

AUDITÓRIO CASA DA ORQUESTRA – PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA

PLANO DE PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA

-
- 1 INTRODUÇÃO
 - 2 TIPOS E QUANTIDADES DE TRABALHOS A REALIZAR
 - 2.1 TRABALHOS DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA ESPECIAL
 - 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
 - 3.1 SONDAGENS MECÂNICAS DE FURAÇÃO À ROTAÇÃO
 - 3.1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS
 - 3.1.2 EQUIPAMENTOS DE FURAÇÃO
 - 3.1.3 PROFUNDIDADES A ATINGIR
 - 3.1.4 DIÂMETROS DE FURAÇÃO
 - 3.1.5 CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO
 - 3.1.6 ENTUBAMENTO
 - 3.1.7 ACONDICIONAMENTO DA AMOSTRAGEM
 - 3.1.8 IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRAGEM
 - 3.1.9 CRITÉRIOS A UTILIZAR NA CLASSIFICAÇÃO DA AMOSTRAGEM
 - 3.1.10 FOTOGRAFIAS DA AMOSTRAGEM
 - 3.1.11 NÍVEIS DE ÁGUA
 - 3.1.12 DIAGRAMAS DAS SONDAGENS
 - 3.2 ENSAIOS “INSITU”
 - 3.2.1 ENSAIOS DE PENETRAÇÃO DINÂMICA - SPT
 - 3.3 COLHEITA DE AMOSTRAS
 - 3.3.1 AMOSTRAS INTACTAS
 - 3.4 ENSAIOS DE LABORATÓRIO
 - 3.4.1 SOBRE AMOSTRAS DE SOLOS
 - 3.4.1.1 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS POR PENEIRAÇÃO E POR SEDIMENTAÇÃO
 - 3.4.1.2 DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE CONSISTÊNCIA
 - 3.4.1.3 TEOR EM ÁGUA NATURAL
 - 3.4.1.4 PESO VOLÚMICO
 - 3.4.2 CORTE DIRETO
 - 3.4.3 ENSAIOS SOBRE AMOSTRAS DE ROCHAS
 - 3.4.3.1 DETERMINAÇÃO DAS MASSAS VOLÚMICAS REAL E APARENTE E DAS POROSIDADES TOTAL E ABERTA
 - 3.4.4 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAxIAL
 - 3.4.5 DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE
 - 4 RELATÓRIO FINAL

1 INTRODUÇÃO

Com vista ao desenvolvimento do projeto de escavação e contenção periférica a realizar para a construção do edifício na Av. Sá Carneiro, no Funchal, ao lado do emboquilhamento do Túnel da Pontinha e da Rotunda Harvey Foster, foi elaborado um plano de prospeção geotécnica para o estudo dos terrenos atravessados, envolvendo a execução de trabalhos de campo e de laboratório.

Na elaboração deste plano teve-se em atenção a obra prevista bem como a ocupação existente na envolvente à área de construção.

Com base na Carta Geológica da Ilha da Madeira à escala 1:50 000 (Brum *et al.*, 2010), a área de intervenção desenvolve-se em formações vulcânicas que pertencem ao Complexo Vulcânico Superior - Unidade do Funchal, nomeadamente em “derrames lávicos subaéreos de composição máfica (basaltos), com intercalações ocasionais de piroclastos de queda (escórias, lapilli e cinzas basálticas) e produtos de atividade freato-magmática” (CVS2 2) e “depósitos piroclásticos hidroplinianos traquíticos (tufos de cinzas e pedra pomes), com intercalações de piroclastos hidromagmáticos máficos, piroclastos subaéreos de queda e níveis de tufito” (CVS1 pih2).

