



Município de Tomar

EDIFÍCIO PARA MUSEALIZAÇÃO DAS RUÍNAS DO FORUM ROMANO

RELATÓRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

ENSAIOS DE PENETRAÇÃO DINÂMICA SUPER PESADA (DPSH)

DATA: 11.12.2017

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
2. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA.....	3
3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	5
4. TRABALHOS REALIZADOS	7
4.1 ENSAIOS DE PENETRAÇÃO DINÂMICA SUPER PESADA (DPSH)	7
5. RESULTADOS OBTIDOS	8
5.1 ENSAIOS DE PENETRAÇÃO DINÂMICA SUPER PESADA (DPSH)	8
6. CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS.....	12
6.1 FUNDAÇÃO DO EDIFÍCIO	12
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	12

ANEXOS**ANEXO I - Boletins de Ensaios DPSH**

1. INTRODUÇÃO

Por solicitação da EPTH – Equipa de Projeto Tomarhabita, a BETOTESTE – Gabinete de Estudos de Geotecnia, Lda., executou um conjunto de ensaios “in situ”, por forma a determinar as características geotécnicas dos solos interessados e as condições de fundação do Edifício para Musealização das Ruínas do Fórum Romano de Tomar.

O presente relatório compila com detalhe o conjunto de ensaios geotécnicos desenvolvidos e a metodologia que orientou a sua realização, de forma a apresentar sustentadamente os resultados obtidos. Tecem-se, igualmente, as considerações resultantes da análise prudente da informação obtida, com o objetivo de caracterizar do ponto de vista geotécnico o terreno existente.

Para além da análise de elementos bibliográficos relativos às características geológicas da região, foi realizada uma campanha de prospeção baseada em 6 ensaios de Penetração Dinâmica Super Pesada (DPSH).

Os trabalhos de campo decorreram durante os dias 29 e 30 de novembro de 2017.

2. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A execução dos trabalhos decorreu no terreno situado no Fórum Romano em Tomar.

Na Figura 1, apresenta-se a localização da envolvente dos ensaios realizados. Na Figura 2, apresenta-se uma localização aproximada do local onde os ensaios foram realizados.

Figura 1 – Localização da obra. Imagem de apoio retirada de GoogleEarth®.



Figura 2 – Localização aproximada dos trabalhos realizados. Imagem de apoio retirada de Google Earth®.



A georreferenciação dos trabalhos efetuados (Tabela 1), foi realizada com recurso ao *GoogleEarth*.

A localização de cada ensaio de DPSH foi indicada *in-situ* pelo cliente.

Tabela 1 - Georreferenciação dos trabalhos realizados (WGS 84).

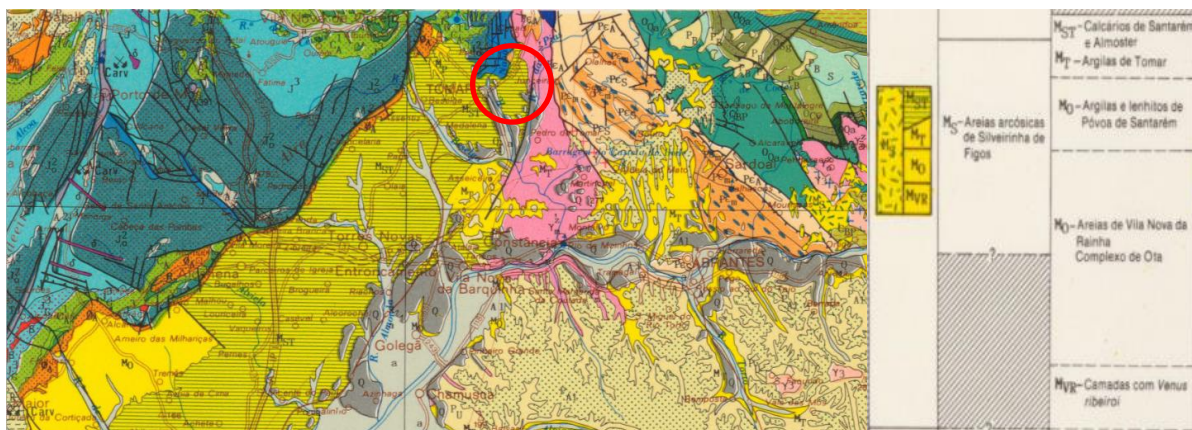
Sondagem	Latitude	Longitude	Altitude (m)
DPSH-S1	39°36'10.93"N	8°24'29.49"W	62
DPSH-S2	39°36'10.92"N	8°24'28.99"W	62
DPSH-S3	39°36'11.26"N	8°24'28.19"W	62
DPSH-S4	39°36'11.84"N	8°24'28.75"W	62
DPSH-S5	39°36'12.22"N	8°24'29.11"W	62
DPSH-S6	39°36'12.18"N	8°24'29.56"W	62

