

PLANO CARTESIANO ARQUITETURA, LDA

Assinado por : **FERNANDO LAGE LADEIRA**

Num. de Identificação: BI028440293

Data: 2021.03.08 14:12:40+00'00'



RELATÓRIO GEOTÉCNICO

para a implantação de uma rampa junto ao Centro de Interpretação do Rio na Rua Berio Marques na margem esquerda do Rio Águeda



Fevereiro 2021

Responsabilidade técnica
Prof. Doutor Fernando L. Ladeira



DeltaTau – Sondagens e Estudos Geotécnicos, Lda

Rua Fernando Ribeiro, Armazém J

3810-011 Aveiro

Telef: 234 724 957/917 611 588

Email: deltatau.lda@gmail.com

Estudo geotécnico para a implantação de uma rampa junto ao Centro de Interpretação do Rio na Rua Berio Marques na margem esquerda do Rio Águeda

Equipa técnica que desenvolveu este estudo geotécnico

Carmina Teixeira Sardo

Geóloga, Especialista em Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica

Elísio Pereira dos Santos

Eng. de Minas, Técnico Superior de Higiene e Segurança no Trabalho, Eng. Sondador

Fernando Lage Ladeira

Geólogo, Especialista em Geotecnia, Ex-Professor da Universidade de Aveiro

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E TECTONO-SÍSMICO	3
2.1 GEOLOGIA REGIONAL	3
2.2 TECTÓNICA	4
2.3 SISMICIDADE.....	5
3. RESULTADOS.....	11
3.1 LOCALIZAÇÃO DA SONDAGEM DPSH	11
3.2 SONDAGEM DPSH	13
3.3 NÍVEL FREÁTICO	16
3.4 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS.....	16
4. FUNDAÇÕES.....	17
5. CONCLUSÕES	18
ANEXOS	

1. INTRODUÇÃO

Por solicitação do Arq. Rafael Fernandes, procedeu-se ao reconhecimento e estudo geotécnico do terreno envolvente ao Centro de Interpretação do Rio em Águeda onde será implantada uma rampa.

Para este estudo, executaram-se os seguintes trabalhos de campo:

- **1 sondagem penetrométrica dinâmica super-pesada (DPSH).**



Figura 1 – Localização do Centro de Interpretação do Rio em Águeda (imagem Google, S/E).

No presente relatório, apresentam-se e comentam-se os resultados obtidos dos trabalhos de campo efetuados e tecem-se as considerações emergentes na perspetiva da implantação da obra em causa.

A **sondagem penetrométrica dinâmica super-pesada (DPSH)**, foi realizada com um equipamento da Pagani TG63-100; segundo a Norma Europeia EN ISO 22476-2, este penetrómetro é do tipo DPSH-B. Estas sondagens DPSH consistem na penetração de uma série de varas no terreno, no início das quais existe um cone com 50,5 mm de diâmetro e 90º de ângulo apical. A penetração ocorre pela acção da queda de um peso de 63,5 Kg, da altura de 0,75 m, de acordo com as normas do ISSMFE (Sociedade Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações). O peso de cada vara é de 6 Kg. Para a apresentação do relatório seguiu-se a Norma Europeia EN ISO 22476-2.



Foto 1 – Máquina Pagani TG63-100 utilizada nas sondagens DPSH.

2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E TECTONO-SÍSMICO

2.1 GEOLOGIA REGIONAL

Na zona em estudo em Águeda encontram-se aluviões com vários metros de espessura associados aos ciclos de sedimentação do Rio Águeda e que cobrem os arenitos argilosos vermelhos do Triásico (TJ).

No terreno em estudo os arenitos triásicos duros (impenetrável; $NP_{SPT} > 60$) aparece, na sondagem, a 15,2 metros de profundidade.

