

RELATÓRIO GEOTÉCNICO

Avaliação e Capacidade Resistente do Solo de Fundação

Ensaio com Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (DPSH)

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

Prospecção Geotécnica em Poços de Prospecção



ENTIDADE: Instituto Politécnico de Bragança

OBRA: "Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança."

LOCAL: Rua Estrada do Turismo – Bragança

Bragança, 13 de setembro de 2022

Autor do relatório:

Responsável: Prof. António Miguel Verdelho Paula*

Técnico Superior de Laboratório: Eng. Hermínia Morais*

* - Instituto Politécnico de Bragança

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	13
	Bibliografia	14

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 cônica (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 compacidade/ 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)	2,130	2,045
Peso volúmico seco máxima do solo (kN/m^3)	20.89	20,06
Teor em água ótimo (%)	11,0	11,0

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 20,89 (kN/m^3) e o teor de humidade ótima de 11,0%. Em campo, obteve-se um peso volúmico seco de 15,82 (kN/m^3), teor em água de 14,5%, correspondendo a um grau de compactação do solo à superfície de 75,73,-%.

Para o solo á superfície no PI2 o valor do peso volúmico seco máximo é de 20,06 (kN/m^3) e o teor de humidade ótima de 11,0%. Em campo, obteve-se um peso volúmico seco de 16,40 (kN/m^3), teor em água de 12,5%, correspondendo a um grau de compactação de aterro de 81,8%.

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 1,50 metros de profundidade no Poço 1 e 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.

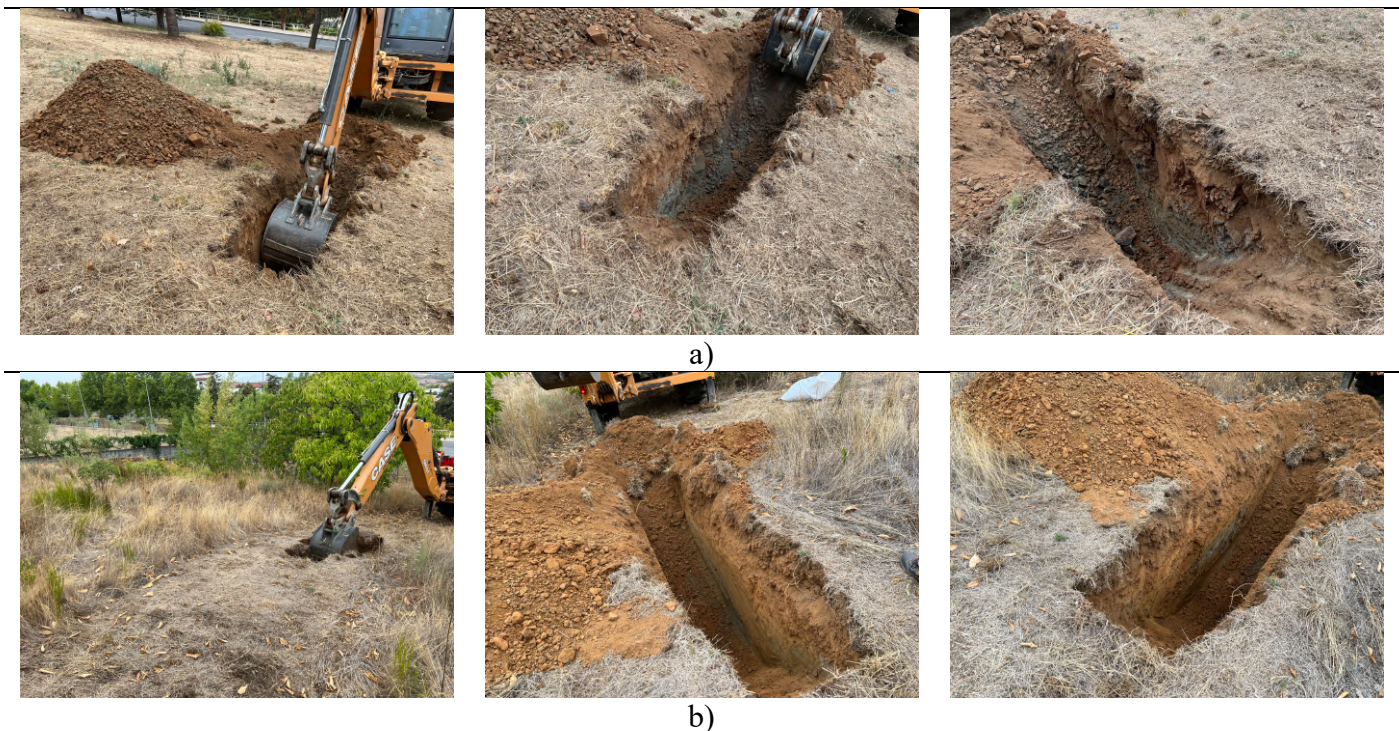


Figura 5 – Poços de prospeção: a) PI1; b) PI2

O resultado do ensaio de identificação e caracterização dos solos intersectados 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 bem graduado com silte, sendo a percentagem de cascalho cerca de 62% e o diâmetro médio das partículas (D_{50}) é cerca de 6 mm, na zona do PI2, é um solo grosso, cascalho bem graduado com silte, sendo a percentagem de cascalho cerca de 64% e o diâmetro médio das partículas (D_{50}) é cerca de 5 mm,

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	61.8	19.4	18.8		80.0	9.0	6.0	0.6	s.d.	GM	Cascalho siltoso com areia
PI2	64.6	20.0	15.4		80.0	6.0	5.0	1.0	s.d.	GM	Cascalho siltoso com areia

Continuação do Quadro 2

Poço de inspeção	Cota da boca do furo (m)	Resultados do ensaio Proctor		Resultados do ensaio com célula radioativa		Grau de compactação "in situ" (%)
		$\gamma_{dmáx}$ (kN/m ³)	w_{opt} (%)	$\gamma_{d \text{ in situ}}$ (kN/m ³)	$w_{in situ}$ (%)	
PI1	692.20	20.89	11.0	15.82	14.5	75.7
PI2	700.00	20.06	11.0	16.40	12.5	81.8

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
- $\gamma_{d \text{ in situ}}$ - peso específico seco in situ
- $w_{in situ}$ - teor em água in situ
- n. d. - nada a dizer
- s. d. - sem dados

O diâmetro médio das partículas (D_{50}) nos dois solos está compreendida entre 5,0 e 6,0 mm, ver Quadro 2.

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 três tipos de solo. As tabelas de classificação encontram-se no Anexo II.

Solo S1 - PI1:

- Classificação unificada (ASTM D2487-85): [GM] Solo grosso, cascalho siltoso com areia segundo a classificação unificada ASTM. São solos semi-permeáveis a impermeáveis, boa a razoável resistência ao corte e muito baixa a desprezável compressibilidade quando compactados e saturados. 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 areia grossa, com ou sem material aglutinante bem graduado.
- Classificação LCPC/ SETRA: [C₂(B₅)] Segundo a classificação francesa LCPC/SETRA classificam-se como materiais angulosos cuja proporção da fração 0/50 mm é menor que 60 a 80%. A fração 0/50mm é um solo da classe B, cuja percentagem que passa no peneiro no 200 está compreendida entre 5% e 35%.

Solo S2 – PI2:

- Classificação unificada (ASTM D2487-85): [GM] Solo grosso, cascalho siltoso com areia segundo a classificação unificada ASTM. São solos semi-permeáveis a impermeáveis, boa a razoável resistência ao corte e muito baixa a desprezável compressibilidade quando compactados e saturados. 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 areia grossa, com ou sem material aglutinante bem graduado.
- Classificação LCPC/ SETRA: [C₂(B₅)] Segundo a classificação francesa LCPC/SETRA classificam-se como materiais angulosos cuja proporção da fração 0/50 mm é menor que 60 a 80%. 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 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 3 encontra-se um resumo dos resultados obtidos.

Quadro 3 – Resumo dos resultados obtidos dos ensaios de DPSH nos pontos P1 1 P3, N₂₀.

Ponto de ensaio DPSH	Cota da boca do furo (m)	Fim do ensaio (m)	N ₂₀ (Médio) (por metro) [m] - sem considerar a nega no fim do ensaio	
			[0,0 - 1,0]	[1,0 - 2,0]
P1/DPSH1	693.00	1.0	38.3	-
P2/DPSH2	700.00	1.8	16.2	20.3
P3/DPSH3	692.20	1.8	31.2	36.7

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 (r_d) 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 (N_{20}) 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 1,0 metro para o DPSH1, 1,8 metros para o DPSH2 e DPSH3. O valor do N_{20} médio, sem considerar a nega (último valor de cada ensaio) é igual a 23,8. O valor obtido permite referir uma capacidade média a densa do solo intersectado pelo ensaio. Ao longo da realização dos três ensaios DPSH, foi possível verificar que a ponteira e as varas, quando extraídas do solo, não apresentavam humidade podendo assim confirmar a não 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 variando entre 18,9 MPa e 44,7 MPa. Com os valores obtidos dos r_d é possível a utilização deste material para a fundação de qualquer tipo de estrutura desde que bem dimensionada. O solo atravessado pelo ensaio tem pouca possança e facilmente se consegue atingir o estrato rígido – mais resistente – a pouca profundidade, como facilmente se pode confirmar pela análise dos resultados obtidos.

