



Metropolitano de Lisboa

**TÉRMINO DA FALAGUEIRA (HIPÓTESE B')
DA LINHA AZUL DO METROPOLITANO DE LISBOA**

**ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
PROSPECÇÃO COMPLEMENTAR**

NOVEMBRO 2002

ÍNDICE

Pág. nº

1 -	Introdução.....	1
2 -	Características geológicas locais.....	2
3 -	Trabalhos realizados e resultados obtidos.....	3
	3.1 Prospeção.....	3
	3.1.1 Sondagens.....	3
	3.1.2 Ensaios “in situ”.....	4
	3.1.2.1 Ensaios SPT.....	4
	3.1.2.2 Ensaios de absorção de água Tipo Lugeon.....	4
	3.1.3 Níveis de água.....	5
4 -	Análise Geológico-Geotécnica.....	7
	4.1 Geologia.....	7
	4.2 Zonamento Geotécnico.....	9
	4.3 Considerações finais.....	11

ANEXOS

- Classificação triangular e granulométrica de solos
- Critério de classificação do estado de alteração e de fracturação segundo a S.I.M.R.
- Perfis individuais das sondagens e respectivo registo fotográfico
- Gráficos individuais das variações do nível de água

Gráficos individuais dos ensaios Lugeon

- Perfis interpretativos.....

Desenho nº

P02/455-1703/01/0/3351

Venda Nova, Novembro de 2002

1. Introdução

Por solicitação da METROPOLITANO DE LISBOA, a Tecnasol FGE realizou uma campanha de prospecção geológico-geotécnica complementar, para o projecto do Término do Troço Falagueira / Reboleira, da Linha Azul - ML, na Amadora.

A referida campanha de prospecção teve como objectivo complementar a caracterização geológico-geotécnica dos terrenos Neocretácicos já prospectados em campanhas anteriormente realizadas pela Tecnasol FGE, para o projecto de execução do referido traçado. A caracterização dos terrenos foi feita, com base na litologia, estado de alteração do maciço, ensaios de penetração dinâmica (SPT), ensaios de absorção de água do tipo Lugeon, e instalação de piezómetros visando a medição do nível de água subterrâneo.

Nas plantas em anexo, encontram-se localizadas as sondagens realizadas, bem como o perfil interpretativo elaborado (desenho n.º P02/455-1703/01/0/3351).

No presente relatório descrevem-se os trabalhos realizados, apresentam-se os resultados obtidos e as respectivas conclusões.

2. Características geológicas locais

A área em estudo encontra-se representada na folha 34-B de Loures da Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50 000, onde ocorrem terrenos Neocretácicos representados pelo "Complexo Vulcânico de Lisboa". Na zona prospectada os terrenos Neocretácicos são compostos essencialmente por basaltos, tufos e brechas vulcânicas.

A estrutura geológica, onde a área em estudo se insere, apresenta-se sob a forma de um monoclinal, inclinando para SE. Na Carta Geológica de Loures está cartografada uma falha de direcção aproximada N-S, atravessando a zona da Falagueira, em que o deslocamento relativo dos dois blocos será de subida do bloco esquerdo combinada com a ocorrência de desligamento esquerdo.



-  Aluviões
-  Conglomerados, arenitos e argilas da Calçada de Garriça; "Calcários de Alfornelos" (*); Conglomerados, arcoses, argilas e calcários da Estação de Bemfica
-  Complexo vulcânico de Lisboa: tufos, brechas, lavas, etc.

Extracto da Carta Geológica de Portugal, 1981, Folha 34 B – Loures (escala 1:50 000)



-  Formação de Bemfica
-  Formação de Bemfica (Calcário de Alfornelos)
-  Manto basáltico

Extracto da Carta Geológica de Lisboa, 1940 (escala 1:20 000)

3. Trabalhos realizados e resultados obtidos

A referida campanha de prospecção consistiu, na realização de 3 furos de sondagem, executados com recurso a equipamento de rotação com amostragem continua, acompanhada pela realização de ensaios de penetração dinâmica SPT e ensaios de absorção de água tipo Lugeon. Após a realização de cada furo de sondagem foram instalados piezómetros para a medição do nível de água subterrâneo.

3.1 Prospecção

3.1.1 Sondagens

Foram realizadas 3 sondagens verticais, S31, S32 e S33 tendo sido atingidas as profundidades de 26.00 m, 25.20 m e 25.00 m respectivamente, num total de 76.20 m de furação.

No Quadro I, indica-se para cada sondagem, as profundidades atingidas e as respectivas cotas da boca dos furos.

Quadro I

Sondagem	Profundidades atingidas (m)	Cotas da boca dos furos
S31	26.00	92.74
S32	25.20	90.13
S33	25.00	89.76

As sondagens foram executadas com recurso a sondas rotativas accionadas por motor a diesel de avanço hidráulico. A recuperação das amostras foi realizada com amostradores de parede dupla, utilizando coroas de prisma de tungsténio, com diâmetros de furação de Ø101mm.

As amostras recuperadas foram dispostas por ordem em caixas devidamente compartimentadas e referenciadas, de modo a facilitar a sua análise e classificação.

Nos gráficos individuais das sondagens, apresentados em anexo, além da designação, data de execução, diâmetros de furação e profundidades atingidas, são ainda apresentadas a classificação litológica das diferentes camadas atravessadas, respectiva percentagem de recuperação, ensaios realizados, nível de água e outras ocorrências consideradas relevantes.

3.1.2. Ensaios "in situ"

3.1.2.1 Ensaios SPT

Durante a execução das sondagens, onde o terreno apresenta características de solo e sempre que o grau de alteração das formações o permitiu, foram efectuados ensaios de penetração dinâmica (SPT) visando a caracterização geotécnica das formações.

Os ensaios foram realizados com recurso a um amostrador normalizado (amostrador Terzaghi), em intervalos de 1.50 m, num total de 6 ensaios.

3.1.2.2 Ensaios de absorção de água Tipo Lugeon

Durante a execução das sondagens, foram efectuados 6 ensaios de absorção de água do tipo Lugeon, visando a caracterização dos terrenos sondados quanto à sua permeabilidade. Os gráficos dos ensaios realizados, apresentam-se em anexo.

