

RELATÓRIO GEOTÉCNICO

Avaliação e Capacidade Resistente do Solo de Fundação

Ensaio com Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (DPSH)

Compacidade “in situ” (Ensaio Proctor e Avaliação da Compactação com Célula Radioativa)

Prospecção Geotécnica em Poços de Prospecção

Autore responsável técnico do relatório: António Miguel Verdelho Paula*

*Instituto Politécnico de Bragança

ENTIDADE: Câmara Municipal de Vila Flor

OBRA: Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica

LOCAL: Vila Flor

Bragança, 5 de maio de 2021

Índice

1	Introdução.....	3
2	Trabalhos realizados.....	3
2.1	Ensaio DPSH - Penetrómetro Dinâmico Superpesado (DPSH - Dynamic Penetration Super-Heavy)	4
2.2	Ensaio de compactação “Proctor”	5
2.3	Ensaio de compactação com a célula radioativa (Gamadensímetro Nuclear).....	6
2.4	Inspeção visual em poços de prospeção	7
3	Análise preliminar dos resultados de caracterização geotécnica	8
3.1	Identificação, classificação e compacidade	8
3.2	Resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH.	9
4	Considerações finais.....	12
	Bibliografia.....	13

RELATÓRIO TÉCNICO

1 Introdução

Requerido pela Câmara Municipal de Vila Flor, procedeu-se à realização de três ensaios com Penetrómetro Dinâmico Superpesado DPSH (Dynamic Penetration Super-Heavy), ensaios de caracterização da compactação “in-situ” e poços de prospeção geotécnica para identificação e caracterização geotécnica no local de implantação da futura reconstrução de “Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica.”, (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 foi realizado no dia 30 de maio de 2021 e consistiu, na realização de três ensaios DPSH - Penetrómetro Dinâmico Super Pesado, dois pontos de caracterização da compactação com o gamadensímetro nuclear à superfície do terreno, recolha de amostras de solo em poços de prospeção e posterior caracterização e identificação do solo 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, pontos de caracterização da compactação com o gamadensímetro e dos poços de prospeção geotécnica 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 cônica 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 3 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 II.

2.2 Ensaio de compactação “Proctor”

O ensaio de compactação PROCTOR, consiste na determinação do teor em água ótimo e o peso volúmico seco máximo, para cada energia de compactação aplicada ao solo. O ensaio de compactação, para além de outras aplicações, permite fixar um termo de comparação com peso volúmico seco máximo e humidade do solo *in situ* e assim, obter o valor do grau de compactação/densidade do solo no seu estado natural.

A preparação da amostra e execução do ensaio seguiu o previsto na Especificação do LNEC E197-1966 – SOLOS: Ensaio de compactação. A amostra foi moldada em moldes grandes com compactação pesada. Esta compactação fez-se em 5 camadas com 55 pancadas cada uma delas, através de compactador automático. A correção da amostra foi feita segundo a norma ASTM D 4718-87 (2001) – Standard Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles.

Para cada provete ensaiado foi retirado o valor do teor em água, segundo a Norma NP84 – 1965 e o peso volúmico seco máximo do solo. Estes valores foram anotados em gráfico permitindo determinar e traçar a curva de baridade seca – teor em água, e achar o ponto máximo da curva, que corresponde aos valores ótimos desejados.

O resultado do ensaio efetuado encontra-se no Anexo II, sendo, no entanto, de destacar os seguintes valores finais apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Valores de compactação Proctor.

	Solo PI1	Solo PI2
Baridade seco máximo do solo (g/cm ³)	1,98	1,98
Peso volúmico seco máxima do solo (kN/m ³)	19,42	19,42
Teor em água ótimo (%)	8,5	9,0

2.3 Ensaio de compactação com a célula radioativa (Gamadensímetro Nuclear).

O ensaio com a célula radioativa em campo permite determinar o teor em água e o peso volúmico do solo. Este ensaio tem como objetivo a comparação entre os valores obtidos em laboratório através do Ensaio de Compactação Proctor e os valores in situ obtidos através da célula radioativa.

Em campo (no aterro/solo de fundação), foram realizados dois ensaios com célula radioativa, devidamente identificados no Desenho 1 do Anexo I. Os resultados dos ensaios efetuados encontram-se no Anexo II.

Como referido atrás, o valor do peso volúmico seco máximo do solo à superfície do PI1 é de 19,42 (kN/m³) e o teor de humidade ótima de 8,5%. Em campo, obteve-se um peso volúmico seco de 19,12 (kN/m³), teor em água de 13,4%, correspondendo a um grau de compactação do solo à superfície de 98,5%.

Para o solo á superfície no PI2 o valor do peso volúmico seco máximo é de 19,42 (kN/m³) e o teor de humidade ótima de 9,0%. Em campo, obteve-se um peso volúmico seco de 19,02 (kN/m³), teor em água de 7,3%, correspondendo a um grau de compactação de aterro de 97,9%.

De referir que este grau de compactação se refere à densidade do solo à superfície. Os valores obtidos não refletem a densidade/compacidade do solo em profundidade, como será observado nos resultados do ensaio DPSH em profundidade.

2.4 Inspeção visual em poços de prospeção

A inspeção visual dos solos foi efetuada através da abertura de dois poços de prospeção até aproximadamente 1,30 metros de profundidade no Poço 1 e 2,30 metros no Poço 2, com uma máquina escavadora, permitindo deste modo o acesso a um técnico para realizar uma inspeção visual das paredes e fundo do poço e recolher amostras deformadas representativas do solo. O solo colhido posteriormente é usado para se proceder à sua identificação e classificação em laboratório. Os poços são meios de prospeção que têm como vantagem poder-se efetuar a inspeção visual do terreno atravessado; facilidade em colher amostras deformadas em quantidade considerável, qualquer que seja o tipo de solo.

Os poços de inspeção foram identificados como PI1 e PI2, ver no Desenho 1 do Anexo I. Na Figura 5 estão ilustrados os dois poços de inspeção realizados e o aspeto do solo intersectado.



Figura 5 – Poços de prospeção: a) PI1; b) PI2

O resultado do ensaio de identificação e caracterização dos solos intersetados nos poços de prospeção, PI, encontra-se no Anexo II.

3 Análise preliminar dos resultados de caracterização geotécnica

3.1 Identificação, classificação e compactidade

Os resultados dos ensaios de identificação e caracterização do solo de fundação colhidos nos poços de prospeção encontram-se no Anexo II. Para facilitar a leitura, no Quadro 2, estão apresentados, resumidamente, os principais parâmetros dos ensaios realizados: composição granulométrica do solo; classificação unificada; teor em água e peso volúmico seco; e grau de compactação.

Da análise dos resultados obtidos é possível verificar que o material existente na camada superficial do aterro na zona PI1, é um solo grosso, cascalho siltoso com areia, sendo a percentagem de cascalho cerca de 56%, e na zona do PI2, é um solo grosso, cascalho siltoso com areia, sendo a percentagem de cascalho de cerca 54% do material. O diâmetro médio das partículas (D50) nos dois solos é de cerca de 7 mm e 5,5 mm para o poço PI1 e PI2, respetivamente.

