

## **RELATÓRIO**

### **Avaliação e Capacidade de Carga da Plataforma de um Aterro**

**Ensaio com Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (DPSH)**

**Grau de Compactação do Aterro (Ensaio Proctor e Controlo da Compactação com Célula  
Radioativa)**

**Avaliação da Capacidade de Carga da Plataforma do Aterro**

**ENTIDADE:** Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros

**OBRA:** Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente

**LOCAL:** 5340-220 - Macedo de Cavaleiros

Bragança, 27 de fevereiro de 2020

**Autores do Relatório:**  
**Responsáveis:** Prof. António Miguel Paula\* e Prof. Manuel Minhoto\*  
**Técnica Superior de Laboratório:** Eng. Hermínia Morais\*  
\* - Instituto Politécnico de Bragança

## Índice

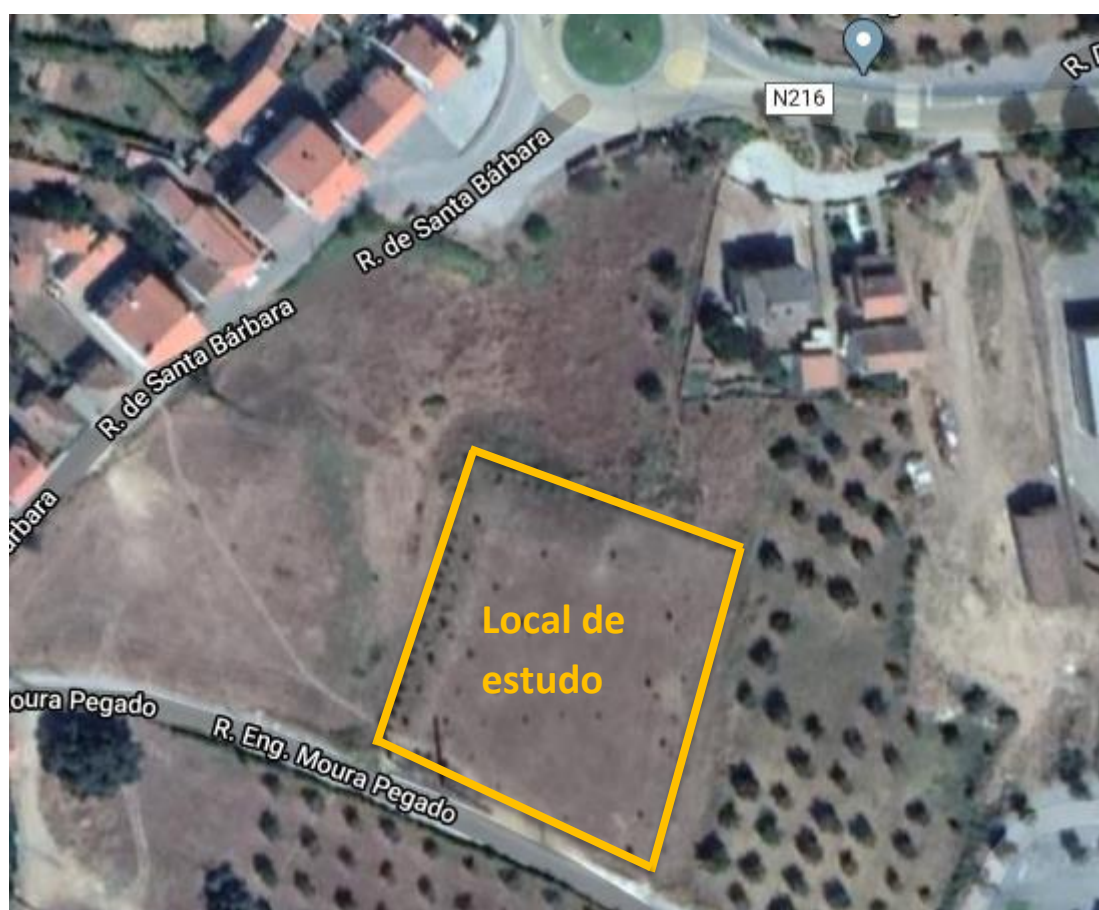
1	Introdução.....	3
2	Trabalhos realizados.....	3
2.1	Ensaio DPSH - Penetrómetro Dinâmico Superpesado (DPSH - Dynamic Penetration Super-Heavy) .....	4
2.2	Ensaio de compactação “Proctor” .....	6
2.3	Ensaio de compactação com a célula radioativa (Gamadensímetro Nuclear).....	6
2.4	Inspeção visual em poços de propeção.....	7
3	Análise preliminar dos resultados de caracterização geotécnica. ....	7
3.1	Identificação, classificação, grau de compactação .....	7
3.2	Resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH. ....	8
4	Considerações finais.....	11
	Bibliografia.....	12

# RELATÓRIO TÉCNICO

## 1 Introdução

Requerido pela Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros, procedeu-se à realização de cinco ensaios com Penetrómetro Dinâmico Superpesado DPSH (Dynamic Penetration Super-Heavy), caracterização do solo do aterro e ensaios de controlo de compactação em laboratório e no campo, realizados num aterro junto a Travanca, com a finalidade de caracterizar e identificar a capacidade de suporte de um aterro com vista à “Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente”, (ver Figura 1).

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



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

## 2 Trabalhos realizados

O estudo de caracterização geotécnica do aterro foi efetuado no dia 26 de fevereiro de 2020 e consistiu, na realização de cinco ensaios DPSH - Penetrómetro Dinâmico Super Pesado, dois pontos de compactação com

o gamadensímetro nuclear, recolha de uma amostra de solo em poços de propeção e posterior caracterização e identificação do solo em laboratório.

O plano de trabalhos de caracterização geotécnica do aterro foi definido pela Equipe Projetista e pelo Laboratório de Geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança. Aquando da caracterização do aterro pela equipa técnica, o mesmo ainda se encontra em terra vegetal.

Os pontos de realização dos ensaios DPSH e de Compactação com o Gamadensímetro 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).

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 (cujas 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.

### 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 penetrómetros dinâmicos (DP). Equipamento de ensaio do Instituto Politécnico de Bragança.

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 5 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, para cada energia de compactação aplicada, que conduz a uma baridade seca máxima e conseqüentemente à melhor compacidade do solo. Este ensaio de compactação, para além de outras aplicações, permite fixar um termo de comparação para o controle do peso volúmico e da humidade *in situ*.

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 da baridade seca máxima do solo. Estes valores foram anotados em gráfico permitindo determinar e traçar a curva baridade seca – teor em água, e achar o ponto máximo da curva, o que corresponde aos valores ótimos desejados.

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

Quadro 1 – Valores de compactação Proctor.

Peso volúmico seco máximo do solo (g/cm <sup>3</sup> )	2,090
Peso volúmico seco máxima do solo (kN/m <sup>3</sup> )	20,90
Teor em água ótimo (%)	10,5

## 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/plataforma em estudo), foram realizados dois ensaios com célula radioativa em campo, devidamente identificados no Desenho 1 do Anexo I. O resultado do ensaio efetuado encontra-se no Anexo III.

Como referido atrás, o valor da baridade seca máxima do solo é de 2,090 (g/cm<sup>3</sup>) e o teor de humidade ótima de 10,5%. Para os pontos avaliados *in situ*, a baridade seca está compreendido entre os valores de 1,849 e 1,984 (g/cm<sup>3</sup>) e o teor em água entre os valores 12,1% e 12,5%. O que corresponde a um grau de compactação

de aterro entre 89% e 95%. De referir que este grau de compactação se refere à última camada de aterro (parte superior do aterro /plataforma).

## 2.4 Inspeção visual em poços de propeção.

A inspeção visual dos solos foi efectuada através da abertura de dois poços de prospeção até aproximadamente 2 metros de profundidade, com uma máquina escavadora, permitindo deste modo o acesso a um técnico para fazer a inspeção visual das paredes e do fundo e recolher amostras deformadas representativas do solo para posteriormente se proceder à sua identificação e classificação em laboratório. Os poços são meios de prospeção que têm como vantagem poder-se efectuar a inspeção visual do terreno atravessado; facilidade em colher amostras deformadas em quantidade considerável, qualquer que seja o tipo de sol.

Os Poços de inspeção foram identificados como PI1 e PI2, ver no Desenho 1 do Anexo I.

## 3 Análise preliminar dos resultados de caracterização geotécnica.

### 3.1 Identificação, classificação, grau de compactação

Os resultados dos ensaios de identificação e caracterização do solo do aterro encontram-se no Anexo III. 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; grau de compactação.

Da análise dos resultados obtidos é possível verificar que o material existente na camada superficial do aterro é um cascalho siltoso com areia, sendo a percentagem de cascalho de cerca 48% do material. O diâmetro médio das partículas ( $D_{50}$ ) é de cerca de 4 mm.

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

Solos	Composição Granulométrica								
	% Seixo	% Areia	% Silte	% Argila	$D_{máx}$	$D_{60}$	$D_{50}$	$D_{30}$	Classificação do Solo ASTM D2487-85
					(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
<b>PI1 e PI2</b>	48.1	33.3	18.6		80.0	11.0	4.0	0.5	Cascalho Siltoso com areia (GM)

Continuação da Quadro 3

Ponto de ensaio	Resultados do ensaio Proctor		Resultados do ensaio com célula radioativa		Grau de compactação "in situ" (%)
	$\gamma_{dmáx}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$w_{opt}$ (%)	$\gamma_{d \text{ in situ}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$w_{\text{in situ}}$ (%)	
<b>P1</b>	20.9	10.5	19.84	12.5	95.2
<b>P2</b>			18.49	12.1	89.3

## Legenda do Quadro 3

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

$w_{\text{natural}} (\%)$  - Teor em água natural

$\gamma_{\text{dmáx}}$  - peso volúmico seco máximo

$w_{\text{opt}}$  - teor em água ótimo

$\gamma_{\text{d in situ}}$  - peso volúmico seco in situ

$w_{\text{in situ}}$  - teor em água in situ

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:

- **Classificação unificada (ASTM D2487-85): [GM]** Solo grosso, cascalho silteoso 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;
- **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]** Materiais rolados e materiais angulosos cuja proporção da fracção 0/50mm excede 60 a 80%.

### 3.2 Resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH.

Os resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico super pesado, DPSH, encontram-se no Anexo II. Para facilitar a leitura e fazer uma análise dos dados obtidos, no Quadro 3 encontra-se um resumo dos resultados obtidos.

Quadro 3 – Resumos dos resultados obtidos dos ensaios de penetrómetro dinâmico super pesado, DPSH.