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

Ponto de ensaio DPSH	Cota da boca do furo (m)	Fim do ensaio (m)	rd (MPa) (Médio) (por metro)	
			[0,0 - 1,0]	[1,0 - 2,0]
P1/DPSH1	741.51	1.0	44.7	-
P2/DPSH2	745.45	1.8	18.9	23.7
P3/DPSH3	747.82	1.8	36.4	42.9

- Correlação N_{SPT} - N_{DPSH}

Segundo Afonso (2016) e Destefano (2021), para um solo classificado com GM ou 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)= $0,96 \cdot N_{DPSH}$	
		[0,0 - 1,0]	[1,0 - 2,0]
P1/DPSH1	1.0	36.7	-
P2/DPSH2	1.8	15.6	19.5
P3/DPSH3	1.8	30.0	35.2

- 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:

$$q_a = \frac{N_{SPT}}{5} \times 98,1 \text{ (kPa)} \quad [3]$$

em que:

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

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

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)	qa (kPa), tensão admissível em sapatas de fundação	
		[0,0 - 1,0]	[1,0 - 2,0]
P1/DPSH1	1.0	720.4	-
P2/DPSH2	1.8	305.1	382.4
P3/DPSH3	1.8	587.7	691.3

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 305,1 kPa e 720,4 kPa. Estes valores permitem aferir a grande heterogeneidade nos resultados obtidos. Os valores mais baixos da tensão admissível estão entre a superfície do terreno e até cerca de 1 metro de profundidade. Abaixo de 1 metro de profundidade os valores da tensão admissível são acima de 350kPa, aproximadamente. O solo apresenta uma compactação crescente em profundidade. No entanto, como referido atrás, os valores da capacidade de carga na nega são elevados e verificam-se a relativa baixa profundidade da superfície do terreno, 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 31,6° e 37,4° (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 - 1,0]	[1,0 - 2,0]
P1/DPSH1	1.0	37.4	-
P2/DPSH2	1.8	31.6	32.7
P3/DPSH3	1.8	35.6	37.0

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 construção da “Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança – Bragança” em Bragança.

O solo é constituído por cascalho siltoso com areia (PI1 e PI2), com classificação unificada (segundo a norma ASTM D 2487-85) de GM. Os Solos não apresentam plasticidade. O diâmetro médio das partículas (D_{50}) também varia de ponto para ponto e é de 5,0 a 6,0 mm. No seu estado natural/*in situ* os solos apresentam uma densidade média a alta. O grau de compactação do terreno à superfície é superior a 75%, podendo chegar aos 100% a 1 metro de profundidade. A compacidade tende a crescer 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 futura residência do IPB em Bragança. A tensão admissível varia de ponto para ponto. Os valores das tensões admissíveis obtidos são de 305,1 kPa e 720,2 kPa. Abaixo dos 1,8 metros de profundidade os valores da tensão admissível são acima de 350kPa. O valor do ângulo de atrito varia entre os valores de 31,6° e 37,4° (sem considerar a nega). Tratando-se de cascalhos e areias siltosas e areias com finos, os valores estimados para o ângulo de atrito são típicos de solos mediamente densos a densos.

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

Victor do Carmo Destefano (2021). “Correlações entre o Ensaio Standard Penetration Test (SPT) e o Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (DPSH)”. Relatório Final de Dissertação Apresentado à Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico de Bragança ESTiG-IPB. Bragança, Portugal, 2021.

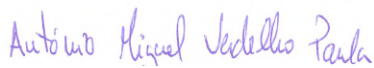
Afonso, André Filipe; Paula, António Miguel; Braz César, Manuel (2016). “Correlações entre resultados de ensaios de penetração dinâmica (DP) com o ensaio standard penetration test (SPT)”. 15º Congresso Nacional de Geotecnia / 8º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, Faculdade de Engenharia da Universidade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

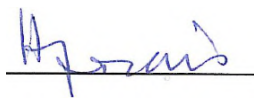
Especificação do LNEC E197-1966 – SOLOS: Ensaio de compactação.

IPB-ESTG, Bragança, 19 de setembro de 2022.



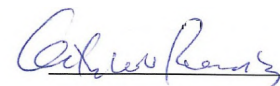
António Miguel V. Paula
PhD, MSc, Engenheiro Civil
ESTiG – Inst. Politécnico de Bragança
Responsável do Lab. de Geotecnia
Ordem dos Engenheiros – 44380

Campus de S. Apolónia, gab 6
5300-253 Bragança – Portugal
Phone: +351 273 303 154
e-mail: mpaula@ipb.pt



Hermínia Maria M. Morais
MSc, Engenheiro Civil
ESTiG – Inst. Politécnico de Bragança
Técnica Superior do Lab. de Eng. Civil
Ordem dos Engenheiros – 41244

Campus de S. Apolónia
5300-253 Bragança – Portugal
Phone: +351 273 303 173
e-mail: hmorais@ipb.pt



Octávio Manuel do N. Pereira
ESTiG – Inst. Politécnico de Bragança
Técnica do Lab. de Engenharia Civil

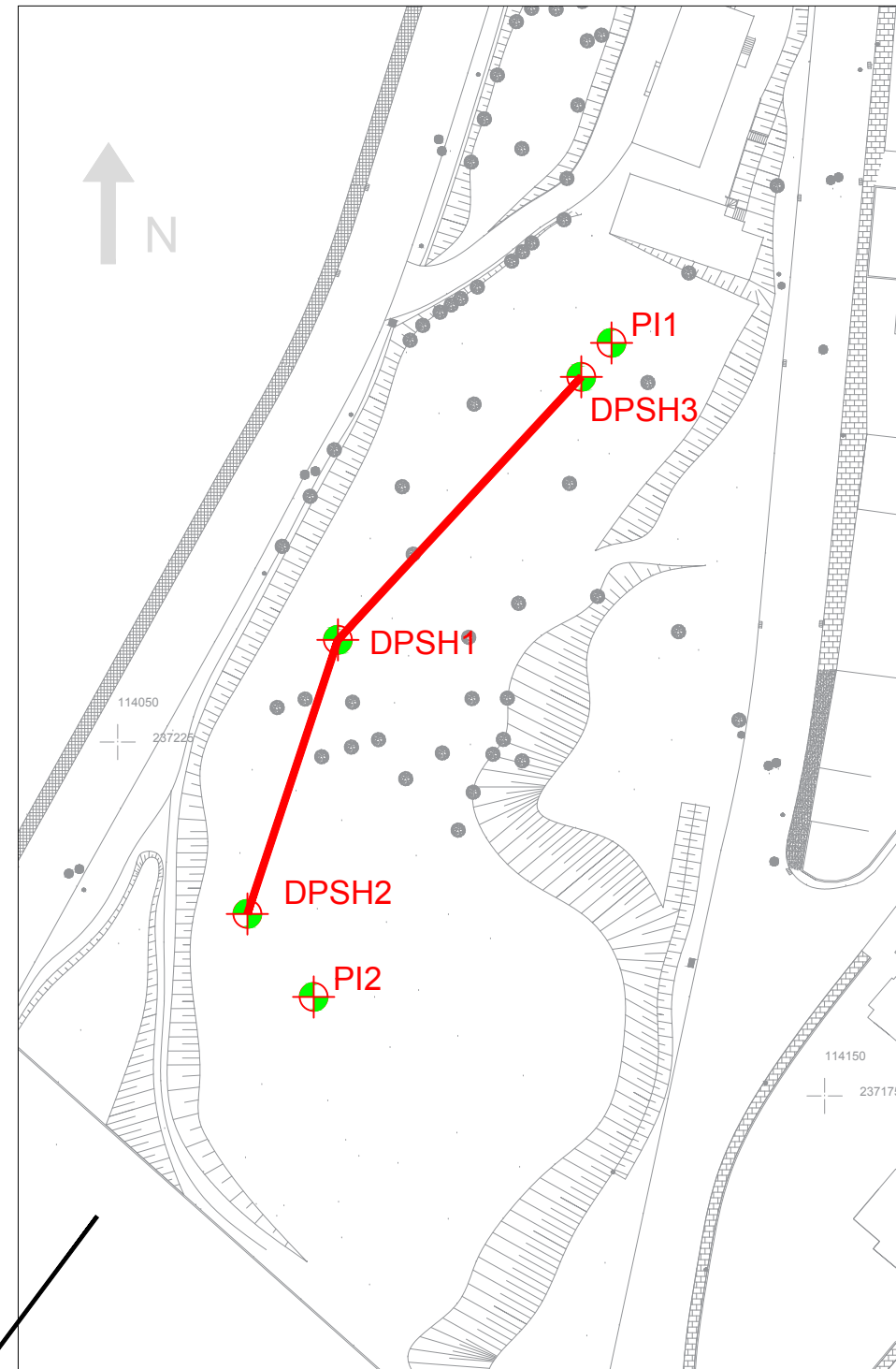
Campus de S. Apolónia
5300-253 Bragança – Portugal
Phone: +351 273 303 174
e-mail: opereira@ipb.pt

