



ipb

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA
Escola Superior de Tecnologia e de Gestão

RELATÓRIO TÉCNICO

Estudo Geotécnico

Estudo Geológico-Geotécnico (Standard Penetration Test)

ENTIDADE: Afonso Lopes de Ca Lda.

OBRA: Moagem, Afonso Lopes de Ca Lda.

LOCAL: Rua Alexandre Herculano no. 209/227, 5300-075 Bragança.

Bragança, 22 de Novembro de 2014

Índice

1	Introdução.....	3
2	Trabalhos realizados.....	4
2.1	Prospecção mecânica	5
2.2	Ensaio Standar Penetration Test (SPT).....	5
2.3	Ensaio penetrómetros dinâmicos superpesados (DPSH)	6
3	Resultados dos ensaios de campo.....	6
3.1	Standar Penetration Test (SPT).....	6
3.2	Resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH.....	8
4	Considerações Finais.....	8

RELATÓRIO TÉCNICO

1 Introdução

Requerido pela Afonso Lopes de Ca Lda., realizou-se uma campanha de prospeção geotécnica, com finalidade de caracterizar e identificar o maciço afecto à construção de uns novos silos na Moagem de Afonso Lopes de Ca Lda. em Bragança situado na Rua Alexandre Herculano no. 209/227, 5300-075 Bragança.

Os trabalhos desenvolvidos foram efetuados e acompanhados por um corpo técnico especializado, recorrendo a equipamentos devidamente calibrados/verificados em conformidade com as normas em vigor.



Figura 1 – Vista aérea do local da obra (imagens do Goolge Earth).

2 Trabalhos realizados

O estudo de prospeção decorreu no dia 30 e 31 de novembro de 2013 e consistiu na execução de 3 sondagens à rotação com realização sistemática de ensaios Standard Penetration Test (SPT) e três ensaios de penetração dinâmica superpesado (DPSH).

Com a realização dos ensaios SPT recolheram-se amostras de solos e posterior identificação dos estratos atravessados.

O plano de trabalhos de prospeção foi definido pela Equipe Projetista e pelo Laboratório de Geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança. De referir, com este plano de trabalho pretende unicamente identificar e aferir a capacidade resistente do terreno onde se realizará a obra, ver Figura 1.

Os locais dos pontos de prospeção e de realização dos ensaios SPT e DPSH encontram-se representados no Desenho nº1 do Anexo I.



Figura 2 – Local interessado pelo estudo e equipamento de perfuração.

2.1 Prospeção mecânica

Os trabalhos de furação foram realizados com trado de 3'' de diâmetro, tendo no final de cada manobra de perfuração (comprimentos de 1,0m) realizado um ensaio Standard Penetration Test SPT, para aferir a capacidade resistente do terreno.

Todas as amostras recolhidas foram devidamente acondicionadas e examinadas pelo técnico responsável pela prospeção para definição da estratigrafia do terreno. Desta forma, os corte geológico-geotécnicos, contendo a sucessão de camadas ou estratos usados como base para os estudos geotécnicos do local da construção, são estabelecidos com base nas amostras remexidas colhidas durante as sondagens de furação pelo mostrador SPT.

2.2 Ensaio Standar Penetration Test (SPT)

O ensaio SPT consiste em cravar no fundo de um furo de sondagem um amostrador normalizado, ver Figura 3, por meio de golpes ou pancadas de um martelo de 63,5kgf de peso que cai de uma altura de 760 mm. O amostrador é um tubo de aço bipartido (com diâmetro exterior e interior de, respetivamente, 51 mm e 35 mm).



Figura 3 – Amostrador normalizado de Terzaghi.

O ensaio é composto por duas fases, na primeira fase o mostrador é cravado 15 cm e na segunda fase, mais 30 cm, registando-se a cada 15 cm o número de pancadas. O resultado da 1ª fase de ensaio corresponde à interseção de solos remexidos pela perfuração, e por essa razão é desprezado.

O resultado do ensaio resulta então da soma do número de pancadas obtido da 2ª fase do ensaio (15cm+15cm). Caso não se atinja os 30 cm após 60 pancadas, termina o ensaio e regista-se a profundidade obtida, a esta fase chama-se “nega”.

Os ensaios SPT foram realizados segundo a norma “*Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 3: Standard Penetration Test: EN ISO 22476-3 2005*”.

2.3 Ensaio penetrómetros dinâmicos superpesados (DPSH)

Foram também realizados ensaios com o penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH. O ensaio consiste na determinação do número de golpes (N) de um martelo ou pilão de massa (M) em queda livre de uma altura (H) sobre o conjunto constituído, de cima para baixo, por um batente, um trem de varas e uma ponta cónica, para que ocorra determinada comprimento de penetração (L).