Ensaio DPSH	Cota da boca do furo (m)	Profundidade do ensaio (m)	$N_{20}$ (Médio) (por metro)					Média
			[0,0m - 1,0m]	[1,0m - 2,0m]	[2,0m - 3,0m]	[3,0m - 4,0m]	[4,0m - 5,0m]	
P1	580.96	4.4	19.4	8.4	8.8	6.4	39.0	16.40
P2	580.98	4.6	9.8	9.8	10.4	4.4	43.0	15.48
P3	581.27	3.4	26.4	26.4	30.0	56.5	-	34.83
P4	581.28	2.8	22.0	22.0	43.8	-	-	29.27
P5	581.88	4.6	17.6	17.6	11.6	11.4	38.0	19.24

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 60, no entanto em alguns ensaios este número foi superior por se estar a realizar ensaios em solos muito heterogéneos. Para mais detalhes recomenda-se a análise dos resultados dos ensaios no Anexo II 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 média da profundidades de ensaio foi de 4.0 metros. O valor do  $N_{20}$  médio, sem considerar a nega (último valor de cada ensaio) é igual a 15.4. Este valor é baixo o que permite referir a baixa compacidade dos solos atravessados pelo ensaio. Ao longo da realização dos 5 ensaios DPSH, foi possível verificar que a ponteira e as varas, quando extraídas do solo, se apresentavam pouco húmidas, o que confirma pouca presença de água no aterro.

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 seguinte equação (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)

Quadro 4 – Resultados dos ensaios DPSH nos pontos P1 a P10, resistência de ponta  $r_d$  (MPa).

Ensaio DPSH	Profundidade do ensaio (m)	$r_d$ (MPa) (Médio) (por metro)				
		[0,0m - 1,0m]	[1,0m - 2,0m]	[2,0m - 3,0m]	[3,0m - 4,0m]	[4,0m - 5,0m]
<b>P1</b>	4.4	22.7	9.8	10.3	7.5	45.6
<b>P2</b>	4.6	11.5	13.8	12.2	5.1	50.2
<b>P3</b>	3.4	30.8	33.4	35.0	66.0	-
<b>P4</b>	2.8	25.7	19.2	51.1	-	-
<b>P5</b>	4.6	20.6	15.7	13.6	13.3	44.4

Da análise do Quadro 4, pode-se observar que o solo do aterro apresenta uma resistência de ponta, antes de ser atingida a nega no ensaio, bastante variável e com valores baixos, variando entre 5.1MPa e 35.0 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.

#### - 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  $N_{DPSH}$ .

Ensaio DPSH	Profundidade do ensaio (m)	$N_{SPT}$ (Médio) (por metro)=0.96. $N_{DPSH}$				
		[0,0m - 1,0m]	[1,0m - 2,0m]	[2,0m - 3,0m]	[3,0m - 4,0m]	[4,0m - 5,0m]
<b>P1</b>	4.4	18.6	8.1	8.4	6.1	37.4
<b>P2</b>	4.6	9.4	9.4	10.0	4.2	41.3
<b>P3</b>	3.4	25.3	25.3	28.8	54.2	-
<b>P4</b>	2.8	21.1	21.1	42.0	-	-
<b>P5</b>	4.6	16.9	16.9	11.1	10.9	36.5

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

No cálculo dos valores da tensão máxima admissível em sapatas de fundação, usou-se a expressão empírica:

$$q_a=N_{SPT}/100 \text{ (MPa)}$$

em que:

$q_a$  – tensão admissível da sapatas de fundação [MPa]

$N_{SPT}$  – numero de pancadas do ensaio SPT

Reduzido do respetivo coeficiente de segurança (neste caso, estando-se em 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.

Ensaio DPSH	Profundidade do ensaio (m)	qa (kPa), tensão admissível em sapatas de fundação				
		[0,0m - 1,0m]	[1,0m - 2,0m]	[2,0m - 3,0m]	[3,0m - 4,0m]	[4,0m - 5,0m]
<b>P1</b>	4.4	186.2	80.6	84.5	61.4	374.4
<b>P2</b>	4.6	94.1	94.1	99.8	42.2	412.8
<b>P3</b>	3.4	253.4	253.4	288.0	542.4	-
<b>P4</b>	2.8	211.2	211.2	420.5	-	-
<b>P5</b>	4.6	169.0	169.0	111.4	109.4	364.8

Da análise do Quadro 6, pode-se observar que na plataforma do aterro apresenta uma tensão admissível, antes de ser atingida a nega no ensaio, entre 42.2 MPa e 288 MPa. Estes valores permitem referir a grande heterogeneidade nos resultados obtidos e por vezes com valores da capacidade resistente bastante baixa. Pode também referir-se a o aterro não apresenta uma compactação homogénea e eficiente, variando muito de ponto para ponto e em alguns pontos deficiente.

#### 4 Considerações finais

Este relatório teve como objetivo a realização de uma campanha de ensaios geotécnicos in situ, com finalidade de caracterizar um depósito de aterro afeto à construção de um edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente, em Macedo de Cavaleiros.

O aterro foi realizado com um material constituído por cascalho com silte e areia, com classificação unificada (segundo a norma ASTM D 2487-85) de GM. A percentagem de cascalho é de cerca 48% do material. O diâmetro médio das partículas ( $D_{50}$ ) é de cerca de 4 mm. O grau de compactação do aterro à superfície é apenas de 89% a 95%.

Com base nos resultados do ensaio do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH, é possível estimar a tensão máxima admissível da plataforma. Varia de ponto para ponto e com valores entre 42 e 288 MPa. Após análise dos resultados obtidos, é recomendável o não uso deste aterro no seu estado in situ como aterro da nova construção de um edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente, em Macedo de Cavaleiros. Eliminando-se assim os problemas que se possam verificar de assentamentos totais e diferenciais, problemas de estabilidade.

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

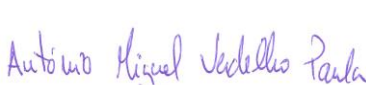
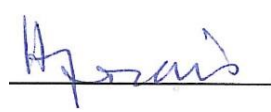
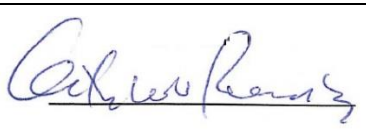
Afonso, André Filipe; Paula, António Miguel; Braz César, Manuel (2016). “Correlações entre resultados de ensaios de penetração dinâmica (DP) com o ensaio standard penetration test (SPT)”. 15º Congresso Nacional de Geotecnia / 8º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, Faculdade de Engenharia da Universidade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

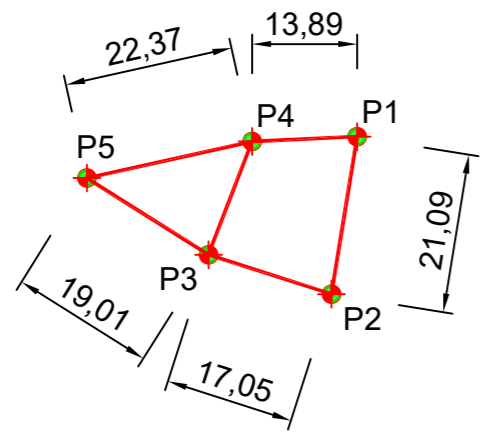
Especificação do LNEC E197-1966 – SOLOS: Ensaio de compactação.

IPB-ESTG, Bragança, 06 de março de 2020.

