

CÂMARA MUNICIPAL DE VIANA DO CASTELO

ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA PROJETO DE EDIFICAÇÃO JUNTO AO ESTABELECIMENTO PRISIONAL

VIANA DO CASTELO

(relatório_1711100_v1_02mar2018)

ÍNDICE GERAL

1.	INTRODUÇÃO	4
2.	ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO	5
2.1.	LOCALIZAÇÃO	5
2.2.	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	6
2.3.	TECTÓNICA E SISMICIDADE	9
2.3.1.	REGULAMENTO DE SEGURANÇA E AÇÕES PARA ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS E PONTES	9
2.3.2.	EUROCÓDIGO 8.....	12
3.	TRABALHOS REALIZADOS	15
3.1.	INTRODUÇÃO	15
3.2.	SONDAGENS À ROTAÇÃO E ENSAIOS SPT	17
4.	RESULTADOS OBTIDOS	20
4.1.	SONDAGENS À ROTAÇÃO.....	20
5.	CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS.....	22
5.1.	ZONAMENTO GEOTÉCNICO	22
5.2.	PARÂMETROS GEOTÉCNICOS.....	24
5.3.	CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO E ESCAVABILIDADE.....	25
6.	CONCLUSÕES.....	26

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I – PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DOS TRABALHOS REALIZADOS

ANEXO II – PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO INTERPRETATIVO

ANEXO III – DIAGRAMAS DAS SONDAGENS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de intervenção sobre extrato da Carta Topográfica Militar nº40, na escala original de 1/25000.....	5
Figura 2 – Localização da área de intervenção sobre extrato da Carta Geológica de Portugal.	6
Figura 3 – Carta Tectonoestratigráfica	8
Figura 4 – Carta das zonas sísmicas propostas pelo RSAEEP.....	10
Figura 5 – Cartas de atividade e previsão sísmicas	11
Figura 6 – Zonamento sísmico do Anexo Nacional da EN 1998-1 (EC8).	14
Figura 7 – Localização dos trabalhos realizados.....	15
Figura 8 – Máquina de Sondagem Broca D'Aço, modelo TH900.	17
Figura 9 – Execução das sondagens.	18

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Valores sísmicos característicos para a área de intervenção	10
Tabela 2 – Tipos de terrenos definidos pelo EC8.....	13
Tabela 3 – Zonamento sísmico estabelecido pelo EC8 para o local em estudo.	14
Tabela 4 – Características das sondagens realizadas.	19
Tabela 5 – Características dos horizontes intersectados em cada sondagem.	21
Tabela 6 – Parâmetros geotécnicos estimados para cada uma das zonas geotécnicas. ..	24

1. INTRODUÇÃO

Por solicitação da **CÂMARA MUNICIPAL DE VIANA DO CASTELO**, a CONGEO – Consultores de Geologia, Lda., desenvolveu um conjunto de trabalhos para a realização de um estudo geológico-geotécnico no sentido de avaliar as características geológicas e geotécnicas nos terrenos afetos à área de implantação do projeto de edificação na zona circundante ao Estabelecimento Prisional de Viana do Castelo.

Os objetivos deste estudo visaram:

- i. a identificação e caracterização geológica e geotécnica das formações do subsolo;
- ii. a caracterização da estratigrafia dos diferentes horizontes atravessados;
- iii. a identificação do nível freático, se intersectado;
- iv. a determinação das condições de fundação;
- v. a definição do zonamento geotécnico da área afetada pela implantação do projeto.

Foi executada uma campanha de prospeção mecânica que incluiu a execução de seis sondagens à rotação, acompanhadas de ensaios de penetração dinâmica *in situ* do tipo SPT, para prossecução dos objetivos previamente delineados para este trabalho.

Para além dos dados obtidos nos trabalhos de prospeção, o estudo teve por base o levantamento topográfico do local a escala adequada, fornecido pelo Cliente, a Carta Geológica de Portugal, folha 5-A (Viana do Castelo) à escala 1/50.000 dos Serviços Geológicos de Portugal e as informações resultantes do reconhecimento geológico de superfície.