Os ensaios foram realizados geralmente em troços de 5 m, com 5 patamares de pressão, crescentes e decrescentes (estabilizados durante dez minutos).

No tratamento dos dados obtidos, através da realização dos ensaios de absorção de água, com vista ao cálculo da permeabilidade em unidades Lugeon (U.L.), foi utilizado o método descrito por A. C. Houlsby em 1976.

Segundo o método acima referido, estimou-se o valor de permeabilidade em unidades Lugeon e o tipo de regime de absorção, através da observação directa do padrão representado pelo histograma, que relaciona a variação da absorção em unidades Lugeon em função de cada patamar de pressão utilizado no decorrer do ensaio.

Os resultados dos ensaios Lugeon em todas as sondagens revelaram-se nulos, apresentando valores de permeabilidade nulos, caracterizando as formações como praticamente impermeáveis. Estes resultados mostram-se coerentes com a amostragem obtida.

No Quadro II indica-se, para cada sondagem, a profundidade do ensaio, coeficiente de permeabilidade em unidades Lugeon (1 U.L. – 1 l/min/m) e respectivo regime de percolação, coeficiente de permeabilidade em m/s e grau de permeabilidade.

Quadro II

Sondagem	Profundidade (m)	Permeabilidade (U.L)	Permeabilidade (m/s)	Regime
S31	7.50 – 12.50	0.00	-	-
	16.50 – 20.70	0.00	-	-
S32	7.50 – 12.50	0.00	-	-
	17.00 – 22.00	0.00	-	-
S33	7.50 – 12.30	0.00	-	-
	16.40 – 21.20	0.00	-	-

3.1.3 Níveis de água

Durante o período em que decorreram os trabalhos foi detectada a presença de água nos furos de sondagem realizados, a cotas próximas da superfície. Os níveis de água foram medidos com intervalos médios de 12 horas - no início dos trabalhos diários e no fim destes – estando os valores registados (no fim do turno), possivelmente, afectados pela água utilizada no processo de furação. Estas medições estão registadas no Quadro III.

Quadro III

Sondagem	Profundidades (m)
S31	1.70 – 3.30
S32	1.30 – 4.35
S33	1.20 – 5.05

Foram instalados três piezômetros nos furos de sondagem, com o objectivo de determinar a profundidade do nível de água após a estabilização do mesmo. As profundidades a que se definiram as zonas crepinadas estão registadas no Quadro IV.

Quadro IV

Sondagem	Profundidade (m)
S31	4.0 – 25.0
S32	5.0 – 8.0
S33	9.0 – 12.0

Em todos os piezômetros instalados o nível de água foi rebaixado e a recuperação estabilizou aos 3.65 m de profundidade. Os gráficos referentes às medições efectuadas nestes piezômetros apresentam-se em Anexo.

4. Análise Geológico-Geotécnica

4.1 Geologia

Na zona do término da Falagueira ocorrem terrenos do Neocretácico representados pelo "Complexo Vulcânico de Lisboa". Na Carta Geológica de Loures está cartografada uma falha de direcção aproximada N-S, atravessando a zona da Falagueira, em que o deslocamento relativo dos dois blocos será de subida do bloco esquerdo combinada com a ocorrência de desligamento esquerdo. Não foram encontradas evidências suficientemente credíveis da acção deste acidente tectónico na zona, ao longo da campanha de prospecção. Não se exclui a hipótese da não continuidade lateral de alguns estratos estar relacionada com o acidente tectónico cartografado, mencionado anteriormente, podendo essas variações laterais de fácies litológica corresponder a pequenos rejeitos ou falhas não identificadas, secundárias, relacionados com a falha principal cartografada.

Na sequência dos resultados obtidos nas sondagens realizadas e atendendo à geologia regional da área em estudo individualizaram-se as seguintes unidades litoestratigráficas:

Actual

Aterro – detectado em todas as sondagens até uma profundidade máxima de 4.20 m, na sondagem S33. Na zona prospectada, os níveis de aterro caracterizam-se essencialmente por materiais silto-arenosos ou areno-siltosos de cor castanha escura, com fragmentos de natureza variada, nomeadamente basalto, alvenaria, cimento ou brita calcária.

Neocretácico

Tufo – detectado em todas as sondagens, caracteriza-se essencialmente como uma formação branda de tons avermelhados a acastanhados ou acinzentados, argilosa, medianamente compacta a compacta, normalmente brechóide, com elementos de basalto subangulosos a subrolados de $D_{max}=13\text{cm}$. Na sondagem S31 foi detectada uma fractura subvertical entre os 16.30 m e os 16.60 m, muito irregular e oxidada.

Brecha – apenas foram detectados dois níveis de brecha na sondagem S32, caracterizando-se essencialmente por ser basáltica de tons acastanhados com elementos de basalto subangulosos de $D_{\max}=4\text{cm}$.

Estes níveis apresentam-se muito alterados a medianamente alterados (W4/3). Relativamente ao grau de fracturação, as fracturas de um modo geral são muito próximas a próximas (F5/4).

A percentagem de recuperação apresenta geralmente valores entre 60 e 100%, sendo os mais representativos na ordem dos 60%.

Basalto – detectado em todas as sondagens, o basalto na zona prospectada caracteriza-se essencialmente por ser de cor cinzenta, por vezes com laivos alaranjados, com fracturas perpendiculares ao eixo de sondagem preenchidas por calcite, por vezes apresenta-se vacuolar igualmente com preenchimentos de calcite. Superficialmente ocorre, por vezes, decomposto caracterizando-se, neste caso, essencialmente por ser uma argila silto-arenosa de cor castanha escura com núcleos de basalto menos alterado dispersos na matriz. Regista-se a ocorrência de fracturas com inclinação muito variável em relação ao eixo da sondagem, de um modo geral com preenchimentos calcíticos e/ou de serpentina, ou com preenchimentos argilosos de tonalidades amareladas a alaranjadas ou esbranquiçadas a esverdeadas.