3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A elaboração do presente quadro geológico contou como elementos cartográficos de base, a Carta Geológica de Portugal, na escala 1/500 000, conforme localização na Figura 3.

Devido às características deste tipo de ensaio - Penetração Dinâmica - não é feita a recolha de testemunho do terreno atravessado, aquando a realização do mesmo (à semelhança do que acontece no ensaio SPT), pelo que este enquadramento geológico é baseado apenas na consulta da carta geológica e da interpretação dos valores dos seis ensaios de DPSH realizados.

Figura 3 - Enquadramento geológico da área em estudo. Excerto da Carta Geológica de Portugal, na escala 1/500 000.



A área interessada pelo presente estudo, insere-se na zona geológica pertencente ao Miocénico, a qual forma substrato de um depósito aluvionar de idade recente. Estas duas unidades são genericamente caracterizadas por:

a) Depósito aluvionar

Trata-se de um depósito superficial, cuja génese está relacionada com o curso do rio Nabão, formando extensa planície de inundação, sendo, portanto, de idade recente.

É constituído, genericamente, por uma camada superficial de natureza argilosa a que se segue uma outra mais arenosa onde ocorrem frequentes níveis de cascalheira.

b) Complexo areno-siltoso

Esta unidade, estratigraficamente atribuída ao Miocénico, forma substrato sob o depósito aluvionar atrás descrito.

Litologicamente, é constituído por solos arenosos e silto-arenosos podendo surgir a ocorrência de seixos dispersos.

4. TRABALHOS REALIZADOS

4.1 ENSAIOS DE PENETRAÇÃO DINÂMICA SUPER PESADA (DPSH)

Os ensaios DPSH foram realizados de acordo com a Norma EN ISO 22476-2:2002, consistindo na cravação de uma ponteira normalizada no terreno, com o objetivo de aferir a resistência dinâmica de ponta (q_d) e a resistência de ponta (r_d), através da aplicação de uma energia dinâmica, com um pilão de massa 63,5 kg que cai de uma altura de 75 cm, anotando-se o número de pancadas dadas pelo pilão, necessárias para penetrar 20 cm no solo.

A conclusão do ensaio, também denominada por “nega”, definiu-se, aquando após 60 pancadas não se conseguiu a cravação de 20 cm da ponteira no solo.

O número de pancadas obtido em cada intervalo de 20 cm pode ser convertido em resistência de ponta (r_d) e em resistência dinâmica de ponta (q_d), através das equações:

$$r_d = \frac{M \cdot g \cdot h}{A \cdot e} \qquad q_d = \frac{M^2 \cdot g \cdot h}{(M + M') \cdot A \cdot e}$$

Onde:

M = massa do martelo;

M' = massa total das varas, batente, ponteira e cabeçote;

h = altura de queda do martelo;

e = penetração média por golpe;

g = aceleração gravítica;

A = área da base do cone

Em anexo (Anexo I), constam os boletins individuais dos ensaios DPSH, onde figuram os gráficos que traduzem a variação, em profundidade, dos parâmetros obtidos através das fórmulas descritas.

No total da presente campanha foram realizados 6 ensaios DPSH. Todos os ensaios foram dados como concluídos após ter sido atingida a “nega”.

Pelo intuito do presente trabalho, far-se-ão equivalências dos resultados obtidos para os correlacionar com ensaios SPT utilizando a equação de *Pasqualini* (1983), que se define pela seguinte fórmula matemática:

$$N_{SPT} = [N_{DPSH}/\alpha]$$

Onde:

N - se refere ao número de pancadas em cada ensaio e

α - traduz a relação entre as constantes e variáveis de cada tipo de ensaio (como alturas de queda, massas dos pilões, etc.).

