

Estudo Geológico e Geotécnico Conjunto Habitacional da Cruz de Pau

Kinetika engenharia

Relatório Final

Direção técnico-científica:

Diogo Rodrigues

Responsabilidade Técnica:

Diogo Rodrigues



Diogo Rodrigues

Dezembro, 2022

1 – Introdução	3
2. Caracterização Geológica	4
2.1 – Enquadramento Geológico	4
2.2 – Hidrologia.....	5
2.3 – Sismicidade	5
3 – Trabalhos Realizados.....	7
3.1 – Penetrómetro Dinâmico Super Pesado.....	7
3.2 – Equipamento e software de processamento de dados	8
3.3 – Condicionantes à realização dos trabalhos	8
3.4 – Estratégia dos trabalhos de campo.....	9
3.5 – Cálculo dos parâmetros geotécnicos	10
4. Resultados e Considerações Finais	12
5. Bibliografia.....	16
Anexos	17

1 – Introdução

Por solicitação da Kinetika - Engenharia, no âmbito do presente projeto localizado no na rua Dr. Teixeira de Melo, no Matosinhos, realizaram-se quatro ensaio DPSH para a avaliação do terreno com vista à construção de edifício e instalação de uma grua no local.

Neste trabalho foi executada uma investigação do local baseada em ensaios com Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (DPSH). Estes ensaios foram executados com o objetivo de determinar as características geotécnicas do solo, nomeadamente no que respeita à capacidade de carga do mesmo.



Figura 1: Vista aérea do local em estudo (imagem retirada do Google Earth).

Os trabalhos de prospeção no âmbito deste estudo desenvolveram-se no dia 16 de Dezembro de 2022 e foram efetuados e acompanhados por um corpo técnico especializado, com a utilização de equipamentos calibrados/verificados em conformidade com as normas em vigor.

2. Caracterização Geológica

2.1 – Enquadramento Geológico

A área em estudo insere-se geologicamente na área do Granito do Porto (γm), como representado na Folha 9-C Porto, da Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000. Segundo a notícia explicativa da referida carta, este tipo de rocha é um granito alcalino de grão médio a grosseiro, leucocrata, de duas micas.

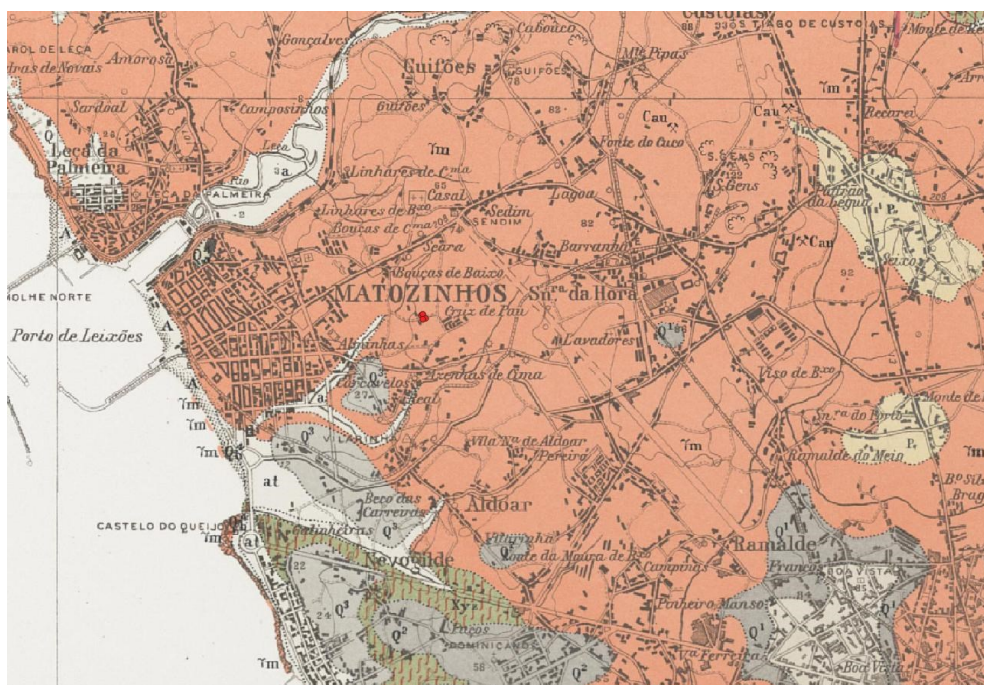


Figura 2: Excerto da Folha 9-C Porto (escala original: 1/50 000, geoportal.ineg.pt).