Os ensaios DPSH foram realizados segundo a norma “Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 2: Dynamic Probing Test: EN ISO 22476-3 2005”.

As características do equipamento usado estão apresentadas do Quadro 1.

Quadro 1 – Características do ensaio penetrómetro dinâmico superpesado, do IPB.

Características	Ensaio com Penetrómetro Dinâmico Superpesado	
	EN ISO 22476-2 2005	
Massa do martelo, M (kg)	63,5	
Altura de queda, H (m)	0,75	
Comprimento das varas (m)	1	
Massa máxima das varas, V (kg)	8	
Diâmetro exterior das varas (mm)	32	
Ângulo do cone no vértice (°)	90	
Área da base do cone, S (cm ²)	20	
Comprimento de penetração, L (cm)	20	
Resultado	N ₂₀	

3 Resultados dos ensaios de campo

3.1 Standar Penetration Test (SPT)

Os resultados dos ensaios standard penetration test, SPT, encontram-se no Anexo II. Para facilitar a leitura, no Quadro 2 e 3, encontra-se um resumo dos resultados obtidos.

Quadro 2 – Principais parâmetros dos ensaios SPT das zonas S1 a S3.

Designação do furo da sondagem	Cota da boca do furo (m)	Profundidade atingida (m)
S1	660,65	4,00
S2A	660,00	3,00
S2B	660,00	2,00
S3	660,25	4,00

A título meramente indicativo, refira-se que foi possível detetar a presença de água a aproximadamente 3m de profundidade no interior dos furos de sondagem S1 e S3.

No Quadro 3 encontra-se as correções feitas ao resultado do ensaio SPT (N_{60}), devido ao efeito do nível de tensão efetivo à profundidade de ensaio, C_N , Diâmetro do furo de sondagem, C_D , e para o comprimento do trem de varas, C_R .

Quadro 3 – Principais parâmetros do maciço atravessado pelo ensaios SPT das zonas S1 a S3.

SPT S1									
Z(m)	N_{60}	C_N	C_D	C_R	$(N_1)_{60}$	D_{50} [mm]	ϕ' (°)		ID (%)
1,00	24	2,29	1,00	0,75	41,29	0,85	42	82,96	
2,00	38	1,62	1,00	0,75	46,23	1,00	43	87,78	Compacta a densa
3,00	53	1,32	1,00	0,75	52,65	2,50	44	93,68	
4,00	60	1,15	1,00	0,75	51,62	-			

SPT S2B									
Z(m)	N_{60}	C_N	C_D	C_R	$(N_1)_{60}$	D_{50} [mm]	ϕ' (°)		ID (%)
1,00	21	2,29	1,00	0,75	36,13	0,55	41	77,60	Compacta a densa
2,00	60	1,62	1,00	0,75	73,00	0,55	-		

SPT S2A									
Z(m)	N_{60}	C_N	C_D	C_R	$(N_1)_{60}$	D_{50} [mm]	ϕ' (°)		ID (%)
1,00	17	2,29	1,00	0,75	29,25	0,55	40	69,82	Compacta a densa
2,00	27	1,62	1,00	0,75	32,85	0,35	40	73,99	

SPT S3									
Z(m)	N_{60}	C_N	C_D	C_R	$(N_1)_{60}$	D_{50} [mm]	ϕ' (°)		ID (%)
1,00	12	2,29	1,00	0,75	20,65	0,7	37	58,66	Medianamente compacta
2,00	7	1,62	1,00	0,75	8,52	0,22	32	37,68	Solta
3,00	29	1,32	1,00	0,75	28,81	0,44	30	69,29	Compacta a densa

D_{50} - Diâmetro médio das partículas

ϕ' (°) - ângulo de atrito do solo segundo Décourt, 1989

ID (%) - Índice de compactidade, Mayne et al., 2001

Assim o valor do resultado do ensaio normalizado e corrigido é obtido a partir da equação:

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot C_D \cdot C_R \cdot N_{60}$$

O ângulo de atrito do solo, ϕ' , apresentado no quadro foi obtido através da correlação com o $(N_1)_{60}$ e proposto por Décourt (1989). Foi também correlacionado o índice de compactidade do maciço atravessado em função do resultado do ensaio SPT, segundo Mayne et al (2001).

Na sondagem S1 e S3 o trado furou até aos 4 metros de profundidade, abaixo dessa profundidade não foi possível furar mais. Na sondagem S2 o trado furou até aos 3 metros a partir também não foi possível continuar com a furação.