Apresenta-se decomposto (W5) a pouco alterado (W2). Encontra-se fracturado, geralmente com fracturas muito próximas (F5) a medianamente afastadas (F3).

A percentagem de recuperação apresenta valores entre 90 e 100%, registando-se pontualmente valores da ordem dos 40 a 60%, geralmente a associado a zonas muito fracturadas ou muito alteradas.

O índice de qualidade R.Q.D. ("Rock Quality Designation") nos níveis de basalto apresenta valores muito variáveis, oscilando entre 10% e 90%.

A classificação litológica dos terrenos atravessados foi efectuada macroscopicamente, utilizando-se para o efeito os critérios definidos pela Classificação Triangular de Solos (granulométrica), e da S.I.M.R. – Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas, apresentados em anexo.

4.2 Zonamento Geotécnico (Perfil A-A'):

Com base na análise e interpretação dos resultados obtidos nas campanhas de sondagens realizadas, definiram-se quatro zonas geotécnicas, ZG4 a ZG1, conforme perfil interpretativo apresentado em anexo (desenho nº P02/435-1703/01/0/3351):

ZG4 – A zona geotécnica ZG4 foi definida em todas as sondagens realizadas nesta zona (S31 a S33), até uma profundidade máxima de 4.00 m (sondagem S33), e corresponde à zona superficial dos terrenos atravessados, representada por aterro silto-arenoso, com fragmentos de calcário, basalto e alvenaria. (Aterro).

ZG3 – A zona geotécnica ZG3 foi definida em todas as sondagens, até a uma profundidade máxima de 19.00 m na sondagem S33, e corresponde aos tufos brechóides medianamente compactos a compactos. Trata-se de uma zona com desenvolvimento lateral entre as cotas 81.50 (sondagem S31) e a cota 71.00 (sondagem S33), e encontra-se intercalada na zona geotécnica ZG1 nas sondagens S31 e S32 e intercalada entre a zona geotécnica ZG2 (topo) e ZG1 (base).

ZG2 – A zona geotécnica ZG2 foi definida subjacente à zona ZG4 em todas as sondagens (sondagens S31 a S33), sobrejacente à zona geotécnica ZG1 nas sondagens S31 e S32 e

sobrejacente à zona geotécnica ZG3 na sondagem S33 onde adquire maior expressão, possuindo uma espessura de 9 m. Foi também englobada nesta zona a base da sondagem S31, subjacente à zona geotécnica ZG1. A esta zona correspondem os níveis de basaltos e brechas, mais fracturados (F4-5, F5) e com maior grau de alteração (W4/5), apresentando um baixo índice de qualidade R.Q.D. ("Rock Quality Designation"), quando existente.

ZG1 – Foram definidos dois níveis distintos pertencentes à zona geotécnica ZG1, sendo o mais superficial intercalado entre as zonas ZG2 (topo) e ZG3 (base) nas sondagens S31 e S32, e o nível identificado a cotas mais baixas, subjacente à zona ZG3 em todas as sondagens e até à profundidade máxima prospectada, excepto na sondagem S31 em que se encontra sobrejacente à zona ZG2. A esta zona correspondem os níveis de basaltos e brechas com menor grau de alteração (W3 a W2) e menos fracturados, comparativamente aos da zona ZG2.

Tendo por base os resultados obtidos, representados no perfil interpretativo (desenho nº P02/455-1703/01/0/3351), podem sugerir-se os seguintes parâmetros geomecânicos para as diferentes zonas consideradas (Quadro VII):

Quadro VII

Zonas	Descrição	R.Q.D. (%)	N _{SPT}	γ (KN/m ³)	ϕ' (°)	C' (KPa)	E' (Mpa)
ZG4	Aterro silto-arenoso com fragmentos de calcário basalto e alvenaria	-	-	18*	25 – 28*	-	5 – 10*
ZG3	Tufos	-	50 - 60	20 – 22*	28 – 30*	30 – 40*	40 – 100*
ZG2	Basaltos e brechas (W _{4/5} , F ₅)	0 – 10	-	23 – 25*	30 – 32*	30 – 50*	500 – 1000*
ZG1	Basaltos, brechas (W ₄ a W ₂ , F ₅ a F ₃).	30 – 50	-	24 – 26*	32 – 35*	30 – 50*	1000 – 2000*

* Valores sujeitos a aferição em função dos resultados dos ensaios laboratoriais.

4.3 Considerações finais

Visando o projecto em causa, o término da Falagueira, da Linha Azul, do Metropolitano de Lisboa, E.P., e face aos resultados obtidos nos trabalhos de prospecção, representados no perfil interpretativo (desenho n.º P02/455-1703/01/0/3351) apresentado em anexo, podem tecer-se as seguintes considerações:

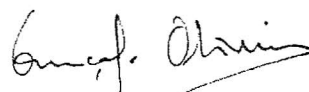
- O túnel do Término da Falagueira atravessa litologias pertencentes ao Neocretácico (basaltos, brechas);
- Tendo em conta o grau de alteração, fracturação e o RQD conclui-se que as formações do Neocretácico de um modo geral se encontram medianamente alteradas e muito fracturadas;
- Os valores de N(SPT) na zona em estudo são sempre elevados. Geralmente verificam-se valores de nega para o N(SPT), e quando tal não acontece os valores são da ordem das 50 pancadas (tufos);
- Os ensaios Lugeon, nas profundidades a que foram realizados, indicam permeabilidades nulas em todas as sondagens (S31 a S33);
- Os níveis de água identificados localizam-se próximos da superfície, sendo possivelmente um nível de água suspenso, restrito aos níveis mais superficiais e descomprimidos, não excluindo a hipótese de circulação de água pelas fracturas do maciço rochoso (permeabilidade secundária);
- Pelas cotas do túnel, soleira e coroamento, fornecidas pelo cliente, verifica-se um atravessamento da zona geotécnica ZG3 no coroamento até meio do túnel, e ZG1 na soleira, na zona da sondagem S31. Nas imediações da sondagem S32 tanto a cota do coroamento como a da soleira encontram-se na zona ZG1, sendo no entanto intercalada, sensivelmente a meio do túnel, pela zona ZG3. No caso da sondagem S33 o túnel atravessa a zona ZG2 no coroamento e a zona ZG3 na soleira;

- Considerando as intersecções do túnel acima referidas admitem-se problemas de estabilidade e/ou sobrecavação/subescavação na zona ZG3 no coroamento (S31), soleira (S33) e hasteais (S31 a S33).
- O traçado do túnel intersecta, na área da sondagem S33, também a zona geotécnica ZG2, admitindo-se em zonas de contactos e descontinuidades estruturais, a existência de situações de instabilidade quer na soleira quer nos hasteais e tecto.