2.2 – Hidrologia

Do ponto de vista hidrogeológico a área em estudo possui duas unidades fundamentais. A primeira é constituída por um aterro de vazadouro, a segunda, por sua vez, por granito alcalino de grão médio a grosseiro, leucocrata de duas micas, medianamente alterado não friável.

Não foi detetada a presença de nível freático.

2.3 – Sismicidade

Tendo em conta o “Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes” (RSA), o terreno em estudo situa-se na zona de menor risco sísmico do território nacional, **Zona D**.

Portugal tem sofrido, ao longo do tempo, consequências de sismos de magnitude moderada a forte, dos quais resultaram importantes danos em variadas localidades do país, como comprovam diversos relatos históricos. A distribuição de ocorrências sísmicas permite a realização de um zonamento sob a forma de isossistas (curvas traçadas num mapa, que delimitam, em redor de um epicentro, zonas onde se registaram intensidades sísmicas idênticas durante o mesmo sismo).

De acordo com a figura seguinte o local em estudo situa-se numa **zona de intensidade sísmica de grau 6**.



Figura 3: Zonamento do risco sísmico.

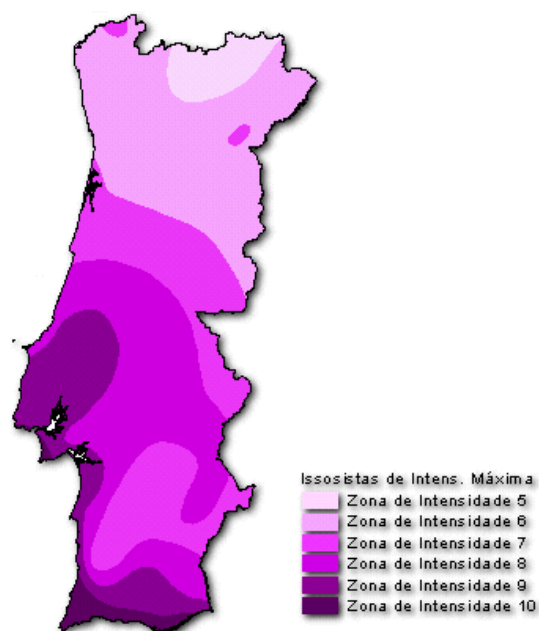


Figura 4: Distribuição de isossistas de intensidade máxima de Portugal Continental (Fonte: DGA, Atlas do Ambiente, 1996-Registo sísmico compreendido entre 1755 e 1996).

Na área em estudo dependendo da cota de fundação, prevê-se intersectar solos do tipo I, II e III no que respeita ao Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA).

Quadro 1: Classificação do tipo de terreno de acordo com o Artigo 29.º - Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA).

Tipo de terreno	
Tipo I	Rochas e solos coerentes rijos
Tipo II	Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média Solos incoerentes compactos
Tipo III	Solos coerentes moles e muito moles Solos incoerentes soltos

3 – Trabalhos Realizados

O plano de trabalhos consistiu na execução de 4 DPSH.

3.1 – Penetrómetro Dinâmico Super Pesado



Figura 5: Equipamentos utilizados nas sondagens e local dos trabalhos.

As metodologias baseadas na penetração dinâmica de cones são bastante conhecidas e de ampla aplicação em projetos de engenharia na avaliação da qualidade mecânica dos solos.

O princípio de funcionamento baseia-se na cravação de um cone no solo através da indução de uma pancada com uma massa conhecida a uma altura constante, assim, quanto mais competente for o solo, mais dificuldade terá o cone em penetrar. Neste tipo de trabalhos é contado o número de pancadas necessárias para que o cone penetre uma determinada profundidade normalizada (10cm ou 20cm). Existem várias metodologias baseadas na penetração dinâmica, diferenciadas pelos diferentes fatores intrínsecos dos equipamentos afetos a cada método nomeadamente, o peso do martelo, a altura de queda e a área da secção do cone. Assim e de uma forma geral, o equipamento pode ser dividido consoante os métodos de ensaio em: DPL; DPM; DPH e DPSH. Cada equipamento tem aplicabilidades específicas e dimensões diferentes.