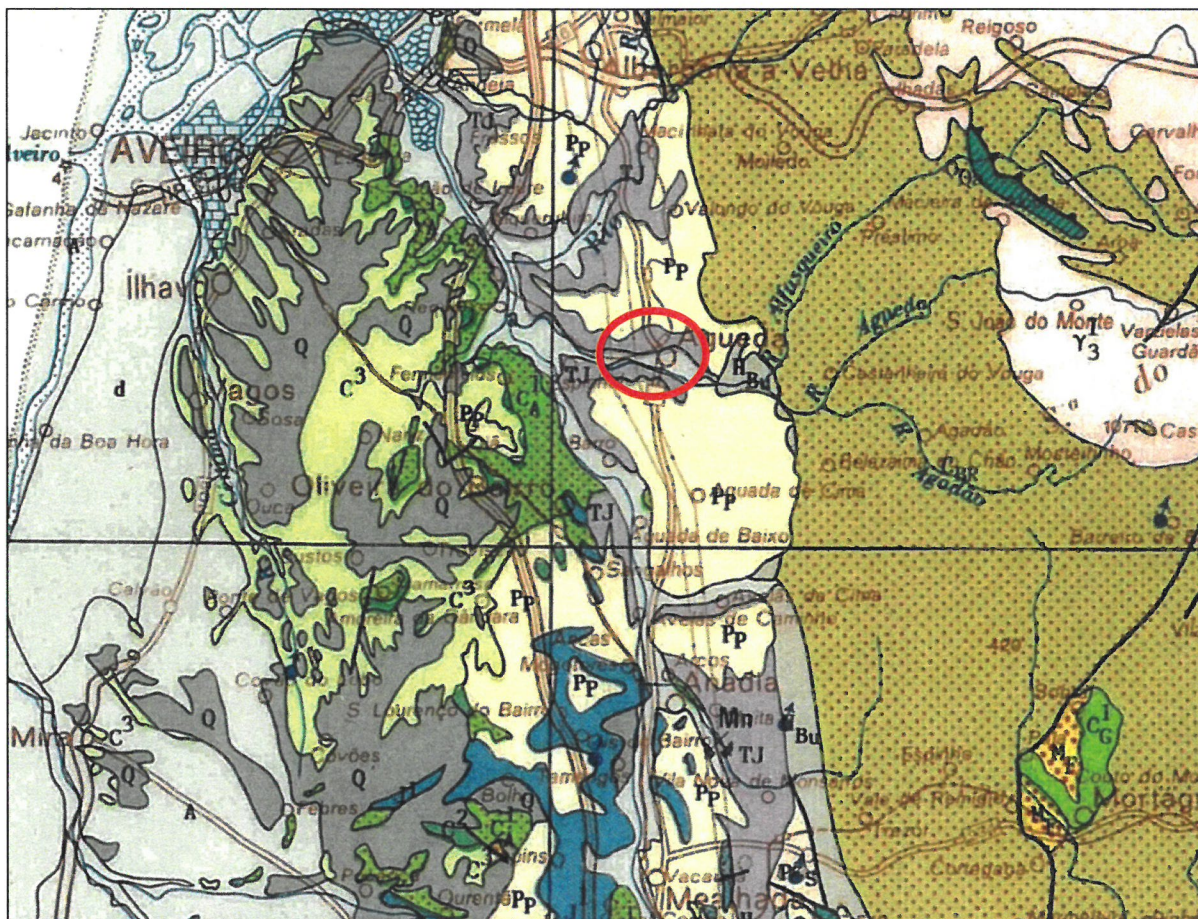


Figura 2 – Extrato da Carta Geológica de Portugal à escala 1/500000 com localização da zona em estudo (S/E); predominam aluviões que cobrem os arenitos do Triásico.

2.3 SISMICIDADE

Tendo em conta o “Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes” (RSA), o terreno em estudo enquadra-se na segunda zona de menor risco sísmico do território nacional, a designada Zona C.

Segundo o Eurocódigo 8, o local em estudo insere-se na zona 1.6 para o sismo afastado e 2.4 para o sismo próximo.

ZONA	α
A	1,0
B	0,7
C	0,5
D	0,3

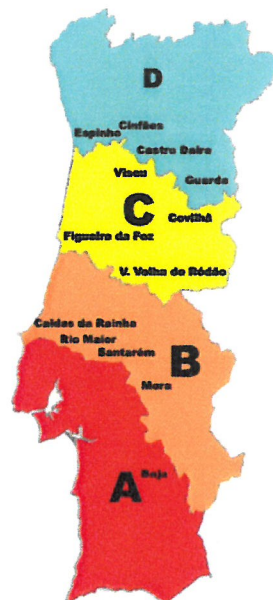


Figura 4 - Carta de zonamento do risco sísmico (RSA)

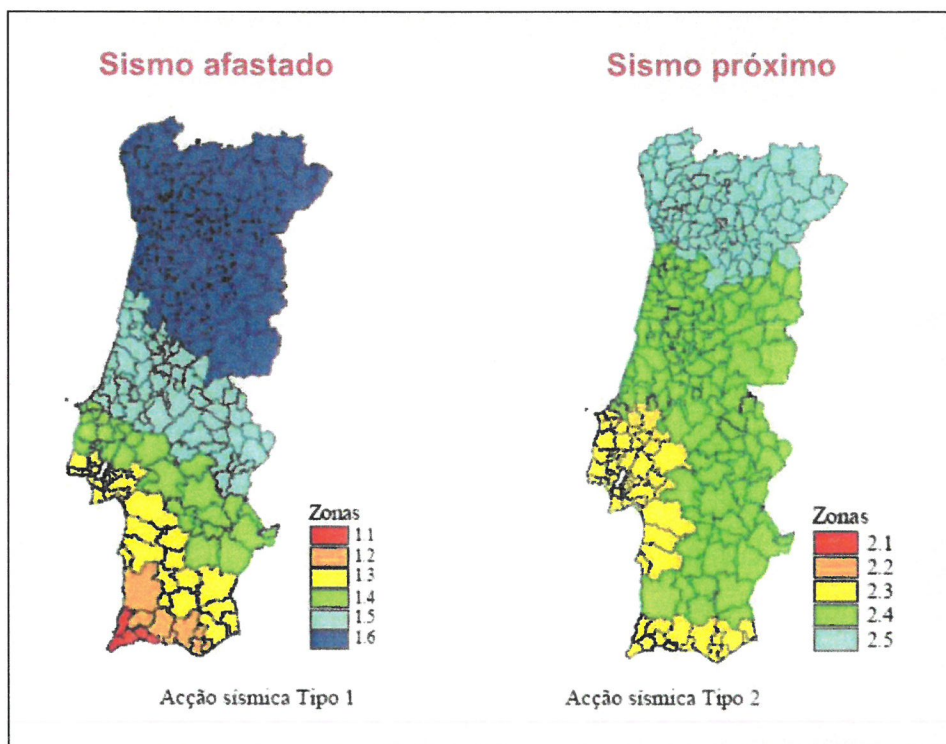


Figura 5 - Carta de zonamento do risco sísmico (EC8 - EN1998)

Aceleração máxima de referência

Zona	AS Tipo 1 a_{gR} (m/s ²)	AS Tipo 2 a_{gR} (m/s ²)
x.1	2,50	2,50
x.2	2,00	2,00
x.3	1,50	1,70
x.4	1,00	1,10
x.5	0,60	0,80
x.6	0,35	-

Figura 6 – Valores para a aceleração máxima de referência (a_{gR}) em m/s².