Quadro 2 – Principais parâmetros de identificação e caracterização do solo da plataforma do aterro.

Ponto de ensaio	Composição Granulométrica									Classificação do Solo ASTM D 2487-85	
	% Seixo	% Areia	% Silte	% Argila	D _{máx} (mm)	D ₆₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₁₀ (mm)		
PI1	56,4	10,6	33,1	n.d.	80,0	11,5	7,0	s.d	s.d	GM	Cascalho siltoso com areia
PI2	54,2	18,7	27,1	n.d.	80,0	9,0	5,5	0,12	s.d	GM	Cascalho siltoso com areia

Continuação do Quadro 2

Poço de inspeção	Resultados do ensaio Proctor		Resultados do ensaio com célula radioativa		Grau de compactação "in situ" (%)
	$\gamma_{dmáx}$ (kN/m ³)	w _{opt} (%)	$\gamma_{d\ in\ situ}$ (kN/m ³)	w _{in situ} (%)	
PI1	19.42	8.5	19.12	13.4	98.5
PI2	19.42	9.0	19.02	7.3	97.9

Legenda do Quadro 1

- D_i - Diâmetro correspondente a i% de passados
- w_{natural} (%) - Teor em água natural
- $\gamma_{dmáx}$ (kN/m³) - peso específico seco máximo
- w_{opt} - teor em água ótimo
- $\gamma_{d\ in\ situ}$ - peso específico seco in situ
- w_{in situ} - teor em água in situ
- n. d. - nada a dizer
- 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 para os dois tipos de solo. As tabelas de classificação encontram-se no Anexo II.

Solo PI1 e Solo PI2 (são do mesmo tipo):

- 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-2-4 (0)] - Materiais granulares, classificando-se como seixo a areia siltosa ou argilosa, tendo um comportamento excelente a bom na camada sob o pavimento.
- 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%.

3.2 Resultados dos ensaios do penetrômetro dinâmico superpesado, DPSH.

Os resultados dos ensaios do penetrômetro dinâmico superpesado, DPSH, encontram-se no Anexo III. Para facilitar a leitura e fazer uma análise dos resultados obtidos, no Quadro 3 encontra-se um resumo dos resultados obtidos.

Quadro 3 – Resumos dos resultados obtidos dos ensaios de penetrômetro dinâmico superpesado, DPSH.

Ponto de ensaio DPSH	Cota da boca do furo (m)	Fim do ensaio (m)	N ₂₀ (Médio) (por metro)		
			[0,0 m - 1,0m]	[1,0 m - 2,0m]	[2,0 m -3,0m]
P1/DPSH1	561.00	1.4	18.2	43.5	-
P2/DPSH2	561.00	3.0	7.2	6.6	20.6
P3/DPSH3	561.00	0.4	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 3 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 1,4 metros para o DPSH1, 3,0 metros para o DPSH2 e de 0,4 metros para o DPSH3. O valor do N_{20} médio, sem considerar a nega (último valor de cada ensaio) é igual a 12,1. Este valor é baixo o que permite referir a baixa compactidade dos solos atravessados pelo ensaio. Ao longo da realização dos três ensaios DPSH, foi possível verificar que a ponteira e as varas, quando extraídas do solo, apresentavam pouca humidade não podendo assim confirmar a presença de água no solo de fundação.

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 4 encontra-se um resumo dos resultados obtidos para o r_d (resistência de ponta em MPa). Da análise do Quadro 4, 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 2,6 MPa e 29,9 MPa. Com os valores obtidos dos r_d não se aconselha a utilização deste material no seu estado *in situ* para a fundação de qualquer tipo de estrutura. No entanto este solo – mais fraco – tem pouca possança e facilmente se conseguem atingir o estrato rijo – mais resistente – a pouca profundidade, como facilmente se pode confirma pela análise dos resultados.

Quadro 4 – Resultados dos ensaios DPSH nos pontos P1 a P3, resistência de ponta r_d (MPa).

Ponto de ensaio DPSH	Cota da boca do furo (m)	Fim do ensaio (m)	rd (MPa) (Médio) (por metro)			Média
			[0,0 m - 1,0m]	[1,0 m - 2,0m]	[2,0 m -3,0m]	
P1/DPSH1	561.00	1.4	21.3	50.8	-	36.0
P2/DPSH2	561.00	3.0	8.4	7.7	24.1	13.4
P3/DPSH3	561.00	0.4	42.5	-	-	42.5

- 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 5 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 5 – Relação entre o N_{SPT} e o N_{DPSH} .

Ponto de ensaio DPSH	Fim do ensaio (m)	N_{SPT} (Médio) (por metro)= $0,96.N_{DPSH}$		
		[0,0 m - 1,0m]	[1,0 m - 2,0m]	[2,0 m -3,0m]
P1/DPSH1	1.4	17.5	41.8	-
P2/DPSH2	3.0	6.9	6.3	19.8
P3/DPSH3	0.4	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 6 estão representados os valores obtidos para a tensão máxima admissível estimada.

Quadro 6 – Tensão máxima admissível estimada em sapatas de fundação.

Ponto de ensaio DPSH	Fim do ensaio (m)	q_a (kPa), tensão admissível em sapatas de fundação		
		[0,0 m - 1,0m]	[1,0 m - 2,0m]	[2,0 m -3,0m]
P1/DPSH1	1.4	174.7	417.6	-
P2/DPSH2	3.0	69.1	63.4	197.8
P3/DPSH3	0.4	350.4	-	-

Da análise do Quadro 6, pode-se observar que o solo de fundação apresenta uma tensão admissível, antes de ser atingida a nega no ensaio, entre 69.1 MPa e 174.7 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. No entanto, como referido atrás, os valores da capacidade de carga na nega são elevados e verificam-se a baixa profundidade relativamente à superfície do terreno. É possível observar valores da tensão admissível do terreno no fim do ensaio entre 200 a 400 kPa, variando com o ensaio, ver quadro 6.

- 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:

$\phi'(^{\circ})$ – 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 5.

No Quadro 7 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 29,0° e 32,2° (sem considerar a nega). Tratando-se de cascalhos com siltes e areia, os valores estimados para o ângulo de atrito são típicos de soltos.

Quadro 7 – Ângulo de atrito interno efetivo do solo – estimado.

Ponto de ensaio DPSH	Fim do ensaio (m)	ϕ' (°), ângulo de atrito efetivo interno do solo		
		[0,0 m - 1,0m]	[1,0 m - 2,0m]	[2,0 m -3,0m]
P1/DPSH1	6.4	32.2	38.7	-
P2/DPSH2	4.2	29.1	29.0	32.8
P3/DPSH3	2.8	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 um solo/aterro para a fundação da futura reconstrução da “Requalificação Geral/Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica”, em 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}) está entre 5,5 mm e 7 mm. O grau de compactação do aterro à superfície é de 98%. No entanto a compacidade desce com profundidade.

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 da nova ampliação do edifício em requalificação. A tensão admissível varia de ponto para ponto. Os valores das tensões admissíveis obtidos são de 200 kPa a 400 kPa. Estes valores correspondentes à nega no ensaio DPSH. Como a nega foi atingida a baixa profundidade, é recomendável a realização da base das fundações às cotas onde se dá a nega no 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 julgado necessários.