Este trabalho foi realizado com a ajuda de um Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (DPSH) e permitem de uma forma empírica, fornecer algumas das características mecânicas dos

solos em estudo, nomeadamente estimar, a partir dos valores obtidos dos valores N_{SPT} , a carga admissível do solo (σ_{adm}).

3.2 – Equipamento e software de processamento de dados

Para a realização deste trabalho foram alocados os seguintes equipamentos (Figura 5) e programas informáticos:

- DPSH: Dynamic Probing Rig UMSD-SPT da GEOLAB;
- Geolocalização: GPS Diferencial EMLID Reach RS2;
- Fotografia: Máquina Fotográfica Nikon A10;
- Medição: Fitas métricas;
- Processamento de dados: Software geotécnico GEO5, MS Excel;
- Informação geográfica: QGIS 3.14

3.3 – Condicionantes à realização dos trabalhos

Durante a planificação e realização dos trabalhos de campo, a equipa da GEOSS deparou-se com algumas condicionantes, que em maior ou menor medida afetaram os trabalhos e/ou tiveram de ser tidas em conta a quando do processamento de dados e interpretação, nomeadamente:

- Para acedermos ao local de ensaio 1a tivemos que demolir um muro e criar um acesso para o equipamento;
- O local do ensaio 4 teve que ser alterado por falta de autorização do residente da moradia;

Exceto os pontos apresentados, o local de estudo encontrava-se em condições normais, tendo os trabalhos decorrido sem qualquer outra condicionante.

3.4 – Estratégia dos trabalhos de campo

Seguidamente serão apresentadas as metodologias de aquisição de dados em campo. A Figura 6 apresenta a localização do ensaio.



Figura 6: Localização da intervenção.

Penetrómetro Dinâmico Super Pesado - DPSH

Dada a tipologia do trabalho optou-se pela realização de cinco ensaios com recurso a um Penetrómetro Dinâmico Super Pesado. Assim, como apresentado na Figura 6 (ensaios E1 a E4). Os ensaios DPSH são, em regra geral, dados por terminados quando se atingem N_{20} de 100; onde N_{20} corresponde ao número de pancadas para a cravação das varas em 0,20 m), ou ao fim de 20m.

A realização dos ensaios de DPSH teve como objetivo a avaliação das propriedades mecânicas dos terrenos, principalmente a capacidade de carga. A determinação destes parâmetros baseia-se nos valores obtidos de N_{20} correlacionando-os posteriormente por utilização de fórmulas empíricas amplamente descritas na bibliografia especializada.

3.5 – Cálculo dos parâmetros geotécnicos

Tendo por base os resultados obtidos nos ensaios de PDSH (N_{DPSH20} - índice de resistência à penetração do ensaio de DPSH a qual mede o nº de pancadas necessárias para cravar as varas em cada trecho de 20cm), apresentam-se de seguida as correlações e fórmulas empíricas usadas para a obtenção dos parâmetros do solo anteriormente referido.

De acordo com a fórmula que se segue (Fórmula dos Holandeses) foi possível obter o valor da resistência dinâmica de ponta (R_{pd}) do terreno em estudo:

$$R_{pd} = \frac{P^2 \times h}{(P + P') \times A \times e} \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Onde: P é a massa do martelo (kg), h é a altura de queda do martelo (cm), P' é o peso das varas adicionadas (kg), A é a área da base do cone (cm^2), e é a penetração média obtida por cada pancada ($20/N$) (cm).

Segundo a equação de Pasqualini (1983) a relação entre os valores N obtidos neste ensaio e os valores de N_{SPT} são obtidos segundo a seguinte relação:

$$N_{SPT} = \frac{N}{\alpha}$$

Onde: N_{SPT} é o índice de resistência à penetração do ensaio de SPT, N é o índice de resistência à penetração do ensaio de PDSH e α é o coeficiente de relação.