Os valores da a_{gR} em Águeda no sismo afastado (Tipo 1) é 0,35 m/s² e para o sismo próximo (Tipo 2) é 1,10 m/s².

No quadro seguinte apresenta-se a classificação dos tipos de terreno de acordo com o EC8.

Tipo de terreno	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (puncadas/30 cm)	c_u (kPa)
A	Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5 m de material mais fraco à superfície	> 800	-	-
B	Depósitos de areia muito compacta, de seixo (cascalho) ou de argila muito rija, com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade	360 – 800	> 50	> 250
C	Depósitos profundos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo (cascalho) ou de argila rija com uma espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Depósitos de solos não coesivos de compactidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura	< 180	< 15	< 70
E	Perfil de solo com um estrato aluvionar superficial com valores de v_s do tipo C ou D e uma espessura entre cerca de 5 m e 20 m, situado sobre um estrato mais rígido com $v_s > 800$ m/s			
S_1	Depósitos constituídos ou contendo um estrato com pelo menos 10 m de espessura de argilas ou siltes moles com um elevado índice de plasticidade ($PI > 40$) e um elevado teor em água	< 100 (indicativo)	-	10 - 20
S_2	Depósitos de solos com potencial de liquefacção, de argilas sensíveis ou qualquer outro perfil de terreno não incluído nos tipos A – E ou S_1			

No local ocorrem terrenos do Tipo E.

A aceleração sísmica (horizontal ou superficial) num terreno do Tipo E é:

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_1$$

sendo γ_1 o coeficiente de importância, cujo valor é obtido em função da classe de importância e do tipo de ação sísmica.

A classe de importância deverá ser do tipo III, o que significa que no caso das ações sísmicas do Tipo 1 é igual 1,6 e do Tipo 2 é igual a 1,3.

A relação entre as acelerações sísmicas vertical (a_{vg}) e horizontal (a_g) será:

Ação sísmica	a_{vg}/a_g
Tipo 1	0,75
Tipo 2	0,95

A **aceleração sísmica superficial ou horizontal (a_g)** pode ser obtida a partir da aceleração sísmica nos solos do Tipo E através da aplicação de um fator S que tem em conta a amplificação das acelerações dado por :

Valor do fator S do solo de fundação

Tipo terreno	Zona sísmica 1.1	Zona sísmica 1.2	Zona sísmica 1.3	Zona sísmica 1.4 a 1.6	Zona sísmica 2.1 a 2.3	Zona sísmica 2.4 a 2.5
A	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
B	1,2	1,2	1,2	1,3	1,35	1,35
C	1,3	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6
D	1,4	1,6	1,8	2,0	1,8	2,0
E	1,4	1,5	1,7	1,8	1,6	1,8

Assim para calcular os coeficientes sísmicos horizontal (K_h) e vertical (K_v) utilizam-se as expressões:

$K_h = (a_g/g) \cdot S/r$ sendo "r" um fator que depende do deslocamento admissível para as fundações e é dado por 2,0, se o deslocamento admissível for $dr = 300 a_g \cdot S/g$ (mm), ou 1,5 se o deslocamento admissível for:
 $dr = 200 a_g \cdot S/g$ (mm);

$$K_v = \pm 0,5 \cdot K_h \text{ se } a_{vg}/a_g > 0,6$$

$$K_v = \pm 0,33 \cdot K_h \text{ se } a_{vg}/a_g = 0,6$$

De acordo com a Carta de Intensidades máximas observadas em Portugal, entre 1901 e 1972 e a Carta de Magnitudes máximas expectáveis para um período de retorno de 100 anos, espera-se que estes valores sejam da ordem de VI na escala de Mercalli e 5 a 6 na escala de Richter.