As considerações apresentadas deverão, na fase de obra, ser convenientemente avaliados por um técnico especialista de modo a avaliar os pressupostos do projecto efectuado.

Venda Nova, Novembro de 2002

Paulo Ramos
Geólogo



Gonçalo Oliveira
Geólogo

Pedro Ferreira
Geólogo

METROPOLITANO DE LISBOA, E.P.

LISBOA



**PROLONGAMENTO AMADORA ESTE / REBOLEIRA, DA LINHA
AZUL DO METROPOLITANO DE LISBOA, E.P. – ML 670/07**

REBOLEIRA

RECONHECIMENTO
GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

Abrunheira, Dezembro de 2007
Volume 1

ÍNDICE**Volume 1**

1. Introdução.....	pág. 4
2. Descrição dos Trabalhos.....	pág. 4
2.1. Sondagens mecânicas.....	pág. 4
2.2. Ensaios de penetração dinâmica – S.P.T.	pág. 6
2.3. Colheita de Amostras “Intactas”	pág. 7
2.4. Ensaios Lugeon	pág. 7
2.5. Ensaios com Dilatómetro	pág. 8
2.6. Piezómetros do tipo “Tubo Aberto”	pág. 8
2.7. Colheita de Amostras de Água.....	pág. 9
2.8. Ensaios de Laboratório.....	pág. 10
2.9. Fotografias das caixas de amostra.....	pág. 11
3. Critérios classificativos.....	pág. 11
3.1. Solos.....	pág. 11
3.2. Percentagem de recuperação.....	pág. 12
3.3. Percentagem de recuperação modificada – R.Q.D.....	pág. 12
3.4. Fracturação.....	pág. 12
3.5. Alteração.....	pág. 13
4. Considerações Geológicas e Geotécnicas.....	pág. 13
4.1. Enquadramento Geológico.....	pág. 13
4.2. Caracterização Geotécnica.....	pág. 14
5. Enquadramento Geológico / Geotécnico e Recomendações.....	pág. 15

Anexos:**A – Fotografias das caixas de amostra**

▪ Sondagem S34.....	Folhas	1 a 4
▪ Sondagem S35.....	Folhas	1 a 6
▪ Sondagem S36.....	Folhas	1 a 6
▪ Sondagem S37.....	Folhas	1 a 6
▪ Sondagem S38.....	Folhas	1 a 6
▪ Sondagem S39.....	Folhas	1 a 7
▪ Sondagem S40.....	Folhas	1 a 8
▪ Sondagem S41.....	Folhas	1 a 8

▪ Sondagem S42.....	Folhas	1 a 11
B – Peças desenhadas		
▪ Gráficos individuais das sondagens		
▪ S34	Desenho n.º	24.591
▪ S35	Desenho n.º	24.592
▪ S36	Desenho n.º	24.593
▪ S37	Desenho n.º	24.594
▪ S38	Desenho n.º	24.595
▪ S39	Desenho n.º	24.596
▪ S40	Desenho n.º	24.597
▪ S41	Desenho n.º	24.598
▪ S42	Desenho n.º	24.599
▪ Planta de localização das sondagens.....	Desenho n.º	24.600
▪ Perfis geotécnicos	Desenho n.º	24.601
▪ Perfis geotécnicos	Desenho n.º	24.602
▪ Perfis geológicos	Desenho n.º	24.603
▪ Perfis geológicos	Desenho n.º	24.604
C – Ensaios Lugeon		
Volume 2		
D – Ensaios com Dilatómetro		
E – Ensaios de Laboratório		

METROPOLITANO DE LISBOA, E.P.

LISBOA

--- oOo ---

**PROLONGAMENTO AMADORA ESTE / REBOLEIRA, DA LINHA AZUL DO
METROPOLITANO DE LISBOA, E.P. – ML 670/07**

REBOLEIRA

1. Introdução

Pelo METROPOLITANO DE LISBOA, E.P., foi Sondagens RODIO, Lda. incumbida de proceder ao reconhecimento geológico e geotécnico dos terrenos interessados pela construção do Prolongamento da Linha Azul entre Amadora Este e Reboleira.

Para a realização deste reconhecimento foi-nos fornecido o caderno de encargos dos trabalhos a realizar, suas especificações e quantidades, bem como desenhos com a localização das sondagens.

Com a presente campanha pretende-se prever as condições de execução dos trabalhos, além de fornecer elementos para o pré-dimensionamento de contenções e fundações a executar.

Os trabalhos decorreram no período compreendido entre 9 de Novembro e 19 de Dezembro de 2007.

2. Descrição dos Trabalhos Executados

2.1. Sondagens mecânicas

A presente empreitada consistiu na execução de 9 sondagens de reconhecimento com sonda mecânica de rotação, efectuadas nos locais indicados na planta em anexo (desenho n.º 24.600).

As coordenadas das sondagens realizadas indexadas ao DATUM 73, são as presentes na tabela abaixo.

SONDAGEM	Eixo M	Eixo P	Eixo Z
S34	-94 807.63	-100 968.36	90.17
S35	-94 831.58	-101 105.54	91.26
S36	-94 844.02	-101 101.90	91.26
S37	-94 817.07	-101 167.04	95.47
S38	-94 863.28	-101 142.53	95.90
S39	-94 862.06	-101 196.00	103.85
S40	-94 876.44	-101 189.31	103.43
S41	-94 919.28	-101 301.87	118.99
S42	-94 992.57	-101 386.75	126.58

A perfuração foi efectuada à rotação com amostradores de parede dupla de 1,50 m com diâmetros de $\varnothing$ 101, 86 e 76 mm, bem como wireline HQ e NQ, e recuperação contínua da amostra, tendo-se perfurado um total de 311.50 m, conforme se discrimina no quadro abaixo.