Assim, segundo Pasqualini (1983), α é obtido usando a seguinte reação:

$$\alpha = \frac{Q1}{Q2} = \frac{m1 \times h1 \times e2 \times A2}{m2 \times h2 \times e1 \times A1}$$

Onde: m é a massa do martelo (kg), h a Altura de queda do martelo (m), A é a área da seção reta da base do cone de penetração (m^2), e é o comprimento do intervalo de medição (m).

$m1, h1, e1, A1$ – dados do Penetrómetro SPT (Q1)

$m2, h2, e2, A2$ – dados do Penetrómetro PDL (Q2)

Tendo os valores de N_{SPT} é possível estimar a carga admissível de um solo (σ_{adm}). Entre as várias correlações existentes na bibliografia, apresentamos a de Terzaghi-Peck, que apresenta a seguinte fórmula empírica:

$$\sigma_{adm} = \sqrt{N_{SPT}} - 1 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

As tabelas e fichas de aquisição e parâmetros geotécnicos calculados, bem como algumas correlações, são apresentados nos ficheiros anexos ao presente relatório.

4. Resultados e Considerações Finais

A presente secção de relatório é referente às fichas de ensaios DPSH e à folha de cálculo com todos os parâmetros calculados, anexas a este documento.

Os Quadros 2 a 5 apresentam os resultados médios a cada metro de solo para os valores de N20. Resistência de Ponta, Resistência Dinâmica de Ponta (Rpd) e Tensão Máxima Admissível (σ_{adm}) segundo várias correlações possíveis.

Quadro 2: Valores Médios para a o ensaio E1a.

Prof (m)	N	Resistência de Ponta rd (MPa)	Resistência Dinâmica de Ponta pd (MPa)	Tensão Adm. σ_{adm} = $NSPT^{(1/2)} - 1$ (MPa) (Terzaghi)
0-1	3	3.97	2.96	94.90
1-2	2	2.34	1.62	48.01
2-3	40	46.12	30.16	455.44

Quadro 3: Valores Médios para a o ensaio E2.

Prof (m)	N	Resistência de Ponta rd (MPa)	Resistência Dinâmica de Ponta pd (MPa)	Tensão Adm. σ_{adm} = $NSPT^{(1/2)} - 1$ (MPa) (Terzaghi)
0-1	2	2.57	1.91	51.86
1-2	2	2.34	1.62	48.01
2-3	5	5.60	3.59	158.66
3-4	12	14.48	8.73	315.14
4-5	26	30.36	17.24	423.73
5-6	60	69.67	38.24	617.24

Quadro 4: Valores Médios para a o ensaio E3.

Prof (m)	N	Resistência de Ponta rd (MPa)	Resistência Dinâmica de Ponta pd (MPa)	Tensão Adm. $\sigma_{adm} = \text{NSPT}^{(1/2)} - 1$ (MPa) (Terzaghi)
0-1	14	16.58	12.41	244.24
1-2	12	14.48	9.92	268.95
2-3	18	20.55	13.11	388.16
3-4	66	77.06	47.37	645.89

Quadro 5: Valores Médios para a o ensaio E4.

Prof (m)	N	Resistência de Ponta rd (MPa)	Resistência Dinâmica de Ponta pd (MPa)	Tensão Adm. $\sigma_{adm} = \text{NSPT}^{(1/2)} - 1$ (MPa) (Terzaghi)
0.2	3	3.50	2.63	98.00
0.4	3	3.50	2.63	98.00
0.6	4	4.67	3.50	142.05
0.8	26	30.36	22.76	506.11
1	100	116.76	81.57	661.10

A figura 7 apresenta um perfil geotécnico do ensaio, onde é apenas possível pelo menos duas camadas distintas, isto é, uma camada de solo superficial sobreposta a um possível substrato rochoso onde se registou a “nega” do ensaio.