Bibliografia

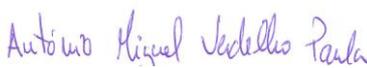
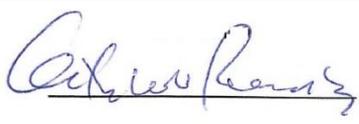
Afonso, André Filipe; Paula, António Miguel; Braz César, Manuel (2016). “Correlações entre resultados de ensaios de penetração dinâmica (DP) com o ensaio standard penetration test (SPT)”. 15º Congresso Nacional de Geotecnia / 8º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, Faculdade de Engenharia da Universidade 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, 05 de maio de 2021.

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

ANEXOS

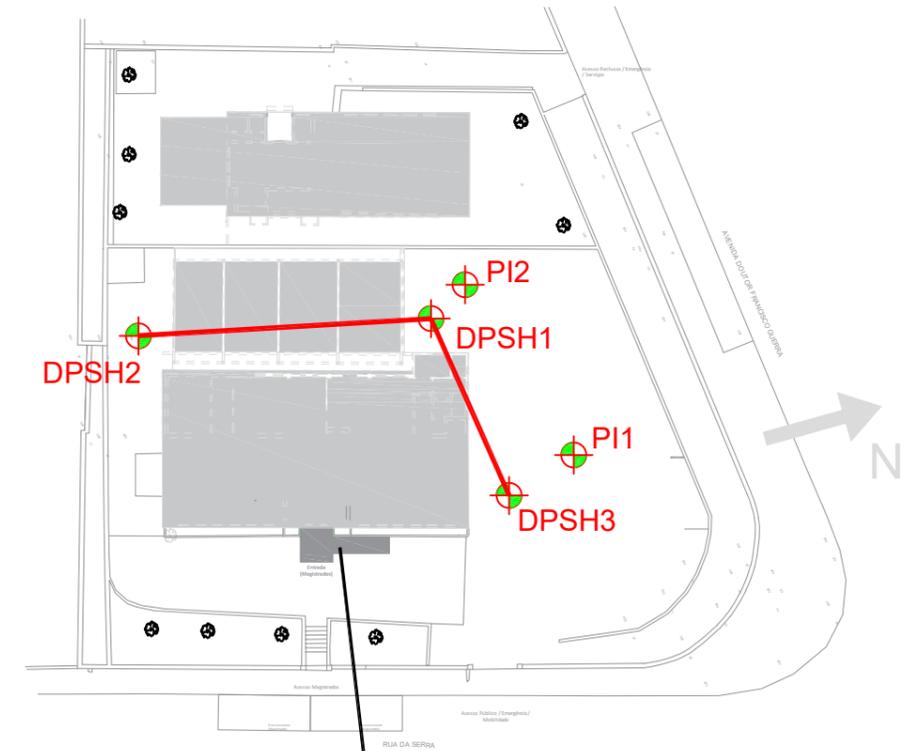
**ANEXO I (Cortes e planta dos pontos de ensaio DPSH e Poços de
Prospecção)**



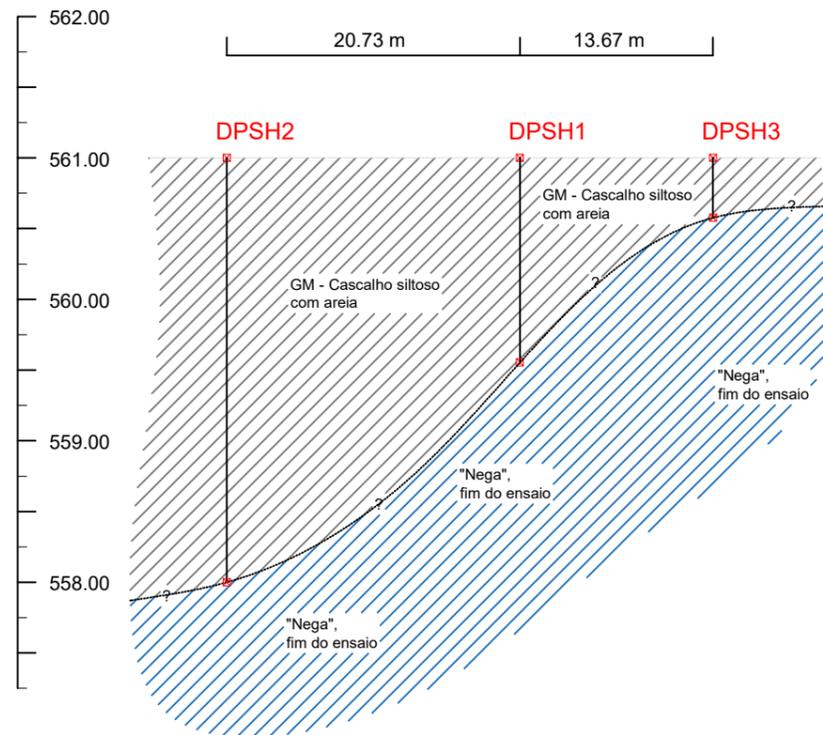
Escala 1/500

LEGENDA:

- DPSHi** - Pontos de realização do Ensaio DPSH Dynamic Penetration Super-Heavy
- Pli** - Pontos de prospeção/Inspeção

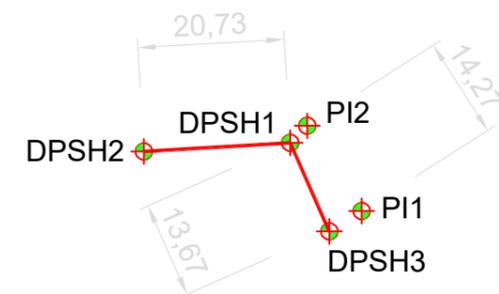


Escala 1/500



Perfil interpretativo dos resultados do ensaio DPSH1 a DPSH3

Escala horizontal 1/500



Pontos de ensaio - longitudinal - DPSH1 a DPSH2

Poços de prospeção - longitudinal - PI1 a PI2

Escala 1/1000

<p>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão</p>		<p>Laboratório de Geotecnia</p> <p>Telefone: (+351)273303000 Fax: (+351)273313051 E-mail: estig@ipb.pt</p>		<p>Escola Superior de Tecnologia e Gestão Campus de Santa Apolónia - Apartado 1134 5301-857 Bragança Portugal</p>	
		<p>esc: 1/--</p>	<p>data: 05-05-2021</p>	<p>Ciente: Câmara Municipal de Vila Flor</p>	
<p>projectou: 1</p>		<p>Obra/Local: Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica.</p>			

ANEXO II (Resultados dos ensaios de Compactação Proctor, Célula Radioativa e Identificação)

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Classificação dum Solo			
		Amostra nº:	S1	Local:	Vila Flor
Data Recolha:	30/04/2021				
Cliente:	Câmara Municipal de Vila Flor	Obra:	Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica.		

