



ipb

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA
Escola Superior de Tecnologia e Gestão

RELATÓRIO GEOTÉCNICO

Ensaio com Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (DPSH)

Autores do relatório:

Responsável: Prof. António Miguel Verdelho Paula*

Técnica Superior de Laboratório: Eng Hermínia Morais*

* - Instituto Politécnico de Bragança

ENTIDADE: CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.

OBRA: Empreitada de Demolições, Aterro e Muro Suporte da Plataforma na Unidade de Benlhevai-Vila Flor”, em Benlhevai - Vila Flor

LOCAL: Benlhevai – Vila Flor

Bragança, 09 de setembro de 2021

Índice

1	Introdução	3
2	Trabalhos realizados	3
2.1	Ensaio DPSH - Penetrómetro Dinâmico Superpesado (DPSH - Dynamic Penetration Super-Heavy)	4
3	Análise preliminar dos resultados de caracterização geotécnica	5
3.1	Identificação, classificação e compactidade.....	5
3.2	Resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH.....	6
4	Considerações finais	10
	Bibliografia	10

RELATÓRIO TÉCNICO

1 Introdução

Requerido pela empresa CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A., procedeu-se à realização de quatro ensaios com Penetrómetro Dinâmico Superpesado DPSH (Dynamic Penetration Super-Heavy), para identificação e caracterização geotécnica no local de implantação da “Empreitada de Demolições, Aterro e Muro Suporte da Plataforma na Unidade de Benlhevai-Vila Flor”, em Benlhevai - Vila Flor” (ver Figura 1).

Para a caracterização geotécnica do aterro foram realizados ensaios de campo e de laboratório. Os trabalhos foram efetuados e acompanhados por um corpo técnico especializado, recorrendo a equipamentos devidamente calibrados/verificados em conformidade com as normas em vigor.

Na Figura 1 está representada a localização da zona em estudo.

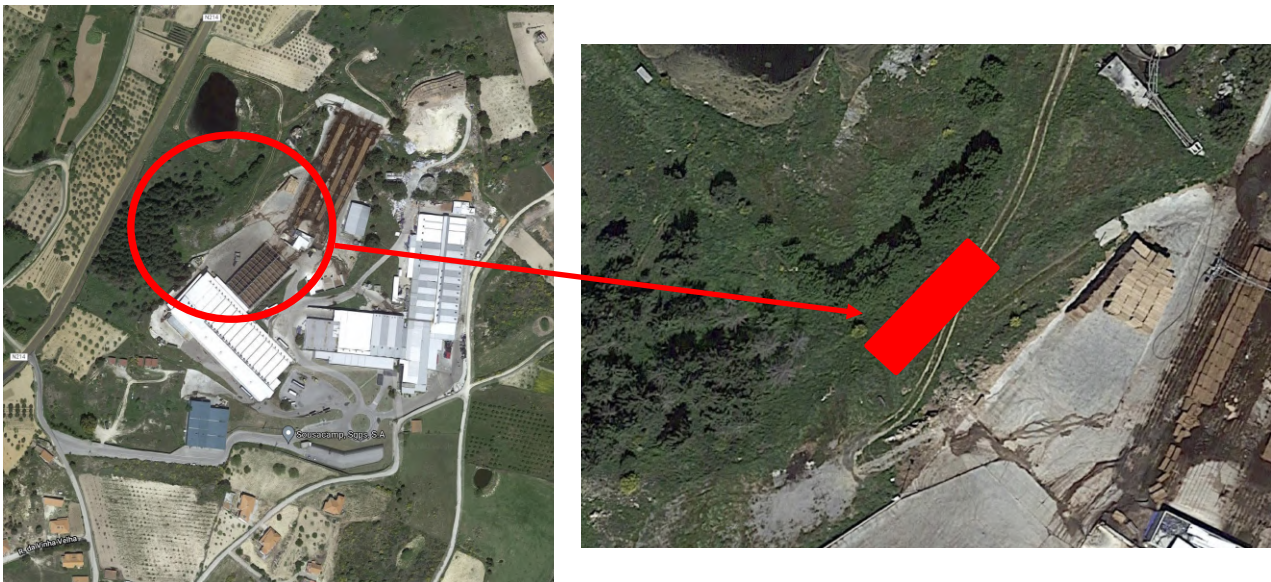


Figura 1 – Vista aérea do local da obra (imagens do Google Maps).

2 Trabalhos realizados

O estudo de caracterização geotécnica do solo de fundação foi efetuado no dia 6 de setembro de 2021 e consistiu, na realização de quatro ensaios DPSH - Penetrómetro Dinâmico Super Pesado, e recolha de amostras de solo para posterior caracterização e identificação em laboratório. A Figura 2 ilustra o local de realização dos trabalhos de prospeção e do equipamento de perfuração.

O plano de trabalhos de caracterização geotécnica do aterro foi definido pela Equipe Projetista e pelo Laboratório de Geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança.

Os pontos de realização dos ensaios DPSH encontram-se representados no **Desenho nº1 do Anexo I**.



Figura 2 – Local de realização dos ensaios e equipamento de perfuração.

2.1 Ensaio DPSH - Penetrómetro Dinâmico Superpesado (DPSH - Dynamic Penetration Super-Heavy)

O ensaio DPSH consiste na cravação de uma ponteira normalizada no terreno, com o objetivo de aferir a resistência dinâmica aparente e a tensão admissível (ver Figura 3).

Penetrómetro dinâmico (Dynamic probing tests - DP)

Existem diferentes versões do ensaio em função da massa utilizada:

- Dynamic probing light - DPL (m=10kg)
- Dynamic probing medium - DPM (m=30kg)
- Dynamic probing heavy - DPH (m=50kg)
- Dynamic probing super heavy - DPSH (m=63,5kg)



Figura 3 – Ensaio com penetrómetro dinâmico (DP). Equipamento de ensaio do Instituto Politécnico de Bragança.

O ensaio DPSH 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 (cuja base tem área A), para que ocorra determinado comprimento de penetração (L). O diâmetro das varas é inferior ao da base do cone da ponta donde resulta a resistência à penetração apenas de forças de reação do terreno sobre a superfície cónica da ponta.

A resistência à penetração é definida como o número de pancadas necessárias para cravar o penetrómetro de uma dada distância (10 ou 20 cm) – N_{10} ou N_{20} . É efetuado um registo contínuo e não existe recolha de amostra.



Figura 4 – Vara e ponteira usada no DPSH

Os ensaios DPSH foram realizados segundo a norma “Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 2: Dynamic probing: EN ISO 22476-2 2005 (en)”. A localização dos 4 pontos realizados com o Penetrómetro Dinâmico Super - Pesado (DPSH) encontram-se no Desenho nº1 do Anexo I, os resultados dos ensaios encontram-se no Anexo III.

3 Análise preliminar dos resultados de caracterização geotécnica

3.1 Identificação, classificação

Os resultados dos ensaios de identificação e caracterização do solo de fundação colhidos nos patamares de prospeção encontram-se no Anexo II. Para facilitar a leitura, no Quadro 1, estão apresentados, resumidamente, os principais parâmetros dos ensaios realizados: composição granulométrica do solo e classificação unificada.

Da análise dos resultados obtidos é possível verificar que o material no aterro existente é um solo grosso, cascalho siltoso com areia (GM segundo a classificação unificada ASTM D2487-85), sendo a percentagem de cascalho cerca de 56%. O diâmetro médio das partículas (D_{50}) é de cerca de 4,8 mm.

Quadro 1 – Principais parâmetros de identificação e caracterização do solo do aterro.

Ponto de ensaio	Composição Granulométrica									Classificação do Solo	
	% Seixo	% Areia	% Silte	% Argila	$D_{máx}$ (mm)	D_{60} (mm)	D_{50} (mm)	D_{30} (mm)	D_{10} (mm)	ASTM D 2487-85	
P1	55,5	27,5	17,0	n.d.	80,0	10,5	4,8	0,3	s.d	GM	Cascalho siltoso com areia

D_i - Diâmetro correspondente a $i\%$ de passados

s. d. - sem dados

Procedeu-se em seguida à classificação do solo do aterro segundo a classificação unificada (ASTM D2487-85), classificação segundo a AASHTO M145-42 e Classificação LCPC/ SETRA. Os resultados da classificação são apresentados em seguida. A tabela de classificação encontra-se no Anexo II.

Solo P1:

- **Classificação unificada (ASTM D2487-85): [GM]** Solo grosso, cascalho siltoso com areia. Permeabilidade quando compactado semipermeável a impermeável, boa resistência ao corte quando compactado e saturado, desprezável compressibilidade quando compactado e saturado, e boa trabalhabilidade como material de construção. Segundo o MACOPAV é um solo admissível em aterro e em leito de pavimento.

- **Classificação segundo a AASHTO M145-42: [A-1-b (0)]** Solos de materiais granulares, predominantemente constituído por cascalho com areia e silte.