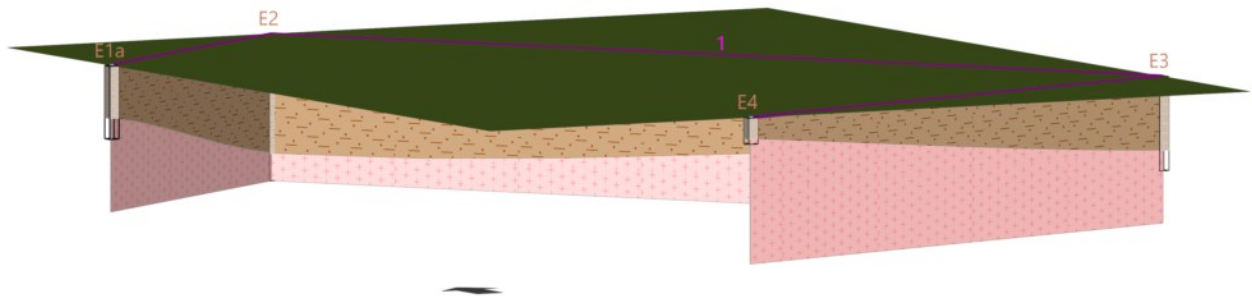


Figura 7: Secção Geológica.

Da análise dos ensaios DPSH e do perfil geológico resultante, é possível retirar algumas conclusões:

- O comportamento quase linear do ensaio, bem como o baixo N_{20} , aponta para a presença de um solo constituído por material argiloso (possivelmente de aterro) e meteorização de rocha granítica.
- Os ensaios terminaram a profundidades distintas, isto é, entre os 1m no ensaio E1 e 5.6m no ensaio E2. Estas profundidades poderão corresponder à profundidade do leito rochoso.

No que respeita ao dimensionamento das fundações para a construção do edificado, dadas as deficientes características do solo de cobertura (ZG2), deverão ser tidas em conta as profundidades dispares do substrato rochoso.

Diogo Manuel Moreira Rodrigues

(Geólogo)

Este relatório é constituído por 21 páginas, 17 de texto, 7 figuras e 5 páginas de anexos. Foi elaborado pela GEOSS GeoSmartSolution® em resposta a uma solicitação de serviços por parte da Kinetika engenharia.

5. Bibliografia

Abdul Razzaq, K. S. (2011). Bearing capacity based on SPT-computer interpolation. *Diyala Journal of Engineering Sciences*, 4(2), 118-129.

AENOR (2002) - UNE-ENV 1997-3: 2002. Eurocódigo 7. Proyecto. Geotécnico. Parte 3: Proyecto Asistido por Ensayos de Campo. Madrid.

Aggour, M. S. (2002). Updating bearing capacity—SPT graphs. Report Submitted to Maryland State Highway Administration Office of Policy and Research.

Afonso, A. F. G. (2016). Correlações entre resultados de ensaios in situ de penetração dinâmica DP com o ensaio standard penetration test (Doctoral dissertation).

Duncan, J. M., Wright, S. G., & Brandon, T. L. (2014). Soil strength and slope stability. John Wiley & Sons.

EUROCÓDIGO 8. (2010). "Projecto de estruturas para resistência aos sismos Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios".


Redaelli, L. L., & Cerello, L. (1998). Escavações. *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. ABGE. Cap, 19, 311-330.