Dos resultados obtidos é possível notar que os solos atravessados são predominantemente arenosos ($\approx 50\%$) com cerca de 30% e 20% seixo e silte respectivamente. A compactidade do solo varia conforme a pondo de ensaio. Na Zona S1 e S2 o solo atravessado encontra-se compacto a denso, apresentado índice de compactidade na ordem dos 70% a 90%. Na zona S3, até à profundidade de 3,5 a 4 metros, a compactidade do solo é solta a mediana, o que traduz a fraca qualidade do solo em termos de comportamento mecânico.

3.2 Resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH

Os resultados dos ensaios penetrómetro dinamito ligeiro, DPSH, encontram-se no Anexo III. Para facilitar a leitura, no Quadro 3, encontra-se um resumo dos resultados obtidos.

Quadro 3 – Principais parâmetros dos ensaios DPSH das zonas S1 a S3.

Ensaio DPL	Fim do ensaio (m)	N ₂₀ (Médio) (por metro)					
		[0,0m - 1,0m]	[1,0m - 2,0m]	[2,0m - 3,0m]	[3,0m - 4,0m]	[4,0m - 5,0m]	[5,0m - 6,0m]
S1	2,0	14,40	38,00	-	-	-	-
S2	2,4	9,00	27,80	53,50	-	-	-
S3	5,1	7,60	4,00	3,20	5,60	4,80	50,00

Todos os ensaios foram terminados quando o número de golpes (N) é igual a 50 para penetrar a ponta cónica 10cm.

Para a zona S1 o ensaio foi terminado à profundidade de 2,0 m. Em média o número de pancadas (N₂₀) é de cerca de 15 para o primeiro metro de profundidade e de 38 para a profundidade entre 1,0 e 2,0 metros.

Para a zona S2 o ensaio foi terminado à profundidade de 2,4 m. O numero de pancadas N₂₀ é crescente em profundidade, no entanto até 1 metro de profundidade o valor médio do N₂₀ é de 9. Os resultados obtidos traduzem a fraca qualidade do solo atravessado.

Para a zona S3 o ensaio foi terminado à profundidade de 5,1 m. Até essa profundidade o número de pancadas N₂₀ é de 5,05, o que traduz a muita má qualidade dos maciços atravessados.

Para mais detalhes recomenda-se a análise dos resultados dos ensaios no Anexo III do presente documento.

4 Considerações Finais

Este relatório teve como objetivo a realização de uma campanha de prospeção geotécnica, com finalidade de caracterizar e identificar o maciço afeto à construção de uns novos silos na Moagem de Afonso Lopes de Ca Lda. em Bragança situado na Rua Alexandre Herculano no. 209/227, 5300-075 Bragança.

Do trabalho desenvolvido foi possível identificar diferentes zonas com características geológicas e geotécnicas distintas. Até 0,5 metros existe um aterro (terra vegetal). Subjacente a esta camada e até profundidades variáveis entre os até 2 a 5 metros de profundidade foi possível identificar um solo arenoso com seixo e silte (e pouca argila) com compacidade variável, na zona S1 e S2 encontra-se compacta a densa e na zona S3, medianamente compacta a solta. Abaixo destas profundidades não