- **Classificação LCPC/ SETRA: [C2(B5)]** - Materiais angulosos cuja proporção da fração 0/50mm é menor que 60 a 80%. Materiais rolados. A fração 0/50mm é um solo da classe B, cuja percentagem que passa no peneiro nº 200 está compreendida entre 5% e 35%. da classe B, cuja percentagem que passa no peneiro nº 200 está compreendida entre 5% e 35%.

3.2 Resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH.

Os resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH, encontram-se no Anexo III. Para facilitar a leitura e fazer uma análise dos resultados obtidos, no Quadro 2 encontra-se um resumo dos resultados obtidos.

Quadro 2 – Resumos dos resultados obtidos dos ensaios de penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH (valor média por metro).

Ponto de ensaio DPSH	Cota da boca do furo (m)	Fim do ensaio (m)	N ₂₀ (Médio) (por metro) [m]							
			[0,0 - 1,0]	[1,0 - 2,0]	[2,0 - 3,0]	[3,0 - 4,0]	[4,0 - 5,0]	[5,0 - 6,0]	[6,0 - 7,0]	[7,0 - 8,0]
P1/DPSH1	597,00	4,6	15,2	21,8	15,2	14,6	28,3	-	-	-
P2/DPSH2	597,00	7,0	15,6	18,4	14,2	14,8	15,0	16,8	23,6	-
P3/DPSH3	597,00	6,2	19,8	18,2	13,4	15,2	15,0	17,8	60,0	-
P4/DPSH4	599,00	7,8	20,8	19,6	18,6	11,8	16,2	15,2	24,0	36,5

Para cada ensaio DPSH é feito um gráfico – diagrama de penetração – onde se representa, em abcissas, o número de pancadas e, em ordenadas, a profundidade. A partir do número de pancadas e da resistência dinâmica de ponta (rd) é possível obter a capacidade de carga do terreno a vários níveis de profundidade.

Os ensaios foram terminados quando o número de pancadas para penetrar a ponta 20 cm (N₂₀) é igual ou superior a 50. Para mais detalhes recomenda-se a análise dos resultados dos ensaios no Anexo III do presente

documento. No Quadro 2 apresentam-se as profundidades a que foram terminados os ensaios e um resumo dos resultados obtidos.

Da análise dos resultados dos ensaios, é possível observar que as profundidades de ensaio foram de 4,6 metros para o DPSH1, 7,0 metros para o DPSH2, 6,2 metros no DPSH3 e de 7,8 metros para o DPSH4. O valor do N_{20} médio, sem considerar a nega (último valor de cada ensaio) é igual a 16,8. Este valor permite considerar que se trata de um solo com compactidade média (mediamente compacto). Ao longo da realização dos quatro ensaios DPSH, foi possível verificar que a ponteira e as varas, quando extraídas do solo, não apresentavam humidade, o que permite concluir a não presença de água no solo.

Os valores de N_{20} podem ser projetados em conjunto com a resistência de ponta (r_d). O termo r_d é determinado através da equação 1 (para mais pormenores recomenda-se a leitura de Matos Fernandes (2011)):

$$r_d = \frac{m \cdot g \cdot h}{A \cdot e} \quad [1]$$

No Quadro 3 encontra-se um resumo dos resultados obtidos para o r_d (resistência de ponta em MPa). Da análise do Quadro 3, pode-se observar que o solo apresenta uma resistência de ponta, antes de ser atingida a nega no ensaio, bastante variável e com valores baixos, variando entre 13,8 MPa e 28,0 MPa (valores médios por metro). Com os valores obtidos do N_{20} e r_d , é necessário ter cuidado na utilização deste material no seu estado *in situ* para a fundação de qualquer tipo de estrutura, principalmente devido à elevada possança que o estrato atravessado apresenta, superior a 5~7 metros, como facilmente se pode confirma pela análise dos resultados.

Quadro 3 – Resultados dos ensaios DPSH nos pontos P1 a P4, resistência de ponta r_d (MPa).

Ponto de ensaio DPSH	Cota da boca do furo (m)	Fim do ensaio (m)	r_d (MPa) (Médio) (por metro)							
			[0,0 - 1,0]	[1,0 - 2,0]	[2,0 - 3,0]	[3,0 - 4,0]	[4,0 - 5,0]	[5,0 - 6,0]	[6,0 - 7,0]	[7,0 - 8,0]
P1/DPSH1	597,00	4,6	17,8	25,5	17,8	17,1	33,1	-	-	-
P2/DPSH2	597,00	7,0	18,2	21,5	16,6	17,3	17,5	19,6	27,6	-
P3/DPSH3	597,00	6,2	23,1	21,3	15,7	17,8	17,5	20,79	70,1	-
P4/DPSH4	599,00	7,8	24,3	22,9	21,7	13,8	18,9	17,8	28,0	42,6

- Correlação N_{SPT} - N_{DPSH}

Segundo Afonso (2016), para um solo classificado com GM pela classificação unificada e para o equipamento usado neste trabalho, pode-se admitir a seguinte relação empírica:

$$N_{SPT}=0,96 \cdot N_{DPSH} \quad [2]$$

Em que:

N_{SPT} – número de pancadas do ensaio Standard Penetration Test;

N_{DPSH} – número de pancadas do ensaio penetrómetro dinâmico superpesado.

As correlações obtidas não são aplicadas para outros tipos de solos nem para outros equipamentos, mesmo com características semelhantes. Caso contrário pode levar a resultados incorretos.

Mesmo assim, o emprego desta relação deve ser feito com as devidas reservas, sendo apenas aconselhável em avaliações preliminares.

No Quadro 4 estão representados os resultados obtidos pela relação entre o número de pancadas do ensaio Penetrómetro Dinâmico Superpesado (DPSH) e o número de pancadas do ensaio Standard Penetration Test (SPT).

Quadro 4 – Relação entre o N_{SPT} e o N_{DPSH} .

Ponto de ensaio DPSH	Fim do ensaio (m)	N_{SPT} (Médio) (por metro)= $0,96 \cdot N_{DPSH}$							
		[0,0 - 1,0]	[1,0 - 2,0]	[2,0 - 3,0]	[3,0 - 4,0]	[4,0 - 5,0]	[5,0 - 6,0]	[6,0 - 7,0]	[7,0 - 8,0]
P1/DPSH1	4,6	14,6	20,9	14,6	14,0	27,2	-	-	-
P2/DPSH2	7,0	15,0	17,7	13,6	14,2	14,4	16,1	22,7	-
P3/DPSH3	6,2	19,0	17,5	12,9	14,6	14,4	17,1	57,6	-
P4/DPSH4	7,8	20,0	18,8	17,9	11,3	15,6	14,6	23,0	35,0

- Estimativa da tensão máxima admissível (q_a) em sapatas de fundação

Na estimativa dos valores da tensão máxima admissível em sapatas de fundação, usou-se a expressão empírica:

$$q_a = N_{SPT}/100 \text{ (MPa)} \quad [3]$$

em que:

q_a – tensão admissível das sapatas de fundação [MPa];

N_{SPT} – número de pancadas do ensaio SPT.

Reduzido do respetivo coeficiente de segurança (neste caso, estando na presença de cascalhos siltosos com areia, o coeficiente de segurança aplicado foi de 50%).

No Quadro 5 estão representados os valores obtidos para a tensão máxima admissível estimada.

Quadro 5 – Tensão máxima admissível estimada em sapatas de fundação.

Ponto de ensaio DPSH	Fim do ensaio (m)	qa (kPa), tensão admissível em sapatas de fundação							
		[0,0 - 1,0]	[1,0 - 2,0]	[2,0 - 3,0]	[3,0 - 4,0]	[4,0 - 5,0]	[5,0 - 6,0]	[6,0 - 7,0]	[7,0 - 8,0]
P1/DPSH1	4,6	145,9	209,3	145,9	140,2	271,7	-	-	-
P2/DPSH2	7,0	149,8	176,6	136,3	142,1	144,0	161,3	226,6	-
P3/DPSH3	6,2	190,1	174,7	128,6	145,9	144,0	170,9	576,0	-
P4/DPSH4	7,8	199,7	188,2	178,6	113,3	155,5	145,9	230,4	350,4

Da análise do Quadro 5, pode-se observar que o solo de fundação apresenta uma tensão admissível, antes de ser atingida a nega no ensaio, entre 113,3 MPa e 230,4 MPa. Estes valores permitem aferir a grande heterogeneidade nos resultados obtidos e por vezes com valores da capacidade resistente baixa. Pode também referir-se que o solo não apresenta uma compactação homogénea e eficiente, variando muito de ponto para ponto e em alguns pontos deficiente.

- Estimativa do ângulo de atrito efetivo interno do solo ϕ' .

Na estimativa dos valores do ângulo de atrito efetivo interno do solo, usou-se a expressão empírica de (Thornburn, 1974) e (Wolff, 1989):

$$\phi'(^{\circ})=27.1+0,3.(N_1)_{60}-0.00054(N_1)_{60}^2 \quad [4]$$

em que:

ϕ' ($^{\circ}$) – ângulo de atrito efetivo interno do solo em graus

$(N_1)_{60}$ – número de pancadas do ensaio SPT corrigido devido à tensão efetiva vertical ao nível do ensaio

Pelo facto de o valor do N_{SPT} ser um valor estimado e obtido em função do N_{DPSH} , neste caso o $(N_1)_{60}$ é considerado igual ao valor N_{SPT} do Quadro 4.