Análise Granulométrica					
Nº Peneiro (mm)	75	4,76 (#4)	2,00 (#10)	0,425 (#40)	0,074 (#200)
Passada Acumulada (%)	100.00	47.43	43.62	31.17	33.07
Retida Acumulada (%)	0.00	52.57	56.38	68.83	66.93

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 (%)	56.4
Areia (%)	10.6
Silte e Argila (%)	33.1
Índice de Grupo	0

D60 (mm)	11.5
D30 (mm)	s.d
D10 (mm)	s.d

Classificação Unificada (ASTM D2487-85):	GM
Classificação (AASHTO M145-42):	A-2-4
Classificação LCPC/ SETRA:	C2(B5)

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-2-4 (0) - Materiais granulares, classificando-se como seixo a areia silosa ou argilosa, tendo um comportamento excelente a bom na camada sob o pavimento.

C2(B5) - Materiais angulosos cuja porporção 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%.

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Classificação dum Solo			
		Amostra nº:	S2	Local:	Vila Flor
Data Recolha:	30/04/2021				
Cliente:	Câmara Municipal de Vila Flor	Obra:	Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica.		

Análise Granulométrica					
Nº Peneiro (mm)	75	4,76 (#4)	2,00 (#10)	0,425 (#40)	0,074 (#200)
Passada Acumulada (%)	100,00	52,57	45,8	35,36	27,11
Retida Acumulada (%)	0,00	47,43	54,2	64,64	72,89

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

Coeficiente de Uniformidade	NR
Coeficiente de Curvatura	NR
Cascalho (%)	54,2
Areia (%)	18,7
Silte e Argila (%)	27,1
Índice de Grupo	0

D60 (mm)	9,0
D30 (mm)	s.d
D10 (mm)	s.d

Classificação Unificada (ASTM D2487-85):	GM
Classificação (AASHTO M145-42):	A-2-4
Classificação LCPC/ SETRA:	C2(B5)

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-2-4 (0) - Materiais granulares, classificando-se como seixo a areia silosa ou argilosa, tendo um comportamento excelente a bom na camada sob o pavimento.

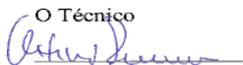
C2(B5) - Materiais angulosos cuja porção da fração 0/50mm é menor que 60 a 80%. Materiais rolados. A fração 0/50mm é um solo da classe B, cuja percentagem que passa no peneiro nº 200 está compreendida entre 5% e 35%.

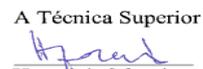
 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA	
		Norma de Referência: LNEC E 239 - 1970	
		Amostra:	S1
		Data da Colheita:	30/04/2021
Ciente:	Câmara Municipal de Vila Flor	Obra:	Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica.
		Local:	Vila Flor

Massa total da amostra: (g)	mt=	4118,60
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m10=	2322,10
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m' 10=	1796,50

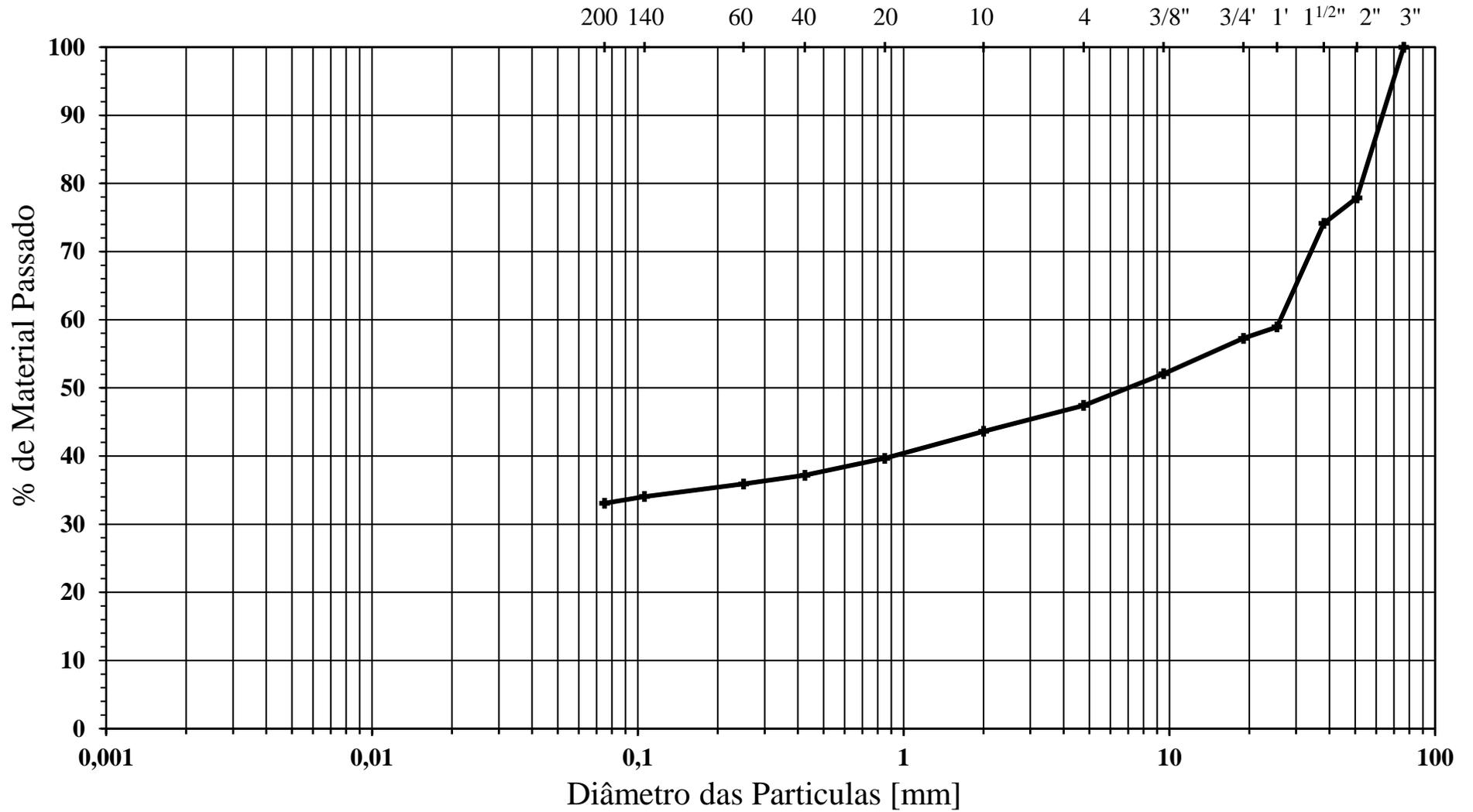
Fracção retida no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g) (mx)	% Retida $N_x=(mx/mt) \times 100$	% Acumulada retida (N'x)	% Acumulada que passa (N"x=100-N'x)
76.1 - (3')	0,00	0,00	0,00	100,00
50.8 - (2')	910,70	22,11	22,11	77,89
38,10- (1 ¹ / ₂)	154,50	3,75	25,86	74,14
25,4 - (1')	625,80	15,19	41,06	58,94
19 - (3/4)	68,50	1,66	42,72	57,28
9,51 - (3/8)	214,50	5,21	47,93	52,07
4.76 - (n4)	191,10	4,64	52,57	47,43
2 - (n10)	157,00	3,81	56,38	43,62
< 2,00 - (n10)	1796,50	43,62		
TOTAL	4118,60	100,00		
Fracção passada no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	89,30	$N''10=(m'10/mt) \times 100=$		43,62
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	8,10	3,96	60,34	39,66
40	5,10	2,49	62,83	37,17
60	2,60	1,27	64,10	35,90
140	3,80	1,86	65,95	34,05
200	2,00	0,98	66,93	33,07
< 200	67,70			
TOTAL	89,30			