ANEXOS

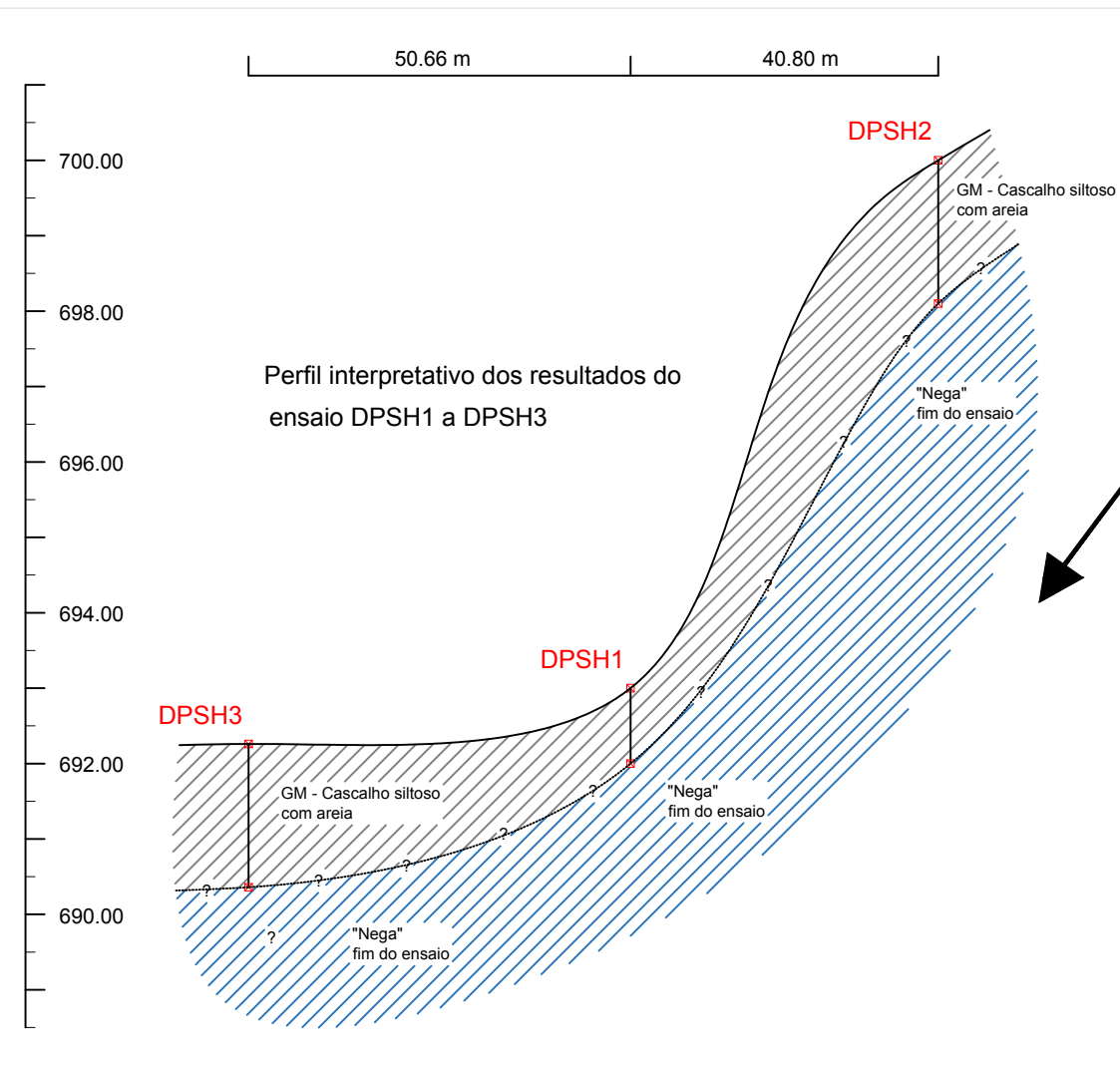
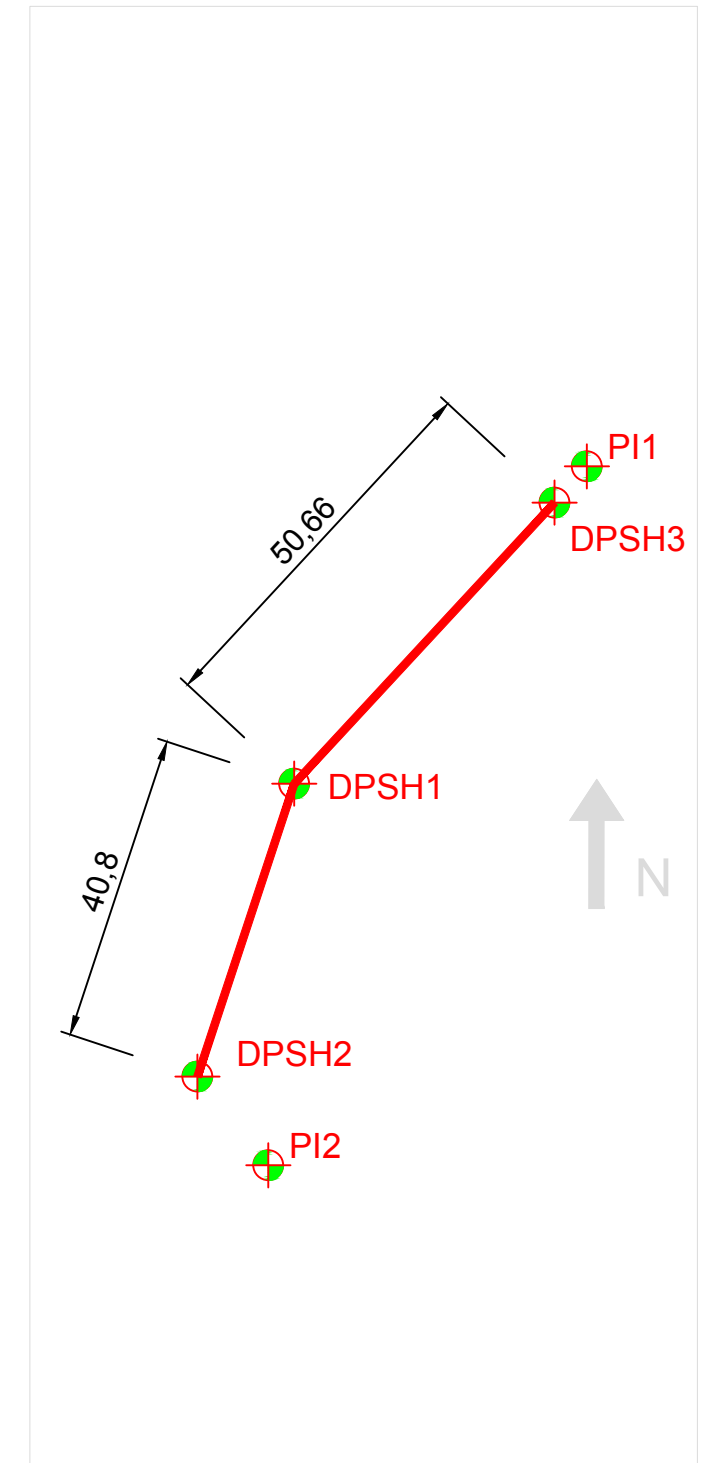
**ANEXO I (Cortes e planta dos pontos de ensaio DPSH e Poços de
Prospecção)**



Escala 1/2000



Escala 1/1000



Escala escala no desenho

LEGENDA:

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



Laboratório de Geotecnia

Telefone: (+351)273303000
 Fax: (+351)273313051
 E-mail: estig@ipb.pt

Escola Superior de Tecnologia e Gestão
 Campus de Santa Apolónia - Apartado 1134
 5301-857 Bragança
 Portugal


esc:	data:
1/---	13-09-2022

Ciente:	Instituto Politécnico de Bragança
Perfil interpretativo dos resultados do ensaio DPSH1 a 3	

projectou:	n.º:
	1

Obra/Local:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança Zona: Rua Estrada do Turismo - Bragança
-------------	---

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

 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:	12/09/2022
Cliente:	Instituto Politécnico de Bragança	Obra: Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança. Local: Bragança

Massa total da amostra: (g)	mt=	9383,80
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m10=	5796,50
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m' 10=	3587,30


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')	915,50	9,76	9,76	90,24
38,10- (1 1/2')	254,00	2,71	12,46	87,54
25,4 - (1')	847,50	9,03	21,49	78,51
19 - (3/4')	554,60	5,91	27,40	72,60
9,51 - (3/8')	1059,00	11,29	38,69	61,31
4.76 - (n4)	1371,80	14,62	53,31	46,69
2 - (n10)	794,10	8,46	61,77	38,23
< 2,00 - (n10)	3587,30	38,23		
TOTAL	9383,80	100,00		


Fracção passada no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	106,50	$N''10=(m'10/mt) \times 100=$		38,23
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	16,80	6,03	67,80	32,20
40	12,00	4,31	72,11	27,89
60	7,70	2,76	74,87	25,13
140	13,00	4,67	79,54	20,46
200	4,60	1,65	81,19	18,81
< 200	52,40			
TOTAL	106,50			