A partir destas é possível averiguar os estados de consistência/compacidade dos terrenos atravessados em cada ponto de prospeção.

5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1 ENSAIOS DE PENETRAÇÃO DINÂMICA SUPER PESADA (DPSH)

Foram realizados 6 ensaios de penetração dinâmica super pesada (DPSH), com um equipamento mecânico e hidráulico, cujos resultados figuram no Anexo I.

Na tabela 2 são apresentadas as profundidades de paragem de cada um dos ensaios.

Tabela 2 – Profundidades onde ocorreram a “Nega”

Ensaio	Profundidade a que ocorreu a “Nega” (m)	Penetração na “Nega” (cm)
DPSH – S1	3,55	15
DPSH – S2	6,95	15
DPSH – S3	4,93	13
DPSH – S4	2,37	17
DPSH – S5	1,56	16
DPSH – S6	1,35	15

Faz-se a análise destes nas tabelas 3 a 8, com interpretação - por correlação aos ensaios SPT - dos estados de consistência/compacidade dos terrenos atravessados.

De salientar que, o nível freático não foi intercetado em nenhum dos ensaios realizados.

Tabela 3 - Resumo, com definição de zonas em profundidade, interpretativo dos resultados do ensaio
DPSH - S1.

Intervalo de profundidade (m)	N (DPSH)	N (SPT)	Consistência	Compacidade	Tensões admissíveis (Kg/cm ²)
0,00 – 0,40	8 -10	10 - 13	Dura	Medianamente compacta	1,0 – 2,4
0,40 – 1,40	14 – 36	18 - 48	Muito dura a rija	Medianamente compacta a compacta	2,4 – 5,2
1,40 – 2,60	16 - 20	21 - 35	Muito dura a rija	Medianamente compacta a compacta	1,0 – 4,8
2,60 – 3,40	31 - 60	41 - >60	Rija	Compacta a muito compacta	3,3 - > 4,8

Tabela 4 - Resumo, com definição de zonas em profundidade, interpretativo dos resultados do ensaio

DPSH - S2.

Intervalo de profundidade (m)	N (DPSH)	N (SPT)	Consistência	Compacidade	Tensões admissíveis (Kg/cm ²)
0,00 – 0,80	3 -10	4 - 13	Mole a dura	Muito solta a solta	<0,6 – 1,2
0,80 – 2,40	18 – 28	24 - 37	Muito dura	Medianamente compacta	1,0 – 3,0
2,40 – 4,00	30 - 56	40 – >60	Rija	Compacta a muito compacta	3,3 – 4,8
4,00 – 5,80	6 -18	8 - 24	Dura a muito dura	Solta a Medianamente compacta	0,6 – 4,8
5,80 – 6,80	22 - 60	29 - >60	Muito dura a rija	Medianamente Compacta a muito compacta	2,4 – >4,8

Tabela 5 - Resumo, com definição de zonas em profundidade, interpretativo dos resultados do ensaio

DPSH - S3.

Intervalo de profundidade (m)	N (DPSH)	N (SPT)	Consistência	Compacidade	Tensões admissíveis (kg/cm ²)
0,00 – 0,20	7	9	Dura	Solta	0,6 – 2,4
0,20 – 2,00	15 – 24	20 – 32	Muito dura a rija	Medianamente compacta	1,0 – 4,8
2,00 – 3,40	31 - 60	41 – >60	Rija	Compacta a muito compacta	3,3 - >4,8

Tabela 6 - Resumo, com definição de zonas em profundidade, interpretativo dos resultados do ensaio

DPSH - S4.

Intervalo de profundidade (m)	N (DPSH)	N (SPT)	Consistência	Compacidade	Tensões admissíveis (kg/cm ²)
0,00 – 0,20	9	12	Dura	Medianamente compacta	1,0 – 2,4
0,20 – 0,60	12 – 21	16 – 28	Muito dura	Medianamente compacta	1,0 – 3,3
0,60 – 2,20	34 - 60	45 - > 60	Rija	Compacta a muito compacta	3,3 - > 4,8

Tabela 7 - Resumo, com definição de zonas em profundidade, interpretativo dos resultados do ensaio

DPSH – S5.