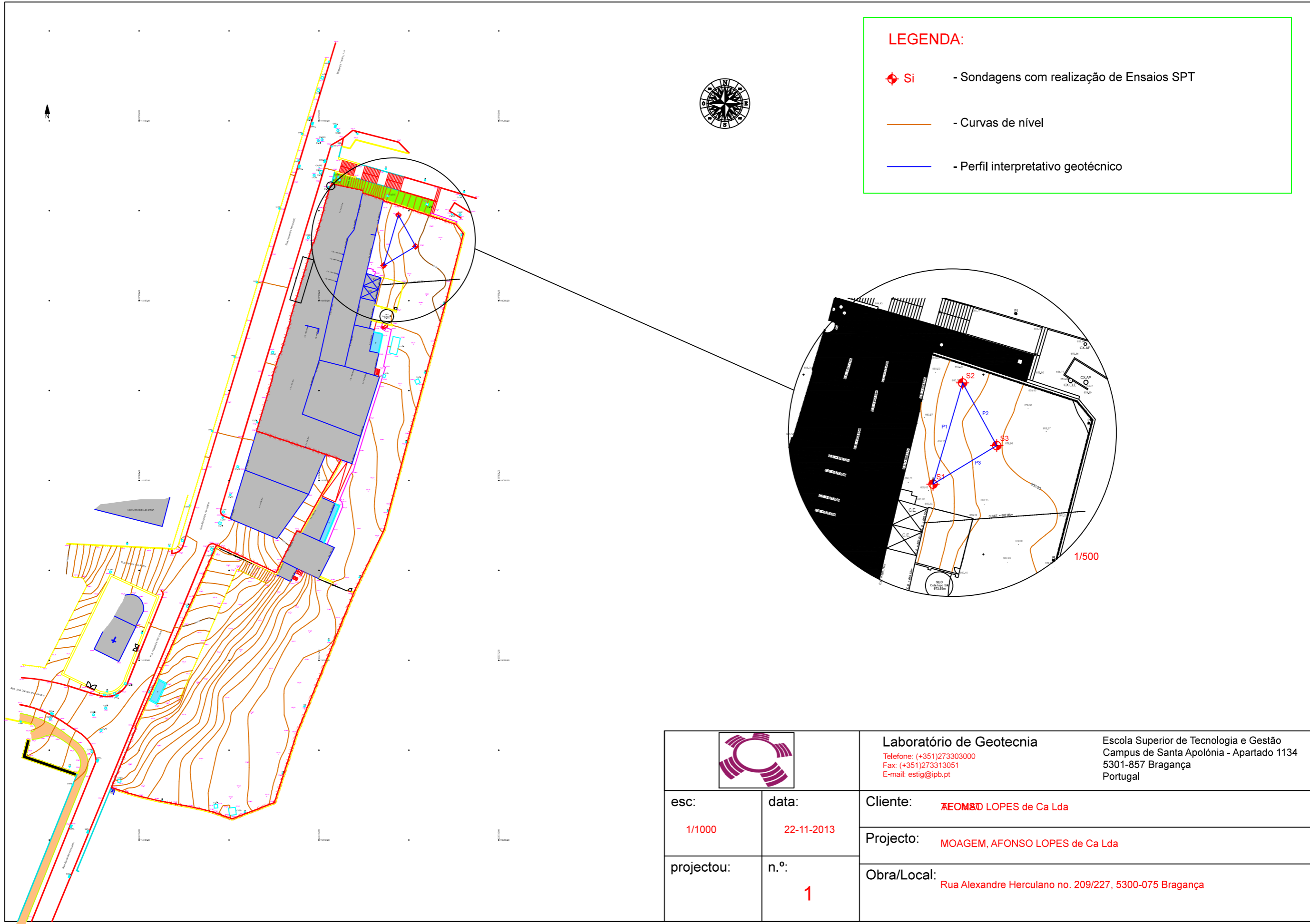
o equipamento utilizado não conseguiu furar mais, não sendo possível realizar mais ensaios SPT e assim identificar a formação atravessada que se pensa ser rocha.

IPB-ESTG, Bragança, 22 de Novembro de 2014.

<i>António Miguel V. Paula</i>		
António Miguel V. Paula (Responsável)	Hermínia Morais (Técnica Superior)	Octávio Pereira (Técnico)

ANEXOS

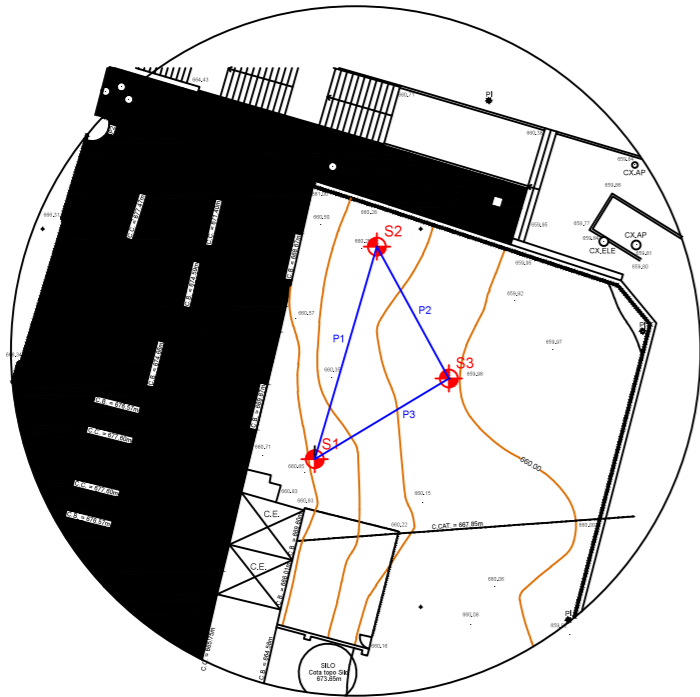
ANEXOS I (Pontos de prospeção e de realização dos ensaios SPT e DPSH)



LEGENDA:

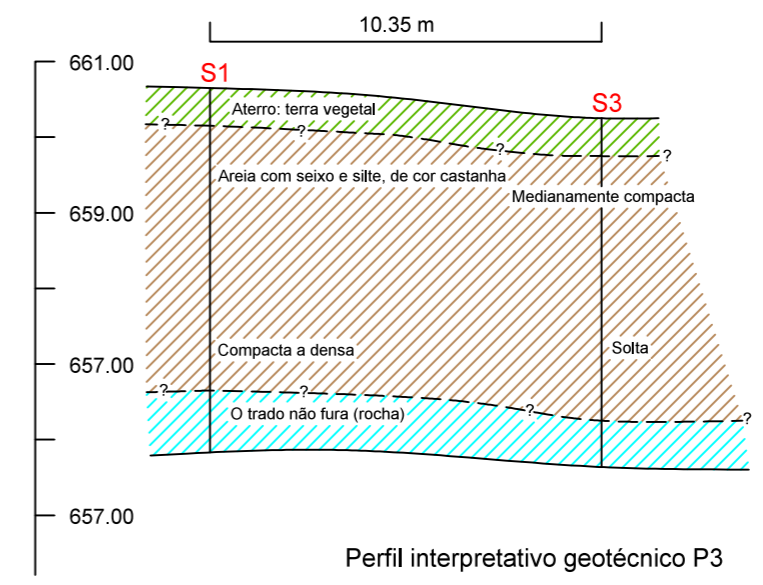
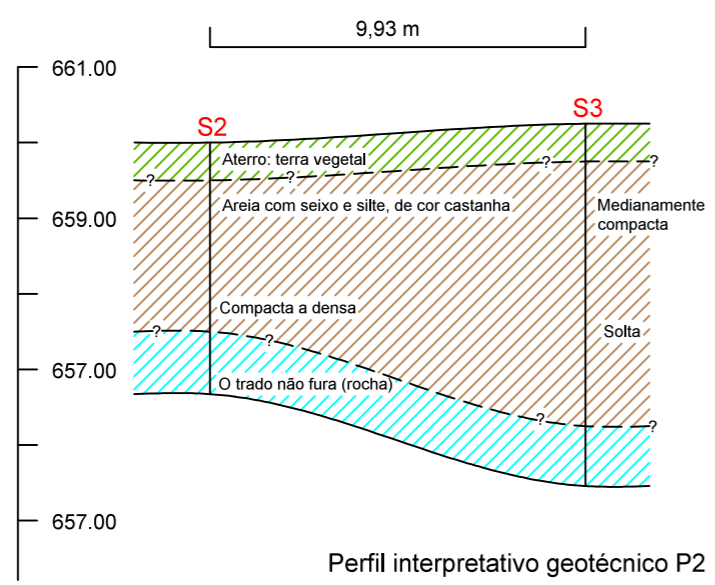
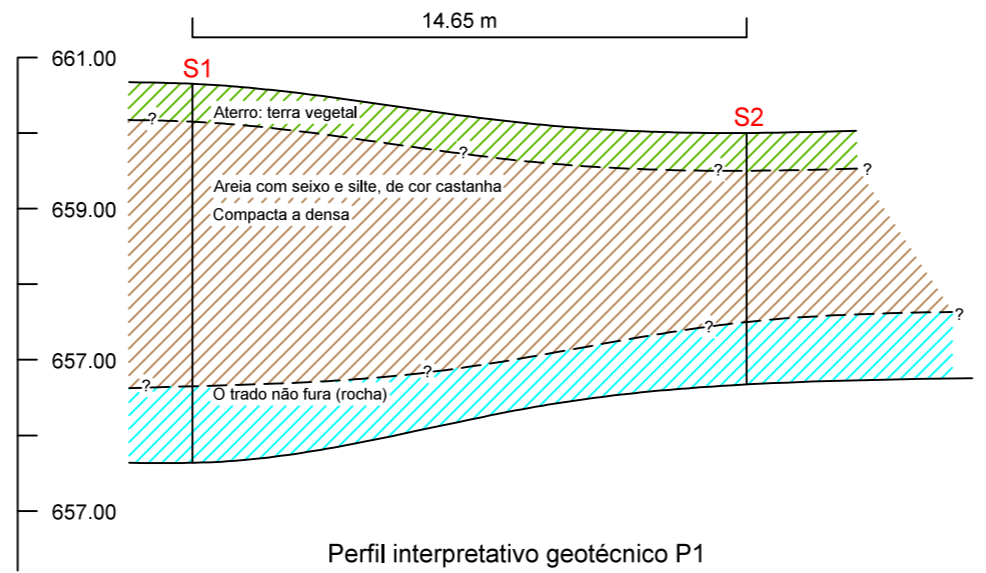
- S1 - Sondagens com realização de Ensaios SPT
- Curvas de nível
- Perfil interpretativo geotécnico