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

# **ANEXOS**

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



Pontos de ensaio - longitudinal - DPSH P1 a P5

Escala 1/1000

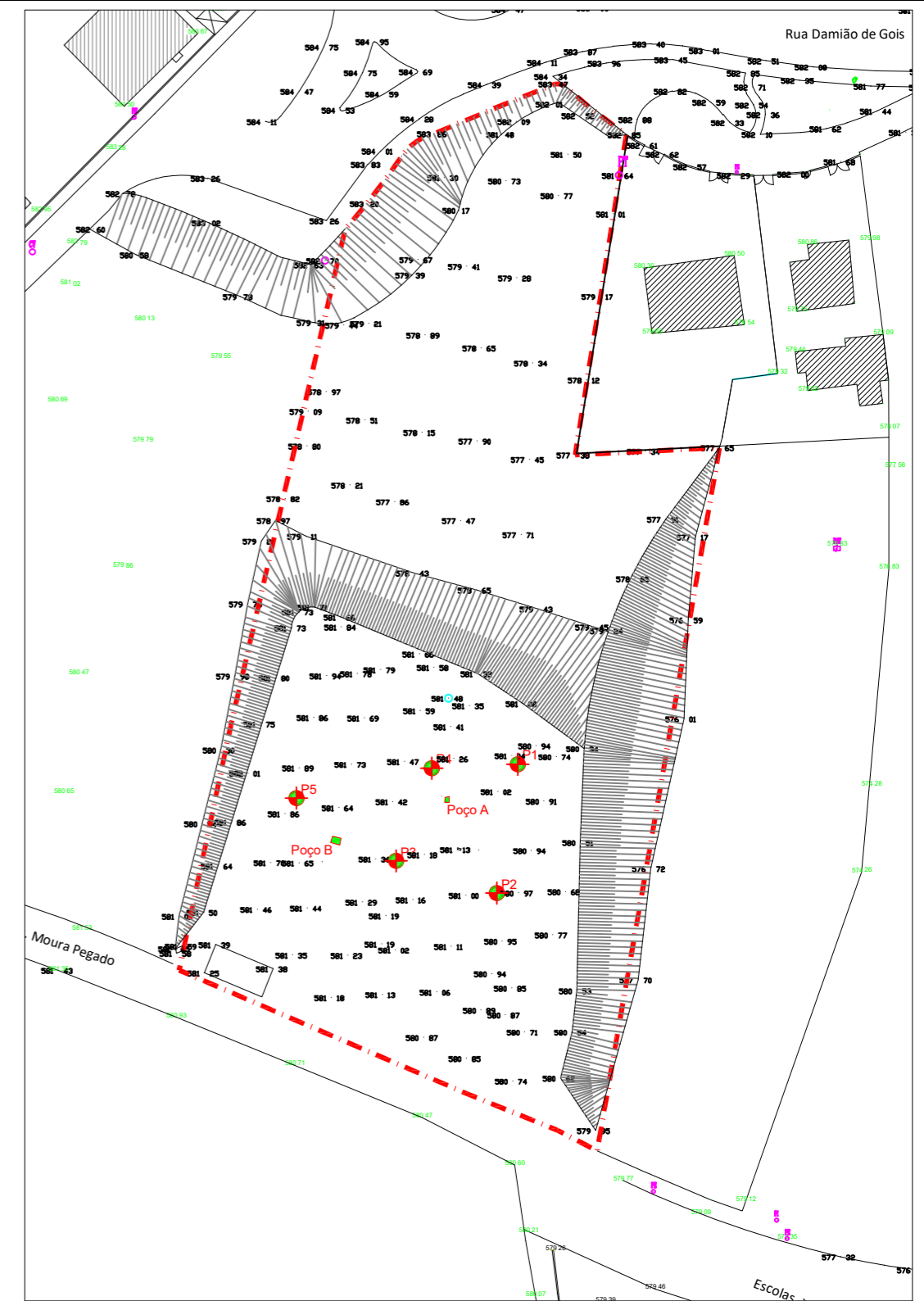
Legenda 1

ÁREA TOTAL DO TERRENO	9272,00 m <sup>2</sup>
ÁREA COBERTA	
ÁREA COBERTA DO ANEXO	
ÁREA DE LOGRADOURO	
LIMITE DO PRÉDIO	

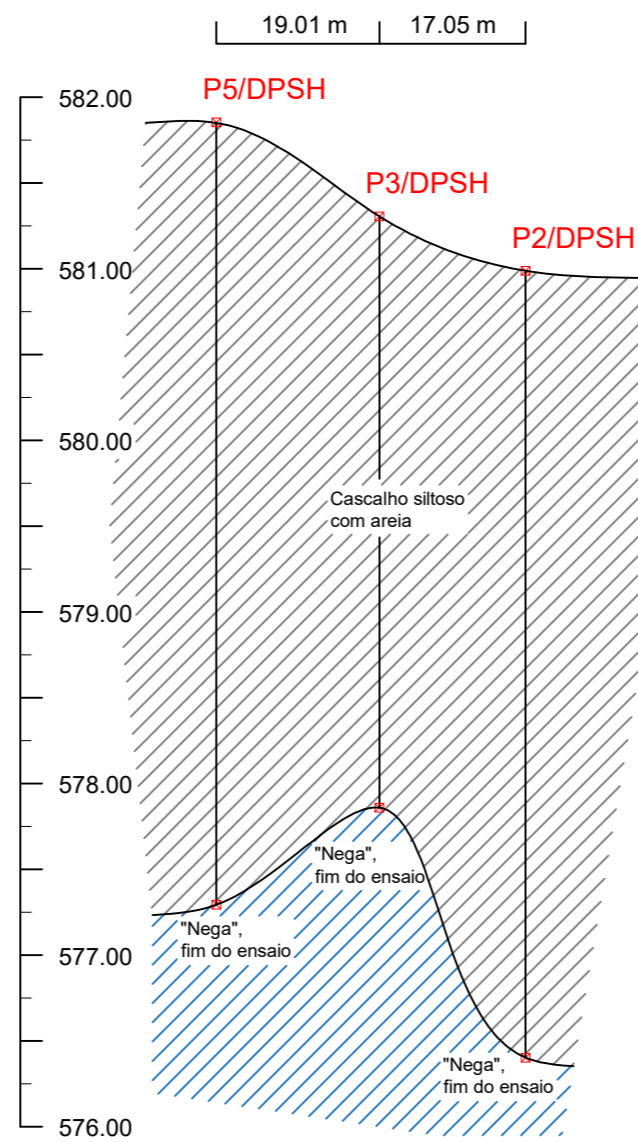
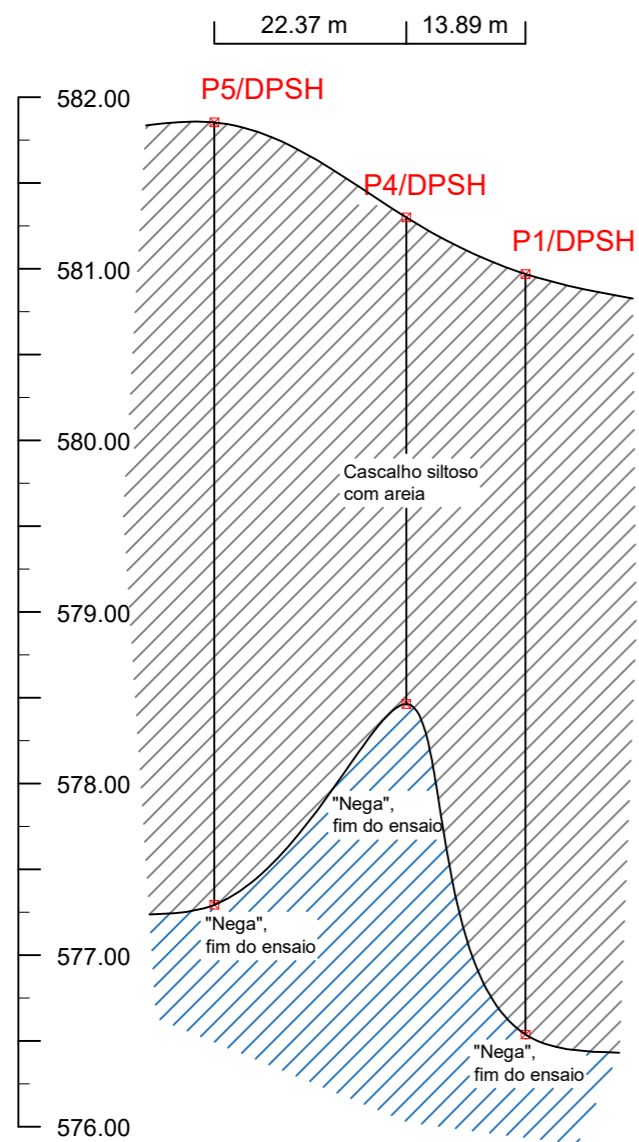
Pontos de ensaio DPSH P1 a P5

LEGENDA:

Pi - Pontos de realização do Ensaio DPSH Dynamic Penetration Super-Heavy



Escala 1/1000



Perfil interpretativo dos resultados do ensaio DPSH P5 a P1 e P5 a P2 (DPSH)

Sem escala

<p>esc: 1/---</p>		<p>data: 07-03-2019</p>		<p>Cliente: Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros</p>
		<p>projectou: n.º: 1</p>		<p>Obra/Local: Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente</p>
		<p>Laboratório de Geotecnia          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>

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

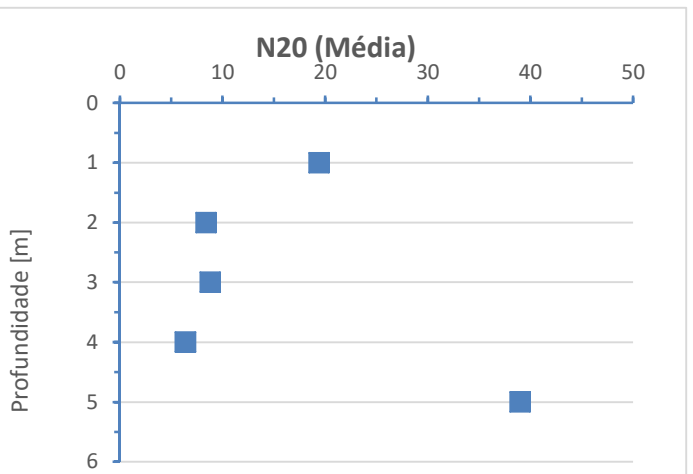
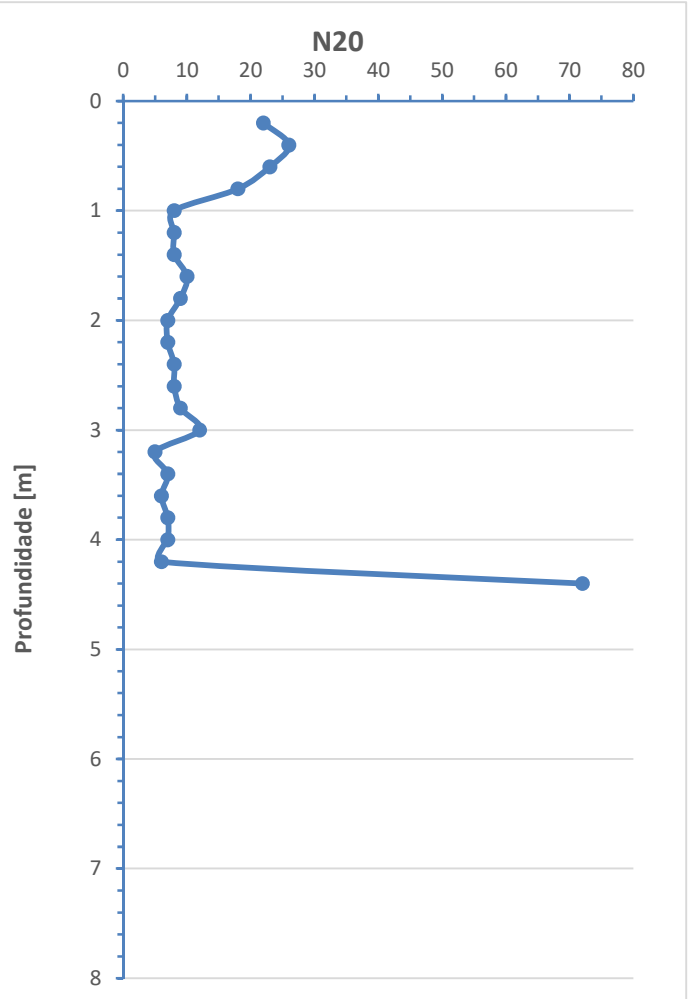


**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA** Escola Superior de Tecnologia e Gestão

**Ensaios de Penetração com DPSH**

<b>Posição:</b>	1	<b>Sondagem nº:</b>	<b>P1</b>
<b>Coordenadas</b>	<b>Este:</b>	96929.63	<b>Direita do eixo:</b>
	<b>Norte:</b>	208393.158	
	<b>Elevação (Z):</b>	580.963	
<b>Data:</b>	26/02/2020	<b>Nível de água:</b>	Não detectado
<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros		
<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvevente		
<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros		

Z(m)	N <sub>20</sub>	Z(m)	N <sub>20</sub>	Z(m)	N <sub>20</sub>
0.2	22	4.2	6	8.2	
0.4	26	4.4	72	8.4	
0.6	23	4.6		8.6	
0.8	18	4.8		8.8	
1	8	5		9	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>19.4</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>39.0</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
1.2	8	5.2		9.2	
1.4	8	5.4		9.4	
1.6	10	5.6		9.6	
1.8	9	5.8		9.8	
2	7	6		10	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>8.4</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
2.2	7	6.2		10.2	
2.4	8	6.4		10.4	
2.6	8	6.6		10.6	
2.8	9	6.8		10.8	
3	12	7		11	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>8.8</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
3.2	5	7.2		11.2	
3.4	7	7.4		11.4	
3.6	6	7.6		11.6	
3.8	7	7.8		11.8	
4	7	8		12	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>6.4</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>



\*=17cm



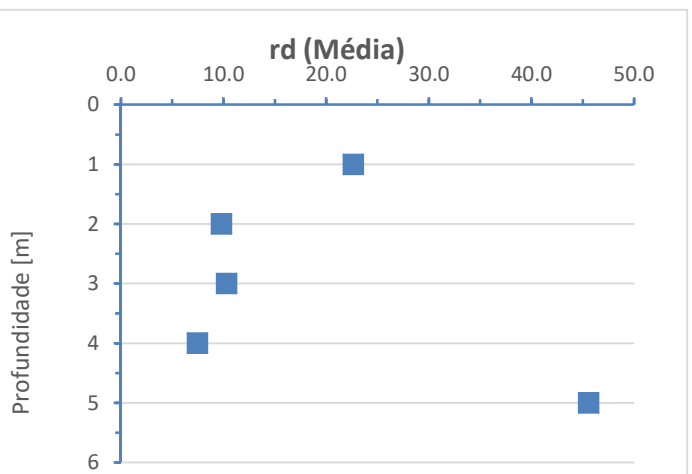
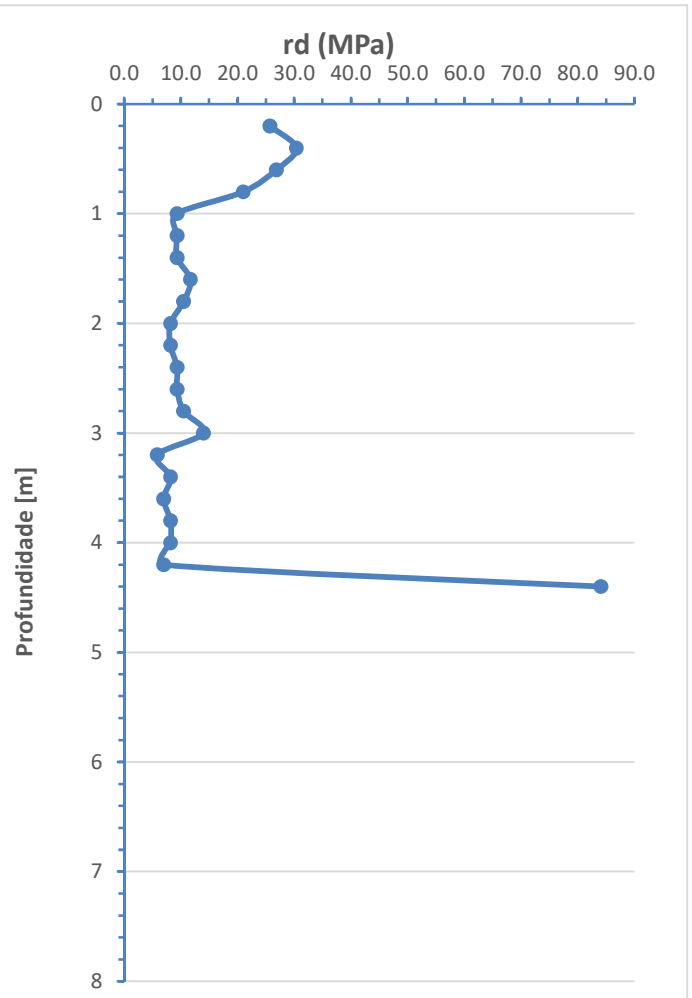
**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA** Escola Superior de Tecnologia e Gestão