De igual modo e no mesmo quadro são referidos os restantes trabalhos executados por sondagem.

SONDAGEM	Furação (m)	Ensaio S.P.T. (un)	Amostras "Intactas" (un)	Ensaio Lugeon (un)	Ensaio Dilatómetro (un)	Piezómetro (m)	Amostras Água (un)
S34	25.35	6	0	0	0	0.00	0
S35	25.00	3	0	0	0	21.00	1
S36	25.05	2	0	0	2	0.00	0
S37	30.00	2	0	2	0	26.00	1
S38	30.30	2	0	0	2	0.00	0
S39	35.10	4	0	0	0	0.00	0
S40	35.20	3	1	1	0	0.00	0
S41	45.00	2	1	0	0	0.00	0
S42	60.50	2	1	0	0	49.00	1
TOTAIS	311.50	26	3	3	4	96.00	3

Todas as amostras recuperadas, dos terrenos atravessados, foram colocadas em caixas de madeira com tampas de dobradiças, providas de divisórias, ficando entre elas, pequenos tacos de madeira com a indicação da profundidade de manobra respectiva, de modo a facilitar a sua localização e estudo.

Nos gráficos individuais das sondagens, em anexo, encontram-se registadas as profundidades, espessuras das formações atravessadas e a sua classificação macroscópica, além de outras indicações sobre a fracturação, a percentagem de recuperação ou ainda o R.Q.D.

É de ter em conta que as sondagens fornecem informação de carácter pontual e que os perfis apresentados são interpretativos.

2.2. Ensaios de penetração dinâmica – S.P.T.

Conforme previsto, foram executados, sempre que possível ensaios de penetração dinâmica – S.P.T. (Standard Penetration Test) para verificação “in situ”, das características geomecânicas dos terrenos.

No caso presente os ensaios não foram executados com o espaçamento usual de 1,50 m devido às características rochosas dos terrenos presentes.

Como habitualmente utilizou-se o penetrómetro normalizado de TERZAGHI; estes ensaios são realizados em duas fases, anotando-se o número de pancadas necessário para a penetração de 15 cm e em seguida de mais 30 cm do amostrador tipo.

Sempre que o número de pancadas, em qualquer das fases, atinja 60 sem se conseguir as penetrações especificadas ou em caso de nega brusca, o ensaio é dado por findo anotando-se aí a penetração obtida.

Os resultados obtidos registam-se nos gráficos individuais de sondagem.

2.3. Colheita de Amostras "Intactas"

Paralelamente à furação procedeu-se à colheita de amostras "intactas" em algumas das sondagens realizadas com vista a uma caracterização das suas propriedades mecânicas e físicas.

As amostras colhidas foram acondicionadas e após parafinação e referenciação, enviadas a laboratório.

Nos gráficos individuais de sondagem encontram-se registadas as profundidades de colheita destas amostras, identificadas pelo símbolo **AIXX**, sendo XX representativo do número atribuído à amostra.

Os resultados obtidos após os ensaios realizados encontram-se em anexo próprio.

2.4. Ensaios Lugeon

Acompanhando o avanço da furação foram realizados em duas sondagens S37 e S40 ensaios de absorção de água de tipo Lugeon em que a zona ensaiada correspondeu a troços de 5.00 m, sendo aplicados cinco patamares de pressão de acordo com o estabelecido na especificação técnica ET122 do Grupo Metropolitano de Lisboa.

Assim sendo na tabela abaixo encontram-se especificadas as profundidades de realização dos ensaio, bem como os patamares de pressão aplicados.

SONDAGEM	Profundidades (m)	Patamares de pressão (kg/cm ²)
S37	de 14.60 a 19.60	0.8; 1.5; 2.0; 1.5; 0.8
	de 25.00 a 30.00	1.2; 2.5; 4.0; 2.5; 1.2
S40	de 21.10 a 26.10	1.2; 2.5; 4.0; 2.5; 1.2

Os ensaios foram realizados com aplicação de patamares de pressão estabilizada durante 10 minutos.

Os resultados obtidos na realização destes ensaios encontram-se em anexo próprio.

2.5. Ensaios com Dilatómetro

Foram realizados ensaios "in situ" com Dilatómetro BHD ("Bore Hole Dilatometer"), para medição de deformações de maciços rochosos a diferentes profundidades. Este instrumento é constituído por um dispositivo electro-mecânico de precisão que incorpora um sistema electrónico concebido para operar em condições ambientais particularmente adversas.

Estes ensaios foram executados pelo LNEC e consistiram na determinação da deformabilidade do maciço rochoso "in situ", nas sondagens S35 e S38, tendo sido realizados dois ensaios em cada uma das sondagens a diferentes profundidades, aproximadamente coincidentes com a zona correspondente ao interior da futura Estação da Reboleira e com a zona abaixo da laje de fundo da mesma.

Os resultados obtidos nos ensaios realizados encontram-se em anexo próprio.

2.6. Piezómetros do tipo "Tubo Aberto"

Foram instalados em três das sondagens realizadas, S35, S37 e S42 piezómetros do tipo "Tubo Aberto". Estes piezómetros são constituídos por um tubo P.V.C. de diâmetro 50 mm em que a zona de tomada de água, crepinada, se encontra envolvida por um maciço filtrante de areão calibrado devidamente adensado, seguidamente foi colocada uma zona impermeabilizante, tendo o restante espaço anelar da sondagem sido preenchido por calda de cimento.

Posteriormente foi colocada tampa de protecção metálica de acordo com o definido na especificação técnica ET120 do Grupo Metropolitano de Lisboa.