Os trabalhos de prospeção executados, bem como o reconhecimento geológico de superfície, permitiram obter a informação constante no presente relatório, que inclui a descrição dos trabalhos realizados, os dados obtidos e a respetiva análise e interpretação.

Os trabalhos de campo decorreram entre os dias 25 e 29 de Janeiro de 2018 e envolveu uma equipe multidisciplinar de geologia e geotecnia.

2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO

2.1. LOCALIZAÇÃO

A área em estudo localiza-se junto ao Estabelecimento Prisional de Viana do Castelo e está representada na Carta Topográfica Militar na escala 1/25000, folha nº40, cujo extrato se apresenta na Figura 1.

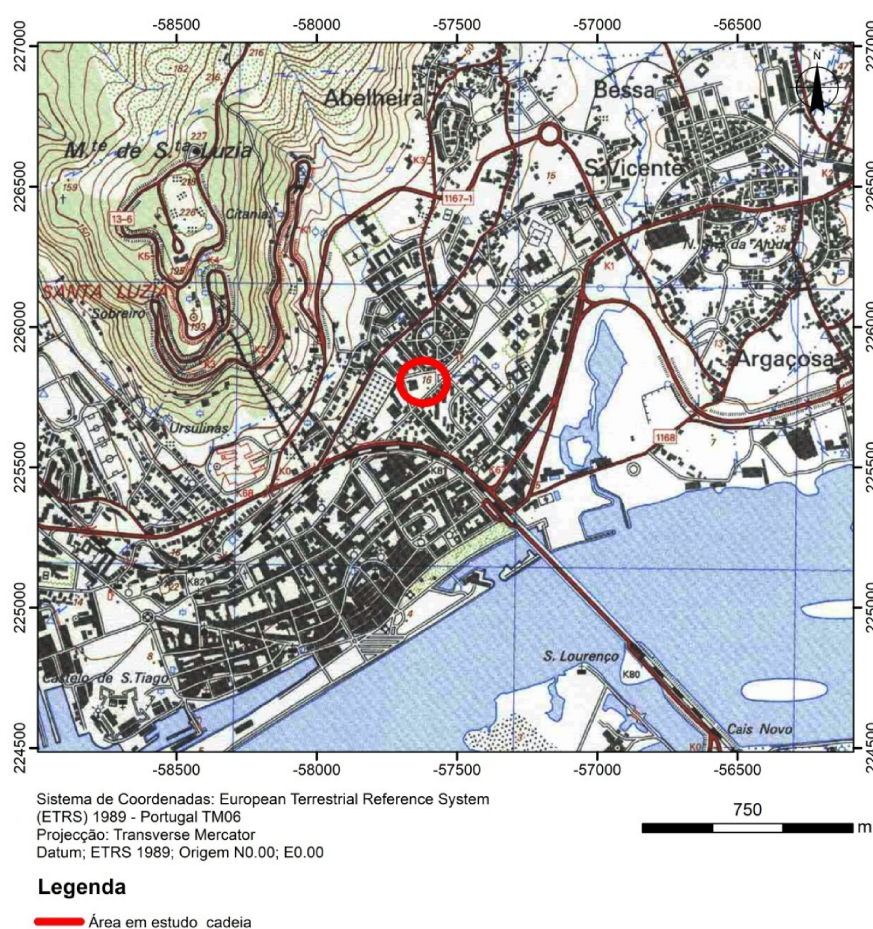


Figura 1 – Localização da área de intervenção sobre extrato da Carta Topográfica Militar nº40, à escala original de 1/25000.

A envolvente da área em estudo apresenta-se urbanizada e fortemente condicionada pela intervenção humana, com habitações e edifícios de atividades industriais. A zona em estudo é também provida de bons acessos, especialmente acessos rodoviários.

2.2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Do ponto de vista da geologia, a área em estudo está coberta pela Carta Geológica de Portugal, Folha nº 5-A de Viana do Castelo à escala 1/50000, publicada pelos ex-SGP – Serviços Geológicos de Portugal, cujo extrato é apresentado na Figura 2.