Bragança, 03 de maio 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

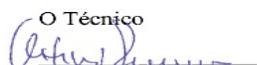
 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA		métrica
	Norma de Referência: LNEC E 239 - 1970		
	Amostra:	S2	
	Data da Colheita:	30/04/2021	
Cliente:	Câmara Municipal de Vila Flor		
	Obra:	Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica.	
	Local:	Vila Flor	

Massa total da amostra: (g)	mt=	5423.50
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m10=	2939.40
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m' 10=	2484.10

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')	0.00	0.00	0.00	100.00
50.8 - (2')	200.70	3.70	3.70	96.30
38,10 - (1 1/2')	315.30	5.81	9.51	90.49
25,4 - (1')	373.20	6.88	16.40	83.60
19 - (3/4')	513.30	9.46	25.86	74.14
9,51 - (3/8')	690.30	12.73	38.59	61.41
4.76 - (n4)	479.70	8.84	47.43	52.57
2 - (n10)	366.90	6.77	54.20	45.80
< 2,00 - (n10)	2484.10	45.80		
TOTAL	5423.50	100.00		

Fracção passada no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	85.50	$N''10=(m'10/mt) \times 100=$		45.80
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	12.30	6.59	60.79	39.21
40	7.20	3.86	64.64	35.36
60	3.70	1.98	66.63	33.37
140	7.70	4.12	70.75	29.25
200	4.00	2.14	72.89	27.11
< 200	50.60			
TOTAL	85.50			

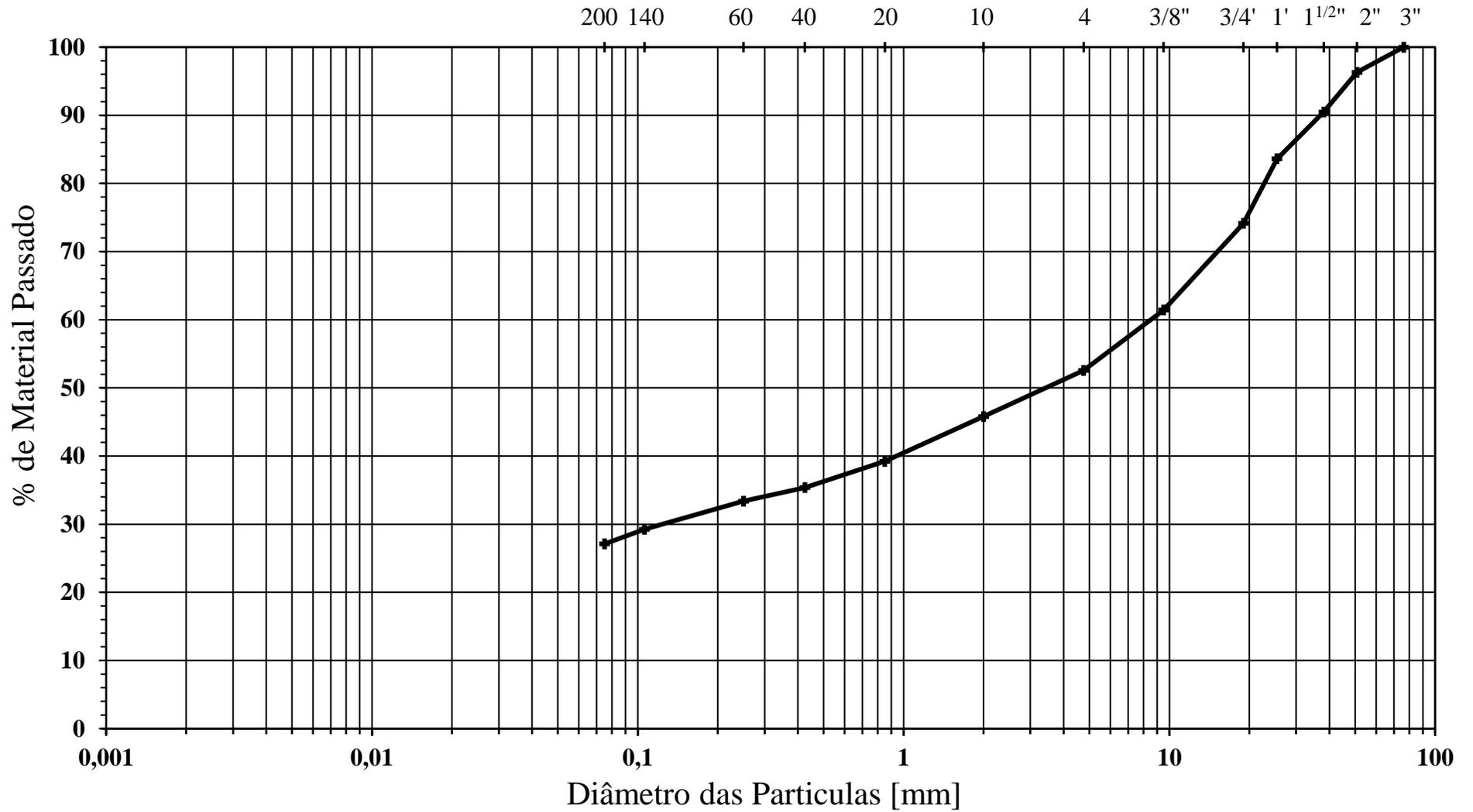
Bragança, 03 de maio de 2021

O Técnico

 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Hermínia Morais

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA - S2



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

BARIDADE E HUMIDADE *IN SITU*

(Aparelho Nuclear)

Amostra: P1 (S1) e P2(S2)

Data da Colheita: 30/04/2021

Cliente: Câmara Municipal de Vila Flor

Obra: Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica.