Bragança, 14 de setembro de 2022

O Técnico

 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Herminia Morais

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA	
	Norma de Referência: LNEC E 239 - 1970	
Cliente:	Amostra:	S2
	Data da Colheita:	12/09/2022
	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.
	Local:	Bragança

Massa total da amostra: (g)	mt=	7445,10
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m10=	4811,10
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m' 10=	2634,00


Fracção retida no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g) (mx)	% Retida $Nx=(mx/mt) \times 100$	% 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')	623,50	8,37	8,37	91,63
38,10 - (1 1/2')	129,00	1,73	10,11	89,89
25,4 - (1')	395,00	5,31	15,41	84,59
19 - (3/4')	180,50	2,42	17,84	82,16
9,51 - (3/8')	1337,50	17,96	35,80	64,20
4.76 - (n4)	1180,60	15,86	51,66	48,34
2 - (n10)	965,00	12,96	64,62	35,38
< 2,00 - (n10)	2634,00	35,38		
TOTAL	7445,10	100,00		

Fracção passada no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	95,80	$N''10=(m'10/mt) \times 100=$		35,38
Peneiros	Massa retida (g) (mx)	% Retida (total) $Nx=(mx/ma) \times N''10$	% Acumulada retida total (N'x)	% total acumulada que passa ($N''x=100-N'x$)
20	19,30	7,13	71,75	28,25
40	13,80	5,10	76,84	23,16
60	7,50	2,77	79,61	20,39
140	10,00	3,69	83,31	16,69
200	3,50	1,29	84,60	15,40
< 200	41,70			
TOTAL	95,80			

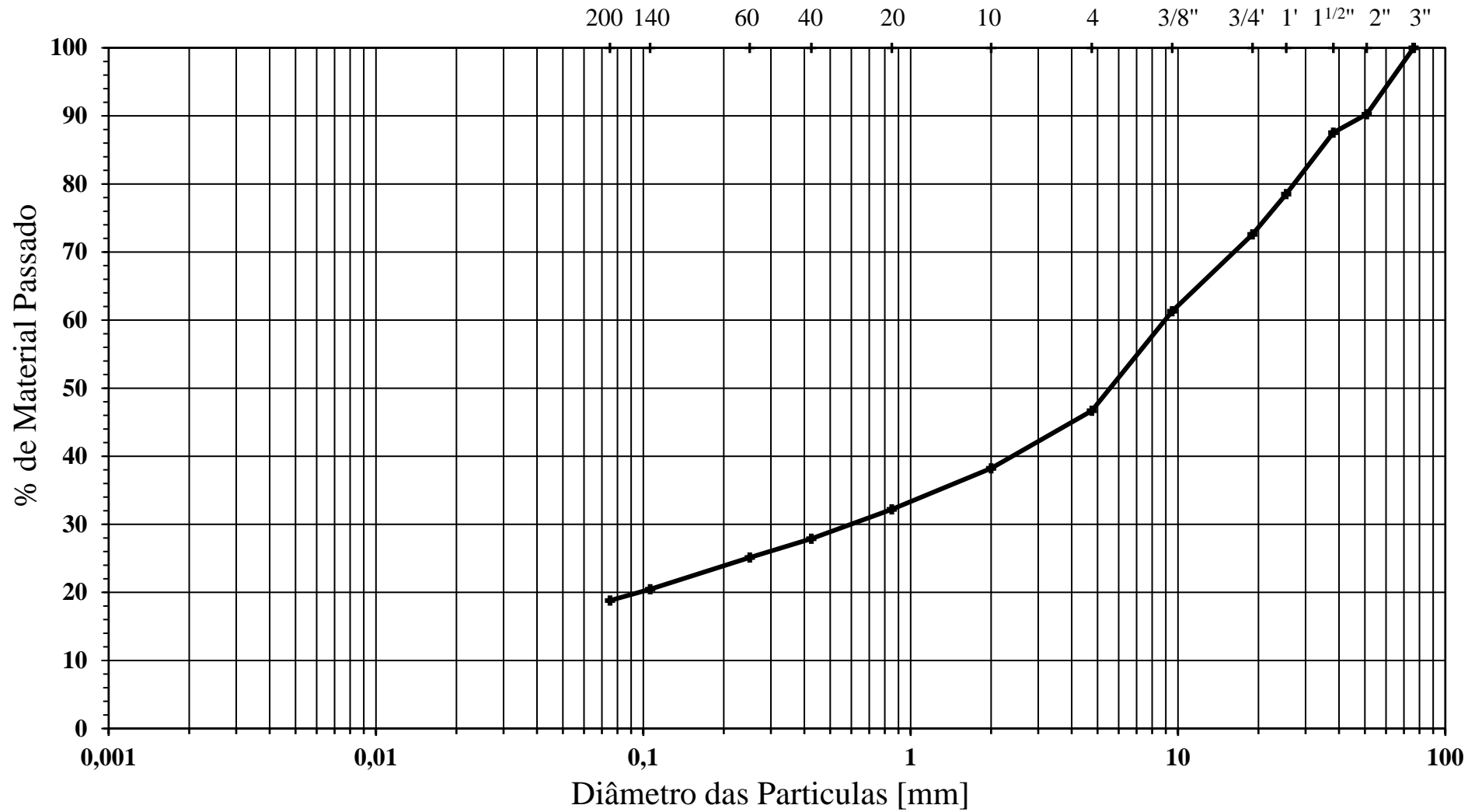
Bragança, 14 de setembro de 2022

O Técnico

 Octávio Pereira

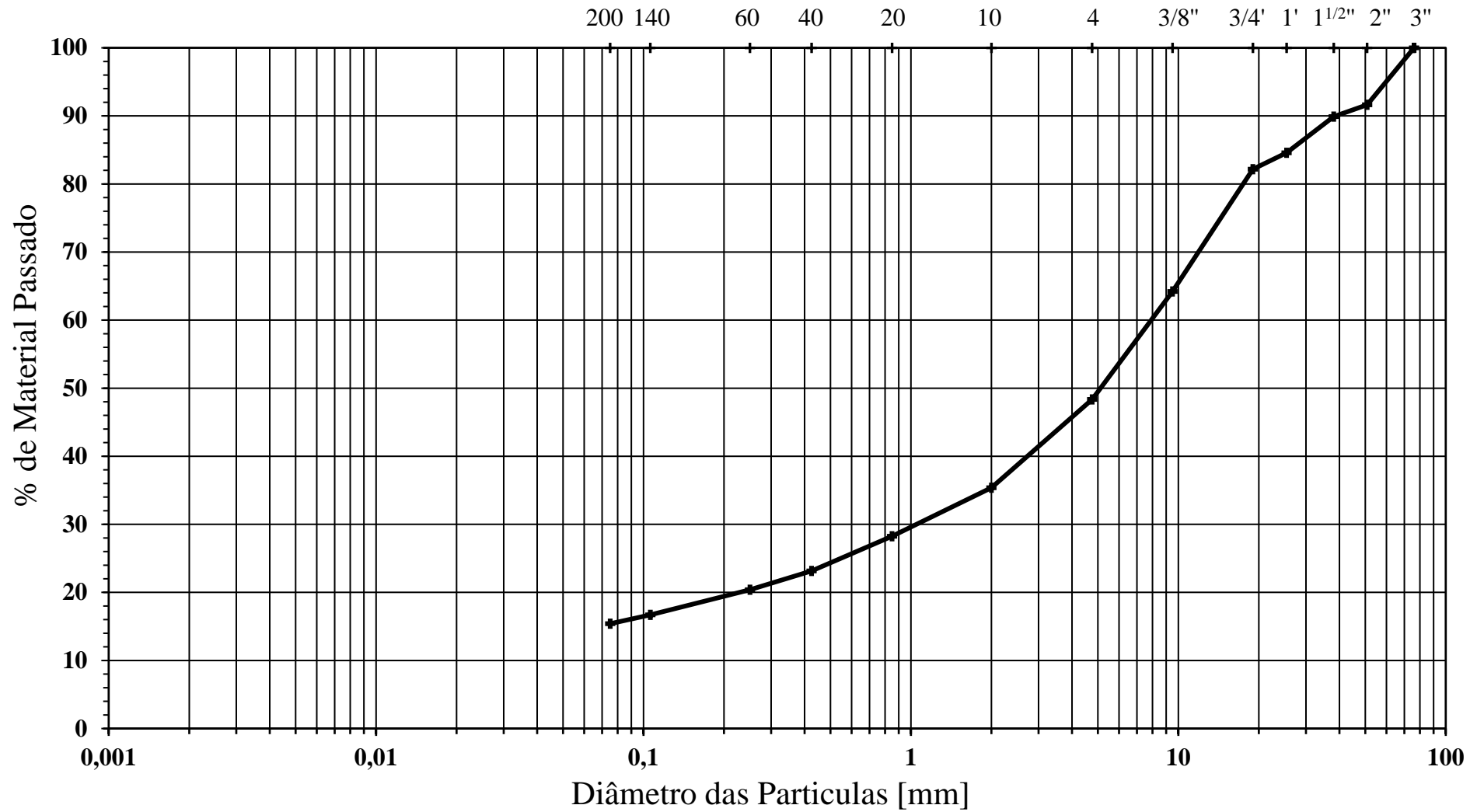
A Técnica Superior

 Herminia Morais

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA - S1




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

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA - S2



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:	S1	Local:	Bragança
Data Recolha:	12/09/2022				
Cliente:	Instituto Politécnico de Bragança	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.		