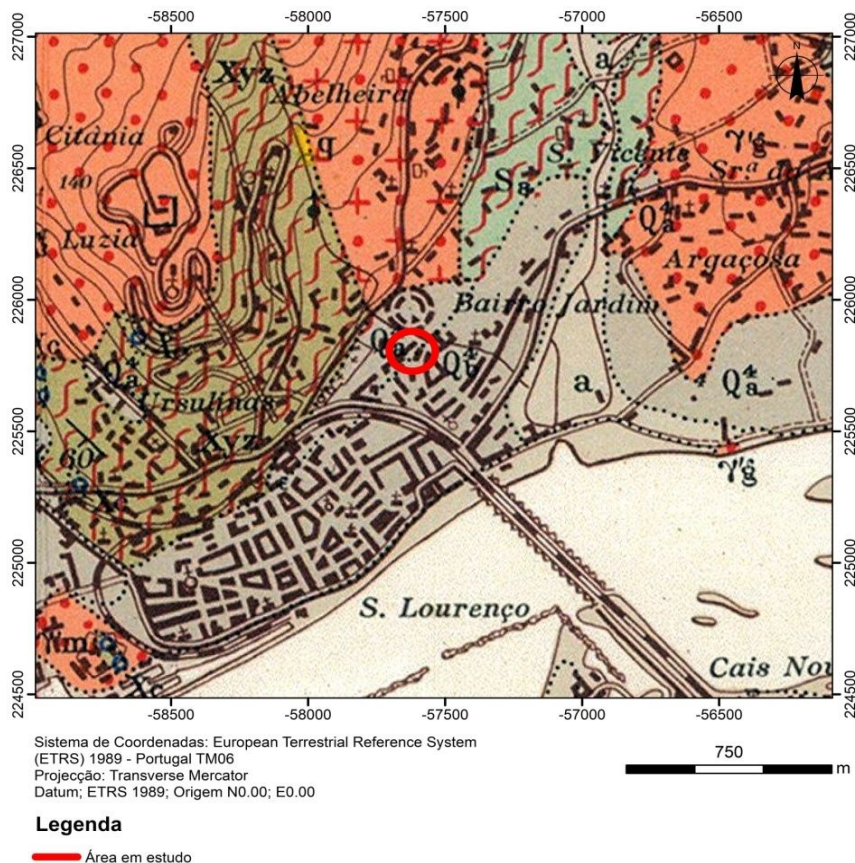


Figura 2 – Localização da área de intervenção sobre extrato da Carta Geológica de Portugal, Folha nº 5A – Viana do Castelo, à escala original de 1/50000.

De acordo com a Carta Geológica de Portugal, publicada para a zona em estudo à escala 1/50000 (folha 5-A de Viana do Castelo), cujo extrato está representado na Figura 2, na zona envolvente da área estão representados aluviões atuais, de idade Moderna, constituídos por lodos, areias e cascalheiras fluviais, que assentam num substrato representado pelo Complexo Xisto-Granito-Migmatítico, Ante-Ordovícico e Séries Metamórficas derivadas, que está representado por estreita faixa xistenta e quartzito-conglomerática dobrada em arco, talvez pela ação resultante da instalação do granito da Serra de Santa Luzia que cortou bruscamente as formações e as metamorfoisou.

