG, que desempenharão o papel de pontos fixos, serão implantados em locais próximos, cuja estabilidade posicional possa ser confiadamente assumida.

O nivelamento geométrico de precisão será realizado com uma precisão simples de +/- 1 mm a uma distância de 30 m e com uma precisão global equivalente a +/-1,5 mm num ciclo de nivelamento/contra nivelamento de uma LNG de 1 km.

Embora se anteveja a utilização de um número aproximado de 20 tacos, a definição final deste número, bem como a posição destes tacos, será definida após uma visita do LNEC ao local.

Para fazer face a eventual aumento destes equipamentos a instalar o caderno de encargos do fornecimento e instalação do sistema de observação deve incluir a apresentação de preço unitário para esta instalação.



Fotografia III.1 – Vista geral e pormenores das peças para nivelamento geométrico em fachadas

## Registo, tratamento e análise dos dados

Serão realizadas duas campanhas de medição de todos os instrumentos. A primeira, imediatamente após a estabilização das leituras na sequência da instalação dos instrumentos constituirá a campanha de referência. A segunda ocorrerá imediatamente antes do levantamento do estaleiro.

A compilação e a análise dos resultados serão apresentados no relatório de instalação com disponibilização da informação de base em formato digital. A elaboração deste relatório deverá constar do caderno de encargos de aquisição do fornecimento e instalação do sistema de observação.