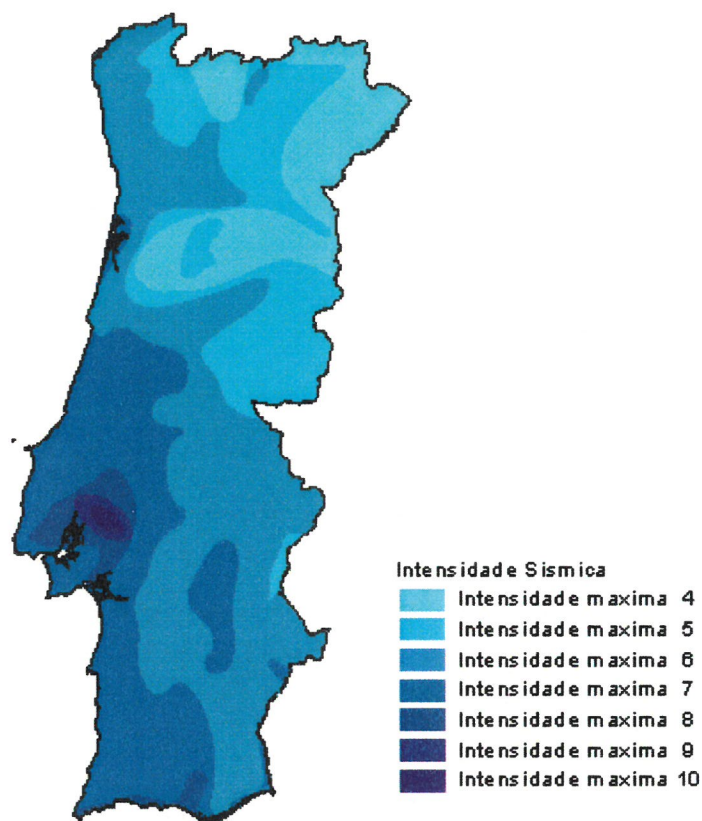


Figura 6 - Carta de intensidades sísmicas máximas, observadas em Portugal entre 1901 e 1972

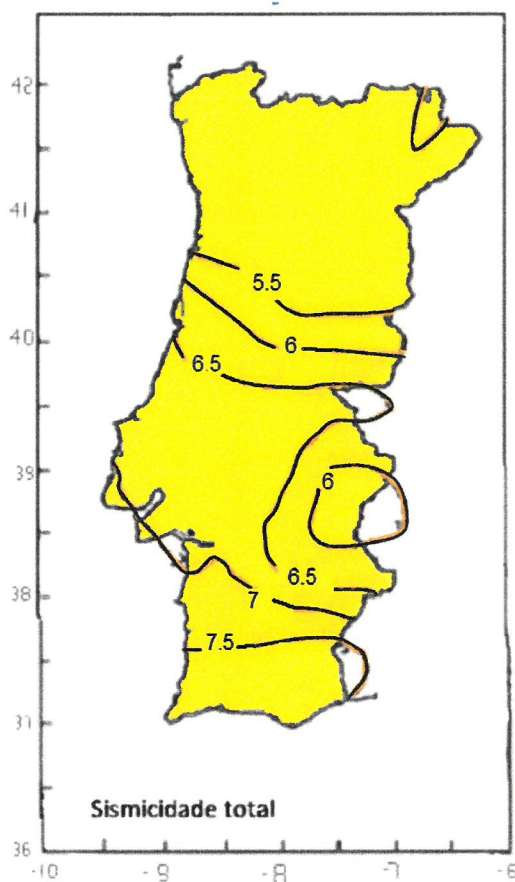
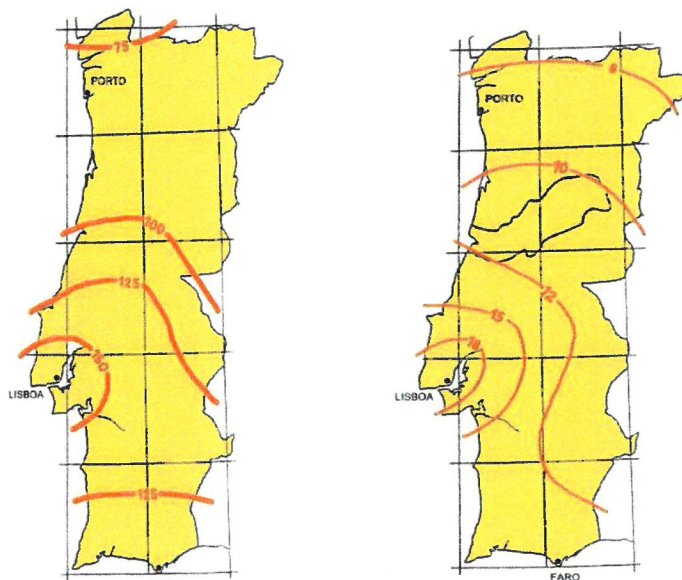


Figura 7 - Carta de isolinhas expectáveis de magnitudes sísmicas, para um período de retorno de 100 anos

Atendendo ao estudo levado a cabo por OLIVEIRA (1977) e para um período de retorno de 1000 anos, esperam-se aproximadamente os seguintes valores máximos, para os diversos parâmetros sísmicos:

- Velocidade de propagação, 10 a 12 cm/s
- Aceleração sísmica, 75 a 100 cm/s²
- Deslocamento, 4 a 5 cm



Figuras 8 e 9 – Acelerações máximas para um período de retorno de 1000 anos (unidades em cm.s-2) e velocidades máximas para um período de retorno de 1000 anos (unidades em cm/s)

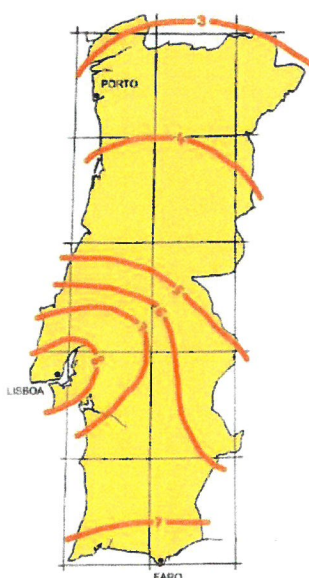


Figura 10 – Deslocamentos máximos para um período de retorno de 1000 anos (unidades em cm) retorno de 1000 anos (unidades em cm)

3. RESULTADOS

3.1 Localização da sondagem DPSH

Na figura a seguir apresenta-se a localização da sondagem DPSH na envolvente ao Centro de Interpretação do Rio em Águeda.