### Ensaios de Penetração com DPSH

<b>Posição:</b>	1	<b>Sondagem nº:</b>	<b>P1</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Este:</b>	96929.63	<b>Direita do eixo:</b>	
	<b>Norte:</b>	208393.158		
	<b>Elevação (Z):</b>	580.963		
<b>Data:</b>	26/02/2020	<b>Nível de água:</b>	Não detectado	
<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros		<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envoltente
			<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros

Z(m)	r <sub>d</sub>	Z(m)	r <sub>d</sub>	Z(m)	r <sub>d</sub>
0.2	25.70	4.2	7.01	8.2	
0.4	30.37	4.4	84.10	8.4	
0.6	26.86	4.6		8.6	
0.8	21.02	4.8		8.8	
1	9.34	5		9	
<b>rd (Méd)</b>	<b>22.66</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>45.55</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
1.2	9.34	5.2		9.2	
1.4	9.34	5.4		9.4	
1.6	11.68	5.6		9.6	
1.8	10.51	5.8		9.8	
2	8.18	6		10	
<b>rd (Méd)</b>	<b>9.81</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
2.2	8.18	6.2		10.2	
2.4	9.34	6.4		10.4	
2.6	9.34	6.6		10.6	
2.8	10.51	6.8		10.8	
3	14.02	7		11	
<b>rd (Méd)</b>	<b>10.28</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
3.2	5.84	7.2		11.2	
3.4	8.18	7.4		11.4	
3.6	7.01	7.6		11.6	
3.8	8.18	7.8		11.8	
4	8.18	8		12	
<b>rd (Méd)</b>	<b>7.48</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>

\*=17cm





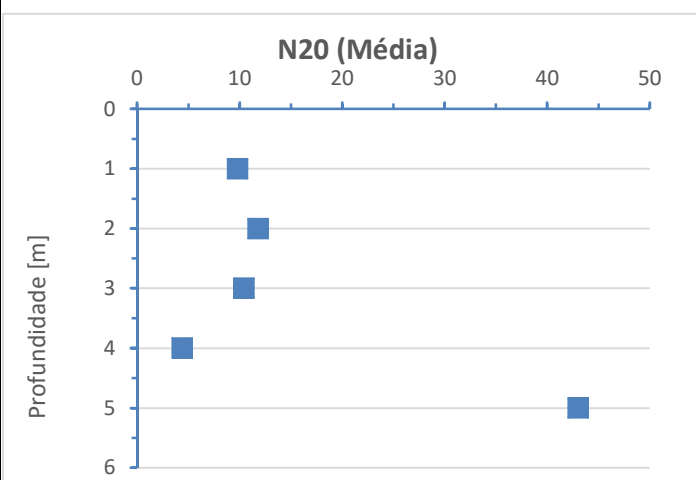
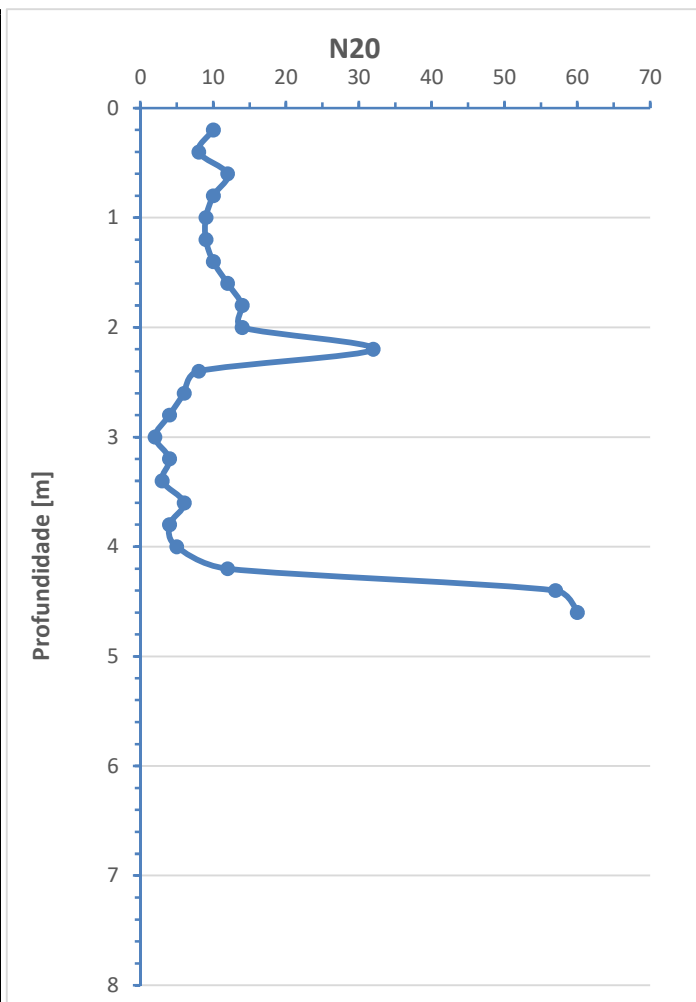
**INSTITUTO POLITÉCNICO** Escola Superior  
**DE BRAGANÇA** de Tecnologia e Gestão

### Ensaio de Penetração com DPSH

<b>Posição:</b>	2	<b>Sondagem nº:</b>	<b>P2</b>
<b>Coordenadas</b>	<b>Este</b>	96926.236	<b>Esquerda do eixo:</b>
	<b>Norte:</b>	208375.344	
	<b>Elevação (Z):</b>	580.975	
<b>Data:</b>	26/02/2020	<b>Nível de água:</b>	Não detectado

<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros	<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente
		<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros

Z(m)	N <sub>20</sub>	Z(m)	N <sub>20</sub>	Z(m)	N <sub>20</sub>
0.2	10	4.2	12	8.2	
0.4	8	4.4	57	8.4	
0.6	12	4.6	60	8.6	
0.8	10	4.8		8.8	
1	9	5		9	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>9.8</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>43.0</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
1.2	9	5.2		9.2	
1.4	10	5.4		9.4	
1.6	12	5.6		9.6	
1.8	14	5.8		9.8	
2	14	6		10	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>11.8</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
2.2	32	6.2		10.2	
2.4	8	6.4		10.4	
2.6	6	6.6		10.6	
2.8	4	6.8		10.8	
3	2	7		11	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>10.4</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
3.2	4	7.2		11.2	
3.4	3	7.4		11.4	
3.6	6	7.6		11.6	
3.8	4	7.8		11.8	
4	5	8		12	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>4.4</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>



\*=2cm

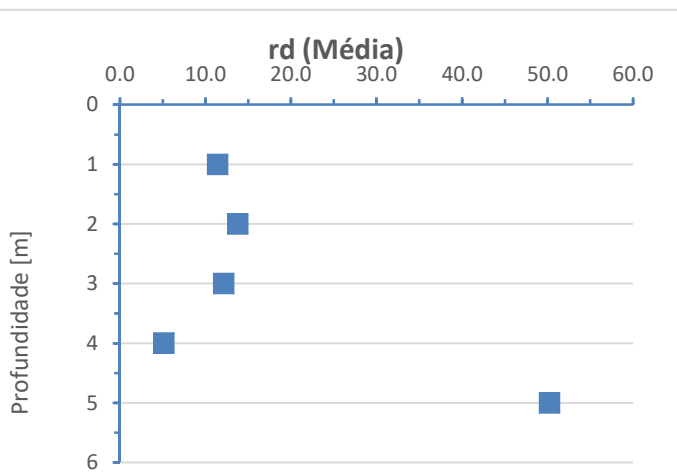
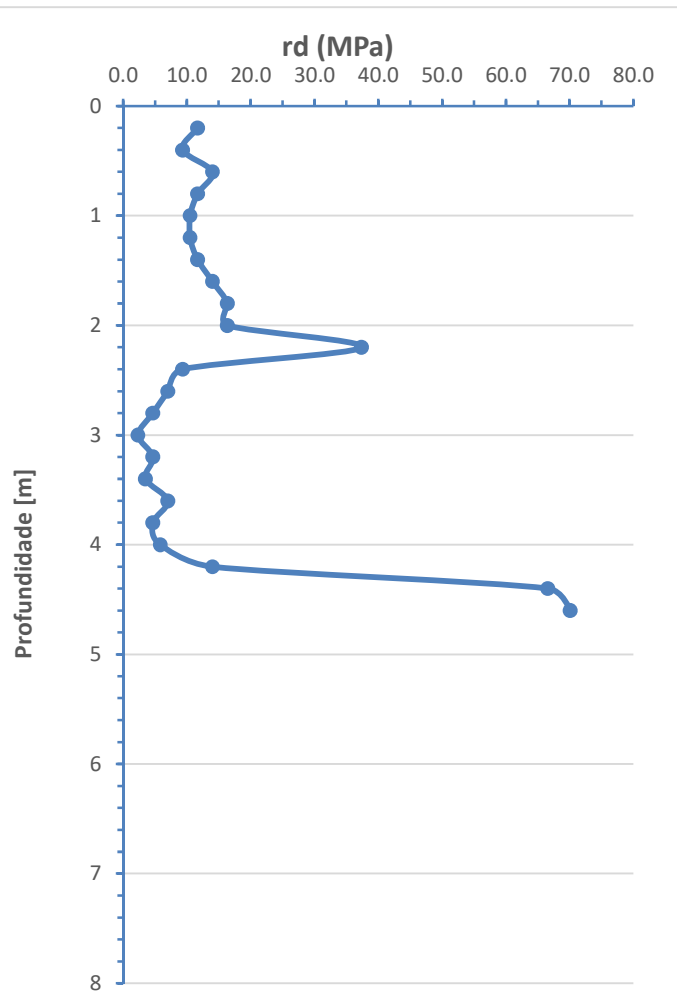