Consistem em escoadas basálticas com intercalações de piroclastos, que ocorrem em descontinuidade geológica planar (com cerca de 30º de inclinação para WNW) sobre um espesso nível de piroclastos, constituindo episódios de deposição diferenciados, o que pode ser observado no talude escarpado existente no lado NE, sobranceiro à zona de intervenção. Ao longo da descontinuidade observa-se uma superfície de metamorfismo de contacto, que apresenta diversas colorações devido aos diferentes graus de alteração dos minerais ferromagnesianos. Admite-se que as formações vulcânicas se encontrem, em grande parte das zonas aplanadas, cobertas por aterros de espessura variável.

Quer os tipos, quer a localização e as quantidades de trabalho definidas, foram estabelecidas de acordo com os condicionamentos geológico-geotécnicos e de ocupação existentes.

2 TIPOS E QUANTIDADES DE TRABALHOS A REALIZAR

2.1 TRABALHOS DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA ESPECIAL

Os tipos e quantidades totais de trabalhos de prospeção especiais que se prevê realizar são:

- Trabalhos de campo
 - Sondagens mecânicas de furação à rotação:
 - Instalação da sonda no local (un).....7
 - Furação vertical (m) 149
 - Ensaios SPT (un) 96
 - Colheita de amostras intactas (un) 3
- Ensaios de laboratório em solos
 - Granulometrias por peneiração e sedimentação (un).....3
 - Limites de consistência (liquidez e plasticidade) (un).....3
 - Teor em água natural (un) 3
 - Peso volúmico (un).....3
 - Corte direto (un).....3
- Ensaios de laboratório em rochas
 - Porosidade (un) 3
 - Massa volúmica real e aparente (un).....3
 - Resistência à compressão uniaxial (un) 3

As amostras intactas de solos deverão ser colhidas, uma nos piroclastos da litologia CVS2

e outra nos piroclastos da litologia CVS1 pih. As amostras de rochas de rocha deverão ser selecionadas da amostragem obtida nas formações vulcânicas, em função do estado dos tarolos obtidos.

3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

3.1 SONDAGENS MECÂNICAS DE FURAÇÃO À ROTAÇÃO

3.1.1 Considerações gerais

Prevê-se a execução de 7 sondagens mecânicas à rotação com um comprimento total de furação da ordem dos 149,0 m.

A profundidade máxima prevista atingir pelas sondagens S4, S5, S6 e S7 é de cerca de 32,0m. Estas deverão atingir um comprimento de investigação de 8,0 m abaixo da cota +3.00.

O critério de paragem será a obtenção de 5 $N_{SPT} > 50$ consecutivos (N_{SPT} é o nº. de pancadas obtidas no ensaio de penetração dinâmica - SPT) nas formações vulcânicas (solos) ou a obtenção de 6,0m nas formações vulcânicas(rochas).

As sondagens deverão atingir um comprimento de investigação de cerca de 8,0m abaixo da cota +3.00. Se nestes 8,0m o critério de paragem tiver sido atingido, estas podem ser dadas por concluídas. No entanto, se o critério de paragem não for atingido nestes 8,0m as sondagens devem continuar até tal acontecer. Estima-se que a profundidade máxima a atingir pelas sondagens S1, S2 e S3 seja de 15,0m.

Com as sondagens a realizar pretende-se obter informações sobre:

- A avaliação das condições de desmonte dos materiais;
- A espessura e características dos aterros e/ou formações superficiais que possam cobrir as

- formações vulcânicas;
- As características das formações vulcânicas;
 - A existência de nível freático instalado.

Com a sua execução pretende-se obter uma amostragem com recuperação, tanto quanto possível, integral dos terrenos atravessados. Nos depósitos superficiais e nos tufos deverão efetuar-se, sempre que a compacidade dos terrenos o permita, ensaios de penetração dinâmica SPT.

A implantação das sondagens será efetuada a partir das coordenadas fornecidas. Todos os pontos de prospeção têm de ser localizados rigorosamente. Se houver necessidade de proceder a ajustes de localização, deverão ser levantadas as coordenadas e cotas de boca da posição final dos trabalhos.

3.1.2 Equipamentos de furação

Os equipamentos deverão ser adaptados ao tipo de terreno a investigar.