Figura 11 – Localização da sondagem DPSH 1 realizada junto ao Centro de Interpretação do Rio em Águeda.



Figura 12 – Localização da sondagem DPSH 1 na zona de implantação da rampa (imagem facultada pelo cliente).



Foto 2 – Posicionamento da máquina no local de realização da sondagem DPSH1 na zona de implantação da rampa.

3.2 Sondagem DPSH

Na **Tabela I**, apresenta-se a cota aproximada (facultada pelo Arq. Rafael Fernandes) e a profundidade atingida pela sondagem DPSH. A sondagem terminou quando se atingiram os arenitos triásicos duros ($NP_{SPT} > 60$).

Tabela I
- Sondagem DPSH -

DPSH	Cota aprox. (m)	Profundidade atingida (m)
1	9,0	15,4

Os resultados da sondagem são apresentados sob a forma gráfica em **Anexo I** (gráficos N_{20} , r_d e q_d).

No gráfico N_{20} plotou-se o número de pancadas (NP) para penetrar cada 20 cm (em abcissas) *versus* profundidade (em ordenadas), assim como a litologia provável ao longo dos respetivos perfis.

Na tabela seguinte apresenta-se o número de pancadas, a Resistência Unitária de Ponta (r_d) e a Resistência Dinâmica de Ponta (q_d) em cada 20 cm que deram origem aos gráficos correspondentes (Gráfico r_d e gráfico q_d).

Tabela II
- N_{20} , r_d , q_d na sondagem DPSH 1-

Profundidade (m)	Litologia	N_{20}	r_d (MPa)	q_d (MPa)	Media q_d (MPa)	Tensão (KN/m ²) por cada metro
0	Solos aluvionares argilosos muito deformáveis				2,9	57
0,2		1	1,17	1,07		
0,4		5	5,84	5,33		
0,6		6	7,01	5,89		
0,8		2	2,34	1,96		
1		1	1,17	0,98	1,0	19
1,2		1	1,17	0,98		
1,4		1	1,17	0,98		
1,6		1	1,17	0,91		
1,8		1	1,17	0,91		
2		1	1,17	0,91	1,2	25
2,2		1	1,17	0,91		
2,4		2	2,34	1,82		
2,6		2	2,34	1,69		
2,8		1	1,17	0,85		
3		1	1,17	0,85	0,8	17
3,2		1	1,17	0,85		
3,4		1	1,17	0,85		
3,6		1	1,17	0,79		
3,8		1	1,17	0,79		
4		1	1,17	0,79	0,8	15
4,2		1	1,17	0,79		
4,4		1	1,17	0,79		
4,6		1	1,17	0,75		
4,8		1	1,17	0,75		
5		2	2,34	1,49	3,2	64
5,2		6	7,01	4,47		
5,4		5	5,84	3,73		
5,6		1	1,17	0,70		
5,8	Solos aluvionares argilo-silto-arenosos	8	9,34	5,62		
6		9	10,51	6,32	8,9	178
6,2		13	15,18	9,14		
6,4		11	12,84	7,73		
6,6		17	19,85	11,30		
6,8		15	17,51	9,97		
7		10	11,68	6,65	5,7	114
7,2		8	9,34	5,32		

Tabela II (Continuação.)
- N_{20} , r_d , q_d na sondagem DPSH 1-

Profundidade (m)	Litologia	N20	r_d (MPa)	q_d (MPa)	Media q_d (MPa)	Tensão (KN/m ²) por cada metro
7,4	Solos aluvionares argilo-silto-arenosos	7	8,17	4,65		
7,6		11	12,84	6,94		
7,8		8	9,34	5,05		
8		7	8,17	4,42	4,2	84
8,2		3	3,50	1,89		
8,4		6	7,01	3,79		
8,6		9	10,51	5,40		
8,8		9	10,51	5,40		
9		10	11,68	6,00	7,6	152
9,2		10	11,68	6,00		
9,4		10	11,68	6,00		
9,6		15	17,51	8,59		
9,8		20	23,35	11,45		
10		34	39,70	19,47	16,4	327
10,2		28	32,69	16,03		
10,4		36	42,03	20,61		
10,6		26	30,36	14,23		
10,8		21	24,52	11,49		
11		23	26,85	12,59	9,8	196
11,2		17	19,85	9,30		
11,4		22	25,69	12,04		
11,6		13	15,18	7,11		
11,8		15	17,51	7,86		
12		8	9,34	4,19	2,8	56
12,2		5	5,84	2,62		
12,4		4	4,67	2,10		
12,6		4	4,67	2,10		
12,8		6	7,01	3,02		
13		16	18,68	8,04	13,0	261
13,2	Arenitos triásicos descomprimidos	19	22,18	9,55		
13,4		23	26,85	11,56		
13,6		39	45,54	19,60		
13,8		34	39,70	16,42		
14		60	70,06	28,98	37,5	750
14,2		65	75,89	31,40		
14,4		31	36,20	14,97		
14,6		51	59,55	59,55		
14,8	Arenitos triásicos muito compactos	45	52,54	52,54		
15		38	44,37	44,37	75,9	1518
15,2		57	66,55	66,55		
15,4		100	116,76	116,76		

3.3 Nível freático

Durante a realização da sondagem o furo da sondagem colapsou a 2,0 metros de profundidade (cota 7,0 m). Dada a proximidade do Rio Águeda o nível freático será variável durante o ano.