Análise Granulométrica					
Nº Peneiro (mm)	75	4,76 (#4)	2,00 (#10)	0,425 (#40)	0,074 (#200)
Passada Acumulada (%)	100,00	46,69	38,23	27,89	18,81
Retida Acumulada (%)	0,00	53,31	61,77	72,11	81,19

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 (%)	61,8
Areia (%)	19,4
Silte e Argila (%)	18,8
Índice de Grupo	0

D ₆₀ (mm)	9,0
D ₃₀ (mm)	0,6
D ₁₀ (mm)	s.d.
D _{máx} (mm)	80,0

Classificação Unificada (ASTM D2487-85):	GM
Classificação (AASHTO M145-42):	A-1-b(0)
Classificação LCPC/ SETRA:	C₂(B₅)

Observações:

GM- Solo grosso, cascalho siltoso com areia segundo a classificação unificada ASTM. São solos semi-permeáveis a impermeáveis, boa a razoável resistência ao corte e muito baixa a desprezável compressibilidade quando compactados e saturados. 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 constituído por areia grossa, com ou sem material aglutinante bem graduado.

C₂B₅ . Segundo a classificação francesa LCPC/SETRA classificam-se como materiais angulosos cuja proporção da fração 0/50 mm é menor que 60 a 80%. 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:	Bragança
Data Recolha:	12/09/2022				
Cliente:	Instituto Politécnico de Bragança	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.		

Análise Granulométrica					
Nº Peneiro (mm)	75	4,76 (#4)	2,00 (#10)	0,425 (#40)	0,074 (#200)
Passada Acumulada (%)	100,00	48,34	35,38	23,16	15,4
Retida Acumulada (%)	0,00	51,66	64,62	76,84	84,6

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

D₆₀ (mm)	8,0
D₃₀ (mm)	1,0
D₁₀ (mm)	s.d
D_{máx} (mm)	80,0

Coeficiente de Uniformidade	NR
Coeficiente de Curvatura	NR
Cascalho (%)	64,6
Areia (%)	20,0
Silte e Argila (%)	15,4
Índice de Grupo	0

Classificação Unificada (ASTM D2487-85):	GM
Classificação (AASHTO M145-42):	A-1-b(0)
Classificação LCPC/ SETRA:	C₂(B₅)

Observações:

GM- Solo grosso, cascalho siltoso com areia segundo a classificação unificada ASTM. São solos semi-permeáveis a impermeáveis, boa a razoável resistência ao corte e muito baixa a desprezável compressibilidade quando compactados e saturados. 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 constituído por areia grossa, com ou sem material aglutinante bem graduado.

C₂(B₅) - Segundo a classificação francesa LCPC/SETRA classificam-se como materiais angulosos cuja proporção da fração 0/50 mm é menor que 60 a 80%. 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		RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE				
		COMPACTAÇÃO				
		Norma Referência: LNEC E 197:1966				
		Amostra:	S1			
Data da Colheita:	12/09/2022					
Cliente:	Instituto Politécnico de Bragança	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.			
		Local:	Bragança			

COMPACTAÇÃO USADA: PESADA

TEOR EM ÁGUA NATURAL: 10,9%

Número do ensaio		1	2	3	4	5
P1	Peso do molde vazio (gr)	4822	4822	4822	4822	4822
P2	Peso do molde mais solo húmido (gr)	9420	9580	9715	9775	9670
ps = P2-P1	Peso do solo húmido (gr)	4598	4758	4893	4953	4848
V	Volume do molde (cm ³)	2089	2089	2089	2089	2089
Yw = ps/V	Baridade húmida (0,001gr/cm ³)	2,201	2,278	2,342	2,371	2,321

TEORES EM ÁGUA

Número do recipiente		18	2	18	7	1
pt	Peso do recipiente (0,1gr)	172,1	160,2	172,1	161,0	161,5
pa+s+t	Peso do recipiente e solo húmido (0,1gr)	642,6	601,0	658,5	509,4	502,0
ps+t	Peso do recipiente e solo seco (0,1gr)	607,0	564,0	613,1	472,1	461,0
pa=pa+s+t-(ps+t)	Peso da água (0,1gr)	35,6	37,0	45,4	37,3	41,0
ps=ps+t-pt	Peso do solo seco (0,1gr)	434,9	403,8	441,0	311,1	299,5
W = (pa/ps)*100	Teor em água (0,1%)	8,2	9,2	10,3	12,0	13,7

RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE

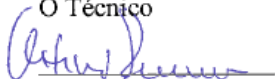
w	Teor em água (0,1%)	8,2	9,2	10,3	12,0	13,7
$\gamma_s = \frac{(100 * \gamma_w)}{(100 + W)}$	Baridade seca (0,001gr/cm ³)	2,035	2,086	2,124	2,117	2,041

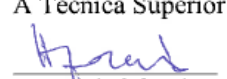
Baridade seca máxima ($\gamma_{s\text{máx}}$): 2,130


(0,01gr/cm³)

Teor de humidade óptimo (W_{op}): 11,0 (0,1%)

Bragança, 19 de setembro de 2022

O Técnico

 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Herminia Morais

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE				
		COMPACTAÇÃO				
		Norma Referência: LNEC E 197:1966				
		Amostra:	S2			
Data da Colheita:	12/09/2022					
Cliente:	Instituto Politécnico de Bragança	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.			
		Local:	Bragança			

COMPACTAÇÃO USADA: PESADA

TEOR EM ÁGUA NATURAL: 10,9%

Número do ensaio		1	2	3	4	5
P1	Peso do molde vazio (gr)	4822	4822	4822	4822	4822
P2	Peso do molde mais solo húmido (gr)	9225	9377	9520	9590	9510
ps = P2-P1	Peso do solo húmido (gr)	4403	4555	4698	4768	4688
V	Volume do molde (cm ³)	2089	2089	2089	2089	2089
Yw = ps/V	Baridade húmida (0,001gr/cm ³)	2,108	2,180	2,249	2,282	2,244

TEORES EM ÁGUA

Número do recipiente		7	2	18	4	1
pt	Peso do recipiente (0,1gr)	169,0	160,2	172,1	172,0	161,5
pa+s+t	Peso do recipiente e solo húmido (0,1gr)	644,0	601,0	660,1	840,5	520,0
ps+t	Peso do recipiente e solo seco (0,1gr)	609,0	564,0	614,2	768,0	476,0
pa=pa+s+t-(ps+t)	Peso da água (0,1gr)	35,0	37,0	45,9	72,5	44,0
ps=ps+t-pt	Peso do solo seco (0,1gr)	440,0	403,8	442,1	596,0	314,5
W = (pa/ps)*100	Teor em água (0,1%)	8,0	9,2	10,4	12,2	14,0

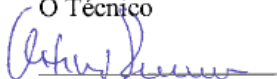
RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE

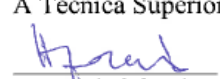
w	Teor em água (0,1%)	8,0	9,2	10,4	12,2	14,0
$\gamma_s = \frac{(100 * \gamma_w)}{(100 + W)}$	Baridade seca (0,001gr/cm ³)	1,952	1,997	2,037	2,035	1,969


Baridade seca máxima ($\gamma_{S_{máx}}$): 2,045 (0,01gr/cm³)

Teor de humidade óptimo (W_{op}): 11,0 (0,1%)