O equipamento deverá permitir uma boa percentagem de recuperação e a sonda a utilizar deverá possuir várias velocidades de rotação e um dispositivo que permita controlar a pressão da coroa.

A velocidade de rotação, a pressão sobre a coroa, a injeção de água e as manobras de avanço deverão ser reduzidas ao mínimo para que os testemunhos não sejam destruídos.

3.1.3 Profundidades a atingir

A profundidade a atingir pelas sondagens deverá ser a definida no Plano de Prospeção Geotécnica. As sondagens só deverão ser dadas por concluídas após a obtenção das

profundidades previstas.

3.1.4 Diâmetros de furação

Os diâmetros deverão ser os mais apropriados para o tipo de formações a atravessar, permitindo a amostragem nas melhores condições.

O diâmetro inicial não deve ser inferior a 101 mm. Quer o diâmetro inicial, quer o intermédio, devem ser escolhidos de acordo com as profundidades requeridas para as sondagens de modo a que o diâmetro final, se possível, não seja inferior a 76 mm.

No entanto, o adjudicatário terá de acautelar que o diâmetro das amostras a ensaiar atende aos ensaios de laboratórios previstos, cumprindo com o definido nas normas europeias harmonizadas em vigor e ao(s) equipamento(s) disponíveis no laboratório onde os ensaios serão realizados.

3.1.5 Condições de execução

As sondagens deverão ser executadas por pessoal especializado.

As sondagens à rotação, salvo indicação de outra inclinação definida, deverão ser executadas na vertical.

A velocidade de rotação, a pressão sobre a coroa e a injeção de água deverão ser reduzidas ao mínimo para que o testemunho não seja destruído. As distâncias entre manobras não deverão exceder 1,5 m, devendo ser diminuídas para a obtenção de uma amostragem adequada sempre que necessário.

Na realização destas sondagens deverá ser utilizada água clara. A reciclagem de água de furação será permitida desde que seja passada por um tanque de decantação.

3.1.6 Entubamento

Os furos serão estabilizados sempre que necessário, atendendo às características dos materiais a investigar, para garantir a estabilidade dos furos.

Para estabilização dos furos pode utilizar-se tubagem de revestimento ou, eventualmente, lamas bentoníticas.

No entubamento, deverão ser utilizados tubos de aço de diâmetro apropriado para não restringir ou dificultar as operações consequentes previstas para a sondagem. No fim da furação e sempre que for necessária a preparação dos furos para um qualquer objetivo a que se destinem, deverá fazer-se a recuperação do entubamento.

Consideram-se incluídos nos preços de furação a estabilização dos furos mediante qualquer dos métodos adotados, a sua colocação e remoção, não tendo o Adjudicatário qualquer direito a compensação pelo encravamento definitivo ou deterioração do entubamento.

3.1.7 Acondicionamento da amostragem

A amostragem deverá ser efetuada de acordo com o definido nas normas EN 1997-2 (Eurocode 7 - Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing) e EN ISO 22475-1:2006 (Geotechnical investigation and testing; Sampling methods and groundwater measurements; Part 1: Technical principles for execution).

A amostragem obtida deverá ser contínua, pelo que as sondas deverão ser equipadas, no mínimo, com amostrador de parede dupla (no qual o tubo que retém a amostra está desligado do movimento de rotação da coroa). Para formações de fraca qualidade podem

ainda ser utilizados amostradores de parede tripla (que incorporam uma camisa interior que acondiciona a amostra).

Toleram-se apenas perdas de testemunhos até 5% em cada metro de furação. Percentagens inferiores de recuperação só são aceitáveis se se encontrar justificação na natureza geológica do terreno.

As amostras serão objeto de cuidados particulares. Imediatamente após a extração, serão colocadas em caixas apropriadas, sendo seguidas de um separador, que se fixará à caixa, no qual deverá escrever-se na secção superior, de modo legível e indelével, a profundidade atingida pela sonda. As caixas deverão ser preenchidas de modo a que resulte um mínimo de vazios.