Intervalo de profundidade (m)	N (DPSH)	N (SPT)	Consistência	Compacidade	Tensões admissíveis (kg/cm ²)
0,00 – 0,20	4	5	Média	Solta	0,6 – 1,2
0,20 – 0,40	8	11	Dura	Medianamente compacta	1,0 – 2,4
0,40 – 1,00	14 - 22	19 - 29	Muito Dura	Medianamente compacta	1,0 – 3,3
1,00 – 1,40	56 - 60	>60	Dura a Rija	Muito compacta	>4,8

Tabela 8 - Resumo, com definição de zonas em profundidade, interpretativo dos resultados do ensaio

DPSH – S6.

Intervalo de profundidade (m)	N (DPSH)	N (SPT)	Consistência	Compacidade	Tensões admissíveis (kg/cm ²)
0,00 – 0,20	4	5	Média	Solta	0,6 – 1,2
0,20 – 0,60	7 - 12	9 – 16	Dura a muito dura	Medianamente compacta	1,0 – 3,3
0,60 – 1,20	25 - 60	33 - >60	Rija	Compacta a muito compacta	3,3 – >4,8

6. CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS

As considerações a seguir apresentadas são baseadas nos ensaios realizados, bem como na experiência que se possui em obras em terrenos com idênticas características. A parametrização geotécnica é feita com base em correlações com os ensaios SPT existentes na literatura da especialidade (*Bowles e Hoek*), para a determinação das tensões máximas admissíveis. Os restantes parâmetros são determinados a partir de tabelas de referência, existentes na bibliografia geológico-geotécnica disponível.

Os resultados obtidos foram explanados ao longo do presente documento, tecendo-se neste capítulo apenas uma apreciação global.

6.1 FUNDAÇÃO DO EDIFÍCIO PARA MUSEALIZAÇÃO DAS RUÍNAS DO FÓRUM ROMANO

Como já referido na tabela 2, a obtenção da “nega”, nos ensaios realizados, ocorreram a diferentes profundidades, entre os 2,37m e os 6,95m, com a exceção dos ensaios DPSH-S5 e DPSH-S6, cujas “negas” foram atingidas mais próximo da superfície, às profundidades de 1,56m e 1,35m respetivamente.

Por informação do cliente, as tensões de serviço previstas da obra em causa, serão de 2 kg/cm² (0,2 MPa).

Assim sendo, com base na interpretação dos perfis dos ensaios de DPSH realizados e das tensões de serviço previstas, estima-se que a partir dos 0,6m, o terreno tenha capacidade portante suficiente para que se possam fundar diretamente as fundações do edifício para a musealização das ruínas do Fórum Romano. Para tal, será necessário proceder-se ao saneamento de, no mínimo, 0,6 metros em profundidade do terreno existente.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões apresentadas nesta nota técnica foram baseadas nos resultados dos ensaios realizados *in situ*, que como é sabido têm um carácter pontual, muito embora se admita que possam corresponder à realidade dos terrenos interessados.

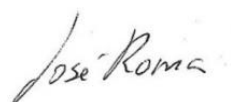
Dada a incerteza das condições geológico-geotécnicas encontradas no local e refletidas nos resultados dos ensaios realizados, recomenda-se que as escavações sejam acompanhadas por um geólogo-geotécnico no sentido de verificar *in situ*, se a consideração tecida sobre os terrenos interessados se mantém às profundidades previstas.

8. EXECUÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo foi coordenado e elaborado pela Betoteste, na qualidade de consultor, com a seguinte equipa:

Direção Técnica	José Roma, Diretor de Produção
Geologia e Geotecnia	Jorge Lopes, Engenheiro de Minas e Geoambiente

Betoteste, 11 de dezembro de 2017

Handwritten signature of José Roma in black ink.

José Roma
(Geólogo de Engenharia)

Handwritten signature of Jorge Lopes in blue ink.

Jorge Lopes
(Eng.º Minas e
Geoambiente)

ANEXOS

ANEXO I

Boletins de Ensaios DPSH