No Quadro 6 estão representados os valores obtidos para o ângulo de atrito interno efetivo do solo. O valor do ângulo de atrito varia entre os valores de 30,4° e 33,7° (sem considerar a nega). Tratando-se de cascalhos com siltes e areia, os valores estimados para o ângulo de atrito são típicos de soltos de compactidade média.

Quadro 6 – Ângulo de atrito interno efetivo do solo – estimado.

Ponto de ensaio DPSH	Fim do ensaio (m)	ϕ' ($^{\circ}$), ângulo de atrito efetivo interno do solo							
		[0,0 - 1,0]	[1,0 - 2,0]	[2,0 - 3,0]	[3,0 - 4,0]	[4,0 - 5,0]	[5,0 - 6,0]	[6,0 - 7,0]	[7,0 - 8,0]
P1/DPSH1	4,6	31,4	33,1	31,4	31,2	34,9	-	-	-
P2/DPSH2	7,0	31,5	32,2	31,1	31,3	31,3	31,8	33,6	-
P3/DPSH3	6,2	32,6	32,2	30,9	31,4	31,3	32,1	42,6	-
P4/DPSH4	7,8	32,9	32,6	32,3	30,4	31,6	31,4	33,7	36,9

4 Considerações finais

Este relatório teve como objetivo a realização de uma campanha de ensaios geotécnicos *in situ*, com finalidade de caracterizar e identificar a capacidade de suporte de um solo/ aterro para a “Empreitada de Demolições, Aterro e Muro Suporte da Plataforma na Unidade de Benlhevai-Vila Flor”, em Benlhevai - Vila Flor.

O solo é constituído por cascalho com areia e silte, com classificação unificada (segundo a norma ASTM D 2487-85) de GM. A percentagem de cascalho é superior 50% do material. O diâmetro médio das partículas (D_{50}) é de 4,8mm. A compactidade do aterro/solo em estudo é mediamente compacta.

Como a nega nos ensaios DPSH foi atingida a profundidades de 5~7 metros e os valores dos resultados obtidos para o N_{20} foram baixos a médios, com elevada dispersão, é necessário ter cuidado na utilização deste material no seu estado *in situ* para a fundação de qualquer tipo de estrutura, principalmente devido à elevada possança do estrato atravessado. Assim, recomenda-se que antes da implementação de qualquer tipo de estrutura sobre o solo/aterro de fundação em estudo, deve ser realizado um estudo de estabilidade pormenorizado verificando os estados limites últimos e de utilização da estrutura a implementar. De referir ainda, que o solo/aterro em estudo vai servir para a fundação de muros de gabiões que do lado oposto ao tardo do muro se encontra com uma inclinação acentuada e elevada altura, sendo necessário verificar a estabilidade global da estrutura de suporte a implementar.

Com base nos resultados do ensaio do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH, é possível estimar a tensão máxima admissível do solo/aterro para o dimensionamento das fundações. A tensão admissível varia de ponto para ponto. Os valores das tensões admissíveis mínimo e máximo é de 113,3 kPa a 230,4 kPa, sem considerar a nega do ensaio.

Denote-se que os tipos de soluções a adotar, serão condicionados entre outros aspetos, pelo plano de cargas da obra, assentamentos máximos admissíveis, posicionamento do nível freático, possível interseção de blocos rochosos. O Laboratório de Geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança manifesta a disponibilidade da sua Equipa Técnica para prestar os esclarecimentos e acompanhamento técnico julgados necessários.

Bibliografia


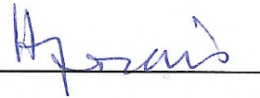
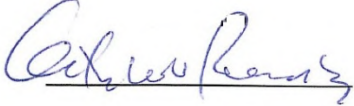
Afonso, André Filipe; Paula, António Miguel; Braz César, Manuel (2016). “Correlações entre resultados de ensaios de penetração dinâmica (DP) com o ensaio standard penetration test (SPT)”. 15º Congresso Nacional de Geotecnia / 8º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 19 a 23 de junho de 2016.

Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 2: Dynamic probing: EN ISO 22476-2 2005 (en)

ASTM. (1985). D 2487-85: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). American Society for Testing and Materials.

Especificação do LNEC E197-1966 – SOLOS: Ensaio de compactação.

IPB-ESTG, Bragança, 09 de setembro de 2021.

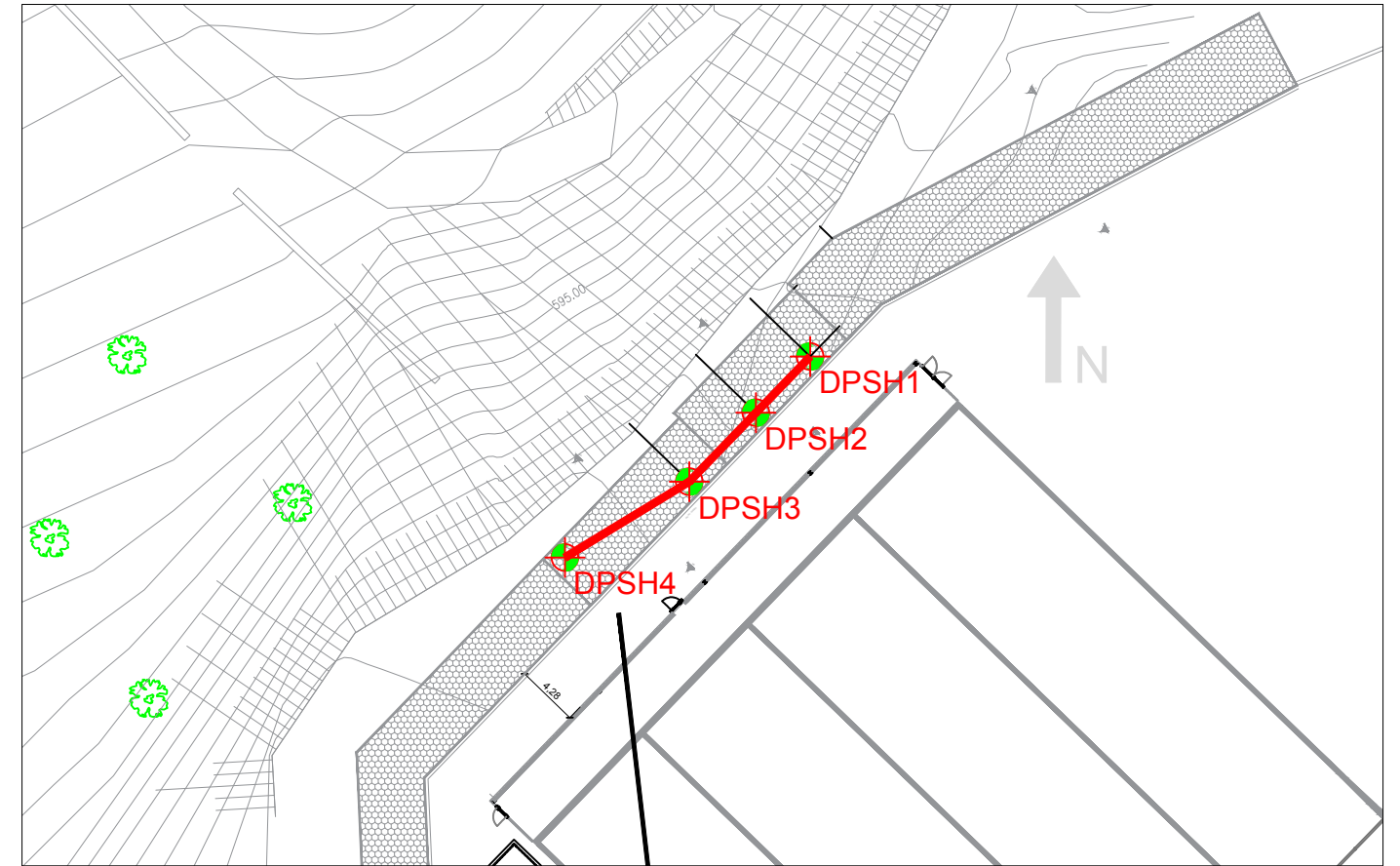
		
António Miguel V. Paula (Responsável)	Hermínia Morais (Técnica Superior)	Octávio Pereira (Técnico)

ANEXOS

ANEXO I (Cortes e planta dos pontos de ensaio DPSH)