**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA** Escola Superior de Tecnologia e Gestão

### Ensaios de Penetração com DPSH

<b>Posição:</b>	2	<b>Sondagem nº:</b>	<b>P2</b>
<b>Coordenadas</b>	<b>Este:</b>	96929.63	<b>Direita do eixo:</b>
	<b>Norte:</b>	208393.158	
	<b>Elevação (Z):</b>	580.963	
<b>Data:</b>	26/02/2020	<b>Nível de água:</b>	Não detectado
<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros		
<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envoltente		
<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros		

Z(m)	r <sub>d</sub>	Z(m)	r <sub>d</sub>	Z(m)	r <sub>d</sub>
0.2	11.68	4.2	14.02	8.2	
0.4	9.34	4.4	66.58	8.4	
0.6	14.02	4.6	70.08	8.6	
0.8	11.68	4.8		8.8	
1	10.51	5		9	
<b>rd (Méd)</b>	<b>11.45</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>50.22</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
1.2	10.51	5.2		9.2	
1.4	11.68	5.4		9.4	
1.6	14.02	5.6		9.6	
1.8	16.35	5.8		9.8	
2	16.35	6		10	
<b>rd (Méd)</b>	<b>13.78</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
2.2	37.38	6.2		10.2	
2.4	9.34	6.4		10.4	
2.6	7.01	6.6		10.6	
2.8	4.67	6.8		10.8	
3	2.34	7		11	
<b>rd (Méd)</b>	<b>12.15</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
3.2	4.67	7.2		11.2	
3.4	3.50	7.4		11.4	
3.6	7.01	7.6		11.6	
3.8	4.67	7.8		11.8	
4	5.84	8		12	
<b>rd (Méd)</b>	<b>5.14</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>



\*=2cm

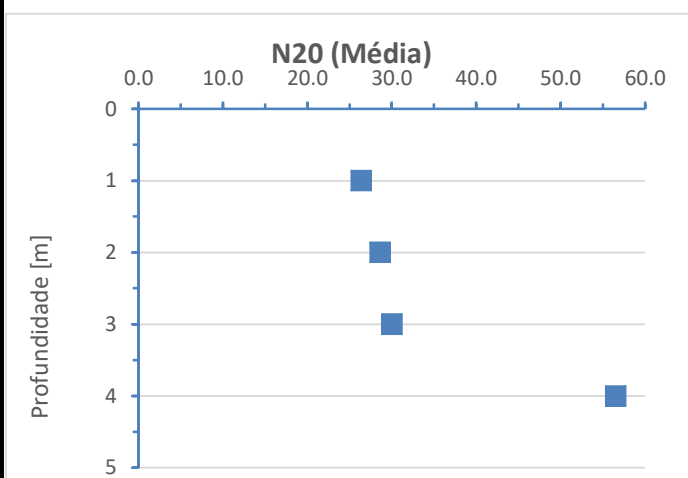
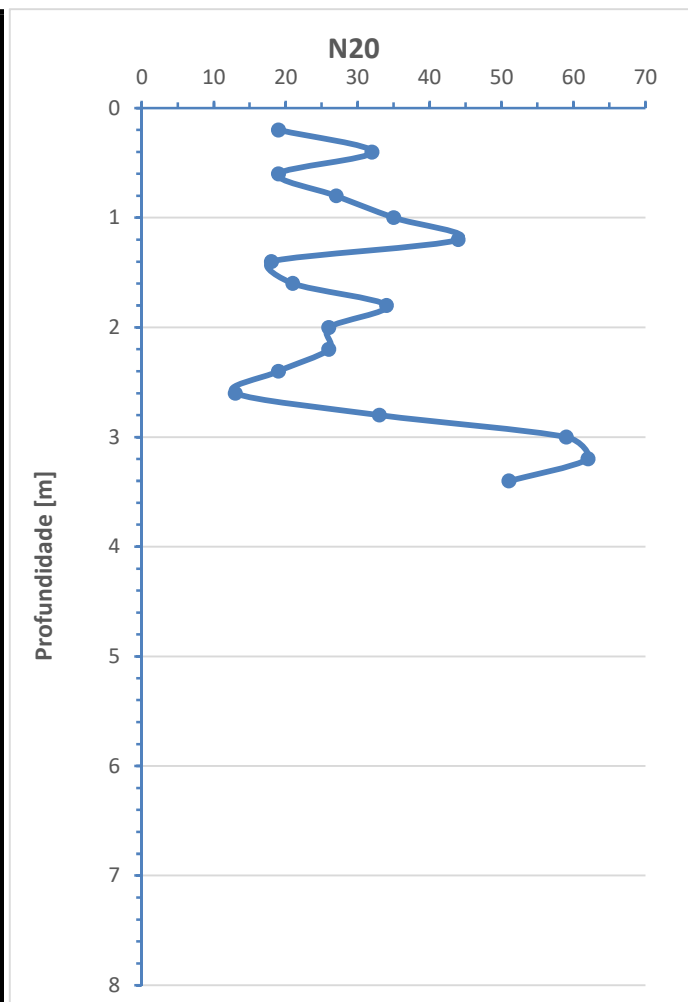


**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA** Escola Superior de Tecnologia e Gestão

### Ensaios de Penetração com DPSH

<b>Posição:</b>	3	<b>Sondagem nº:</b>	<b>P3</b>		
<b>Coordenadas</b>	<b>Este</b>	96909.994	<b>Esquerda do eixo:</b>		
	<b>Norte:</b>	208380.545			
	<b>Elevação (Z):</b>	581.267			
<b>Data:</b>	26/02/2020	<b>Nível de água:</b>	Não detectado		
<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros		<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente	
			<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros	

Z(m)	N <sub>20</sub>	Z(m)	N <sub>20</sub>	Z(m)	N <sub>20</sub>
0.2	19	4.2		8.2	
0.4	32	4.4		8.4	
0.6	19	4.6		8.6	
0.8	27	4.8		8.8	
1	35	5		9	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>26.4</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
1.2	44	5.2		9.2	
1.4	18	5.4		9.4	
1.6	21	5.6		9.6	
1.8	34	5.8		9.8	
2	26	6		10	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>28.6</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
2.2	26	6.2		10.2	
2.4	19	6.4		10.4	
2.6	13	6.6		10.6	
2.8	33	6.8		10.8	
3	59	7		11	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>30</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
3.2	62	7.2		11.2	
3.4	51	7.4		11.4	
3.6		7.6		11.6	
3.8		7.8		11.8	
4		8		12	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>56.5</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>



\*=10cm



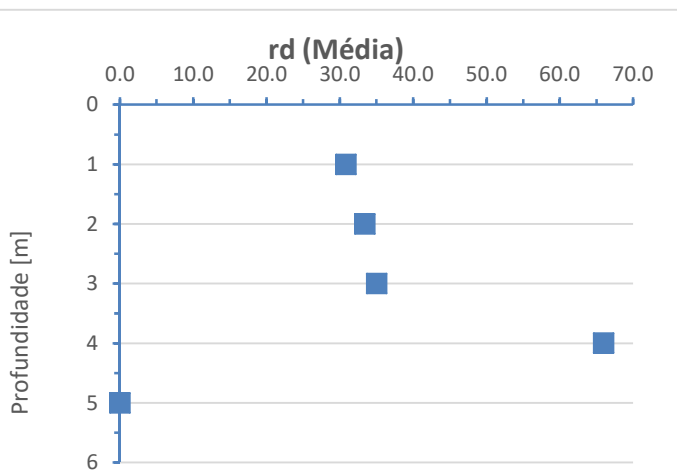
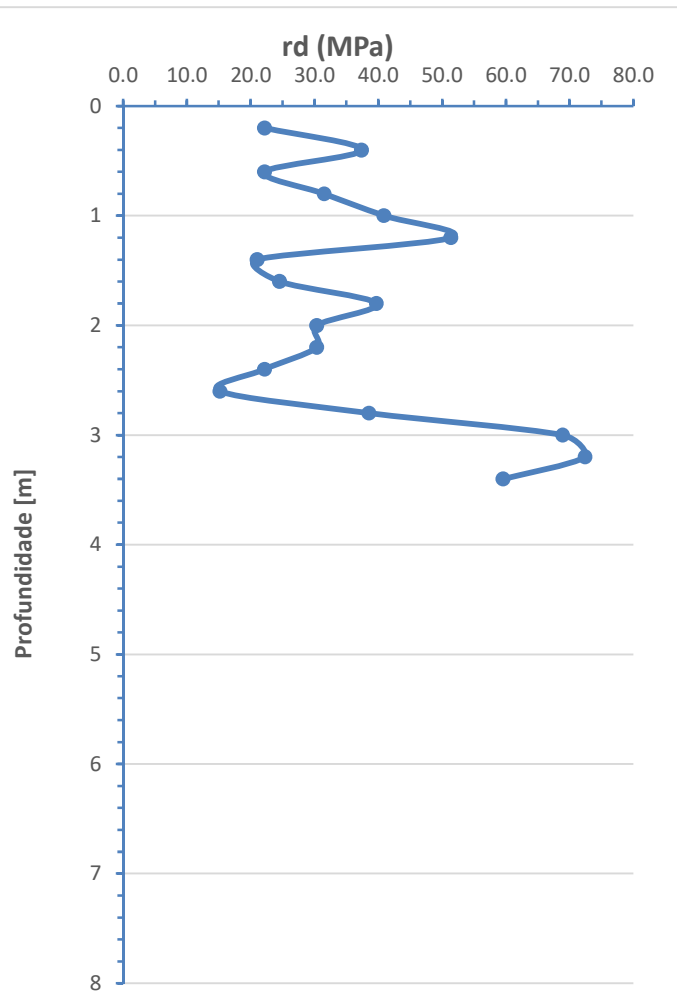
**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA** Escola Superior de Tecnologia e Gestão

### Ensaios de Penetração com DPSH

<b>Posição:</b>	3	<b>Sondagem nº:</b>	<b>P3</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Este:</b>	96929.63	<b>Direita do eixo:</b>	
	<b>Norte:</b>	208393.158		
	<b>Elevação (Z):</b>	580.963		
<b>Data:</b>	26/02/2020	<b>Nível de água:</b>	Não detectado	
<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros		<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envoltente
			<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros

Z(m)	r <sub>d</sub>	Z(m)	r <sub>d</sub>	Z(m)	r <sub>d</sub>
0.2	22.19	4.2		8.2	
0.4	37.38	4.4		8.4	
0.6	22.19	4.6		8.6	
0.8	31.54	4.8		8.8	
1	40.88	5		9	
<b>rd (Méd)</b>	<b>30.84</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
1.2	51.39	5.2		9.2	
1.4	21.02	5.4		9.4	
1.6	24.53	5.6		9.6	
1.8	39.71	5.8		9.8	
2	30.37	6		10	
<b>rd (Méd)</b>	<b>33.40</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
2.2	30.37	6.2		10.2	
2.4	22.19	6.4		10.4	
2.6	15.18	6.6		10.6	
2.8	38.54	6.8		10.8	
3	68.91	7		11	
<b>rd (Méd)</b>	<b>35.04</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
3.2	72.42	7.2		11.2	
3.4	59.57	7.4		11.4	
3.6		7.6		11.6	
3.8		7.8		11.8	
4		8		12	
<b>rd (Méd)</b>	<b>65.99</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>