3.4 Parâmetros geotécnicos

Na tabela a seguir apresentam-se os parâmetros geotécnicos das formações litológicas intersetadas pela sondagem DPSH.

Tabela III
- Parâmetros geotécnicos -

Cotas (m)	Espessura (m)	Litologia	NP _{SPT}	Parâmetros geotécnicos			
				γ KN/m ³	Cu KN/m ²	ϕ graus	Es MPa
9,0 a 3,4	5,6	Solos aluvionares argilosos muito deformáveis	1	12	0	25	1,3
3,4 a -4,4	7,8	Solos aluvionares argilo-silto-arenosos	9 a 23	14 a 17	5 a 15	27	19 a 62
-4,4 a -6,2	1,8	Arenitos descomprimidos	43	23	120	34	150
<-6,2	n	Arenitos triásicos muito compactos	60	24	150	38	250

Sendo, ϕ = ângulo de atrito característico; Cu = coesão não drenada; γ = peso específico característico; Es = módulo de elasticidade

4. FUNDAÇÕES

A sondagem DPSH realizada mostrou a existência de 5,6 metros de solos aluvionares com muito baixa capacidade de carga ($NP_{SPT}=1$), não sendo viável a implantação de fundações diretas até esta profundidade. Sendo assim as fundações deverão ser indiretas por microestacas ou estacas de betão moldadas no terreno.

Deverão ser executadas microestacas ou estacas de betão encastradas na camada com $NP_{SPT}>60$ (este substrato aparece a 15,2 metros de profundidade à cota -6,2 m).

A resistência última da camada de onde as microestacas/estacas ficarão encastradas ($NP_{SPT}>60$) é de 15 MPa, mas que por segurança, usaremos apenas 10 MPa. As microestacas poderão ter diâmetro de 200 mm e as estacas de 400, ou 500 mm. O dimensionamento das fundações indiretas está fora do âmbito deste relatório, no entanto, apresenta-se um pré-dimensionamento a partir da resistência daquelas camadas.

A força geotécnica (F) de ponta a descarregar em cada microestaca/estaca será:

$$F = P \times A$$

em que,

F é a força geotécnica a descarregar pela estaca em KN;

P é a tensão da camada de encastramento (10,0 MPa);

A é a área da microestaca/estaca.

Na tabela seguinte apresenta-se apenas a força geotécnica de ponta que se poderá aplicar em cada microestaca/estaca tendo-se desprezado por segurança o atrito lateral.

Tabela IV

- Força geotécnica a aplicar em cada microestaca/estaca-

Diâmetro (mm)		Área (m ²)	Força (KN)
microestacas	200	0,0314	314
estacas	400	0,1256	1256
	500	0,1963	1963

Deverá ser descontado à força geotécnica obtida o peso próprio da estaca.

5. CONCLUSÕES

Dos estudos realizados no terreno junto ao Centro de Interpretação do Rio em Águeda para a implantação de uma rampa, conclui-se que:

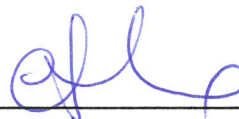
1. trata-se de um terreno constituído por vários metros de solos aluvionares sobrepostos ao arenitos do Triásico; os solos aluvionares são muito deformáveis nos primeiros 5,6 metros;
2. o nível freático não foi medido; o furo colapsou a 2,0 m de profundidade; dada a proximidade do Rio Águeda o nível freático será muito variável e em certas alturas do ano estará à superfície do terreno;
3. a análise para as fundações das estruturas a implantar apresenta-se no item 4; dada a existência de 5,6 metros de solos aluvionares com muito baixa capacidade de carga, não é viável a implantação de fundações diretas até esta profundidade; as fundações recomendadas serão de microestacas ou estacas encastradas nos arenitos triásicos duros que se encontram a cerca de 15,2 metros de profundidade (cota -6,2 m).

Aveiro, 22 de fevereiro de 2021

A equipa técnica



Prof. Doutor Fernando Lage Ladeira
(Especialista em Geotecnia)