Local: Vila Flor

Gamadensímetro Nuclear

Calibração real do aparelho	Calibração do aparelho	Desvio	%
DS – Baridade Standard	3443	2067	1,65
MS – Humidade Standard	756	709	0,26

Proctor

Amostra	Solo
Baridade seca máxima (kg/cm ³)	1980
Húmidade óptima (%)	

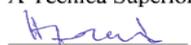
	Localização	P1	P2	
	Profundidade do ensaio (mm)	200	200	
WD	Barid. húmida	2216	2081	
% M	Teor em água	13,4	7,3	
γ_s máx	Baridade seca máxima	1980	1980	
DD	Baridade seca "in situ"	1954	1940	
% PR	Grau de compactação	98,7	98,0	

Obs.: P1 – Poço 1; P2 – Poço 2

Bragança, 03 de maio de 2021

O Técnico

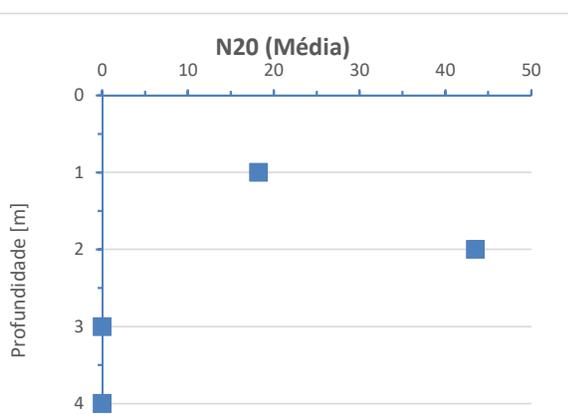
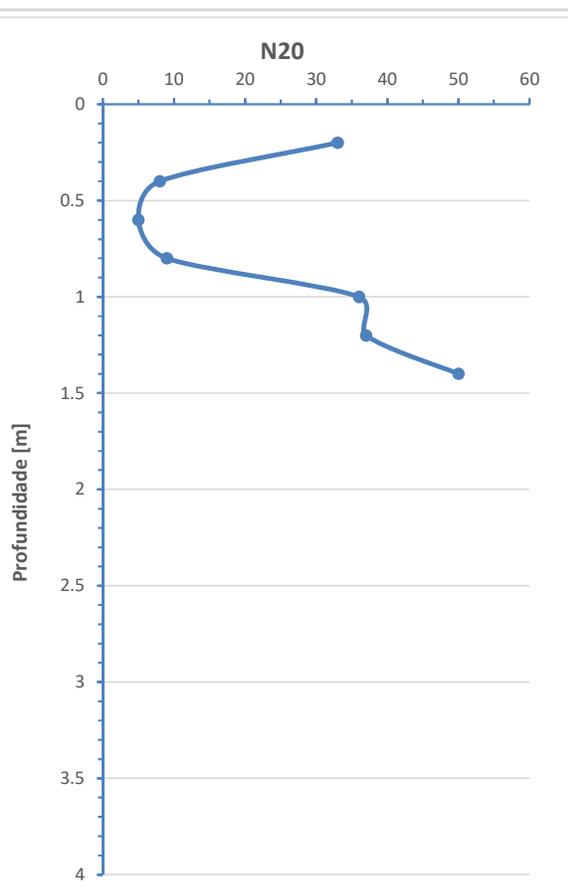
Octávio Pereira

A Técnica Superior

Herminia Morais

**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 n.º:	P1	
		Coordenadas	Este:		Direita do eixo:	
			Norte:			
Elevação (Z):						
Data:	30/04/2021	Nível de água:	Não Detectado			
Cliente:	Câmara Municipal de Vila Flor		Obra: Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica.			
			Local: Vila Flor			

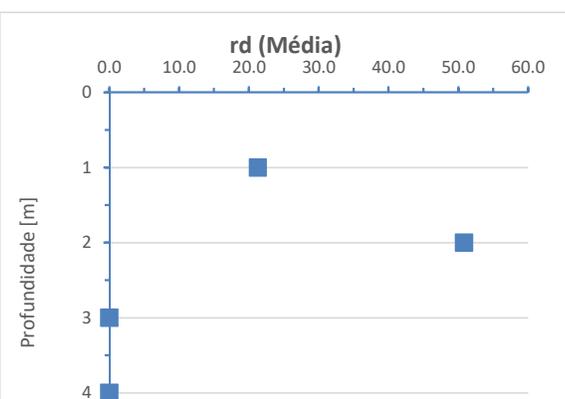
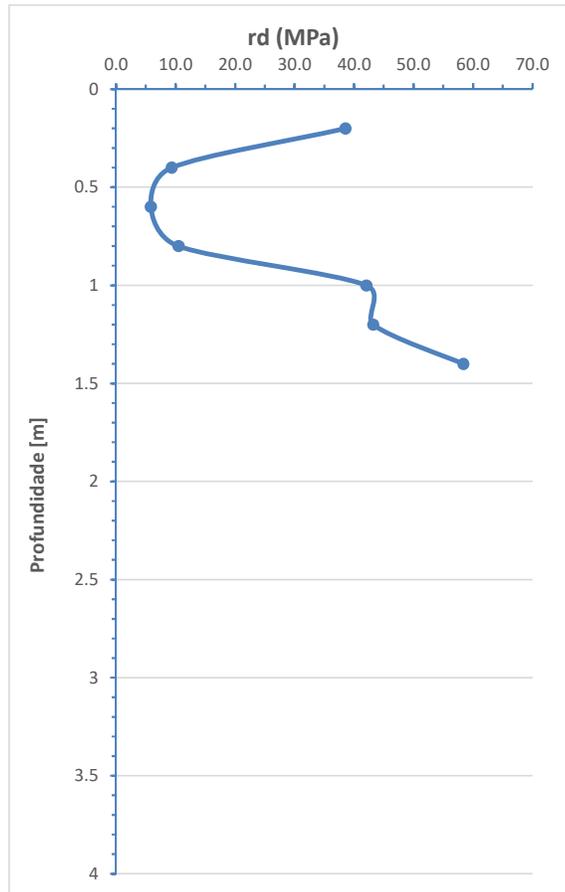
Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	33	4.2		8.2	
0.4	8	4.4		8.4	
0.6	5	4.6		8.6	
0.8	9	4.8		8.8	
1	36	5		9	
N₂₀ (Méd)	18.2	N₂₀ (Méd)	#DIV/O!	N₂₀ (Méd)	#DIV/O!
1.2	37	5.2		9.2	
1.4	50	5.4		9.4	
1.6		5.6		9.6	
1.8		5.8		9.8	
2		6		10	
N₂₀ (Méd)	43.5	N₂₀ (Méd)	#DIV/O!	N₂₀ (Méd)	#DIV/O!
2.2		6.2		10.2	
2.4		6.4		10.4	
2.6		6.6		10.6	
2.8		6.8		10.8	
3		7		11	
N₂₀ (Méd)	#DIV/O!	N₂₀ (Méd)	#DIV/O!	N₂₀ (Méd)	#DIV/O!
3.2		7.2		11.2	
3.4		7.4		11.4	
3.6		7.6		11.6	
3.8		7.8		11.8	
4		8		12	
N₂₀ (Méd)	#DIV/O!	N₂₀ (Méd)	#DIV/O!	N₂₀ (Méd)	#DIV/O!