Bragança, 19 de setembro de 2022

O Técnico

 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Herminia Morais

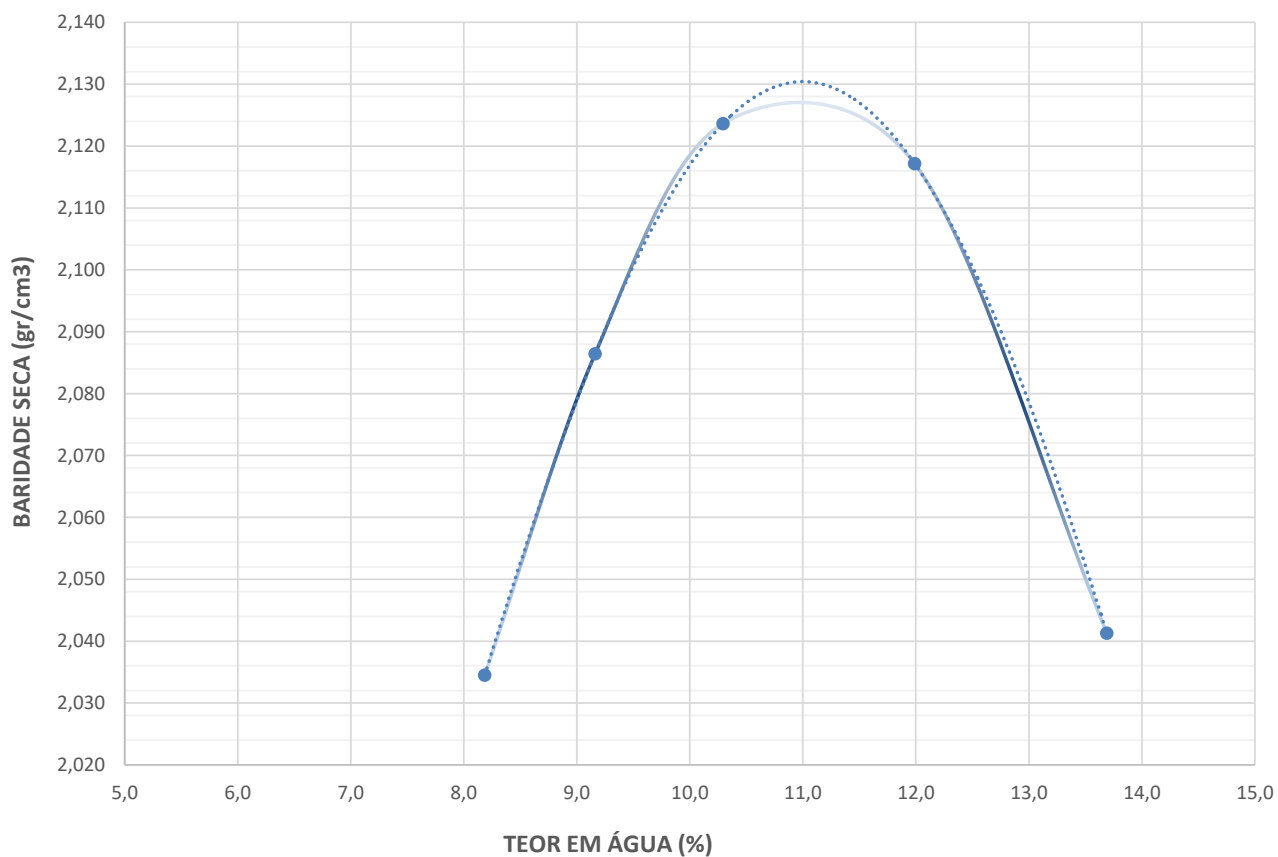
		RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE	
		COMPACTAÇÃO	
		Norma Referência: LNEC E 197:1966	
		Amostra:	S1
Cliente: Instituto Politécnico de Bragança		Data da Colheita:	12/09/2022
		Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.
		Local:	Bragança

COMPACTAÇÃO USADA: PESADA

Wop= 11,0%

$\gamma_{Sm\acute{a}x}$ = 2,130 g/cm³

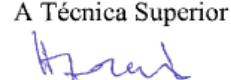
CURVA PROCTOR




Bragança, 19 de setembro de 2022

O Técnico

 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Herminia Morais

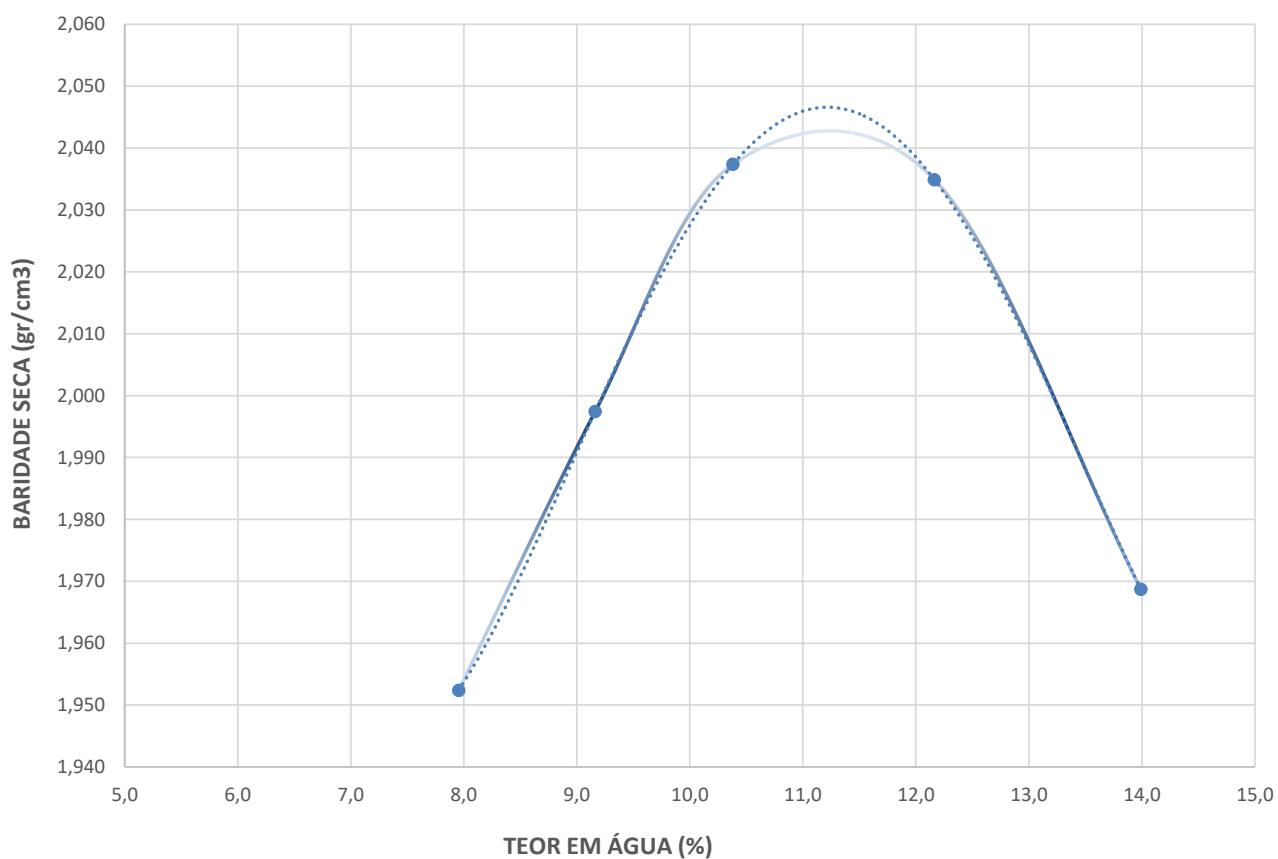
 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão	RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE	
	COMPACTAÇÃO	
	Norma Referência: LNEC E 197:1966	
	Amostra:	S2
Data da Colheita:	12/09/2022	
Cliente: Instituto Politécnico de Bragança	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.
	Local:	Bragança

COMPACTAÇÃO USADA: PESADA

Wop= 11,0%

$\gamma_{Sm\acute{a}x}$ = 2,045 g/cm³

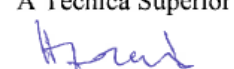
CURVA PROCTOR



Bragança, 19 de setembro de 2022

O Técnico

 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Herminia Morais

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



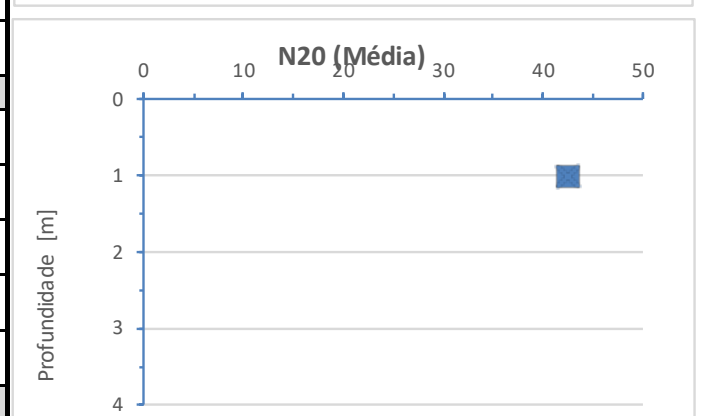
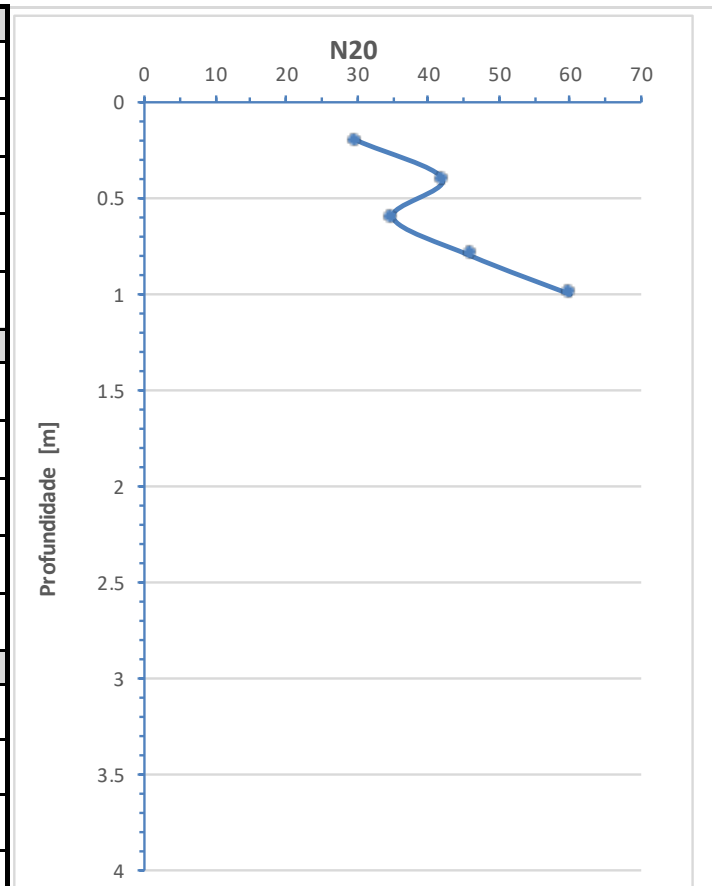
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH


Posição:	1	Sondagem nº:	P1
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):	693.00	
Data:	12/09/22	Nível de água:	Não Detectado

Cliente:	Instituto Politécnico de Bragança	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.
		Local:	Bragança

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	30	4.2		8.2	
0.4	42	4.4		8.4	
0.6	35	4.6		8.6	
0.8	46	4.8		8.8	
1	60	5		9	
N₂₀ (Méd)	42.6	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!