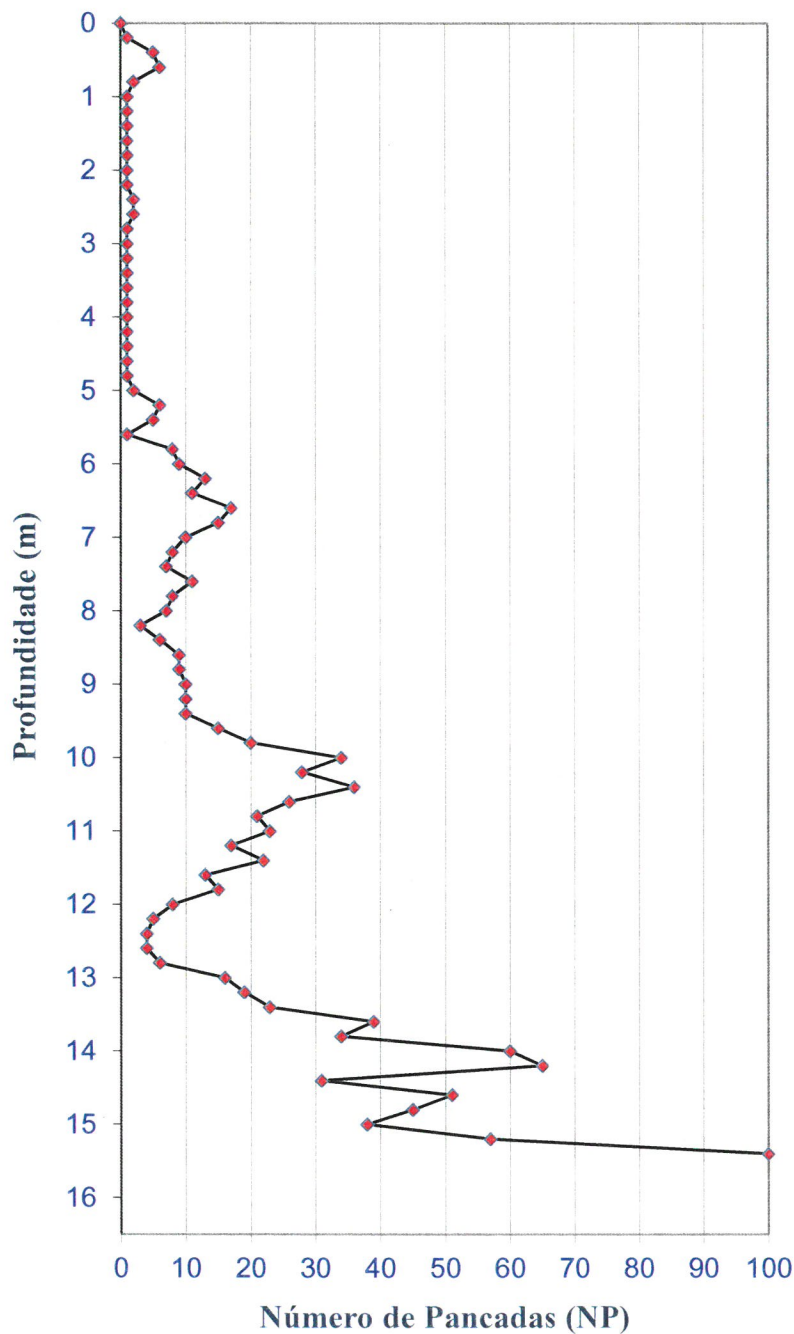


Carminda Sardo
(Geóloga, Especialista em Mecânica
dos Solos e Eng.ª Geotécnica)

ANEXO I
GRÁFICOS DA SONDAGEM DPSH

NP (DPSH1)