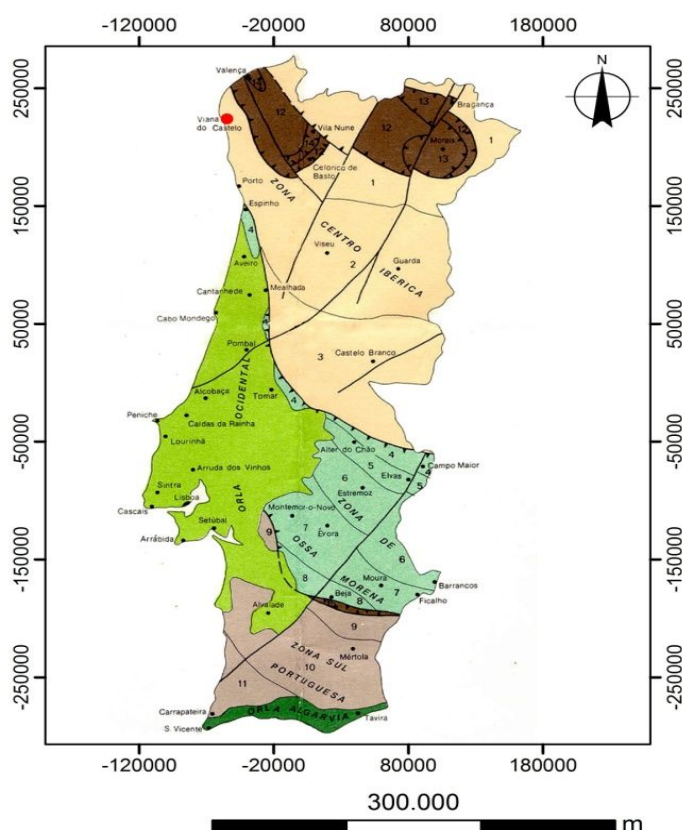
O granito que ocorre nas zonas em estudo designado pelo granito da Serra de Santa Luzia caracteriza-se por ser um granito porfíroide de grão fino, prolongando-se de Viana do Castelo para Norte.

Ocorrem ainda, ao longo do litoral e com grande expressão, depósitos de praias antigas e de terraços fluviais do Plistocénico, incluindo os depósitos da bacia de Alvarães, formados por areias grosseiras, calhaus rolados e leitos argilosos, escalonados a diferentes níveis.

Geomorfologicamente a área em estudo estende-se numa plataforma litoral, suavemente exposta a sul e caracterizada pelo vale do rio Lima com direção geral ENE-WSW, muito largo e aberto na parte vestibular, acompanhado de larga planície de aluvião que penetra ao longo dos vales efluentes. Dada a proximidade à costa litoral e à zona ribeirinha das margens do Rio Lima, verifica-se que a drenagem na área é feita para sudoeste em direção ao Rio Lima e ao oceano.

Na envolvente mais alargada, a Norte da zona em estudo, a mesma é caracterizada por relevos bastante elevados, os da Serra de Santa Luzia, que descem para a orla litoral por vertente rígida e abrupta, correspondente à arriba fóssil, que limita do interior a ampla plataforma de abrasão marinha que forma a orla litoral.

A área referente ao local em estudo insere-se nos terrenos da Zona Centro Ibérica (ZCI), que corresponde a uma das unidades mais importantes do Maciço Hespérico, conforme o representado na Figura 3.



Sistema de Coordenadas: European Terrestrial Reference System (ETRS) 1989 - Portugal TM06
Projeção: Transverse Mercator
Datum: ETRS 1989; Origem N0.00; E0.00

Legenda

— Área em estudo

Figura 3 – Carta tectonoestratigráfica.

2.3. TECTÓNICA E SISMICIDADE

De acordo com o Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSAEEP, Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio) e com o Eurocódigo 8 (EC8) são definidos dois tipos fundamentais de ações sísmicas passíveis de afetar o território continental português:

- i. Ações sísmicas do tipo 1 (sismos intraplacas), relativas a sismos de epicentro próximo, de magnitude moderada e a pequena distância focal;
- ii. Ações sísmicas do tipo 2 (sismos interplaca), relativas a sismos de epicentro longínquo, de maior magnitude e a uma maior distância focal;