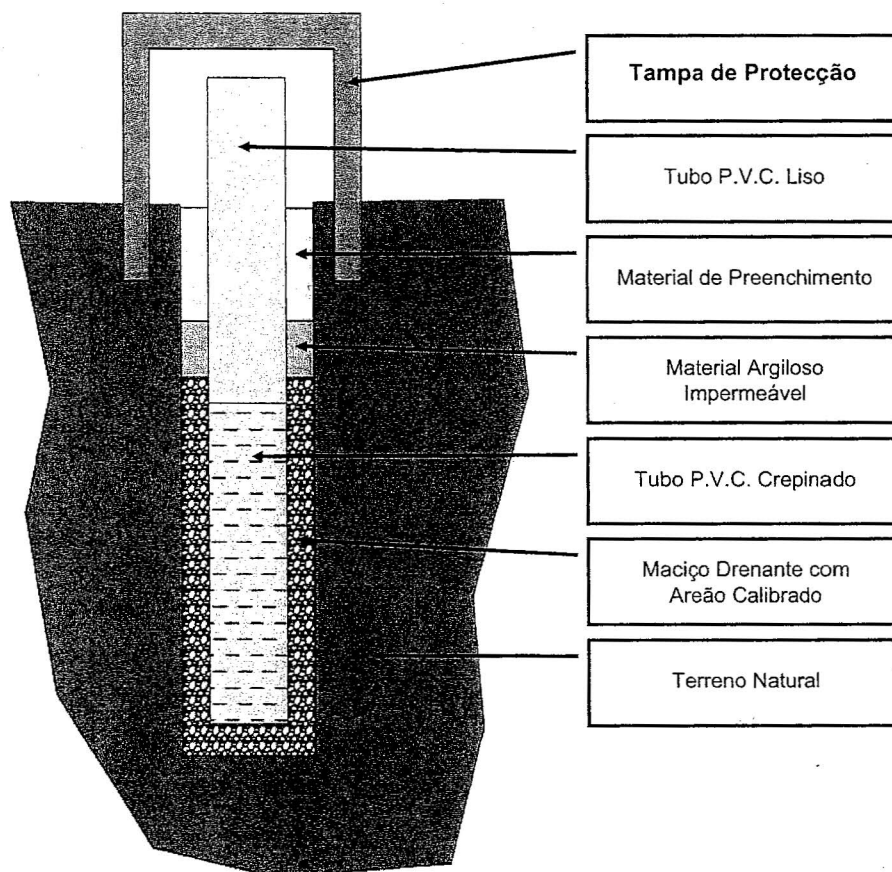


Figura 1 – Esquema de piezômetro do tipo "Tubo Aberto"

2.7. Colheita de Amostra de Água

Nos piezômetros instalados foram colhidas amostras de água com recurso a amostrador próprio para posterior realização de análises químicas.

A água após a recolha é colocada num recipiente de vidro, previamente lavado com água proveniente do piezômetro de forma a eliminar qualquer impureza existente no recipiente, que eventualmente pudesse provocar a contaminação da amostragem.

Este recipiente é depois selado e enviado a laboratório para a realização dos ensaios solicitados.

2.8. Ensaio de Laboratório

Para o conhecimento das reais características físicas e químicas dos terrenos e água presentes na área prospectada, foi solicitada a realização dos ensaios constantes na tabela abaixo, na qual se encontram também identificadas as amostras colhidas tal como os ensaios a realizar sobre cada uma delas.

Designação do Ensaio	AMOSTRAS								
	<u>S41AI01</u>	<u>S42AI01</u>	<u>S40AI01</u>	<u>S42Pz</u>	<u>S37Pz</u>	<u>S35Pz</u>	<u>S37</u>	<u>S35</u>	<u>S42</u>
Elaboração de curva granulométrica obtida por peneiração, incluindo o respectivo registo e todos os trabalhos preparatórios e acessórios.	X	X	X						
Elaboração de curva granulométrica obtida por sedimentação, incluindo o respectivo registo e todos os trabalhos preparatórios e acessórios.	X	X	X						
Ensaio para determinação dos limites de ATTERBERG (LP + LL + LR), incluindo todos os trabalhos preparatórios e acessórios.	X	X	X						
Ensaio para determinação da densidade aparente, incluindo todos os trabalhos preparatórios e acessórios.	X	X	X						
Ensaio para determinação do peso específico das partículas sólidas, incluindo todos os trabalhos preparatórios e acessórios.	X	X	X						
Ensaio para determinação do teor de humidade, incluindo todos os trabalhos preparatórios e acessórios.	X	X	X						
Ensaio de compressão simples, incluindo elaboração do diagrama tensão-deformação (amostra intacta) e todos os trabalhos preparatórios e acessórios.			X						
Ensaio de consolidação em edómetro (provetes de 65 mm), incluindo curvas edométricas e de consolidação (no mínimo sete escalões de carga) e todos os trabalhos preparatórios e acessórios.			X						
Ensaio triaxial, consolidado não drenado em amostra intacta, incluindo medição de pressões intersticiais (3 provetes) e todos os trabalhos preparatórios e acessórios.	X	X							
Ensaio de análise química da água, SO4 (água), pH, CO2 (expresso em carbonato de cálcio), NH4, Mg e todos os trabalhos preparatórios e acessórios.				X	X	X			
Ensaio de compressão uniaxial em amostras de rocha com determinação da tensão de rotura, do módulo de deformabilidade e do coeficiente de Poisson, incluindo o transporte para laboratório, a preparação das amostras e todos os trabalhos preparatórios e acessórios.							X	X	X

Os resultados destes ensaios encontram-se em anexo próprio.

2.9. Fotografias das caixas das amostras

A fim de facilitar a visualização da amostragem de cada sondagem foram fotografadas todas as caixas com máquina fotográfica digital ficando as mesmas referenciadas pelo nome do Cliente, local da obra, número de sondagem, número de caixa e profundidades.

Para além disso apresenta-se uma Tabela de Cores, comum a todas as fotografias para aferição da fidelidade da reprodução.

As impressões a cores destas fotografias apresentam-se em anexo e enquadram-se no presente relatório.