*=8 cm

 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:			
Elevação (Z):						
Data:	30/04/2021	Nível de água:	Não Detectado			
Cliente:	Câmara Municipal de Vila Flor		Obra:	Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica.		
Local:	Vila Flor					

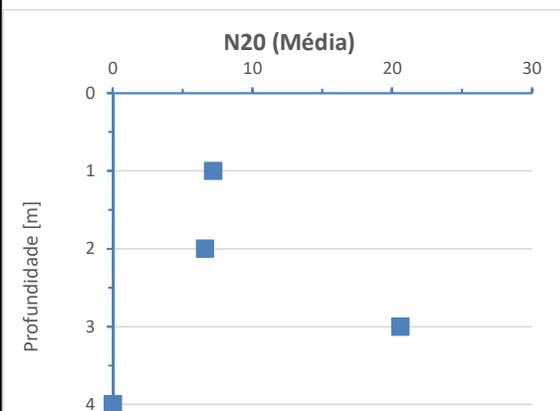
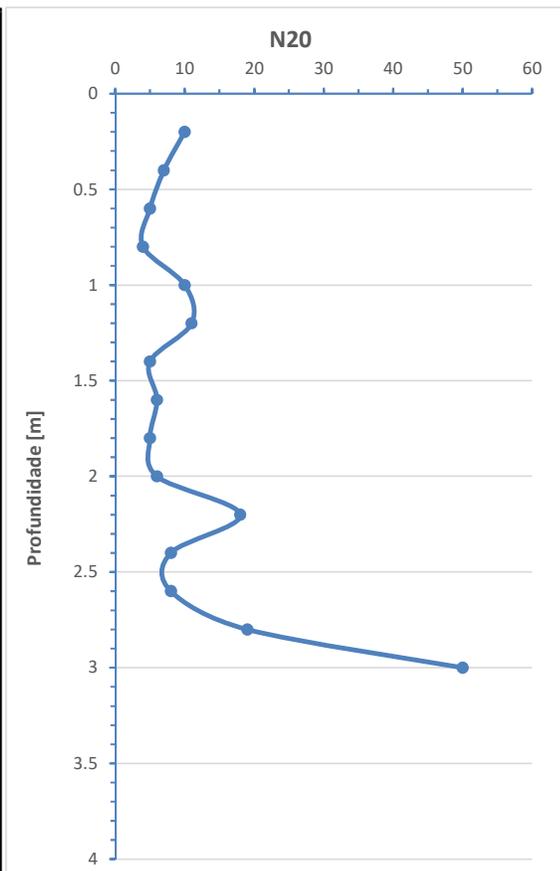
Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	38.54	4.2		8.2	
0.4	9.34	4.4		8.4	
0.6	5.84	4.6		8.6	
0.8	10.51	4.8		8.8	
1	42.05	5		9	
rd (Méd)	21.26	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2	43.22	5.2		9.2	
1.4	58.40	5.4		9.4	
1.6		5.6		9.6	
1.8		5.8		9.8	
2		6		10	
rd (Méd)	50.81	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
2.2		6.2		10.2	
2.4		6.4		10.4	
2.6		6.6		10.6	
2.8		6.8		10.8	
3		7		11	
rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
3.2		7.2		11.2	
3.4		7.4		11.4	
3.6		7.6		11.6	
3.8		7.8		11.8	
4		8		12	
rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=8 cm

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaios de Penetração com DPSH				
		Posição:	2	Sondagem nº:	P2	
		Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:	
			Norte:			
Data:	30/04/2021	Nível de água:	Não detectado			
Cliente:	Câmara Municipal de Vila Flor		Obra:	Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica.		
			Local:	Vila Flor		

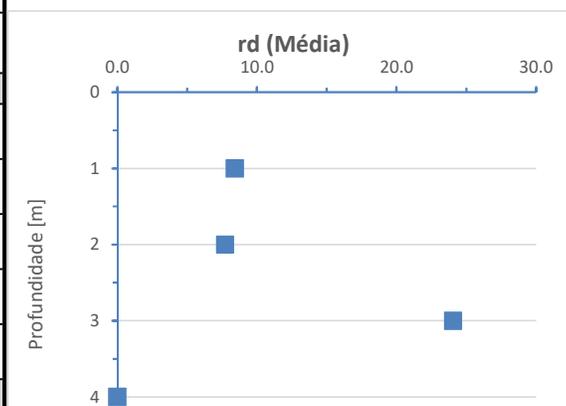
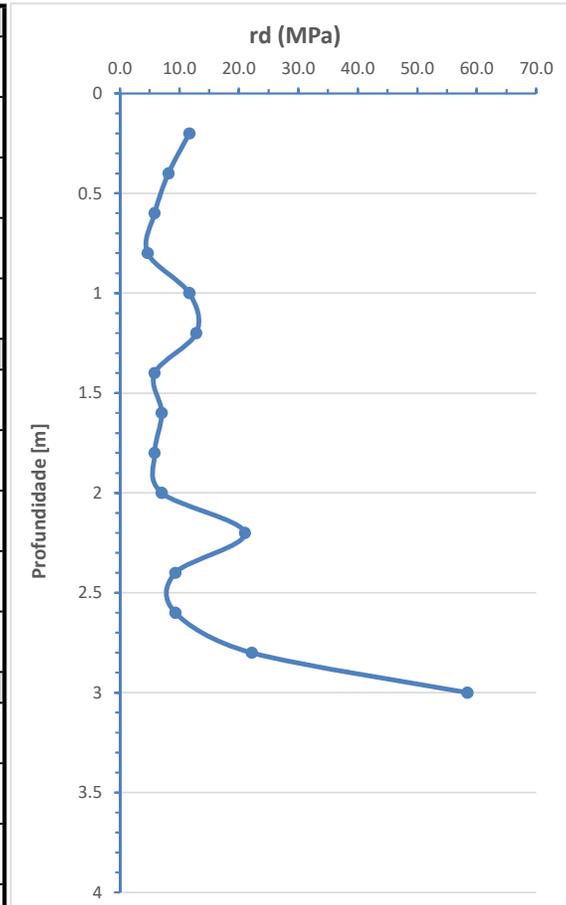
Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	10	4.2		8.2	
0.4	7	4.4		8.4	
0.6	5	4.6		8.6	
0.8	4	4.8		8.8	
1	10	5		9	
N₂₀ (Méd)	7.2	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1.2	11	5.2		9.2	
1.4	5	5.4		9.4	
1.6	6	5.6		9.6	
1.8	5	5.8		9.8	
2	6	6		10	
N₂₀ (Méd)	6.6	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2.2	18	6.2		10.2	
2.4	8	6.4		10.4	
2.6	8	6.6		10.6	
2.8	19	6.8		10.8	
3	50	7		11	
N₂₀ (Méd)	20.6	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3.2		7.2		11.2	
3.4		7.4		11.4	
3.6		7.6		11.6	
3.8		7.8		11.8	
4		8		12	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!