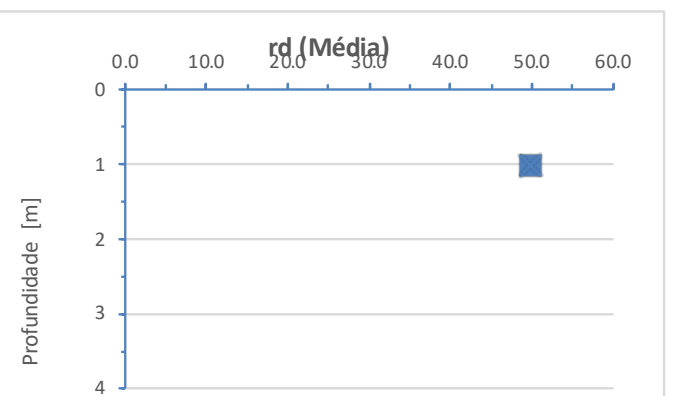
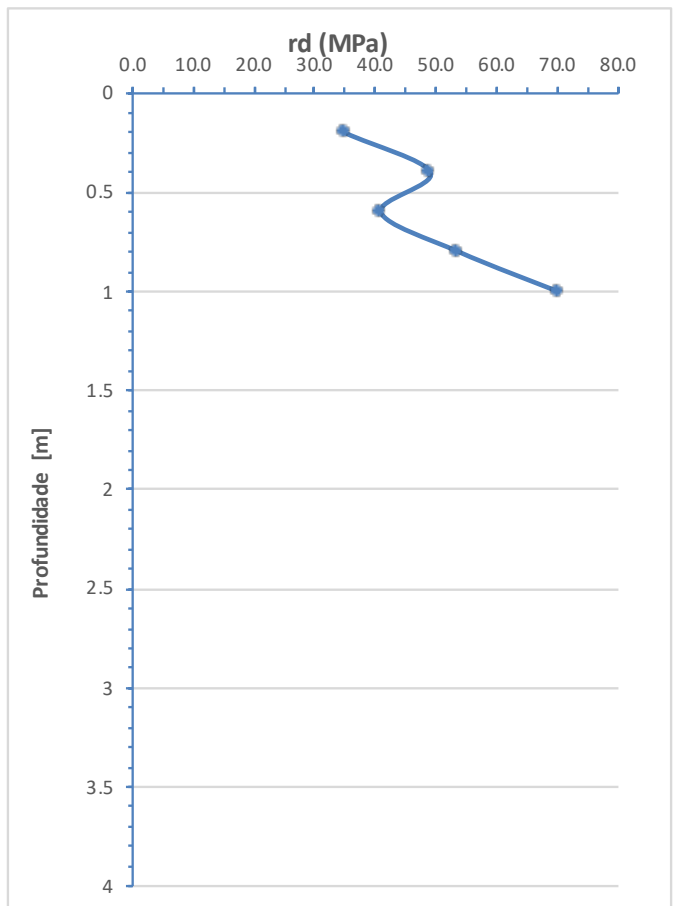


*=19 cm

 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:			
Data:	12/09/22	Elevação (Z):	693.00	Nível de água:	Não Detectado	
Cliente:	Instituto Politécnico de Bragança	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.			
		Local:	Bragança			

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	35.04	4.2		8.2	
0.4	49.06	4.4		8.4	
0.6	40.88	4.6		8.6	
0.8	53.73	4.8		8.8	
1	70.08	5		9	
rd (Méd)	49.76	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)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!

*=19 cm





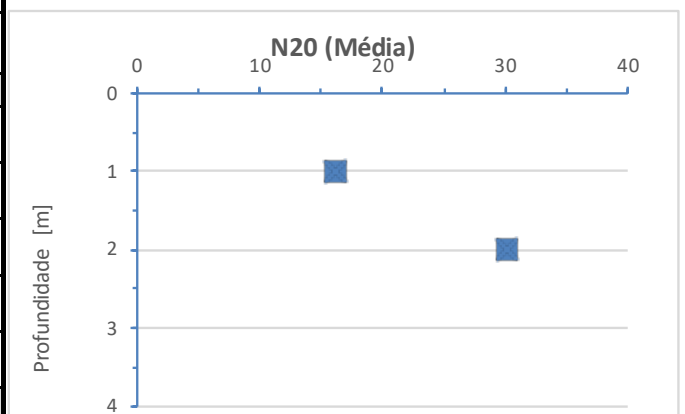
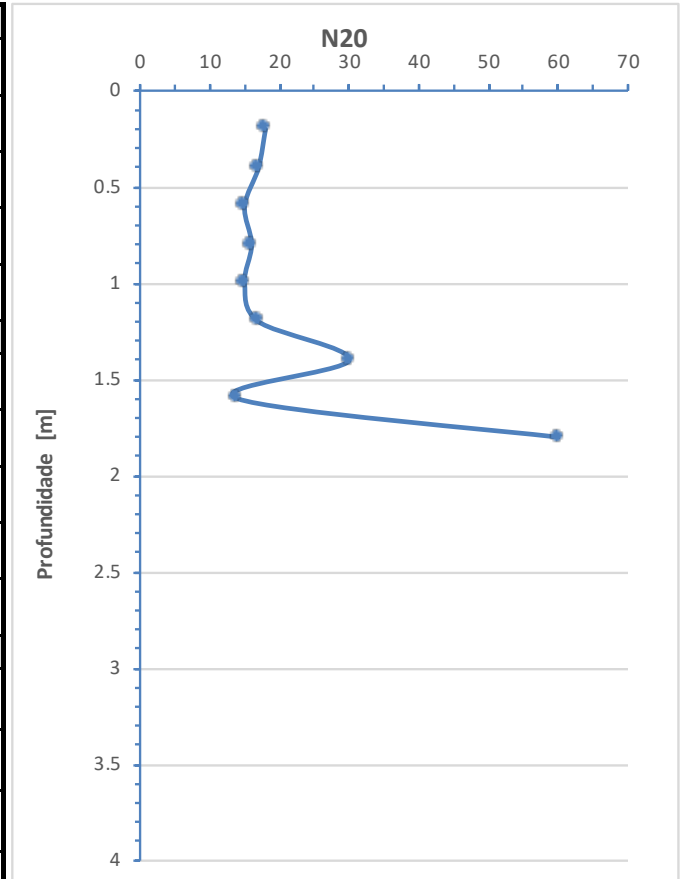
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	2	Sondagem nº:	P2
Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):	700.00	
Data:	12/09/22	Nível de água:	Não detectado

Cliente:	Instituto Politécnico de Bragança	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.
		Local:	Bragança

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	18	4.2		8.2	
0.4	17	4.4		8.4	
0.6	15	4.6		8.6	
0.8	16	4.8		8.8	
1	15	5		9	
N₂₀ (Méd)	16.2	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1.2	17	5.2		9.2	
1.4	30	5.4		9.4	
1.6	14	5.6		9.6	
1.8	60	5.8		9.8	
2		6		10	
N₂₀ (Méd)	30.3	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!