3. Critérios Classificativos

Como já foi referido, para além da classificação macroscópica dos terrenos interessados pelas sondagens, indicamos alguns parâmetros que permitem uma melhor interpretação das condições geotécnicas em causa.

3.1. Solos

Os solos foram classificados macroscopicamente de acordo com o seguinte critério:

Argila	..	Partículas com diâmetros equivalentes inferiores a 0,002 mm.
Silte	..	Partículas com diâmetros equivalentes entre 0,002 e 0,06 mm.
Areia	..	Partículas com diâmetros equivalentes entre 0,06 e 2 mm.
Seixo	..	Partículas com diâmetros equivalentes entre 2 e 60 mm.
Calhaus	..	Diâmetros equivalentes entre 60 e 150 mm.
Blocos	..	Diâmetros equivalentes superiores a 150 mm.

Assumiram-se ainda subdivisões para areia, seixo e calhaus mediante aposição das expressões fino(a), médio(a), ou grosseiro(a).

3.2. Percentagem de recuperação

Define-se percentagem de recuperação como a relação entre a soma dos comprimentos das amostras obtidas e o comprimento perfurado em cada manobra.

A percentagem obtida, dá-nos uma ideia do grau de alteração e fracturação das diferentes litologias, permitindo-nos delimitar zonas mais "críticas" i.e. de menor percentagem de recuperação.

3.3. Percentagem de recuperação Modificada – R.Q.D.

O R.Q.D. (Rock Quality Designation) é a relação entre a soma dos comprimentos dos tarolos obtidos, com mais de 10 cm e o comprimento da furada.

Estes valores dão indicações no que respeita à qualidade do maciço rochoso podendo, segundo D. DEERE, classificar-se do seguinte modo:

Excelente	..	100%	>	R.Q.D.	>	90%
Bom	..	90%	>	R.Q.D.	>	75%
Médio	..	75%	>	R.Q.D.	>	50%
Mau	..	50%	>	R.Q.D.	>	25%
Péssimo	..	25%	>	R.Q.D.	>	0%

3.4. Fracturação

Para avaliar o grau de **fracturação** das rochas, consideram-se 5 classes com os espaçamentos médios abaixo referidos:

F ₁	..	> 200 cm	..	Fracturas muito afastadas.
F ₂	..	60 – 200 cm	..	Fracturas afastadas – rocha pouco fracturada.
F ₃	..	20 – 60 cm	..	Fracturas próximas – rocha fracturada.
F ₄	..	6 – 20 cm	..	Fracturas próximas – rocha muito fracturada.
F ₅	..	<6 cm	..	Fracturas muito próximas – rocha muitíssimo fracturada.

Um tal critério tem, como é óbvio, o inconveniente da subjectividade que encerra, razão pela qual se consideram por vezes classes intermédias (por exemplo F₄₋₅, etc.)

3.5. Alteração

Visando precisar tanto quanto possível o estado de alteração dos diferentes tipos rochosos, aplicamos no presente relatório a classificação abaixo baseada na maior ou menor facilidade com que o material se parte, sua coloração e brilho, consequência directa da alteração de certos minerais constituintes.

Assim consideram-se usualmente 5 classes que correspondem a outros tantos graus de alteração:

W_1	..	Sã	..	Sem quaisquer sinais de alteração
W_2	..	Pouco alterada	..	Sinais de alteração apenas nas imediações das descontinuidades
W_3	..	Medianamente alterada	..	Alteração de todo o maciço rochoso mas a rocha não é friável
W_4	..	Muito alterada	..	Alteração de todo o maciço rochoso e a rocha é parcialmente friável
W_5	..	Decomposta	..	A rocha apresenta-se completamente friável com comportamento de solo

Também aqui se consideram por vezes classes intermédias (por exemplo W_{3-4} , etc.)

4. Considerações Geológicas e Geotécnicas

4.1. Enquadramento Geológico

Os terrenos ocorrentes na área agora prospectada podem ser, de forma genérica, separados em dois horizontes distintos no que se refere às características dos terrenos interceptados durante a realização desta campanha de sondagens.

- Aterro heterogéneo e terra vegetal;
- Substrato Neocretácico.
 - Basalto;
 - Tufos vulcânicos;
 - Brecha vulcânica.

Os terrenos ocorrentes na área agora prospectada e pertencentes ao substrato identificado, fazem parte do chamado COMPLEXO VULCÂNICO DE LISBOA, que é datado do NEOCRETÁCICO.

Em termos genéricos, este complexo caracteriza-se pela presença de materiais vulcânicos diversificados que vão desde o basalto (e respectivas variações petrográficas) aos tufos e brechas vulcânicos. Estes, são assim materiais típicos de alternância das fases efusiva e explosiva da actividade vulcânica registada naquele período da história da Terra.

À fase efusiva correspondem os derrames lávicos que deram origem aos "basaltos" e à fase explosiva associam-se materiais de dimensões variadas que originaram após deposição e cimentação os tufos e brechas supra mencionados.

Todos estes materiais foram sofrendo ao longo do tempo geológico, acções tectónicas e de meteorização, que estão na origem dos diferentes graus de alteração e fracturação do maciço.

4.2. Caracterização Geotécnica

Pormenorizando para o caso em apreço, após classificação macroscópica da amostragem obtida e análise dos ensaios S.P.T., individualizámos os seguintes complexos lito-geotécnicos:

Complexo A

Composto por aterro heterogéneo de características predominantemente areno-argilosas, a argiloso e terra vegetal, acastanhado. Regista-se ainda a presença de restos de cerâmica e seixos e blocos de natureza calcária e basáltica.

Detectado em todas as sondagens até profundidade que variam entre os 1,50 e os 5,90 m.

Idade Recente.