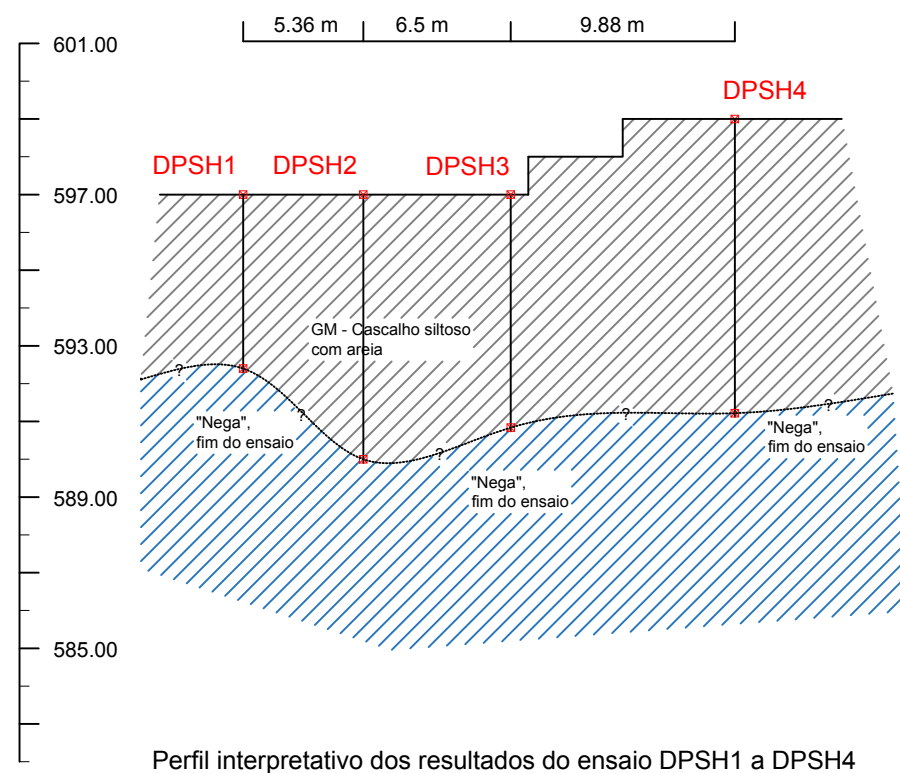
Escala 1/1000



Escala 1/500

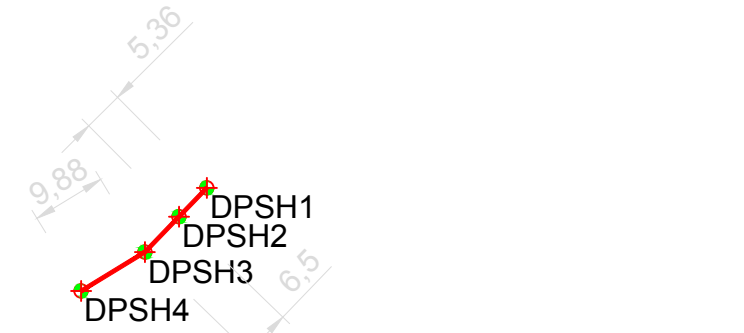
LEGENDA:

 **DPSHi** - Pontos de realização do Ensaio DPSH Dynamic Penetration Super-Heavy




Perfil interpretativo dos resultados do ensaio DPSH1 a DPSH4

Escala no desenho




Pontos de ensaio - longitudinal - DPSH1 a DPSH4

Escala 1/1000

 <p>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão</p>		<p>Laboratório de Geotecnia Telefone: (+351)273303000 Fax: (+351)273313051 E-mail: estig@pb.pt</p>	<p>Escola Superior de Tecnologia e Gestão Campus de Santa Apolónia - Apartado 1134 5301-857 Bragança Portugal</p>
esc:	data:	Cliente: CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.	
1/---	09-09-2021	Perfil interpretativo dos resultados do ensaio DPSH1 a 4	
projectou:	n.º:	Obra/Local: Empreitada de Demolições, Aterro e Muro Suporte da Plataforma na Unidade de Benlhevai-Vila Flor	
	1		

ANEXO II (Resultados dos ensaios de Identificação e Caracterização)

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA	
	Norma de Referência: LNEC E 239 - 1970	
	Amostra:	S1
	Data da Colheita:	06/09/2021
Ciente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.	Obra: "EMPREITADA DE DEMOLIÇÕES, ATERRO E MURO SUPORTE DA PLATAFORMA NA UNIDADE DE BENLHEVAI-VILA FLOR" Local: Benlhevai - Vila Flor

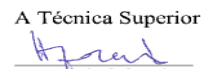
Massa total da amostra: (g)	mt=	5021,40
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m10=	2784,70
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m' 10=	2236,70

Fracção retida no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g) (mx)	% Retida $N_x=(mx/mt) \times 100$	% Acumulada retida (N'x)	% Acumulada que passa (N"x=100-N'x)
76.1 - (3')	615,40	12,26	12,26	87,74
50.8 - (2')	348,60	6,94	19,20	80,80
38,10- (1 1/2')	316,50	6,30	25,50	74,50
25,4 - (1')	329,40	6,56	32,06	67,94
19 - (3/4')	151,00	3,01	35,07	64,93
9,51 - (3/8')	459,70	9,15	44,22	55,78
4.76 - (n4)	287,10	5,72	49,94	50,06
2 - (n10)	277,00	5,52	55,46	44,54
< 2,00 - (n10)	2236,70	44,54		
TOTAL	5021,40	100,00		
Fracção passada no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	86,70	$N''10=(m'10/mt) \times 100=$		44,54
Peneiros	Massa retida (g) (mx)	% Retida (total) $N_x=(mx/ma) \times N''10$	% Acumulada retida total (N'x)	% total acumulada que passa (N"x=100-N'x)
20	12,70	6,52	61,98	38,02
40	11,40	5,86	67,84	32,16
60	8,20	4,21	72,05	27,95
140	15,20	7,81	79,86	20,14
200	6,10	3,13	82,99	17,01
< 200	33,10			
TOTAL	86,70			

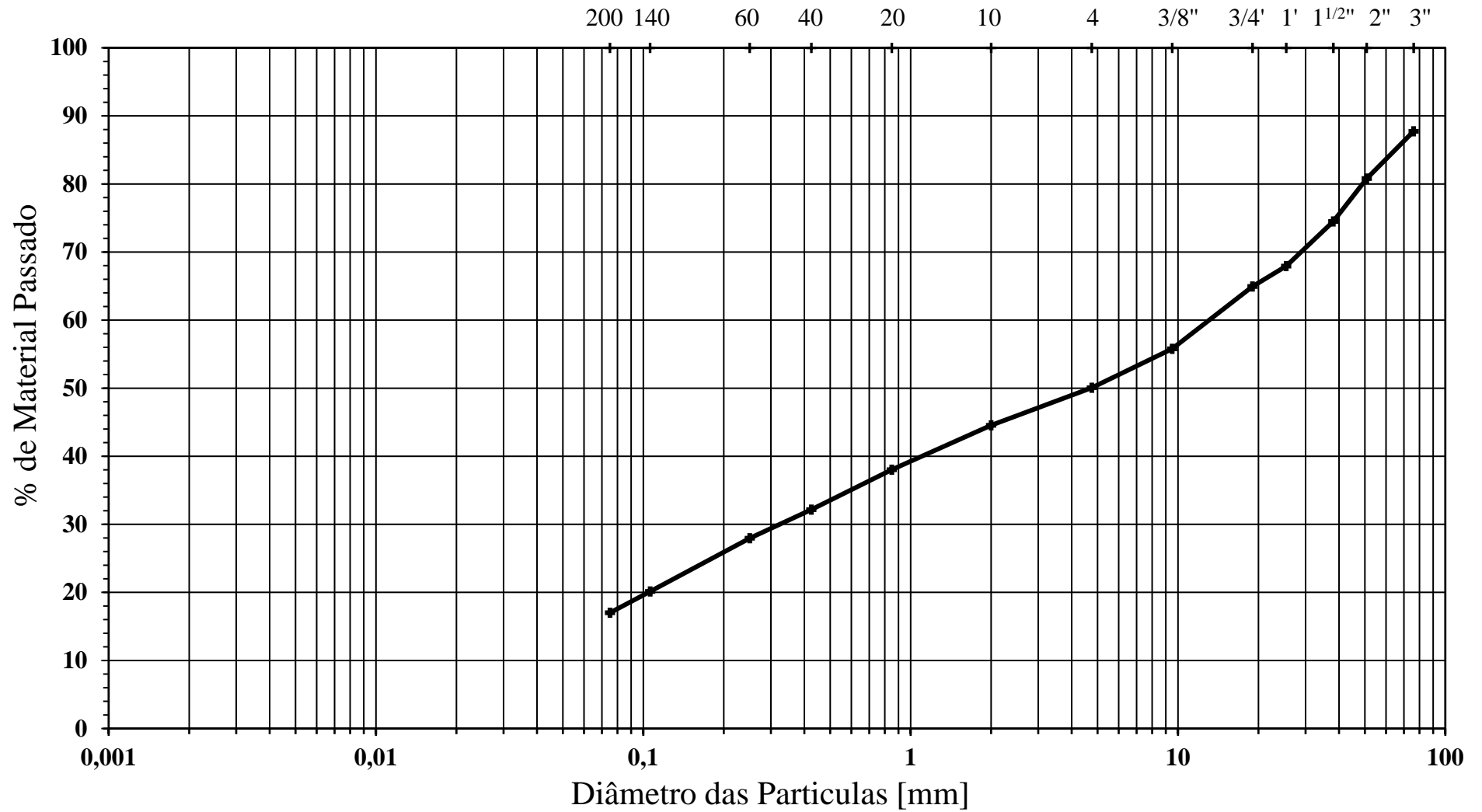
Bragança, 09 de setembro de 2021

O Técnico


 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Hermínia Morais

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA - S1



Argila	Siltes			Areia			Seixo		
	Fino	Médio	Grosso	Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Classificação dum Solo			
		Amostra nº:	PI2	Local:	Benlhevai - Vila Flor
Data Recolha:	06/09/2021				
Cliente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.	Obra:	"EMPREITADA DE DEMOLIÇÕES, ATERRO E MURO SUPORTE DA PLATAFORMA NA UNIDADE DE BENLHEVAI-VILA FLOR"		