A mesma profundidade deve também ser referenciada, do mesmo modo, na travessa esquerda da calha em que é depositada a amostra. Referências homólogas podem, por vezes, não coincidir, quando o tarolo se tiver partido acima da profundidade atingida pela furação.

A fragmentação das amostras só é permitida para a sua conveniente arrumação nas caixas. Sempre que for necessário fazê-lo, o sondador deverá anotar tal procedimento na “parte diária”.

As amostras colhidas nas sondagens com amostrador de Terzaghi deverão ser acondicionadas em caixas cilíndricas de plástico, que deverão ser preenchidas de modo a que resulte um mínimo de vazios e as respetivas tampas deverão ser isoladas com fita autocolante de características estanques.

A amostragem deverá ser entregue à Entidade Adjudicante no final dos trabalhos no local que esta indicar, ou, não havendo essa indicação, ficar armazenadas nas instalações do

Adjudicatário durante pelo menos um ano.

3.1.8 Identificação da amostragem

As caixas deverão ser fornecidas pelo Adjudicatário e de manipulação fácil, que permitam o registo fotográfico da amostragem. A identificação das referidas caixas deverá ser feita de acordo com o definido na Pré-Norma Europeia ENV 1997-3 (Eurocódigo 7: Projecto Geotécnico - Parte 3: Projecto Assistido por Ensaio de Campo) e deverá constar sobre a tampa compreendendo:

- nome da obra;
- datas de início e de fim;
- referência da sondagem;
- número da caixa, no conjunto da sondagem;
- profundidade em que se inicia e termina a amostragem na caixa.

Num dos topos da caixa será indicado o número da sondagem e os limites de profundidade para permitir uma identificação imediata no armazém.

Durante a execução das sondagens as caixas serão arrumadas em arrecadação própria fornecida pelo Adjudicatário e no final dos trabalhos serão entregues à Entidade Adjudicante no local que esta indicar, ou, não havendo outra indicação, ficarão armazenadas em instalações do Adjudicatário durante pelo menos um ano.

3.1.9 Critérios a utilizar na classificação da amostragem

Os critérios a utilizar na classificação da amostragem são os seguintes:

- Escalas:

- Profundidade e comprimento das diferentes manobras efetuadas;
- Profundidades das formações intercetadas;
- Geologia:
 - Descrição litológica (das diferentes formações geológicas atravessadas);
 - Unidade geológica (com a respetiva simbologia);
- Índices de qualidade:
 - Recuperação de tarolo em percentagem;
 - RQD em % (em que na percentagem de recuperação apenas são considerados comprimentos de tarolos iguais ou superiores a 10 cm);
- Índice de fracturação (número de fraturas por metro de furação medido ao longo de qualquer comprimento arbitrário tomado geralmente com o comprimento de manobra; contudo, se houver uma variação brusca na frequência de fracturação para a mesma manobra o índice de fracturação deverá ser calculado para cada zona de fracturação separadamente);
- Alteração - De acordo com a ISO 14689-1:2003 (Geotechnical investigation and testing Identification and classification of rock Part 1: Identification and description);
- Faturação - De acordo com a ISO 14689-1:2003;
- Ensaio in situ (exemplo: SPT);
- Posição e variação do nível freático;
- Dados de furação:
 - Tipo de furação;
 - Diâmetro da furação.
 - Tempo de avanço (para troços de 20 cm);
 - Quedas bruscas da ferramenta.

3.1.10 Fotografias da amostragem

Após a conclusão de cada sondagem, a respetiva amostragem deve ser fotografada, em cada uma das caixas separadamente. Deverá utilizar-se um padrão colorido, presente em cada fotografia, a fim de aferir a fidelidade de reprodução ou detetar eventuais alterações de cor da amostra.

Cada caixa deve ser fotografada com a respetiva identificação. As fotografias deverão constar do relatório final. Deverá ser fornecido o seu suporte informático.