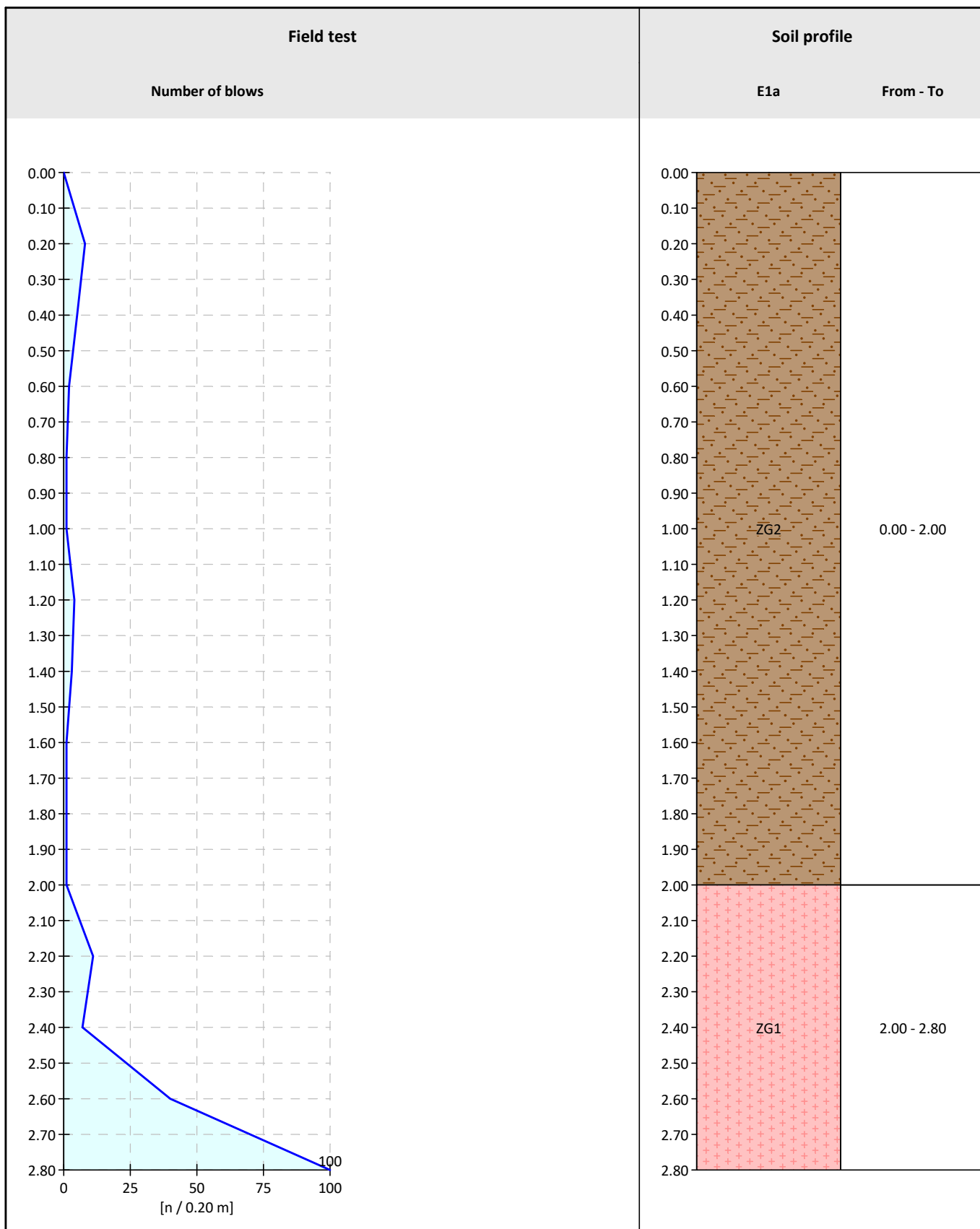
Peck, R. B., Hanson, W. E., & Thornburn, T. H. (1974). *Foundation engineering* (Vol. 10). New York: Wiley.


Terzaghi, K., Peck, R. B. (1948). *Soil mechanics in engineering*. John Wiley & Sons, New York.