*=18cm



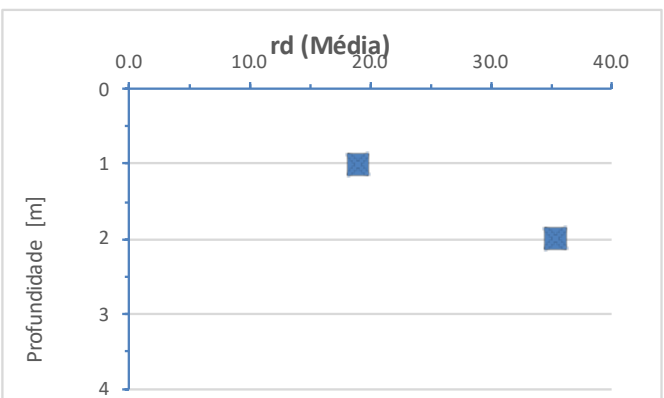
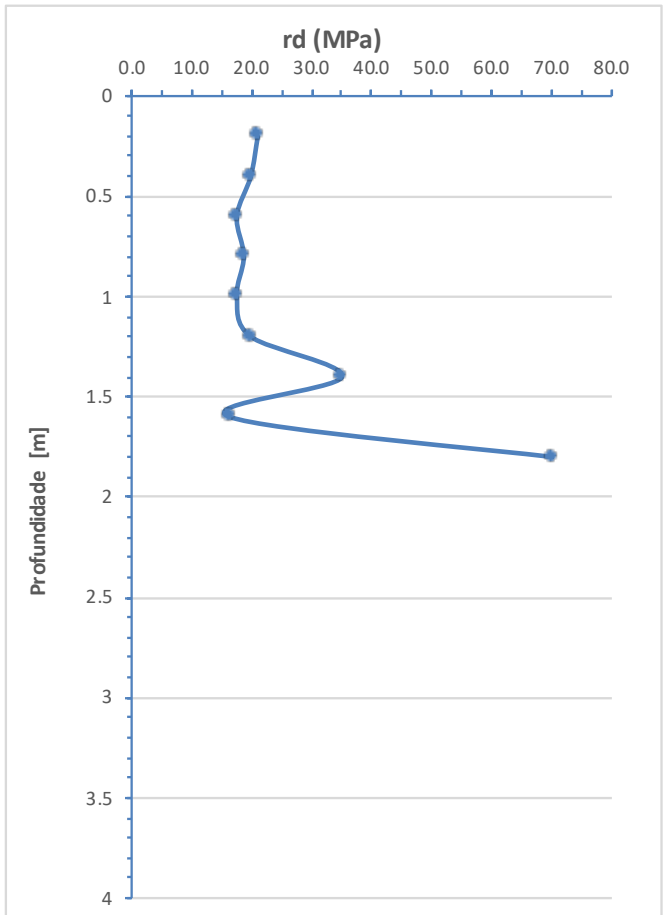
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	2	Sondagem nº:	P2
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):	700.00	
Data:	12/09/22	Nível de água:	Não detectado

Cliente:	Instituto Politécnico de Bragança	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.
		Local:	Bragança

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	21.02	4.2		8.2	
0.4	19.86	4.4		8.4	
0.6	17.52	4.6		8.6	
0.8	18.69	4.8		8.8	
1	17.52	5		9	
rd (Méd)	18.92	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2	19.86	5.2		9.2	
1.4	35.04	5.4		9.4	
1.6	16.35	5.6		9.6	
1.8	70.08	5.8		9.8	
2		6		10	
rd (Méd)	35.33	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!



*=18cm



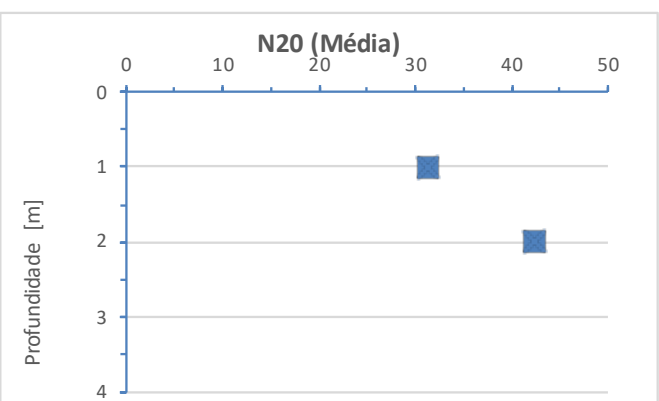
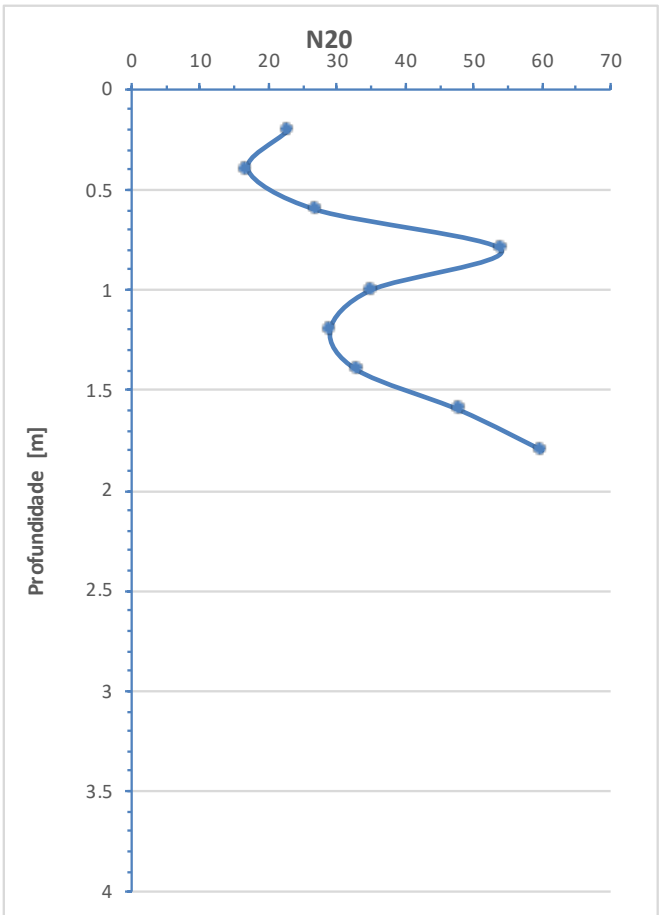
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaio de Penetração com DPSH

Posição:	3	Sondagem nº:	P3
Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):	691.20	
Data:	12/09/22	Nível de água:	Não detectado

Cliente:	Instituto Politécnico de Bragança	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.
		Local:	Bragança

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	23	4.2		8.2	
0.4	17	4.4		8.4	
0.6	27	4.6		8.6	
0.8	54	4.8		8.8	
1	35	5		9	
N₂₀ (Méd)	31.2	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1.2	29	5.2		9.2	
1.4	33	5.4		9.4	
1.6	48	5.6		9.6	
1.8	60	5.8		9.8	
2		6		10	
N₂₀ (Méd)	42.5	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!



*=18cm



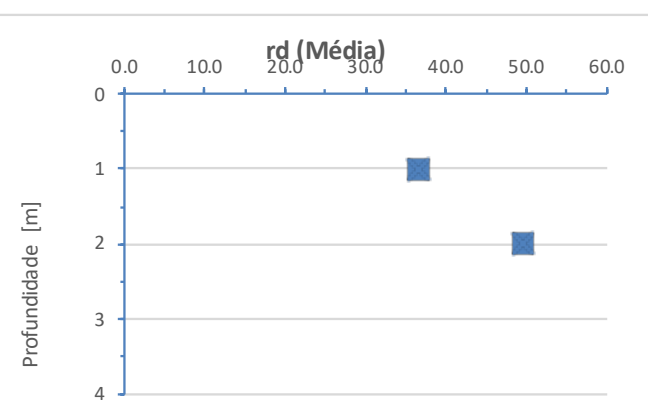
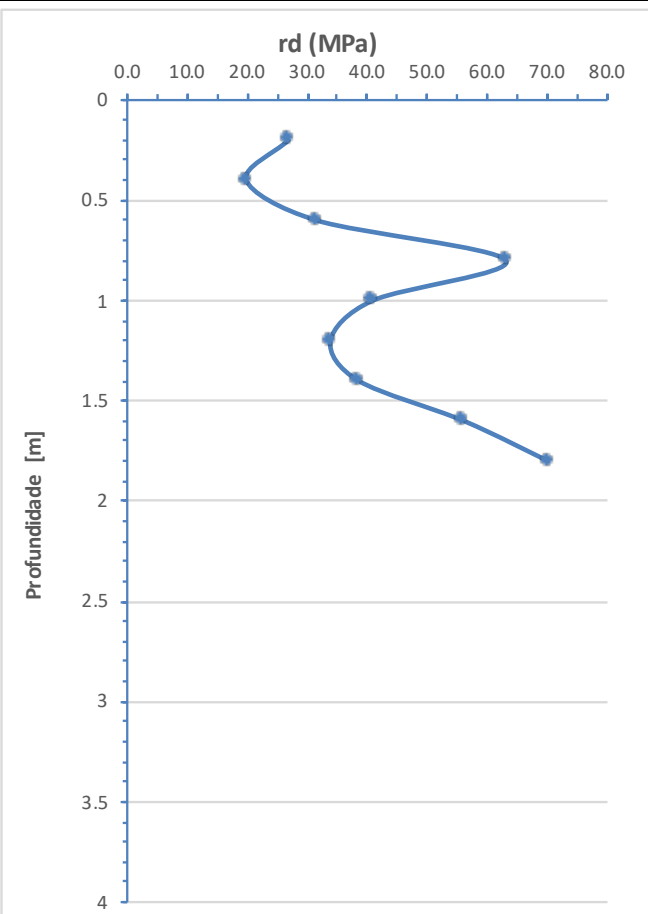
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	3	Sondagem nº:	P3
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):	692.20	
Data:	12/09/22	Nível de água:	Não detectado

Cliente:	Instituto Politécnico de Bragança	Obra:	Residência Nova do Instituto Politécnico de Bragança - Bragança.
		Local:	Bragança

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	26.86	4.2		8.2	
0.4	19.86	4.4		8.4	
0.6	31.54	4.6		8.6	
0.8	63.07	4.8		8.8	
1	40.88	5		9	
rd (Méd)	36.44	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2	33.87	5.2		9.2	
1.4	38.54	5.4		9.4	
1.6	56.06	5.6		9.6	
1.8	70.08	5.8		9.8	
2		6		10	
rd (Méd)	49.64	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!



*=18cm