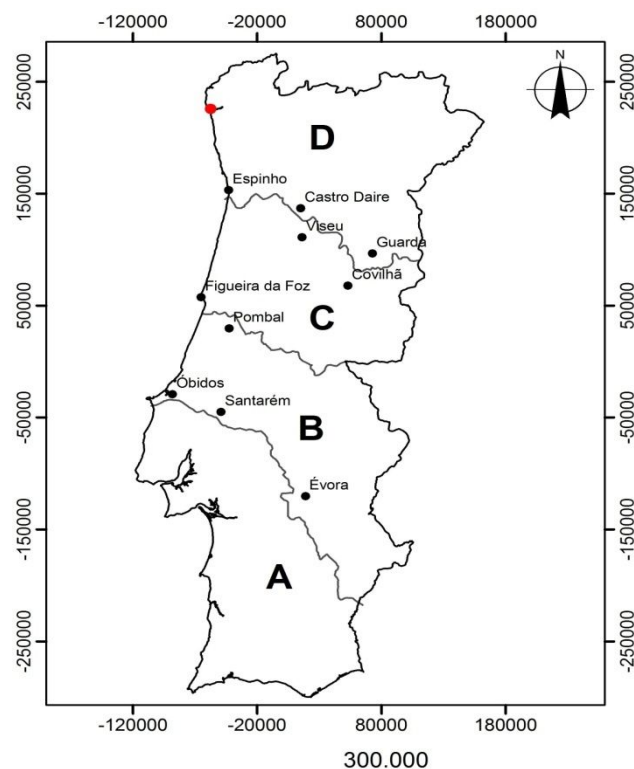
Estes dois tipos de sismos condicionam toda a atividade sísmica passível de afetar a integridade estrutural do edificado em território nacional.

2.3.1. REGULAMENTO DE SEGURANÇA E AÇÕES PARA ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS E PONTES

Para a atividade sísmica, o território continental português encontra-se dividido em 4 zonas: A, B, C e D, ordenadas de acordo com ordem crescente da importância da sismicidade, conforme se apresenta na Figura 4. A zona onde se insere a obra situa-se na zona de atividade sísmica D, considerada como a de menor “probabilidade” sísmica. A influência da sismicidade para a zona D é traduzida por um valor de coeficiente de sismicidade α que é de 0.3.

Para determinação do coeficiente sísmico de referência, β_0 , que depende das características do terreno, considerou-se que os terrenos de fundação interessados pela obra são do tipo II – Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; solos incoerentes compactos, com velocidades de propagação de ondas sísmicas $V_s = 200$ a 350 m/s, a que correspondem as classificações de II – RSAEEP e Solo B – EC8.

As cartas da atividade e previsão sísmica para o território continental nacional, elaboradas por Carlos S. Oliveira (Oliveira, 1977) com base em estudos experimentais e usando extrapolação parabólica, indicam para a área de intervenção, para um período de retorno de 1000 anos, a previsão de valores máximos de acelerações, velocidades e deslocamentos induzidos pela atividade sísmica que se apresentam na Tabela 1 e que se podem observar na Figura 5.



Sistema de Coordenadas: European Terrestrial Reference System
(ETRS) 1989 - Portugal TM06
Projeção: Transverse Mercator
Datum: ETRS 1989; Origem N0.00; E0.00

Legenda

— Área em estudo

Figura 4 – Carta das zonas sísmicas propostas pelo RSAEEP.

A, B, C, D – Zonas sísmicas propostas pelo “RSAEEP - Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes” (Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio).

Tabela 1 – Valores sísmicos característicos para a área de intervenção

PARÂMETRO	VALOR
Zona sísmica do RSAEEP	D
Intensidade sísmica máxima	VII
Aceleração máxima	$\approx 75 \text{ cm/s}^2$
Velocidade máxima	$\approx 6 \text{ cm/s}$
Deslocamento máximo	$\approx 3 \text{ cm}$