Análise Granulométrica					
Nº Peneiro (mm)	75	4,76 (#4)	2,00 (#10)	0,425 (#40)	0,074 (#200)
Passada Acumulada (%)	87,74	50,06	44,54	32,16	17,01
Retida Acumulada (%)	12,26	49,94	55,46	67,84	82,99

Limite de Liquidez	NR
Limite de Plasticidade	NR
Índice de Plasticidade	NP
Teor de Matéria Orgânica	

Coefficiente de Uniformidade	NR
Coefficiente de Curvatura	NR
Cascalho (%)	55,5
Areia (%)	27,5
Silte e Argila (%)	17,0
Índice de Grupo	0

D60 (mm)	10,5
D30 (mm)	0,3
D10 (mm)	s.d

Classificação Unificada (ASTM D2487-85):	GM
Classificação (AASHTO M145-42):	A-1-b (0)
Classificação LCPC/ SETRA:	C₂B₅


Observações:

GM - Solo grosso, cascalho siltoso com areia. Permeabilidade quando compactado semipermeável a impermeável, boa resistência ao corte quando compactado e saturado, desprezável compressibilidade quando compactado e saturado, e boa trabalhabilidade como material de construção. Segundo o MACOPAV é um solo admissível em aterro e em leito de pavimento.

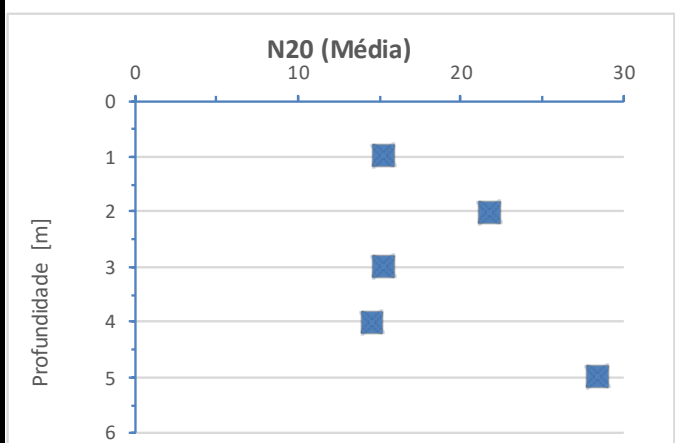
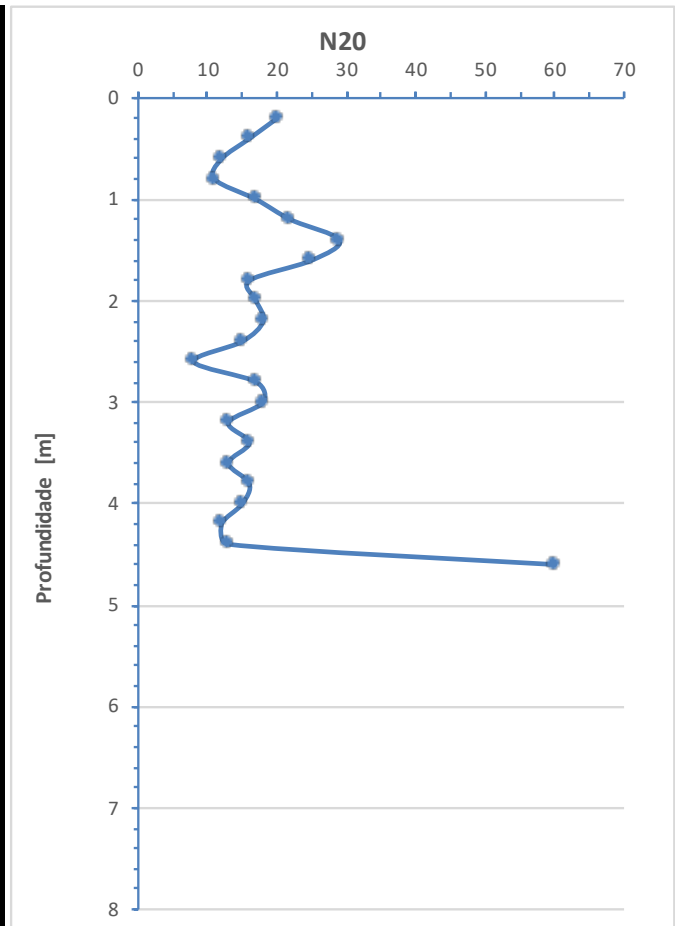
A-1-b (0) - Solos de materiais granulares, predominantemente constituídos por cascalho, areia grossa e silte.

C₂(B₅) - Materiais angulosos muito facetados (0/50mm ≤60%), solo cuja percentagem que passa no peneiro nº 200 está compreendida entre 5% e 35%.


**ANEXO III (Resultados dos pontos de prospeção e de realização dos
ensaios DPSH)**

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaios de Penetração com DPSH				
		Posição:	1	Sondagem nº:	P1	
		Coordenadas	Este:		Direita do eixo:	
			Norte:			
Data:	06/09/21	Nível de água:	Não Detectado			
Cliente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.		Obra:	Aterro e muro de suporte da plataforma na unidade de Benlhevai-Vila Flor"		
			Local:	Benlhevai-Vila Flor		

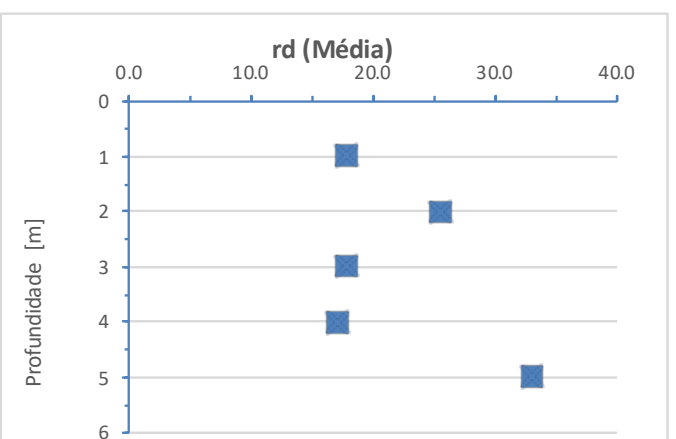
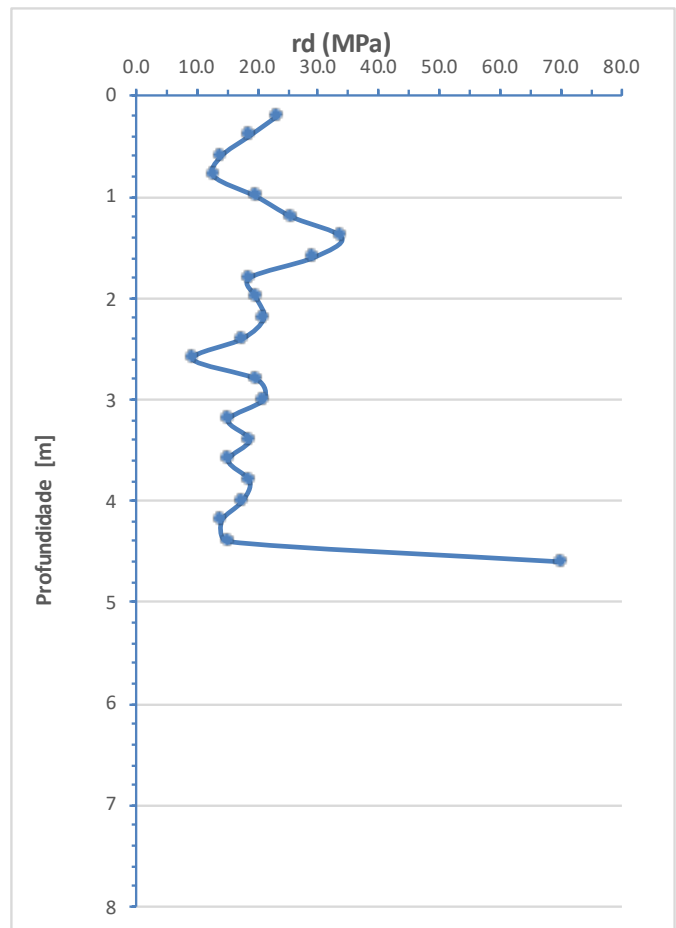
Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	20	4.2	12	8.2	
0.4	16	4.4	13	8.4	
0.6	12	4.6	60	8.6	
0.8	11	4.8		8.8	
1	17	5		9	
N₂₀ (Méd)	15.2	N₂₀ (Méd)	28.3	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1.2	22	5.2		9.2	
1.4	29	5.4		9.4	
1.6	25	5.6		9.6	
1.8	16	5.8		9.8	
2	17	6		10	
N₂₀ (Méd)	21.8	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2.2	18	6.2		10.2	
2.4	15	6.4		10.4	
2.6	8	6.6		10.6	
2.8	17	6.8		10.8	
3	18	7		11	
N₂₀ (Méd)	15.2	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3.2	13	7.2		11.2	
3.4	16	7.4		11.4	
3.6	13	7.6		11.6	
3.8	16	7.8		11.8	
4	15	8		12	
N₂₀ (Méd)	14.6	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!