*=12cm

 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:			
Elevação (Z):						
Data:	30/04/2021	Nível de água:	Não detectado			
Cliente:	Câmara Municipal de Vila Flor		Obra: Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica. Local: Vila Flor			

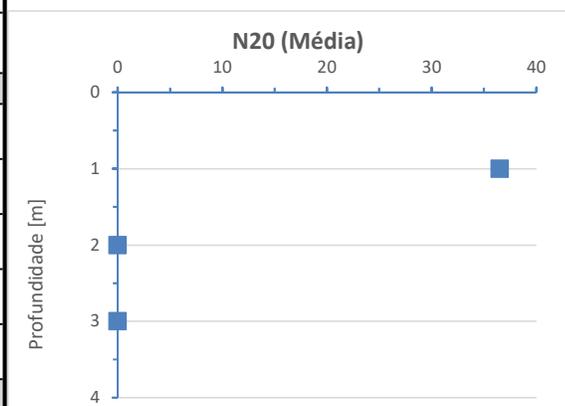
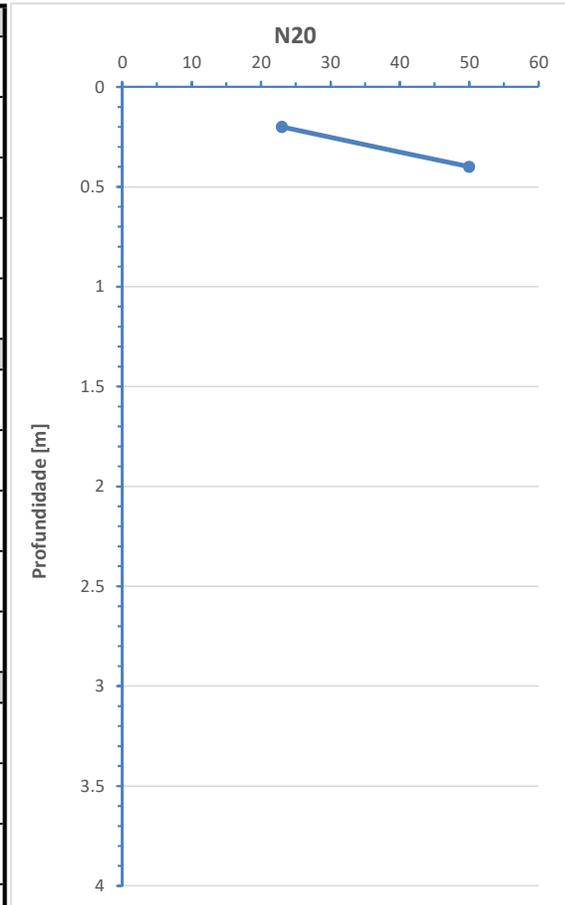
Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	11.68	4.2		8.2	
0.4	8.18	4.4		8.4	
0.6	5.84	4.6		8.6	
0.8	4.67	4.8		8.8	
1	11.68	5		9	
rd (Méd)	8.41	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2	12.85	5.2		9.2	
1.4	5.84	5.4		9.4	
1.6	7.01	5.6		9.6	
1.8	5.84	5.8		9.8	
2	7.01	6		10	
rd (Méd)	7.71	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
2.2	21.02	6.2		10.2	
2.4	9.34	6.4		10.4	
2.6	9.34	6.6		10.6	
2.8	22.19	6.8		10.8	
3	58.40	7		11	
rd (Méd)	24.06	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
3.2		7.2		11.2	
3.4		7.4		11.4	
3.6		7.6		11.6	
3.8		7.8		11.8	
4		8		12	
rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=12cm

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Ensaios de Penetração com DPSH				
		Posição:	3	Sondagem n.º:	P3	
		Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:	
			Norte:			
Data:	30/04/2021	Nível de água:	Não detectado			
Cliente:	Câmara Municipal de Vila Flor		Obra:	Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica.		
			Local:	Vila Flor		

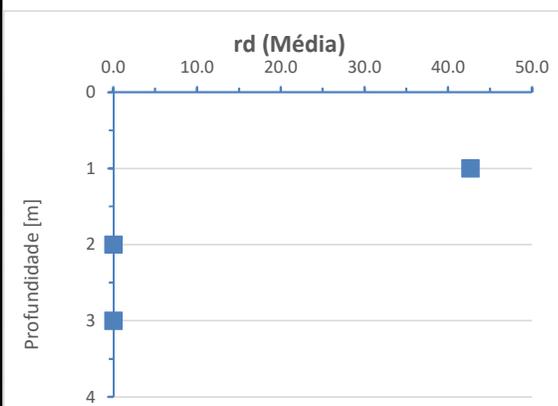
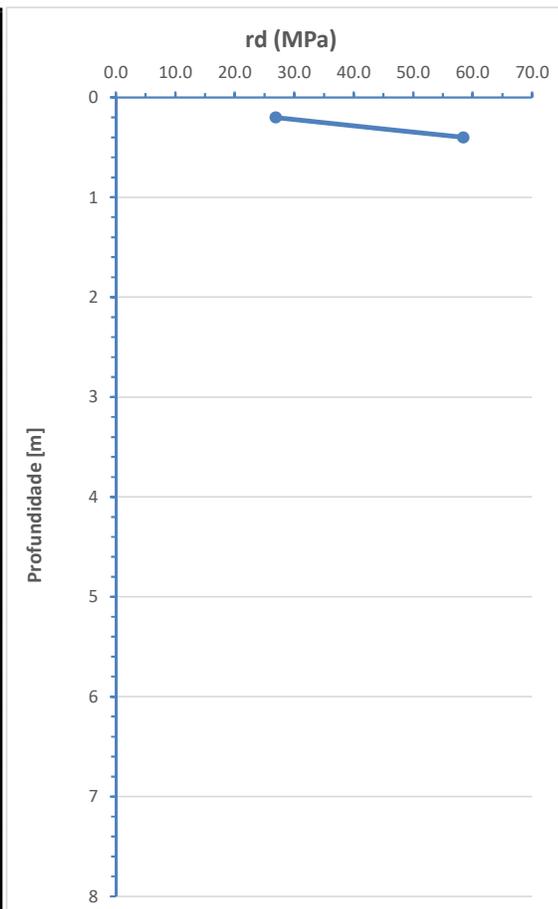
Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	23	4.2		8.2	
0.4	50	4.4		8.4	
0.6		4.6		8.6	
0.8		4.8		8.8	
1		5		9	
N₂₀ (Méd)	36.5	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1.2		5.2		9.2	
1.4		5.4		9.4	
1.6		5.6		9.6	
1.8		5.8		9.8	
2		6		10	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2.2		6.2		10.2	
2.4		6.4		10.4	
2.6		6.6		10.6	
2.8		6.8		10.8	
3		7		11	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3.2		7.2		11.2	
3.4		7.4		11.4	
3.6		7.6		11.6	
3.8		7.8		11.8	
4		8		12	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!



*=7cm

 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:			
Elevação (Z):						
Data:	30/04/2021	Nível de água:	Não detectado			
Cliente:	Câmara Municipal de Vila Flor		Obra: Requalificação Geral/ Ampliação da Escola Primária N.º1 de Vila Flor, para Reinstalação do Juízo de Competência Genérica. Local: Vila Flor			

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	26.86	4.2		8.2	
0.4	58.40	4.4		8.4	
0.6		4.6		8.6	
0.8		4.8		8.8	
1		5		9	
rd (Méd)	42.63	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2		5.2		9.2	
1.4		5.4		9.4	
1.6		5.6		9.6	
1.8		5.8		9.8	
2		6		10	
rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
2.2		6.2		10.2	
2.4		6.4		10.4	
2.6		6.6		10.6	
2.8		6.8		10.8	
3		7		11	
rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
3.2		7.2		11.2	
3.4		7.4		11.4	
3.6		7.6		11.6	
3.8		7.8		11.8	
4		8		12	
rd (Méd)		rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=7cm