		Laboratório de Geotecnia Telefone: (+351)273303000 Fax: (+351)273313051 E-mail: estig@ipb.pt		Escola Superior de Tecnologia e Gestão Campus de Santa Apolónia - Apartado 1134 5301-857 Bragança Portugal
esc:	data:	Cliente: ÆOM&D LOPES de Ca Lda		
1/1000	22-11-2013	Projecto: MOAGEM, AFONSO LOPES de Ca Lda		
projectou:	n.º:	Obra/Local: Rua Alexandre Herculano no. 209/227, 5300-075 Bragança		
	1			



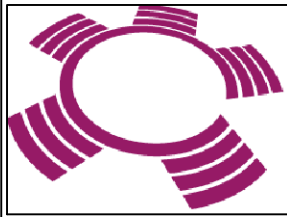
LEGENDA:

- Sondagens com realização de Ensaios SPT
- Curvas de nível
- Perfil interpretativo geotécnico



		Laboratório de Geotecnia Escola Superior de Tecnologia e Gestão Campus de Santa Apolónia - Apartado 1134 5301-857 Bragança Portugal	
		Telefone: (+351)273303000 Fax: (+351)273313051 E-mail: estig@ipb.pt	
esc: 1/500	data: 22-11-2013	Cliente: AFONSO LOPES de Ca Lda	
		Projecto: MOAGEM, AFONSO LOPES de Ca Lda	
projectou:	n.º: 2	Obra/Local: Rua Alexandre Herculano no. 209/227, 5300-075 Bragança	

ANEXOS II (resultados dos ensaios standard penetration test, SPT)



Tipo de Sondagem	à rotação com trado	Cliente: Afonso Lopes de Ca Lda	Sondagem N° S1
Equipamento	TECOINSA TP-05.10D	Obra: Localização: Rua Alexandre Herculano n. 209/227, 5300-075 Bragança Cota de boca: 660,65 m	Data: 30/10/2013
Diâmetro	76,2 mm	Comprimento da sondagem: 4,0 m Atitude da sondagem: Vertical	

Profundidade (m)	Litologia	Descrição	Ensaio de Penetração Dinâmica S.P.T. (amostrador s/ revestimento)		N° de Pancadas		Nível Freático	Amostragem
			1ª fase (15 cm)	2ª fase (30 cm)	1ª fase (15 cm)	2ª fase (30 cm)		
		Aterro, Terra vegetal						
1		Areia com seixo e silte de cor castanha. Areia ≈ 50 %	█		13	24		P1.1
2		Seixo ≈ 35 % Silte e Argila ≈ 15 %	█		17	38		P1.2
3			█		31	53		P1.3
4		0 trado não fura (rocha)	█		60	—		
5		FIM DA SONDAGEM						
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