3.1.11 Níveis de água

A medição do nível da água em cada sondagem deverá ser cuidadosamente efetuada por forma a obter-se a posição e a possível variação do nível freático.

O nível de água será medido durante a execução da sondagem, no princípio e no fim de cada dia de trabalho, por meio de sonda apropriada.

O Adjudicatário deverá registar nas “partes diárias” todas as perdas de água parciais ou totais e indicar a cor da água de circulação que sai à boca da sondagem.

No final de cada sondagem deverá promover-se o esvaziamento do furo e efetuar nova medição após a estabilização do nível.

3.1.12 Diagramas das sondagens

Para cada sondagem deverá ser elaborado um diagrama individual com indicação de:

- tipo de ferramenta utilizada, diâmetro de furação e diâmetro do revestimento, velocidade de avanço, quedas bruscas da ferramenta, manobras e respetivas

- profundidades;
- litologia (descrição e simbologia) das camadas atravessadas, percentagem de recuperação, RQD, índice de fracturação, grau de alteração, estado de fracturação com indicação de abertura e tipo de enchimento;
- posição e variações do nível freático;
- profundidades da realização de ensaios in situ;
- profundidades de colheita de amostras para a realização de ensaios de laboratório.

3.2 ENSAIOS “INSITU”

3.2.1 Ensaios de penetração dinâmica - SPT

Os ensaios de penetração dinâmica (SPT) deverão ser conduzidos de acordo com a Norma Europeia à EN ISO 22476-3:2005/A1:2011 (Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 3: Standard Penetration Test), atendendo à EN 1997-2:2007.

Deverão ser realizados em todas as sondagens, sempre que a compacidade e/ou consistência dos terrenos atravessados o permita, a partir do 1 m de profundidade com espaçamento de 1,5 m ou sempre que se verifiquem mudanças de litologia.

O furo de sondagem deve estar limpo, não perturbado à cota de ensaio, e sem um gradiente de pressão hidráulica ascendente.

Quando se utilizar tubos de revestimento no furo de sondagem, este não deve ser introduzido abaixo do nível a que o ensaio se irá realizar.

Registar-se-á o número de pancadas (N) correspondente à penetração dos 15 cm iniciais e o número de pancadas relativo à penetração seguinte de mais 30 cm. O ensaio será

interrompido sempre que em alguma das fases se atinja N de 50 pancadas. Nesse caso, anotar-se-á a penetração correspondente.

Na apresentação dos resultados destes ensaios deverão ser indicados os valores do número de pancadas N corrigido obtidos em cada fase, devem ser registados no gráfico das sondagens às profundidades correspondentes, com representação gráfica. Os resultados obtidos nestes ensaios permitirão classificar os terrenos quanto à consistência e/ou compacidade.

Quaisquer dificuldades ou anomalias verificadas, como por exemplo a presença de calhaus, deverão ser registadas nas “partes diárias”.

As amostras colhidas deverão ser acondicionadas em caixas cilíndricas de plástico, devidamente referenciadas, com as respetivas tampas isoladas com fita autocolante de características estanques.

Todas as amostras referentes à mesma sondagem deverão ser agrupadas em caixas de madeira e ser devidamente referenciadas.

A amostragem deverá ser entregue à Entidade Adjudicante no final dos trabalhos no local que este indicar, ou, não havendo essa indicação, ficar armazenadas nas instalações do Adjudicatário durante pelo menos um ano.

3.3 COLHEITA DE AMOSTRAS

3.3.1 Amostras intactas

Os amostradores a utilizar para a recolha, assim como o manuseamento e a proteção das amostras por perfuração a serem conduzidas a ensaios de laboratório deverão ser

efetuadas de acordo com o definido na Norma Europeia EN ISO 22475-1:2006 (Geotechnical investigation and testing - Sampling methods and groundwater measurements - Part 1: Technical principles for execution) e EN 1997-2:2007 (Eurocode 7 - Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing).

As profundidades de colheita destas amostras são as definidas no Plano de Prospeção Geotécnica.