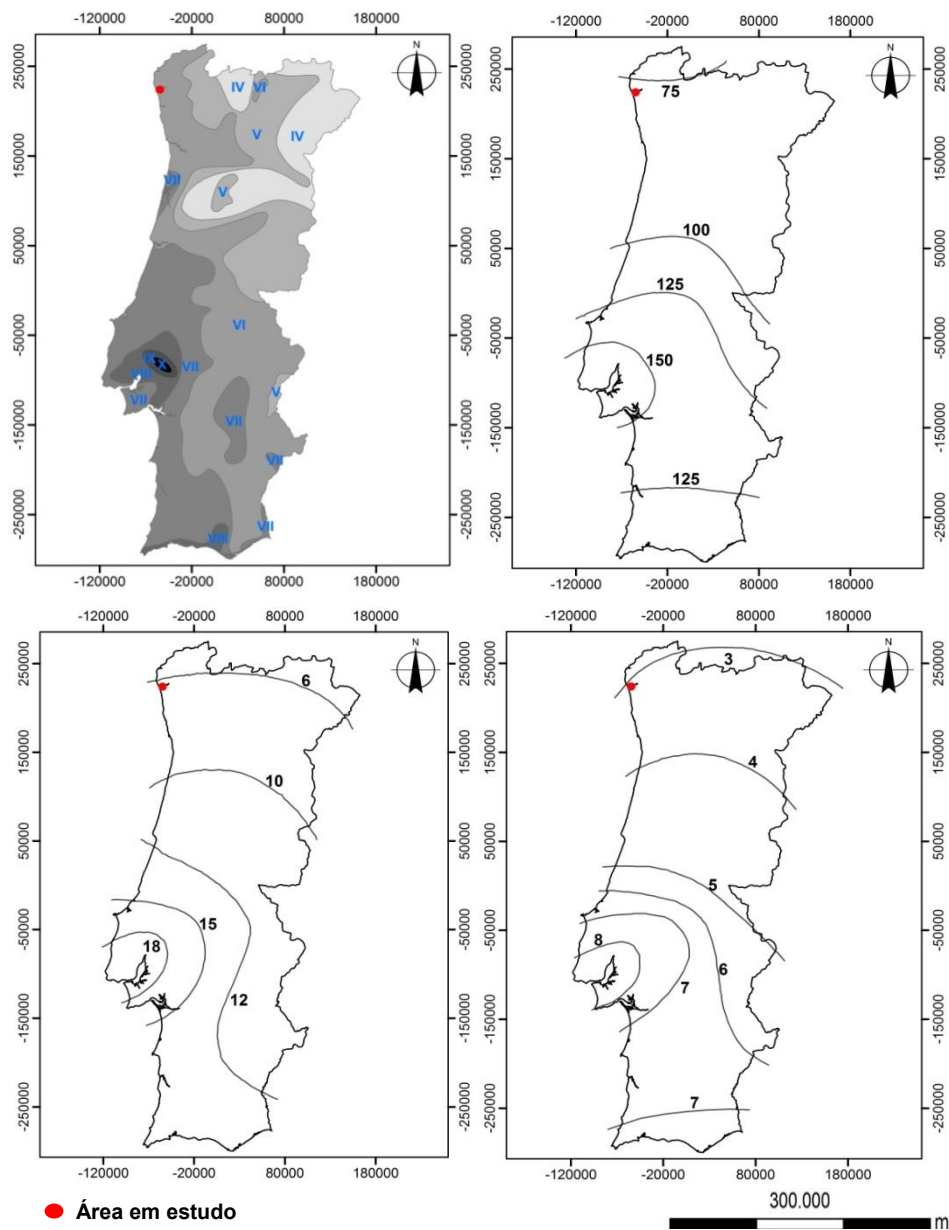


Figura 5 – Cartas de atividade e previsão sísmicas

- A – CARTA DE INTENSIDADES SÍSMICAS MÁXIMAS** - Carta de isossistas de intensidade sísmica máxima observada em Portugal Continental, no período de 1901 a 1971 (Escala de Intensidade de Mercalli modificada).
- B – CARTA DE ACELERAÇÃO MÁXIMA** - Carta de isolinhas de aceleração máxima para um período de retorno de 1000 anos (Unidades em cm/s^2).
- C – CARTA DE VELOCIDADE MÁXIMA** - Carta de isolinhas de velocidade máxima para um período de retorno de 1000 anos (Unidades em cm/s).
- D – CARTA DE DESLOCAMENTO MÁXIMO** - Carta de isolinhas de deslocamento máximo para um período de retorno de 1000 anos (Unidades em cm).