10 20 30 40 50 60

Text

**ANEXOS III (resultados dos ensaios penetrómetro dinamito ligeiro,
DPSH)**



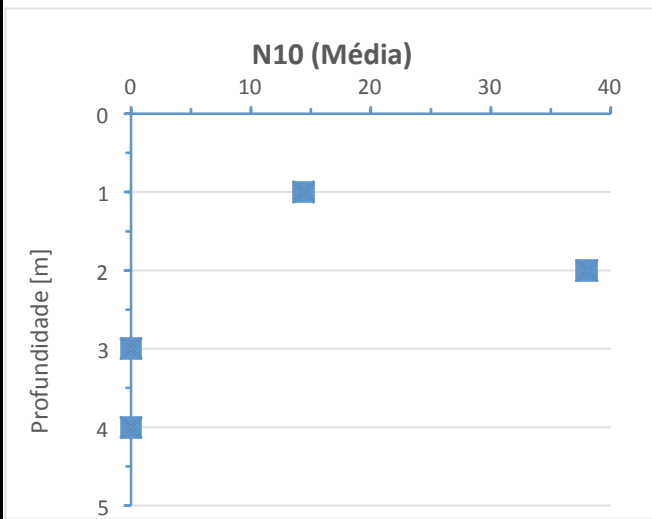
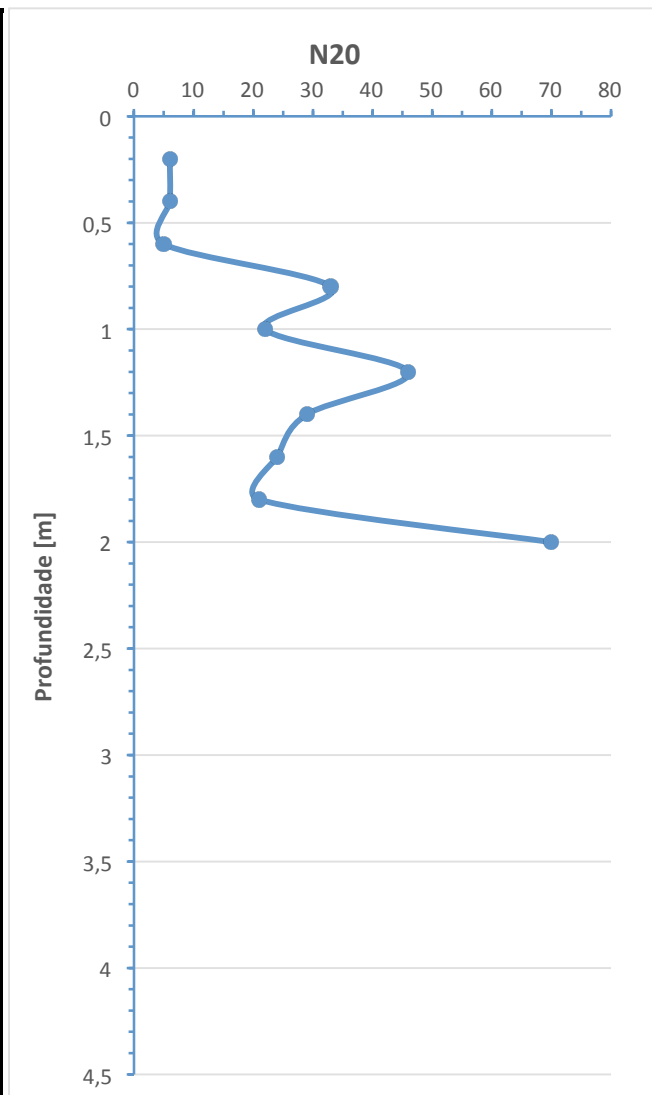
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:		Sondagem nº:	S1
Data:		Nível de água:	não detectado
Cone:			

Cliente:	Afonso Lopes de C ^a .Lda	Local:	Rua Alexandre Herculano nº.209/227 5300-075 Bragança
-----------------	-------------------------------------	---------------	---

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0,2	6	4,2		4,2	
0,4	6	4,4		4,4	
0,6	5	4,6		4,6	
0,8	33	4,8		4,8	
1	22	5		5	
N₂₀ (Méd)	14,4	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1,2	46	5,2		5,2	
1,4	29	5,4		5,4	
1,6	24	5,6		5,6	
1,8	21	5,8		5,8	
2	70	6		6	
N₂₀ (Méd)	38	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2,2		6,2		6,2	
2,4		6,4		6,4	
2,6		6,6		6,6	
2,8		6,8		6,8	
3		7		7	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3,2		7,2		7,2	
3,4		7,4		7,4	
3,6		7,6		7,6	
3,8		7,8		7,8	
4		8		8	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!