\*=10cm



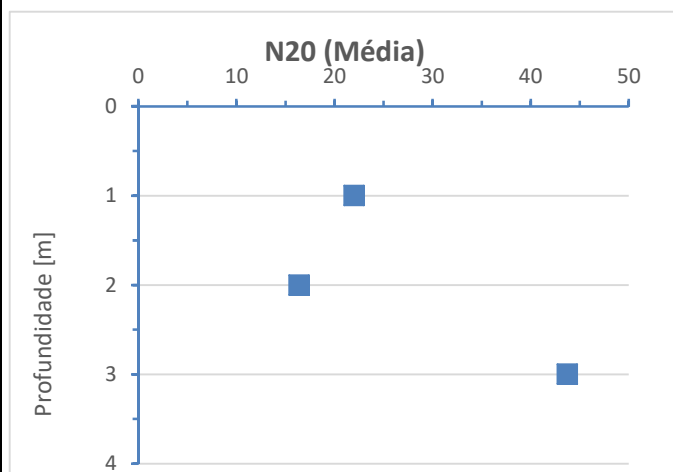
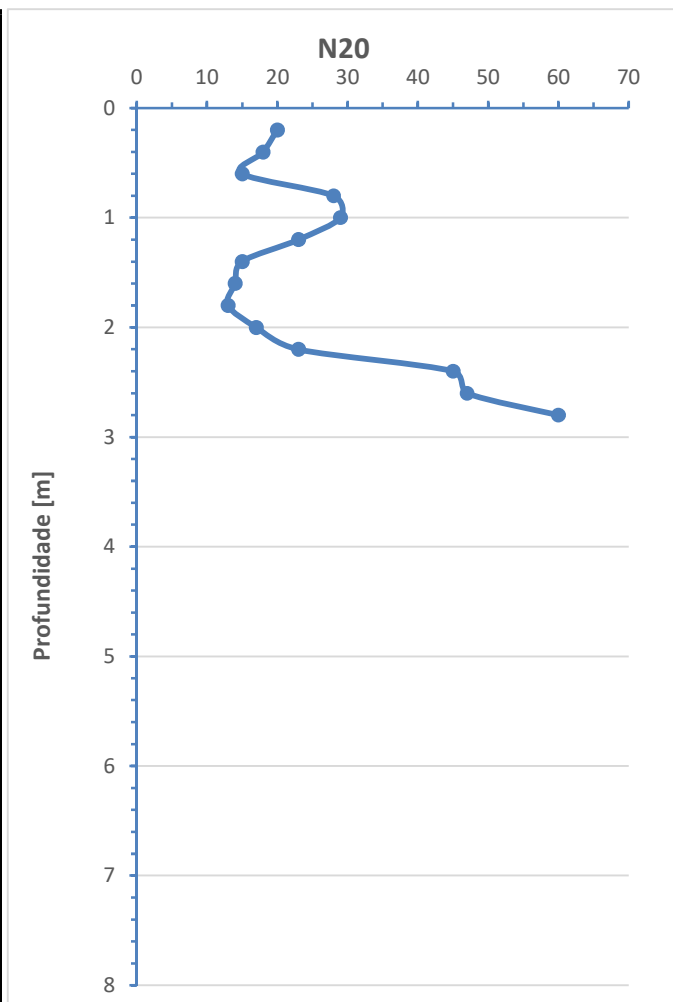


**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA** Escola Superior de Tecnologia e Gestão

### Ensaio de Penetração com DPSH

<b>Posição:</b>	4	<b>Sondagem nº:</b>	<b>P4</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Este:</b>	96915.742	<b>Esquerda do eixo:</b>	
	<b>Norte:</b>	208395.509		
	<b>Elevação (Z):</b>	581.284		
<b>Data:</b>	26/02/2020	<b>Nível de água:</b>	Não detectado	
<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros		<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente
		<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros	

Z(m)	N <sub>20</sub>	Z(m)	N <sub>20</sub>	Z(m)	N <sub>20</sub>
0.2	20	4.2		8.2	
0.4	18	4.4		8.4	
0.6	15	4.6		8.6	
0.8	28	4.8		8.8	
1	29	5		9	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>22</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
1.2	23	5.2		9.2	
1.4	15	5.4		9.4	
1.6	14	5.6		9.6	
1.8	13	5.8		9.8	
2	17	6		10	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>16.4</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
2.2	23	6.2		10.2	
2.4	45	6.4		10.4	
2.6	47	6.6		10.6	
2.8	60	6.8		10.8	
3		7		11	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>43.75</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
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	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>



\*=19cm



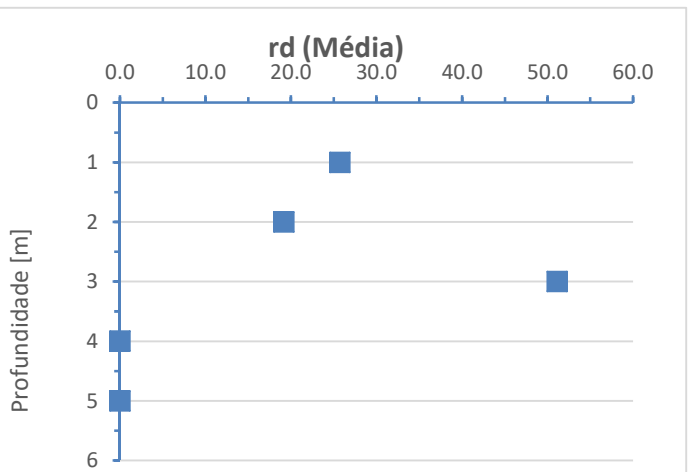
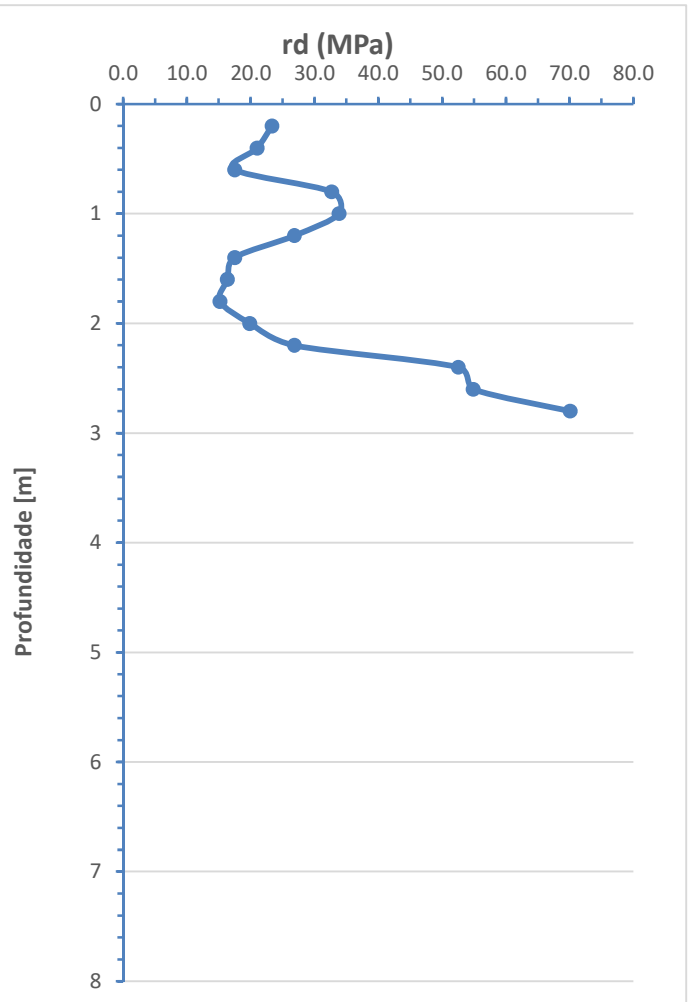
**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA** Escola Superior de Tecnologia e Gestão

### Ensaios de Penetração com DPSH

<b>Posição:</b>	4	<b>Sondagem nº:</b>	<b>P4</b>
<b>Coordenadas</b>	<b>Este:</b>	96929.63	<b>Direita do eixo:</b>
	<b>Norte:</b>	208393.158	
	<b>Elevação (Z):</b>	580.963	
<b>Data:</b>	26/02/2020	<b>Nível de água:</b>	Não detectado

<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros	<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente
		<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros

Z(m)	r <sub>d</sub>	Z(m)	r <sub>d</sub>	Z(m)	r <sub>d</sub>
0.2	23.36	4.2		8.2	
0.4	21.02	4.4		8.4	
0.6	17.52	4.6		8.6	
0.8	32.70	4.8		8.8	
1	33.87	5		9	
<b>rd (Méd)</b>	<b>25.70</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
1.2	26.86	5.2		9.2	
1.4	17.52	5.4		9.4	
1.6	16.35	5.6		9.6	
1.8	15.18	5.8		9.8	
2	19.86	6		10	
<b>rd (Méd)</b>	<b>19.16</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
2.2	26.86	6.2		10.2	
2.4	52.56	6.4		10.4	
2.6	54.90	6.6		10.6	
2.8	70.08	6.8		10.8	
3		7		11	
<b>rd (Méd)</b>	<b>51.10</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
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	
<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>



\*=10cm



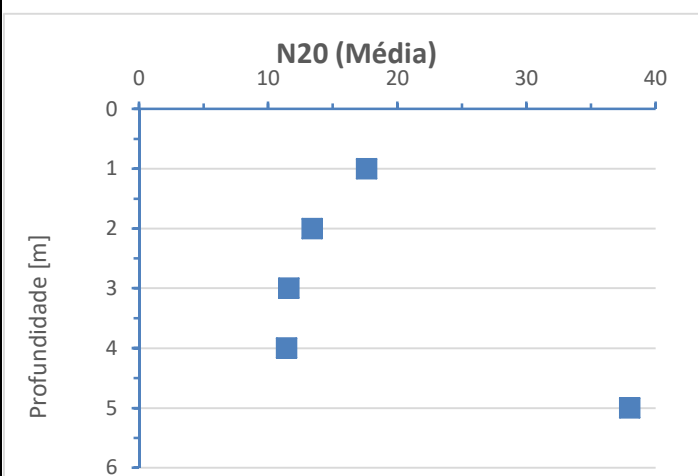
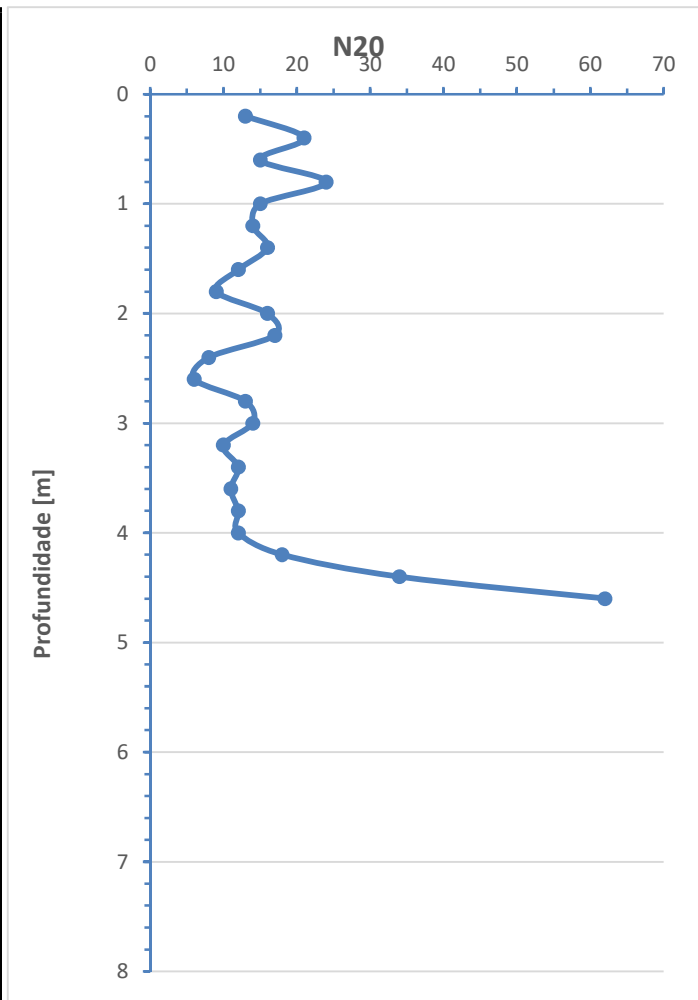
**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA** Escola Superior de Tecnologia e Gestão