Complexo B

Neste complexo enquadra-se o horizonte correspondente ao "substrato" reconhecido, constituído por basaltos, tufos e brechas vulcânicas, presentes em todas as sondagens a profundidades variáveis entre os 1.50 metros e os 5.90 metros. Apresentam alteração variável e encontram-se bastante fracturados. As fracturas encontram-se preenchidas por calcite e em

algumas delas detecta-se a presença de óxidos. Coloração variável de acordo com o tipo de litologia, sendo que os basaltos são essencialmente acinzentados a anegrados, os tufo vulcânicos apresentam variações entre avermelhado a acastanhado e as brechas vulcânicas entre avermelhado a acastanhado e anegrado. Dos ensaios S.P.T. realizados obtiveram-se valores de N variáveis entre 9 e 52, maioritariamente negas de segunda fase, bem como negas bruscas. Idade Neocretácico.

5. Enquadramento Geológico / Geotécnico e Recomendações

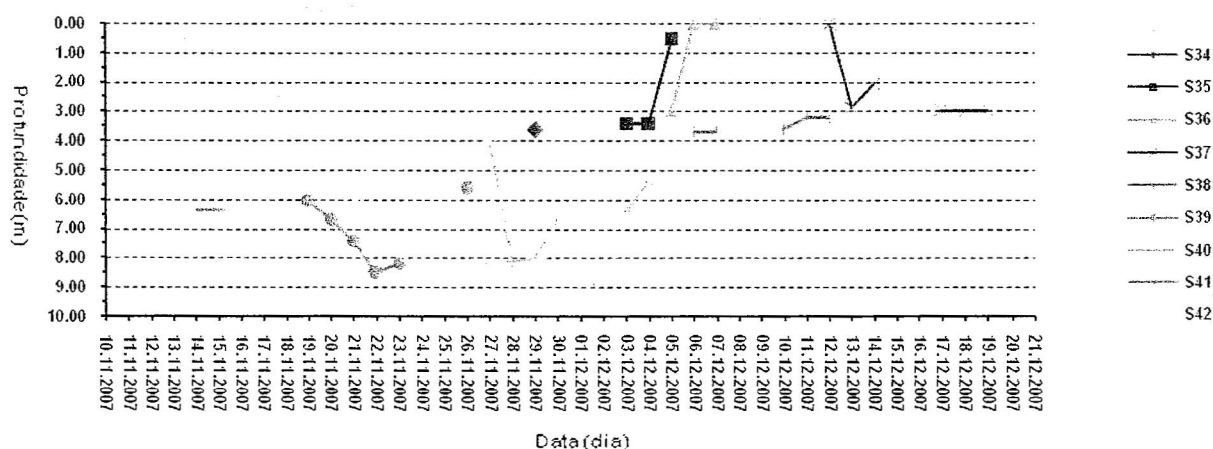
Em gabinete elaborou-se um conjunto de perfis interpretativos tomando por base os dados de sondagem e o reconhecimento sumário de superfície, sendo ali possível averiguar do andamento dos complexos supra individualizados.

Nas tabelas abaixo, apresentam-se os resultados do controlo do nível de água nos furos de sondagem, bem como gráfico com a variação do mesmo durante o período de execução dos trabalhos.

Sondagens	Leituras do Nível de Água																
	12.Nov	13.Nov	14.Nov	15.Nov	16.Nov	17.Nov	18.Nov	19.Nov	20.Nov	21.Nov	22.Nov	23.Nov	24.Nov	25.Nov	26.Nov	27.Nov	28.Nov
S34																	N/A
S35																	3.60
S39				N/A	N/A			6.00	6.70	7.40	8.50	8.15			5.60		
S40															N/A	4.00	8.10
S41	N/A	N/A	6.36	6.36													8.00
S42					N/A			N/A	5.20	6.40	4.20						6.70

Sondagens	Leituras do Nível de Água																
	03.Dez	04.Dez	05.Dez	06.Dez	07.Dez	08.Dez	09.Dez	10.Dez	11.Dez	12.Dez	13.Dez	14.Dez	15.Dez	16.Dez	17.Dez	18.Dez	19.Dez
S35	3.40	3.40	0.50														
S36			2.95	0.00	0.00												
S37										0.00	2.85	2.05			3.00	3.00	3.00
S38			N/A	3.70	3.70			3.60	3.20	3.20							
S40	6.40	5.40															

Gráfico do Controlo do Nível de Água nas Sondagens



De acordo com a informação disponibilizada, para a zona prospectada está prevista a execução do término da linha azul, bem como a construção da futura Estação do Metropolitano da Reboleira, o interface com a existente estação da CP e os acessos à mesma.

De acordo com os elementos de projecto que nos foram facultados, e partindo deste pressuposto e atendendo à presença, de edifícios e arruamentos próximos, bem como de equipamentos de utilidade pública, consideramos que as escavações deverão ser feitas recorrendo a parede de contenção devidamente dimensionada e ancorada, por forma a garantir a segurança durante a realização dos trabalhos de escavação, e construção tendo em linha de conta os condicionalismos atrás mencionados.

Poderá ainda ser implementado um sistema de monitorização de forma a fornecer informações que possam servir de complemento / confirmação dos parâmetros definidos em Projecto.

Em termos de escavabilidade e após análise da amostragem recolhida, consideramos que os materiais encontrados não oferecerão problemas de maior, podendo à partida, efectuar-se por processos correntes.

No que concerne ao estabelecimento de fundações, e de acordo com os resultados da presente campanha onde são evidenciadas às cotas previstas para fundação, razoáveis a boas características geomecânicas, parece-nos de aconselhar, o recurso a fundações directas ao nível do Complexo B à cota mais conveniente.

Atendendo ao grau de alterabilidade dos terrenos, recomenda-se, como é boa regra, uma prévia inspecção dos materiais expostos pela escavação, para verificação / confirmação dos processos e faseamento executivos, bem como das reais características geomecânicas dos terrenos de fundação, para obviar a eventuais ocorrências anómalas.

Sondagens RODIO, Lda. disponibiliza-se para junto do Exmo. Cliente e Projectista prestar os esclarecimentos julgados necessários.

Abrunheira, Dezembro de 2007

Sondagens RODIO, Lda.

Serviços Técnicos

Dr. L. André
Geólogo
F.C.U.L.

Eng.º Ricardo Nicolas
Engenheiro Civil (I.S.T.)
Especialista em Geotecnia – O.E.