As amostras deverão ter as dimensões adequadas para a execução dos ensaios laboratoriais previstos e deverão ser devidamente parafinadas e acondicionadas e ser enviadas para o laboratório de ensaios com a maior brevidade possível.

A identificação do solo, com base no exame da amostra recuperado, deve estar conforme com a EN ISO 14688-1:2002/A1:2013 (Geotechnical investigation and testing. Identification and classification of soil. Part 1: Identification and description). A classificação deverá estar conforme com a EN ISO 14688 2:2002/A1:2013 (Geotechnical investigation and testing Identification and classification of soil Part 2: Identification and description).

3.4 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

3.4.1 Sobre amostras de solos

3.4.1.1 Análises granulométricas por peneiração e por sedimentação

O ensaio deve ser realizado e relatado de acordo com a Norma Europeia EN ISO 17892-4:2016 atendendo, na medida do necessário, à especificação LNEC E 196:1966.

3.4.1.2 Determinação dos limites de consistência

O ensaio deve ser realizado e relatado de acordo com a Norma Europeia CEN ISO/TS 17892-12:2004/AC:2005 atendendo, na medida do necessário, à Norma Portuguesa NP 143:1969.

3.4.1.3 Teor em água natural

O ensaio deve ser realizado e relatado de acordo com a Norma Europeia EN ISO 17892-1:2014.

3.4.1.4 Peso volúmico

O ensaio deve ser realizado e relatado de acordo com a Norma Europeia EN ISO 17892-2:2014.

3.4.2 Corte Direto

O ensaio deve ser realizado e relatado de acordo com a norma CEN ISO/TS 17892-10:2004/Corr 1:2006 (Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil – Part 10: Direct shear tests).

3.4.3 Ensaio sobre amostras de rochas

3.4.3.1 Determinação das massas volúmicas real e aparente e das porosidades total e aberta

O ensaio deve ser realizado e relatado de acordo com a norma NP EN 1936:2008 (Métodos de ensaio para pedra natural. Determinação das massas volúmicas real e aparente e das porosidades total e aberta. Métodos de ensaio para pedra natural).

3.4.4 Resistência à compressão uniaxial

O ensaio deve ser realizado e relatado de acordo com a norma NP EN 1926:2008 (Métodos de ensaio para pedra natural. Determinação da resistência à compressão uniaxial).

3.4.5 Determinação do módulo de elasticidade

O ensaio deve ser realizado e relatado de acordo com a norma NP EN 14580:2007 (Métodos de ensaio para pedra natural. Determinação do módulo de elasticidade estático).

4 RELATÓRIO FINAL

O relatório técnico final dos trabalhos de prospeção deverá ser elaborado de acordo com a Norma Europeia EN 1997-2:2007 (Eurocódigo 7: Projecto Geotécnico - Parte 2), atendendo à Pré-Norma Europeia ENV 1997-3 (Eurocódigo 7: Projecto Geotécnico - Parte 3: Projecto Assistido por Ensaio de Campo).

Será entregue à Entidade Adjudicante uma cópia das partes diárias dos trabalhos de prospeção realizados.

Estes elementos serão elaborados com pormenor indispensável à compreensão de todos os trabalhos devendo ser indicados todos os procedimentos e observações, bem como as condições de execução do trabalho nomeadamente dificuldades e acidentes.

O relatório final deverá incluir:

- descrição do equipamento e metodologia utilizada na realização dos trabalhos;
- resultados do reconhecimento geológico de superfície;
- enquadramento geológico geral da zona em estudo;

- caracterização das formações atravessadas;
- levantamento topográfico de todos os trabalhos de prospeção e localização em planta, com indicação das coordenadas M e P, da cota z e da profundidade de execução;
- diagramas individuais das sondagens;
- boletins dos ensaios de laboratório;
- fotografias da amostragem obtida.

Deste relatório deverão ser entregues 1 exemplar em papel e o respetivo suporte informático, 10 dias após a conclusão de todos os trabalhos previstos.