### Ensaio de Penetração com DPSH

<b>Posição:</b>	5	<b>Sondagem nº:</b>	<b>P5</b>
<b>Coordenadas</b>	<b>Este:</b>	96893.900	<b>Esquerda do eixo:</b>
	<b>Norte:</b>	208390.665	
	<b>Elevação (Z):</b>	581.878	
<b>Data:</b>	26/02/2020	<b>Nível de água:</b>	Não detectado

<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros	<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente
		<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros

Z(m)	N <sub>20</sub>	Z(m)	N <sub>20</sub>	Z(m)	N <sub>20</sub>
0.2	13	4.2	18	8.2	
0.4	21	4.4	34	8.4	
0.6	15	4.6	62	8.6	
0.8	24	4.8		8.8	
1	15	5		9	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>17.6</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>38</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
1.2	14	5.2		9.2	
1.4	16	5.4		9.4	
1.6	12	5.6		9.6	
1.8	9	5.8		9.8	
2	16	6		10	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>13.4</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
2.2	17	6.2		10.2	
2.4	8	6.4		10.4	
2.6	6	6.6		10.6	
2.8	13	6.8		10.8	
3	14	7		11	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>11.6</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
3.2	10	7.2		11.2	
3.4	12	7.4		11.4	
3.6	11	7.6		11.6	
3.8	12	7.8		11.8	
4	12	8		12	
<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>11.4</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>N<sub>20</sub> (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>



\*=cm

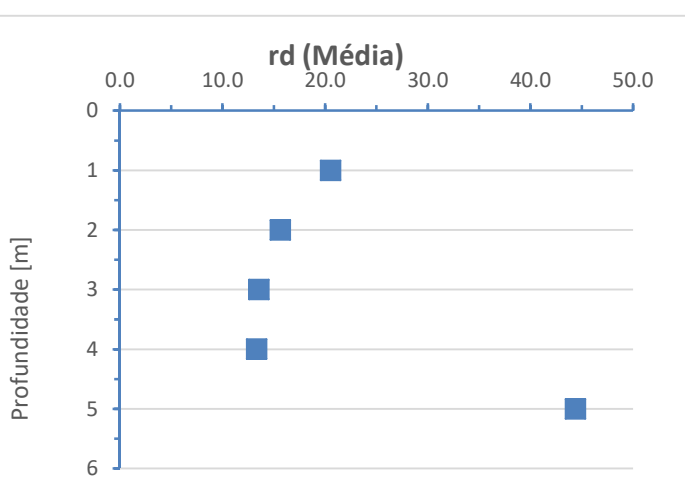
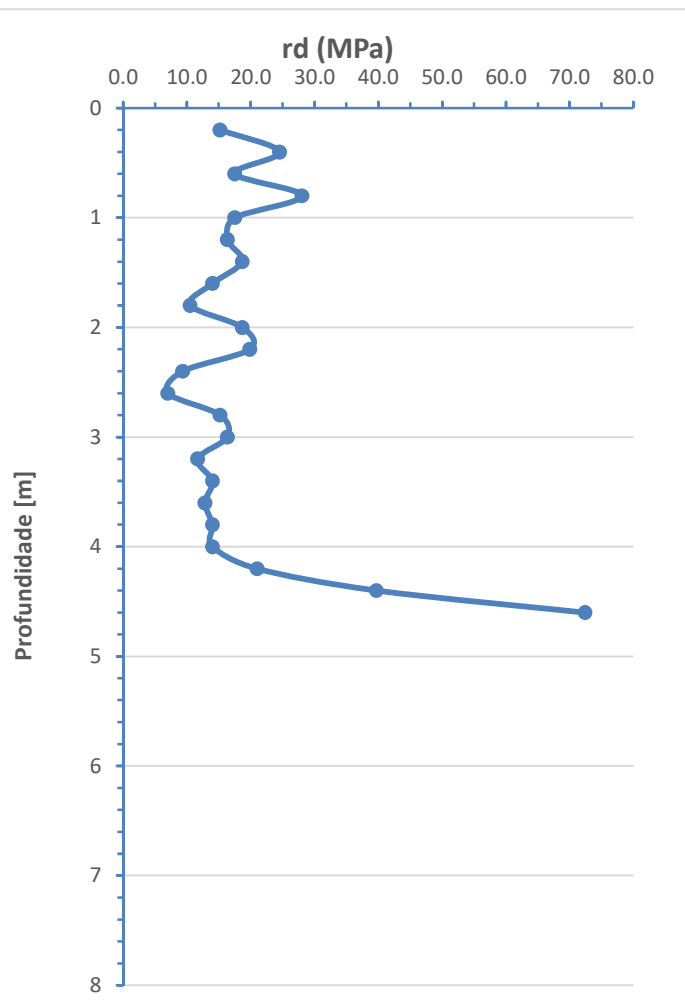


**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA** Escola Superior de Tecnologia e Gestão

### Ensaio de Penetração com DPSH


<b>Posição:</b>	5	<b>Sondagem nº:</b>	<b>P5</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Este:</b>	96929.63	<b>Direita do eixo:</b>	
	<b>Norte:</b>	208393.158		
	<b>Elevação (Z):</b>	580.963		
<b>Data:</b>	26/02/2020	<b>Nível de água:</b>	Não detectado	
<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros		<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envoltente
			<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros

Z(m)	r <sub>d</sub>	Z(m)	r <sub>d</sub>	Z(m)	r <sub>d</sub>
0.2	15.18	4.2	21.02	8.2	
0.4	24.53	4.4	39.71	8.4	
0.6	17.52	4.6	72.42	8.6	
0.8	28.03	4.8		8.8	
1	17.52	5		9	
<b>rd (Méd)</b>	<b>20.56</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>44.38</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
1.2	16.35	5.2		9.2	
1.4	18.69	5.4		9.4	
1.6	14.02	5.6		9.6	
1.8	10.51	5.8		9.8	
2	18.69	6		10	
<b>rd (Méd)</b>	<b>15.65</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
2.2	19.86	6.2		10.2	
2.4	9.34	6.4		10.4	
2.6	7.01	6.6		10.6	
2.8	15.18	6.8		10.8	
3	16.35	7		11	
<b>rd (Méd)</b>	<b>13.55</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>
3.2	11.68	7.2		11.2	
3.4	14.02	7.4		11.4	
3.6	12.85	7.6		11.6	
3.8	14.02	7.8		11.8	
4	14.02	8		12	
<b>rd (Méd)</b>	<b>13.32</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>rd (Méd)</b>	<b>#DIV/0!</b>



\*=10cm

## **ANEXO III (Resultados dos ensaios de Compactação Proctor, Célula Radioativa e Identificação)**

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		<b>RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE</b>			
		<b>COMPACTAÇÃO</b>			
		Norma Referência: LNEC E 197:1966			
		<b>Amostra:</b>	S1		
		<b>Data da Colheita:</b>	26/02/2020		
<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros	<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente		
		<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros		

**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)	9328	9485	9617	9672	9599
ps = P2-P1	Peso do solo húmido (gr)	4506	4663	4795	4850	4777
V	Volume do molde (cm <sup>3</sup> )	2089	2089	2089	2089	2089
γ <sub>w</sub> = ps/V	Baridade húmida (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,157	2,232	2,295	2,322	2,287

**TEORES EM ÁGUA**

Número do recipiente		2	18	3	10	19
pt	Peso do recipiente (0,1gr)	147,8	172,1	161,5	163,7	172,0
pa+s+t	Peso do recipiente e solo húmido (0,1gr)	550,0	757,4	698,7	746,0	670,1
ps+t	Peso do recipiente e solo seco (0,1gr)	525,5	713,0	649,9	685,0	611,0
pa=pa+s+t-(ps+t)	Peso da água (0,1gr)	24,5	44,4	48,8	61,0	59,1
ps=ps+t-pt	Peso do solo seco (0,1gr)	377,7	540,9	488,4	521,3	439,0
W = (pa/ps)*100	Teor em água (0,1%)	6,5	8,2	10,0	11,7	13,5

**RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE**

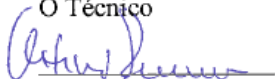
w	Teor em água (0,1%)	6,5	8,2	10,0	11,7	13,5
$\gamma_s = \frac{(100 * \gamma_w)}{(100 + W)}$	Baridade seca (0,001gr/cm <sup>3</sup> )	2,026	2,063	2,087	2,078	2,015

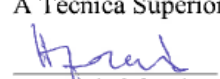
**Baridade seca máxima ( $\gamma_{s\text{máx}}$ ):** 2,090


(0,01gr/cm<sup>3</sup>)