*=19cm

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaios de Penetração com DPSH				
		Posição:	1	Sondagem nº:	P1	
		Coordenadas	Este:		Direita do eixo:	
			Norte:			
Data:	06/09/21	Elevação (Z):	597	Nível de água:	Não Detectado	
Cliente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.		Obra:	Aterro e muro de suporte da plataforma na unidade de Benlhevai Vila Flor"		
			Local:	Benlhevai-Vila Flor		

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	23.36	4.2	14.02	8.2	
0.4	18.69	4.4	15.18	8.4	
0.6	14.02	4.6	70.08	8.6	
0.8	12.85	4.8		8.8	
1	19.86	5		9	
rd (Méd)	17.75	rd (Méd)	33.09	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2	25.70	5.2		9.2	
1.4	33.87	5.4		9.4	
1.6	29.20	5.6		9.6	
1.8	18.69	5.8		9.8	
2	19.86	6		10	
rd (Méd)	25.46	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
2.2	21.02	6.2		10.2	
2.4	17.52	6.4		10.4	
2.6	9.34	6.6		10.6	
2.8	19.86	6.8		10.8	
3	21.02	7		11	
rd (Méd)	17.75	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
3.2	15.18	7.2		11.2	
3.4	18.69	7.4		11.4	
3.6	15.18	7.6		11.6	
3.8	18.69	7.8		11.8	
4	17.52	8		12	
rd (Méd)	17.05	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=19cm

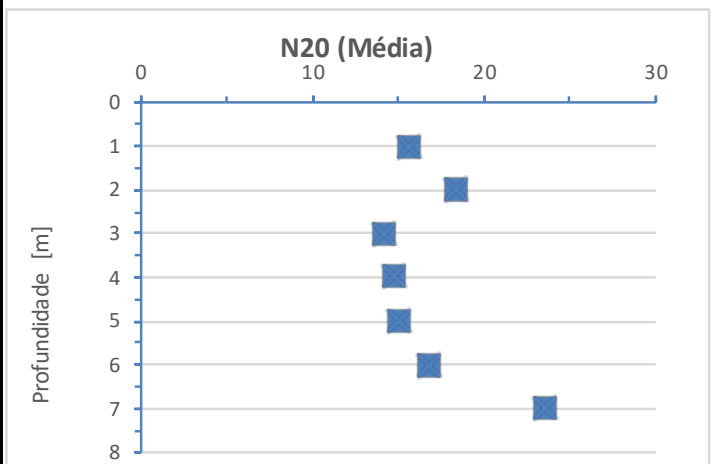
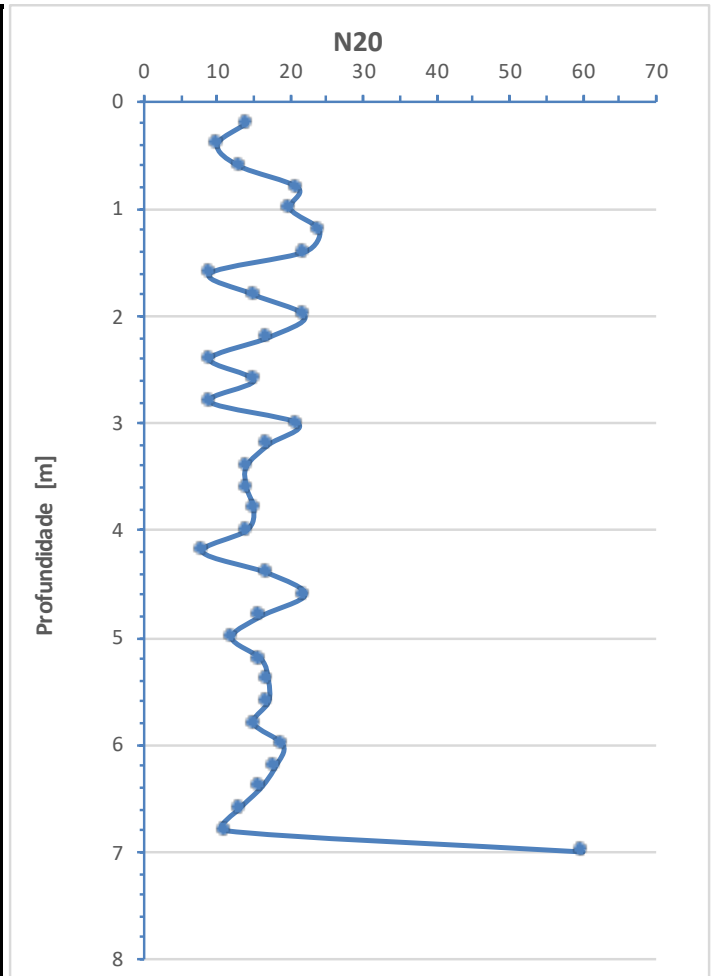


INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão


Ensaio de Penetração com DPSH

Posição:	2	Sondagem nº:	P2	
Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:	
	Norte:			
	Elevação (Z):	597		
Data:	06/09/21	Nível de água:	Não detectado	
Cliente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.		Obra:	Aterro e muro de suporte da plataforma na unidade de Benlhevai-Vila Flor"
			Local:	Benlhevai-Vila Flor

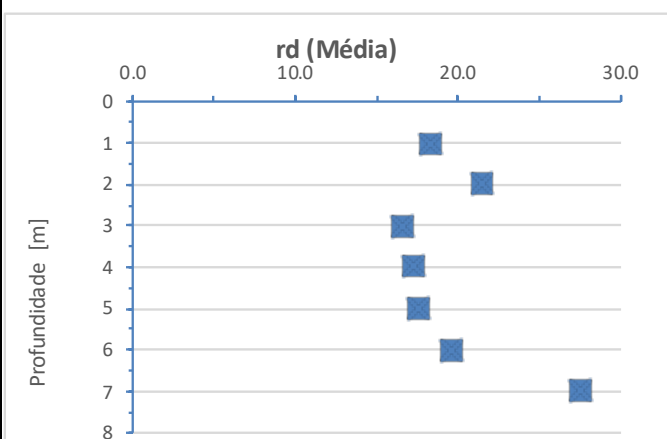
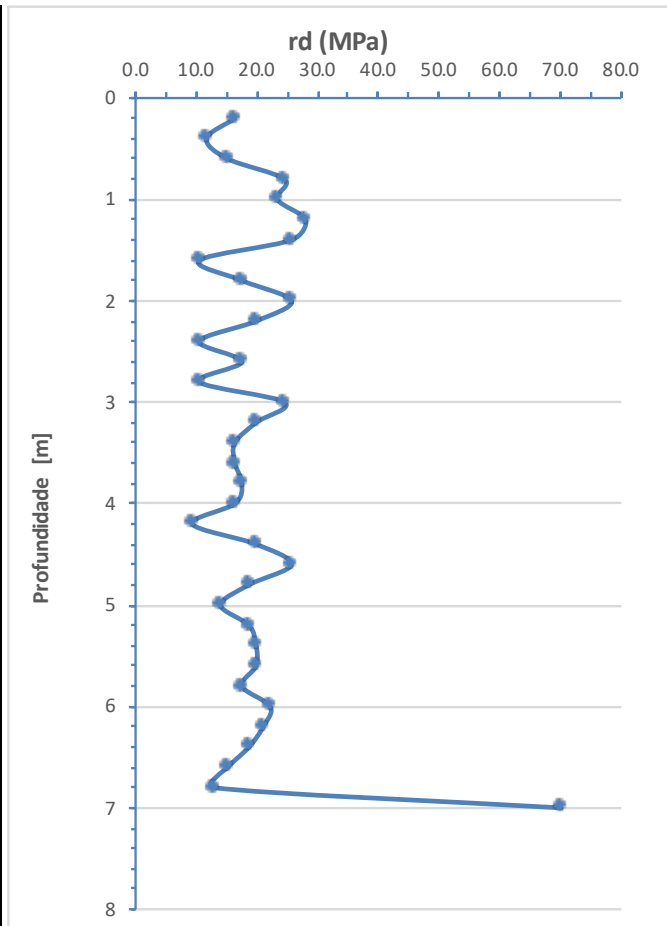
Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	14	4.2	8	8.2	
0.4	10	4.4	17	8.4	
0.6	13	4.6	22	8.6	
0.8	21	4.8	16	8.8	
1	20	5	12	9	
N₂₀ (Méd)	15.6	N₂₀ (Méd)	15	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1.2	24	5.2	16	9.2	
1.4	22	5.4	17	9.4	
1.6	9	5.6	17	9.6	
1.8	15	5.8	15	9.8	
2	22	6	19	10	
N₂₀ (Méd)	18.4	N₂₀ (Méd)	16.8	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2.2	17	6.2	18	10.2	
2.4	9	6.4	16	10.4	
2.6	15	6.6	13	10.6	
2.8	9	6.8	11	10.8	
3	21	7	60	11	
N₂₀ (Méd)	14.2	N₂₀ (Méd)	23.6	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3.2	17	7.2		11.2	
3.4	14	7.4		11.4	
3.6	14	7.6		11.6	
3.8	15	7.8		11.8	
4	14	8		12	
N₂₀ (Méd)	14.8	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!