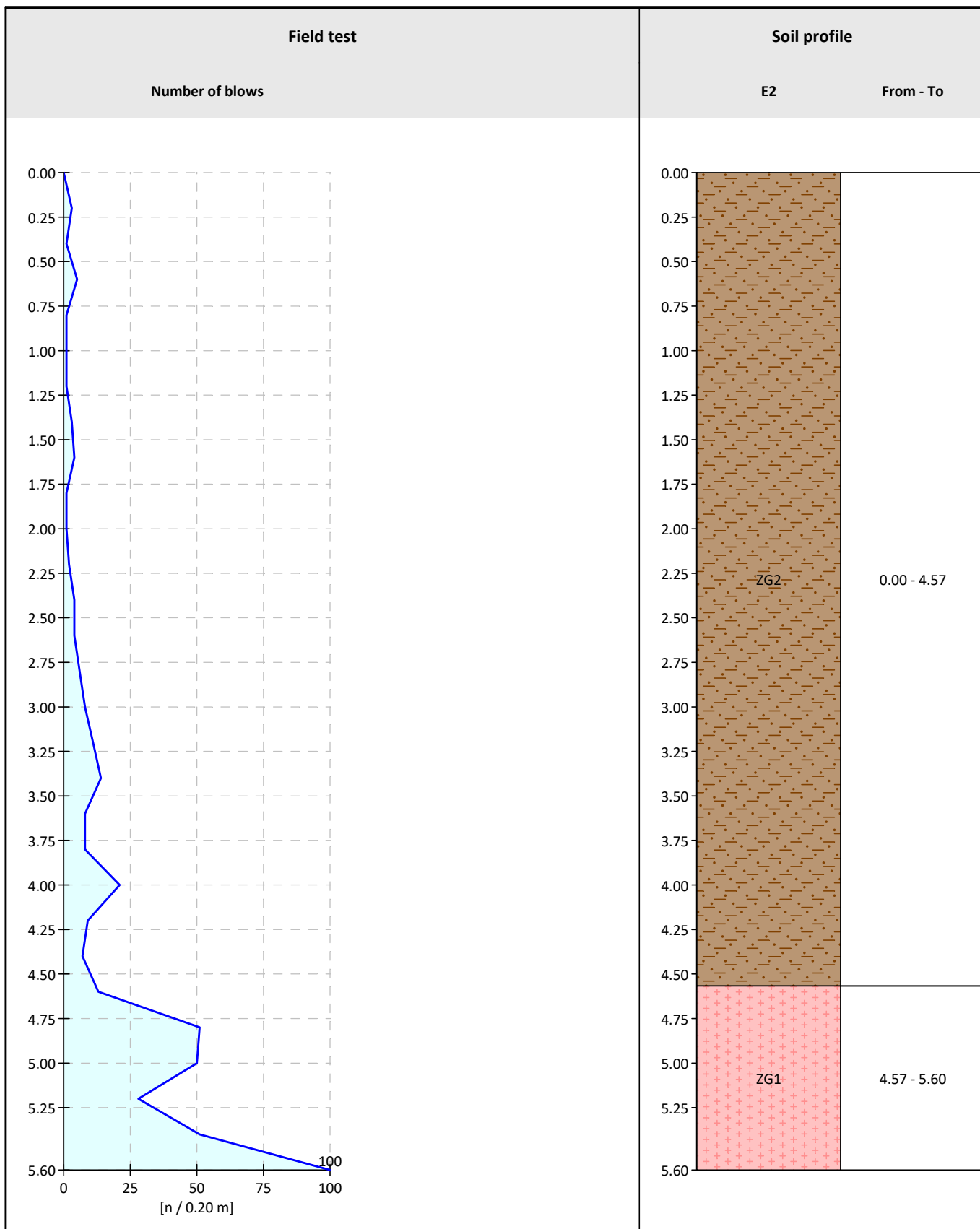
Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice*. John Wiley & Sons.