**Teor de humidade óptimo ( $W_{op}$ ):** 10,5 (0,1%)

Bragança, 27 de fevereiro de 2020

O Técnico  
  
 Octávio Pereira

A Técnica Superior  
  
 Herminia Morais

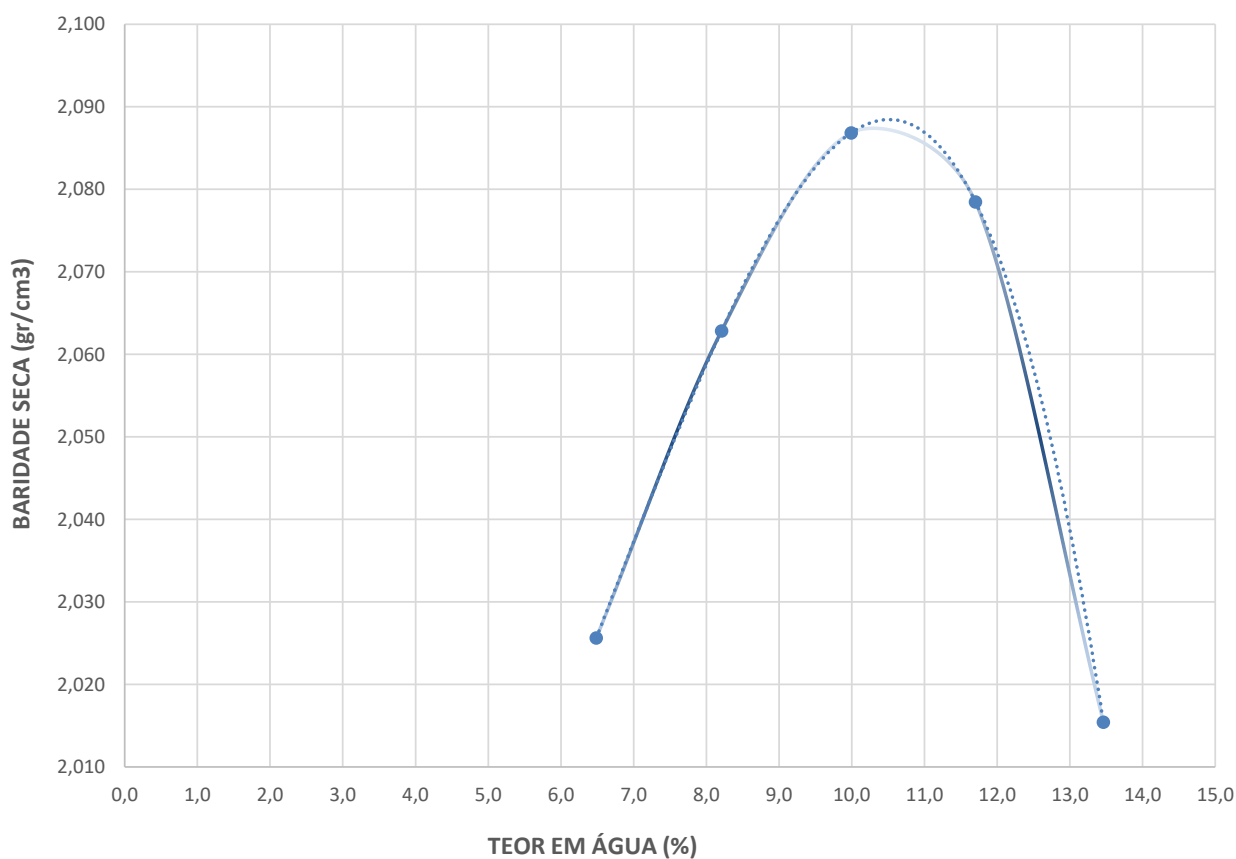
	<b>RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE</b>		
	<b>COMPACTAÇÃO</b>		
	Norma Referência: LNEC E 197:1966		
	<b>Amostra:</b>	S1	
	<b>Data da Colheita:</b>	26/02/2020	
<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros	<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente
		<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros

**COMPACTAÇÃO USADA:** PESADA

**Wop=** 10,5%

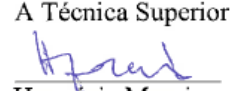
**$\gamma_{Sm\acute{a}x}$ =** 2,090g/cm<sup>3</sup>


### CURVA PROCTOR



Bragança, 27 de fevereiro de 2020

O Técnico  
  
 Octávio Pereira

A Técnica Superior  
  
 Herminia Morais


 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão		<b>DETERMINAÇÃO DO TEOR EM ÁGUA</b>		
		Norma Referência: NP-84:1965		
		<b>Amostra:</b>	S1	
		<b>Data da Colheita:</b>	26/02/2020	
<b>Cliente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros	<b>Obra:</b>	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente	
		<b>Local:</b>	Macedo de Cavaleiros	


Número de ensaio			<b>P1</b>
Número de recipiente			10
Pt	Peso do recipiente	( 0,01gr )	163,70
Pa+s+t	Peso do recipiente + solo húmido	( 0,01gr )	742,10
Ps+t	Peso do recipiente + solo seco	( 0,01gr )	685,10
Pa=Pa+s+t-Ps+t	Peso da água	( 0,01gr )	57,00
Ps=Ps+t-Pt	Peso do solo seco	( 0,01gr )	521,40
H=Pa/Ps*100	Teor de humidade	( 0,1 % )	10,9

Teor de Humidade (wn) = 10,9

Bragança, 27 de fevereiro de 2020

O Técnico  
  
 Octávio Pereira

A Técnica Superior  
  
 Herminia Morais

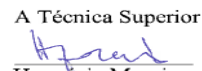
 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA</b>	
	Norma de Referência: LNEC E 239 - 1970	
	<b>Amostra:</b>	S1
	<b>Data da Colheita:</b>	26/02/2020
<b>Ciente:</b>	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros	<b>Obra:</b> Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente <b>Local:</b> Macedo de Cavaleiros

Massa total da amostra: (g)	mt=	<b>4189,70</b>
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m10=	<b>2421,00</b>
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m' 10=	<b>1768,70</b>

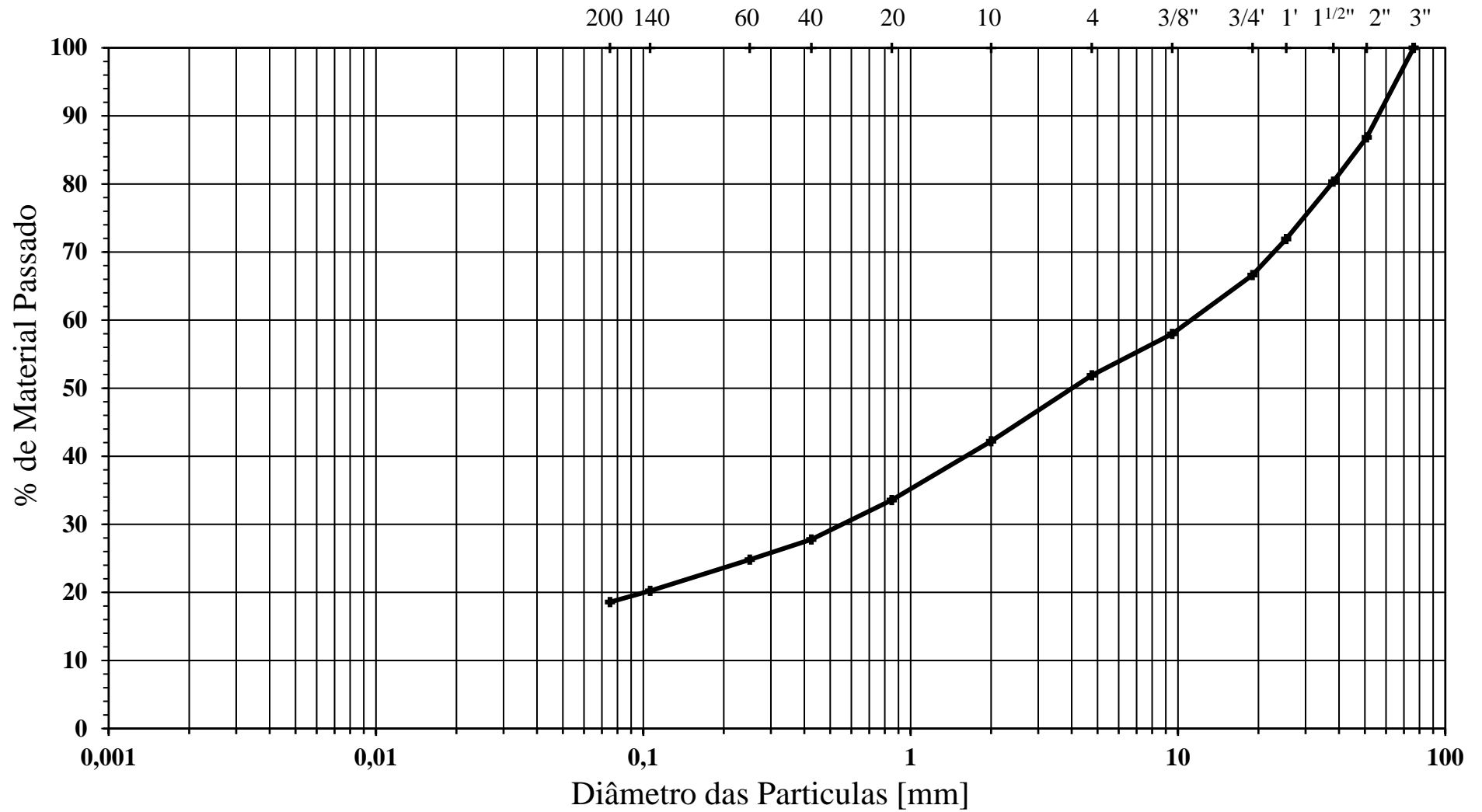
Fracção retida no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g) (mx)	% Retida $N_x=(mx/mt) \times 100$	% Acumulada retida (N'x)	% Acumulada que passa (N"x=100-N'x)
76.1 - ( 3' )	0,00	0,00	0,00	100,00
50.8 - ( 2' )	551,10	13,15	13,15	86,85
38,10 - ( 1 1/2' )	272,20	6,50	19,65	80,35
25,4 - ( 1' )	352,90	8,42	28,07	71,93
19 - ( 3/4' )	222,20	5,30	33,38	66,62
9,51 - ( 3/8' )	362,50	8,65	42,03	57,97
4.76 - (n4)	254,60	6,08	48,11	51,89
2 - (n10)	405,50	9,68	57,78	42,22
< 2,00 - (n10)	<b>1768,70</b>	42,22		
<b>TOTAL</b>	<b>4189,70</b>	100,00		
Fracção passada no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	<b>115,20</b>		$N''10=(m'10/mt) \times 100=$	<b>42,22</b>
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	23,60	8,65	66,43	33,57
40	15,80	5,79	72,22	27,78
60	8,10	2,97	75,19	24,81
140	12,50	4,58	79,77	20,23
200	4,50	1,65	81,42	18,58
< 200	<b>50,70</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>115,20</b>			

Bragança, 27 de fevereiro de 2020


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

 <b>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</b> Escola Superior de Tecnologia e Gestão	<b>Classificação dum Solo</b>				
	Amostra nº:	S1	Local:	Macedo de Cavaleiros	
Data Recolha:	26/02/2020				
Cliente:	Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros	Obra:	Construção de Edifício destinado a Interface Intermodal e Envolvente		

Análise Granulométrica					
Nº Peneiro (mm)	75	4,76 (#4)	2,00 (#10)	0,425 (#40)	0,074 (#200)
Passada Acumulada (%)	100,00	51,89	42,22	27,78	18,58
Retida Acumulada (%)	0,00	48,11	57,78	72,22	81,42

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 (%)	48,11
Areia (%)	33,31
Silte e Argila (%)	18,58
Índice de Grupo	0

D60 (mm)	11,0
D30 (mm)	0,5
D10 (mm)	s.d

Classificação Unificada (ASTM D2487-85):	<b>GM</b>
Classificação (AASHTO M145-42):	<b>A-1-b (0)</b>
Classificação LCPC/ SETRA:	<b>C1</b>

**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.

**A-1-b (0)** - Solos de materiais granulares, predominantemente constituído por cascalho com areia e silte.

**C2** - Materiais rolados e materiais angulosos cuja porção da fracção 0/50mm excede 60 a 80%.