*=17cm

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaios de Penetração com DPSH				
		Posição:	2	Sondagem nº:	P2	
		Coordenadas	Este:		Direita do eixo:	
			Norte:			
Data:	06/09/21	Nível de água:	597			
Cliente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.		Obra:	Aterro e muro de suporte da plataforma na unidade de Benlhevai Vila Flor"		
			Local:	Benlhevai-Vila Flor		

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	16.35	4.2	9.34	8.2	
0.4	11.68	4.4	19.86	8.4	
0.6	15.18	4.6	25.70	8.6	
0.8	24.53	4.8	18.69	8.8	
1	23.36	5	14.02	9	
rd (Méd)	18.22	rd (Méd)	17.52	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2	28.03	5.2	18.69	9.2	
1.4	25.70	5.4	19.86	9.4	
1.6	10.51	5.6	19.86	9.6	
1.8	17.52	5.8	17.52	9.8	
2	25.70	6	22.19	10	
rd (Méd)	21.49	rd (Méd)	19.62	rd (Méd)	#DIV/0!
2.2	19.86	6.2	21.02	10.2	
2.4	10.51	6.4	18.69	10.4	
2.6	17.52	6.6	15.18	10.6	
2.8	10.51	6.8	12.85	10.8	
3	24.53	7	70.08	11	
rd (Méd)	16.59	rd (Méd)	27.56	rd (Méd)	#DIV/0!
3.2	19.86	7.2		11.2	
3.4	16.35	7.4		11.4	
3.6	16.35	7.6		11.6	
3.8	17.52	7.8		11.8	
4	16.35	8		12	
rd (Méd)	17.29	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=17cm



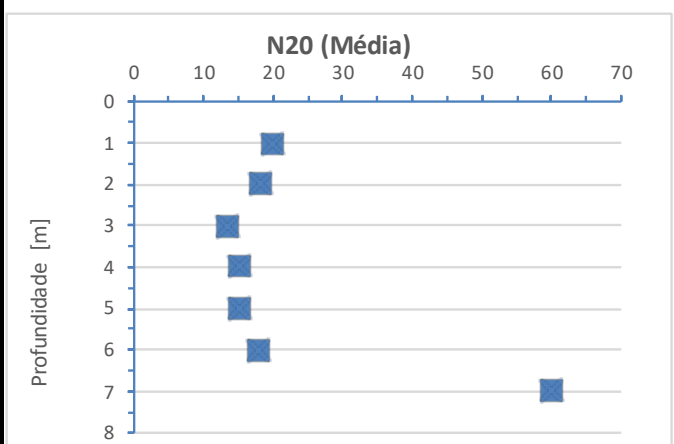
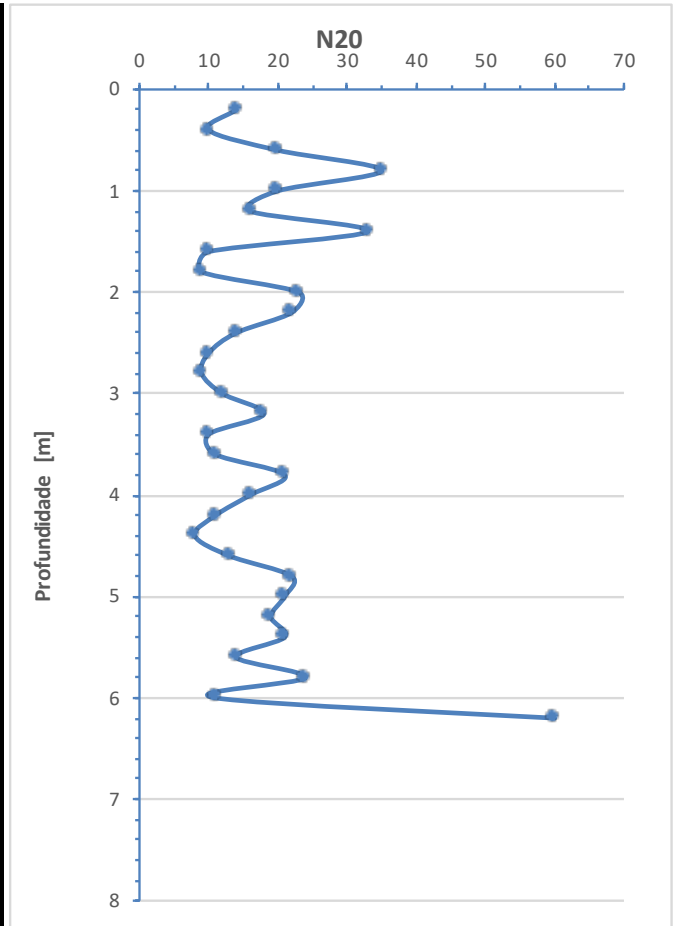
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão


Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	3	Sondagem nº:	P3	
Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:	
	Norte:			
	Elevação (Z):	597		
Data:	06/09/21	Nível de água:	Não detectado	
Cliente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.		Obra:	Aterro e muro de suporte da plataforma na unidade de Benlhevai Vila Flor"
			Local:	Benlhevai-Vila Flor

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	14	4.2	11	8.2	
0.4	10	4.4	8	8.4	
0.6	20	4.6	13	8.6	
0.8	35	4.8	22	8.8	
1	20	5	21	9	
N₂₀ (Méd)	19.8	N₂₀ (Méd)	15.0	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1.2	16	5.2	19	9.2	
1.4	33	5.4	21	9.4	
1.6	10	5.6	14	9.6	
1.8	9	5.8	24	9.8	
2	23	6	11	10	
N₂₀ (Méd)	18.2	N₂₀ (Méd)	17.8	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2.2	22	6.2	60	10.2	
2.4	14	6.4		10.4	
2.6	10	6.6		10.6	
2.8	9	6.8		10.8	
3	12	7		11	
N₂₀ (Méd)	13.4	N₂₀ (Méd)	60	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3.2	18	7.2		11.2	
3.4	10	7.4		11.4	
3.6	11	7.6		11.6	
3.8	21	7.8		11.8	
4	16	8		12	
N₂₀ (Méd)	15.2	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!

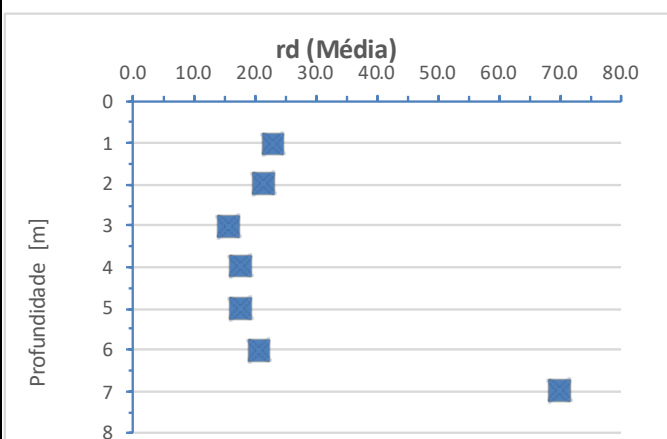
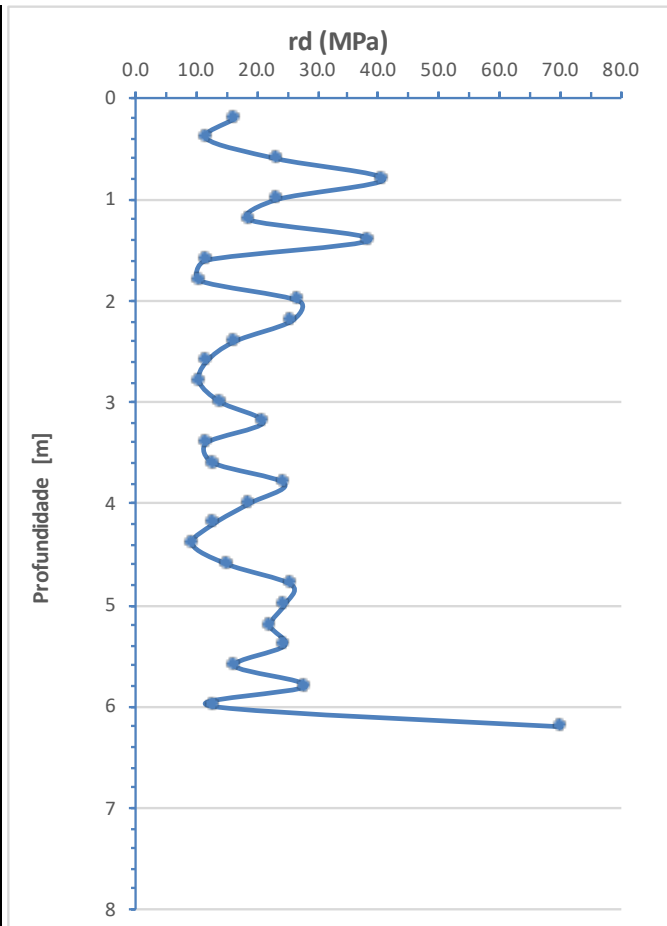
*=18cm