*=3cm



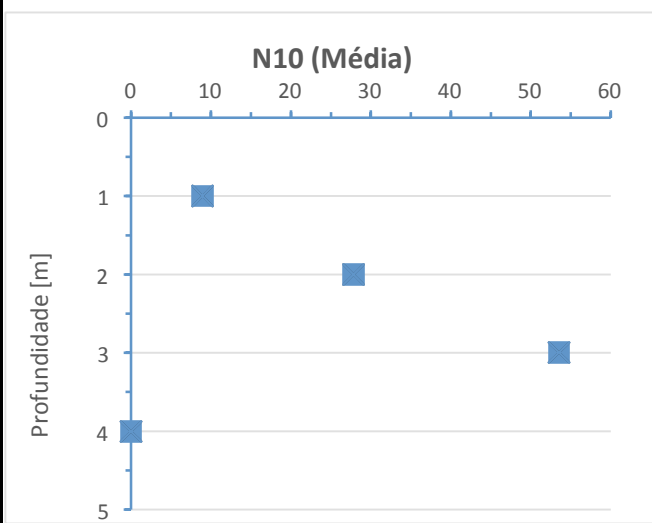
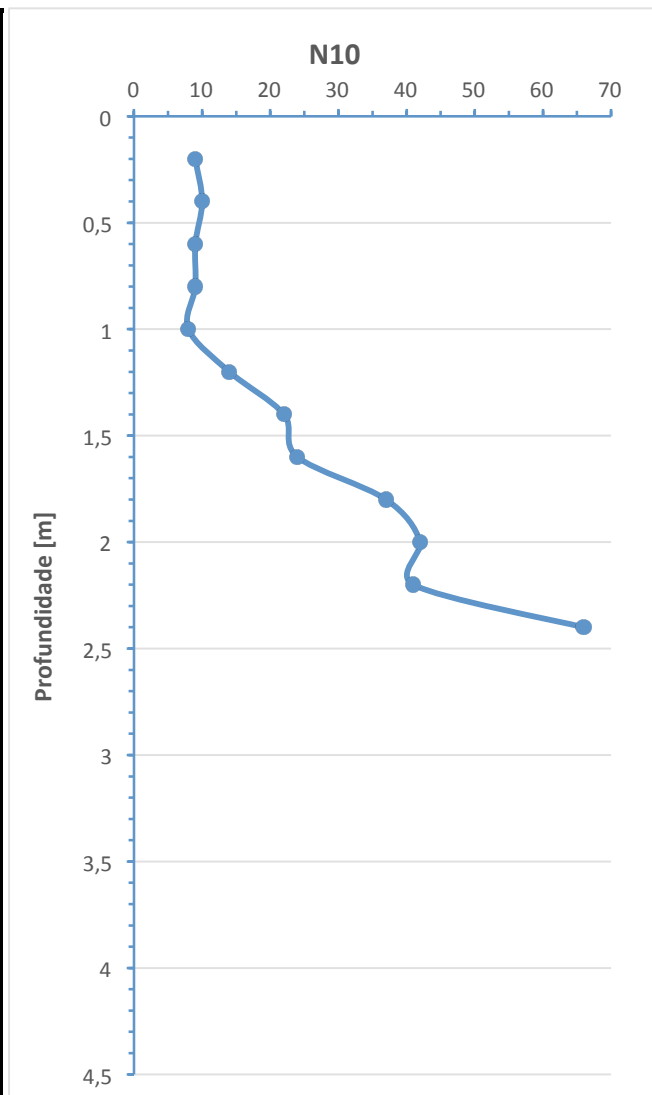
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:		Sondagem nº:	S2
Data:		Nível de água:	não detectado
Cone:			

Cliente:	Afonso Lopes de Cª.Lda	Local:	Rua Alexandre Herculano nº.209/227 5300-075 Bragança
-----------------	------------------------	---------------	---

Z(m)	N ₁₀	Z(m)	N ₁₀	Z(m)	N ₁₀
0,2	9	4,2		4,2	
0,4	10	4,4		4,4	
0,6	9	4,6		4,6	
0,8	9	4,8		4,8	
1	8	5		5	
N₂₀ (Méd)	9	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1,2	14	5,2		5,2	
1,4	22	5,4		5,4	
1,6	24	5,6		5,6	
1,8	37	5,8		5,8	
2	42	6		6	
N₂₀ (Méd)	27,8	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2,2	41	6,2		6,2	
2,4	66	6,4		6,4	
2,6		6,6		6,6	
2,8		6,8		6,8	
3		7		7	
N₂₀ (Méd)	53,5	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3,2		7,2		7,2	
3,4		7,4		7,4	
3,6		7,6		7,6	
3,8		7,8		7,8	
4		8		8	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!



*=3cm



INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:		Sondagem nº:	S3
Data:		Nível de água:	não detectado

Cliente:	Afonso Lopes de C ^a .Lda	Local:	Rua Alexandre Herculano nº.209/227 5300-075 Bragança
----------	-------------------------------------	--------	---

Z(m)	N ₁₀	Z(m)	N ₁₀	Z(m)	N ₁₀
0,2	9	4,2	5	4,2	
0,4	14	4,4	3	4,4	
0,6	7	4,6	8	4,6	
0,8	4	4,8	2	4,8	
1	4	5	6	5	
N₁₀ (Méd)	7,6	N₁₀ (Méd)	4,8	N₁₀ (Méd)	#DIV/0!
1,2	4	5,2	50	5,2	
1,4	4	5,4		5,4	
1,6	4	5,6		5,6	
1,8	4	5,8		5,8	
2	4	6		6	
N₁₀ (Méd)	4	N₁₀ (Méd)	50	N₁₀ (Méd)	#DIV/0!
2,2	2	6,2		6,2	
2,4	2	6,4		6,4	
2,6	2	6,6		6,6	
2,8	3	6,8		6,8	
3	7	7		7	
N₁₀ (Méd)	3,2	N₁₀ (Méd)	#DIV/0!	N₁₀ (Méd)	#DIV/0!
3,2	7	7,2		7,2	
3,4	5	7,4		7,4	
3,6	6	7,6		7,6	
3,8	5	7,8		7,8	
4	5	8		8	
N₁₀ (Méd)	5,6	N₁₀ (Méd)	#DIV/0!	N₁₀ (Méd)	#DIV/0!

*=7cm