**POSSÍVEL
LITOLOGIA**



Solos aluvionares
argilosos muito
deformáveis

Solos aluvionares
argilo-silto-
arenosos

Arenitos triásicos
descomprimidos

Arenitos triásicos
muito compactos

LOCAL: Águeda (C. Interpretação Rio) **COTA APROX:** 9,0 m

GRÁFICO N20

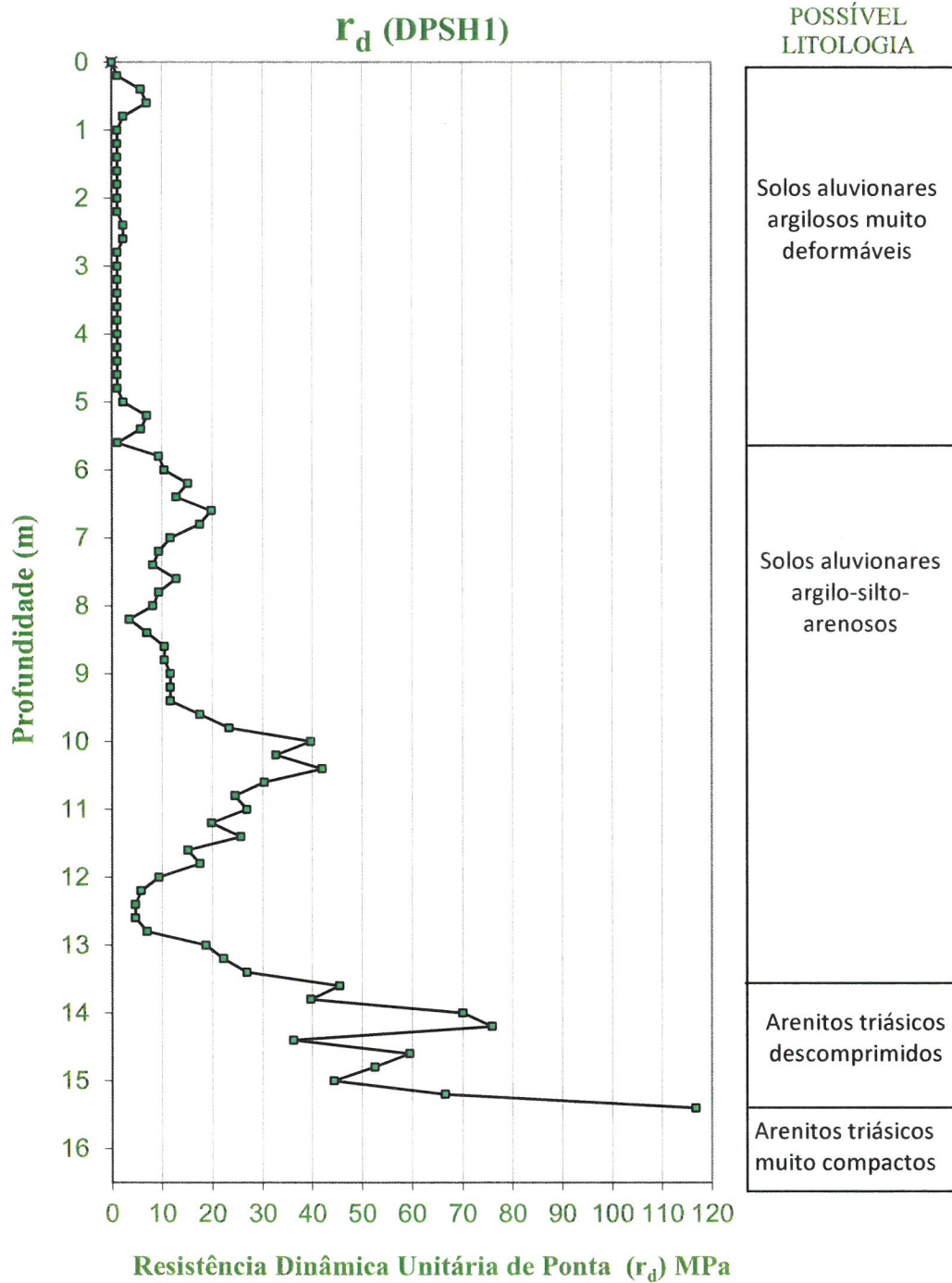


GRÁFICO r_d

DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY TYPE B
EN ISO 22476-2

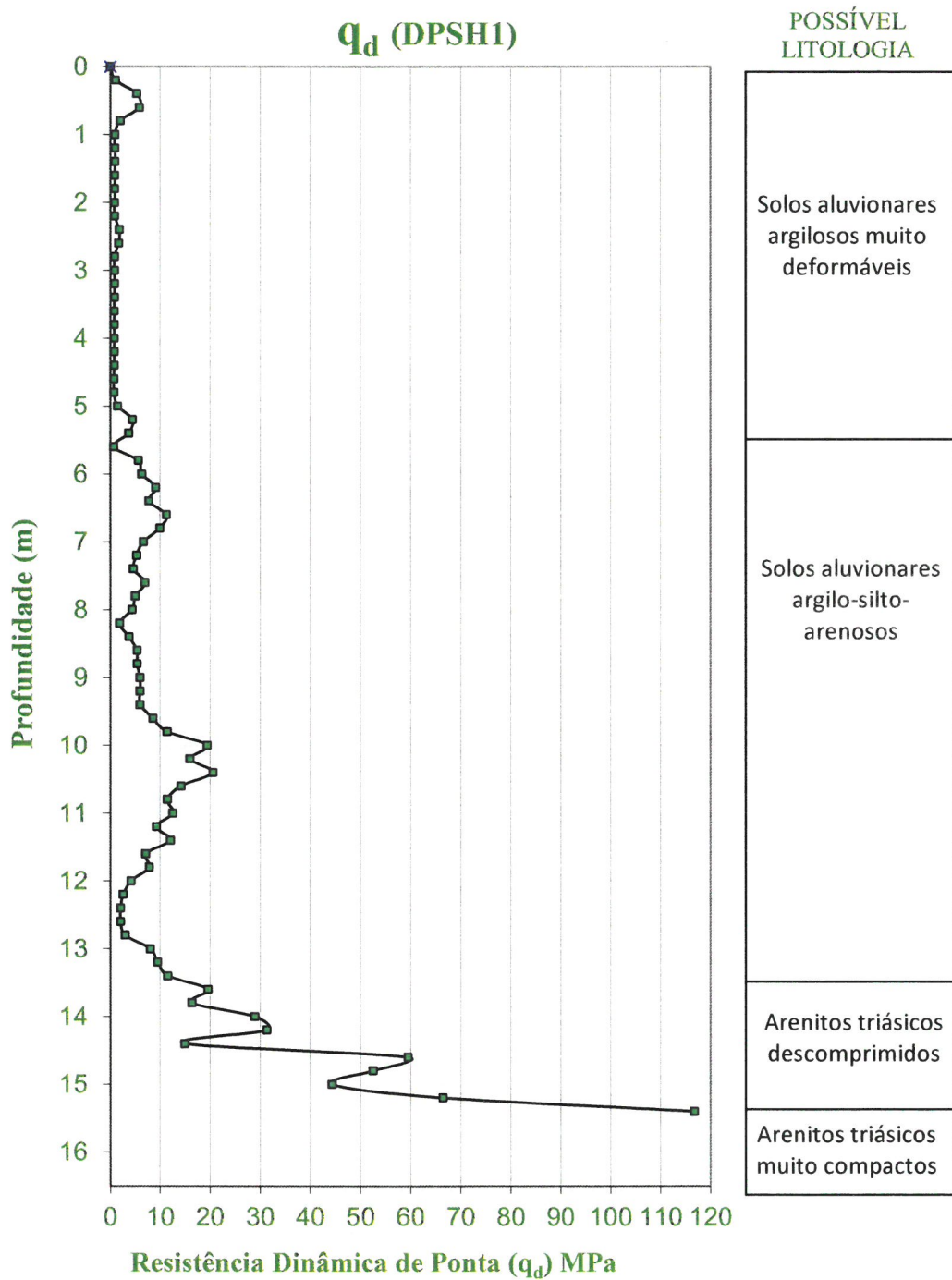


GRÁFICO q_d