 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaios de Penetração com DPSH				
		Posição:	3	Sondagem nº:	P3	
		Coordenadas	Este:		Direita do eixo:	
			Norte:			
Data:	06/09/21	Elevação (Z):	597	Nível de água:	Não detectado	
Cliente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.		Obra:	Aterro e muro de suporte da plataforma na unidade de Benlhevai Vila Flor"		
			Local:	Benlhevai-Vila Flor		

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	16.35	4.2	12.85	8.2	
0.4	11.68	4.4	9.34	8.4	
0.6	23.36	4.6	15.18	8.6	
0.8	40.88	4.8	25.70	8.8	
1	23.36	5	24.53	9	
rd (Méd)	23.13	rd (Méd)	17.52	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2	18.69	5.2	22.19	9.2	
1.4	38.54	5.4	24.53	9.4	
1.6	11.68	5.6	16.35	9.6	
1.8	10.51	5.8	28.03	9.8	
2	26.86	6	12.85	10	
rd (Méd)	21.26	rd (Méd)	20.79	rd (Méd)	#DIV/0!
2.2	25.70	6.2	70.08	10.2	
2.4	16.35	6.4		10.4	
2.6	11.68	6.6		10.6	
2.8	10.51	6.8		10.8	
3	14.02	7		11	
rd (Méd)	15.65	rd (Méd)	70.08	rd (Méd)	#DIV/0!
3.2	21.02	7.2		11.2	
3.4	11.68	7.4		11.4	
3.6	12.85	7.6		11.6	
3.8	24.53	7.8		11.8	
4	18.69	8		12	
rd (Méd)	17.75	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!

*=17cm





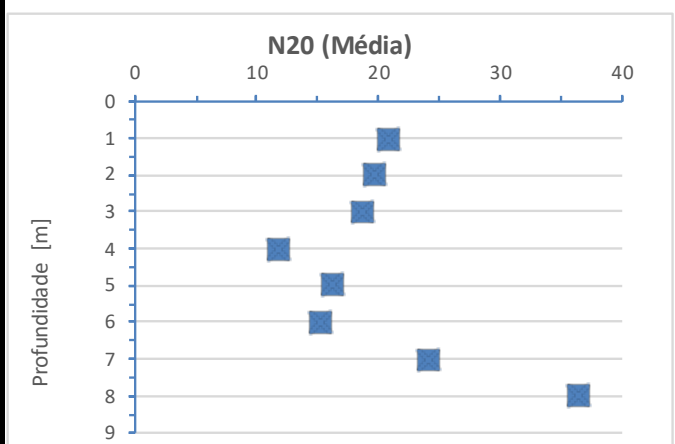
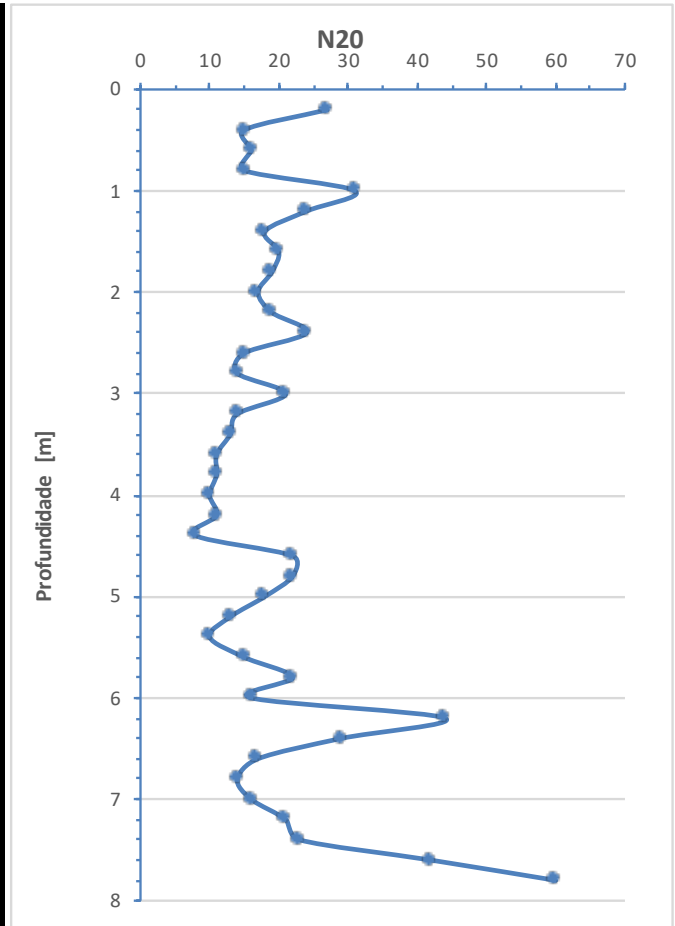
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão


Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	4	Sondagem nº:	P4
Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):	599	
Data:	06/09/21	Nível de água:	Não detectado
Cliente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.		
Obra:	Aterro e muro de suporte da plataforma na unidade de Benlhevai Vila Flor"		
Local:	Benlhevai-Vila Flor		

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	27	4.2	11	8.2	
0.4	15	4.4	8	8.4	
0.6	16	4.6	22	8.6	
0.8	15	4.8	22	8.8	
1	31	5	18	9	
N₂₀ (Méd)	20.8	N₂₀ (Méd)	16.2	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1.2	24	5.2	13	9.2	
1.4	18	5.4	10	9.4	
1.6	20	5.6	15	9.6	
1.8	19	5.8	22	9.8	
2	17	6	16	10	
N₂₀ (Méd)	19.6	N₂₀ (Méd)	15.2	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2.2	19	6.2	44	10.2	
2.4	24	6.4	29	10.4	
2.6	15	6.6	17	10.6	
2.8	14	6.8	14	10.8	
3	21	7	16	11	
N₂₀ (Méd)	18.6	N₂₀ (Méd)	24	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3.2	14	7.2	21	11.2	
3.4	13	7.4	23	11.4	
3.6	11	7.6	42	11.6	
3.8	11	7.8	60	11.8	
4	10	8		12	
N₂₀ (Méd)	11.8	N₂₀ (Méd)	36.5	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!

*=10cm



 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaios de Penetração com DPSH				
		Posição:	4	Sondagem nº:	P4	
		Coordenadas	Este:		Direita do eixo:	
			Norte:			
Data:	06/09/21	Nível de água:	Não detectado			
Cliente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.		Obra:	Aterro e muro de suporte da plataforma na unidade de Benlhevai Vila Flor"		
			Local:	Benlhevai-Vila Flor		

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	31.54	4.2	12.85	8.2	
0.4	17.52	4.4	9.34	8.4	
0.6	18.69	4.6	25.70	8.6	
0.8	17.52	4.8	25.70	8.8	
1	36.21	5	21.02	9	
rd (Méd)	24.29	rd (Méd)	18.92	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2	28.03	5.2	15.18	9.2	
1.4	21.02	5.4	11.68	9.4	
1.6	23.36	5.6	17.52	9.6	
1.8	22.19	5.8	25.70	9.8	
2	19.86	6	18.69	10	
rd (Méd)	22.89	rd (Méd)	17.75	rd (Méd)	#DIV/0!
2.2	22.19	6.2	51.39	10.2	
2.4	28.03	6.4	33.87	10.4	
2.6	17.52	6.6	19.86	10.6	
2.8	16.35	6.8	16.35	10.8	
3	24.53	7	18.69	11	
rd (Méd)	21.72	rd (Méd)	28.03	rd (Méd)	#DIV/0!
3.2	16.35	7.2	24.53	11.2	
3.4	15.18	7.4	26.86	11.4	
3.6	12.85	7.6	49.06	11.6	
3.8	12.85	7.8	70.08	11.8	
4	11.68	8		12	
rd (Méd)	13.78	rd (Méd)	42.63	rd (Méd)	#DIV/0!

*=10cm