Anexos

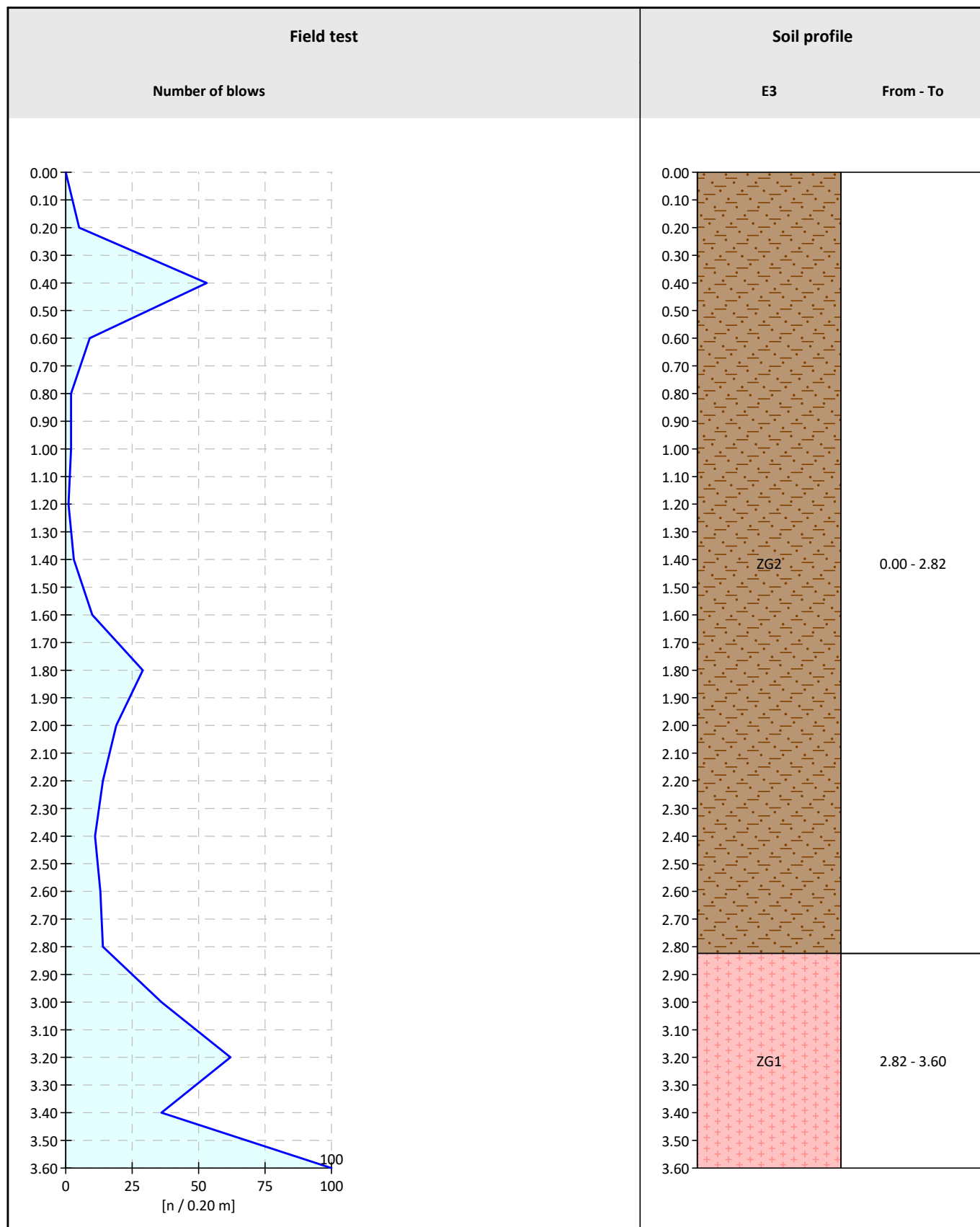
GEOSS Avenida Manuel Violas, 476, São Felix da Marinha, Vila Nova de Gaia, 4410-137				Dynamic probing (DPT)		E1a
Project:		Estudo Geológico e Geotécnico Conjunto Habitacional da Cruz de Pau				
Project ID:	EGGCHCP	Overall depth:	2.80 m	Coordinate Y:	168391.92	
Scale:	one page	Penetration depth interval:	0.20 m	Coordinate X:	-45267.46	
			Coordinate system: Cartesian/user	Coordinate Z:		




GEOSS Avenida Manuel Violas, 476, São Felix da Marinha, Vila Nova de Gaia, 4410-137				Dynamic probing (DPT)		E2
Project: Estudo Geológico e Geotécnico Conjunto Habitacional da Cruz de Pau						
Project ID:	EGGCHCP	Overall depth:	5.60 m	Coordinate Y:	168400.20	
Scale:	one page	Penetration depth interval:	0.20 m	Coordinate X:	-45255.98	
Coordinate system: Cartesian/user				Coordinate Z:		



GEOSS Avenida Manuel Violas, 476, São Felix da Marinha, Vila Nova de Gaia, 4410-137				Dynamic probing (DPT)		E3
Project: Estudo Geológico e Geotécnico Conjunto Habitacional da Cruz de Pau						
Project ID:	EGGCHCP	Overall depth:	3.60 m	Coordinate Y:	168368.95	
Scale:	one page	Penetration depth interval:	0.20 m	Coordinate X:	-45234.41	
Coordinate system: Cartesian/user				Coordinate Z:		



GEOSS Avenida Manuel Violas, 476, São Felix da Marinha, Vila Nova de Gaia, 4410-137				Dynamic probing (DPT)		E4
Project: Estudo Geológico e Geotécnico Conjunto Habitacional da Cruz de Pau						
Project ID:	EGGCHCP	Overall depth:	1.00 m	Coordinate Y:	168361.94	
Scale:	one page	Penetration depth interval:	0.20 m	Coordinate X:	-45256.12	
Coordinate system: Cartesian/user				Coordinate Z:		