2.3.2. EUROCÓDIGO 8

O Eurocódigo 8 (NP EN 1998-1 2010 e NP EN 1998-5 2010) integra um conjunto de Normas Europeias que vem substituir a regulamentação nacional – o RSAEEP – relativamente ao dimensionamento estrutural para ações sísmicas, sendo utilizado em projeto de obras de engenharia civil, em regiões sísmicas, tendo como objetivo último, no caso de ocorrer um sismo:

- Proteção de vidas humanas;
- Limitação de danos;
- Manter as estruturas operacionais para a proteção civil.

Estes objetivos traduzem-se no estabelecimento de duas exigências fundamentais para o dimensionamento estrutural das edificações, que devem ser garantidas para dois níveis diferentes de ação sísmica:

- Requisito de não ocorrência de colapso: a estrutura deve ser dimensionada e construída de forma a suportar a ação sísmica de projeto sem ocorrência de colapso local ou global, mantendo a sua integridade estrutural com uma capacidade residual de suporte das cargas gravíticas. A ação sísmica de cálculo expressa-se a partir de:
 - Ação sísmica de referência associada a uma probabilidade de excedência de referência, P_{NCR} , em 50 anos ou a um período de retorno de referência T_{NCR} ;
 - Coeficiente de importância, γ_I , de modo a ter em conta a diferenciação da fiabilidade.
- Requisito de limitação de danos: a estrutura deve ser dimensionada e construída de forma a suportar uma ação sísmica com maior probabilidade de ocorrência que a ação sísmica de projeto sem ocorrência de danos e a consequente limitação de uso, cujo custo de reparação seja desproporcionalmente elevado em relação ao custo da estrutura. A ação sísmica que se considera neste requisito apresenta uma probabilidade de excedência, P_{DLR} , em 10 anos, e um período de retorno, T_{DLR} .

O Eurocódigo 8 considera 7 tipos de terrenos, definidos por perfis estratigráficos e parâmetros que se descrevem na Tabela 2.

Tabela 2 – Tipo de terrenos definidos pelo EC8.

TIPO DE TERRENO	DESCRIÇÃO DO PERFIL ESTRATIGRÁFICO	PARÂMETROS		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (panc/30cm)	C_u (kPa)
A	Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5m de material mais fraco à superfície.	<800	-	-
B	Depósitos de areia muito compacta, de seixos (cascalho) ou de argila muito rija, com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade.	360-800	>50	>250
C	Depósitos profundos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo (cascalho) ou de argila rija com uma espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros.	180-360	15-50	70-250
D	Depósitos de solos não coesivos de compactidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura.	<180	<15	<70
E	Perfil de solo com um estrato aluvionar superficial com valores de V_s do tipo C ou D e uma espessura entre cerca de 5m e 20m, situados sobre um estrato mais rígido com $V_s > 800$ m/s.	-	-	-
S1	Depósitos constituídos ou contendo um estrato com pelo menos 10m de espessura de argilas ou siltes moles com um elevado índice de plasticidade ($PI > 40$) e um elevado teor de água.	<100 (indicativo)	-	10-20
S2	Depósitos de solos com potencial de liquefação, de argilas sensíveis ou qualquer outro perfil de terreno não incluído nos tipos A-E ou S1.	-	-	-

Zonas sísmicas

O EC8, tal como o RSAEEP, define dois tipos de ação sísmica de acordo com diferentes sismo-géneses:

- Evento sísmico condicionante apresenta magnitude superior a 5,5 (sismo de maior Magnitude a uma maior distância focal) associado ao cenário de sismo afastado;
- Evento sísmico condicionante apresenta magnitude inferior a 5,5 (sismo de Magnitude moderada a pequena distância focal) associado ao cenário de sismo próximo.

De acordo com o EC8, o zonamento sísmico de cada país é definido pelo respetivo anexo nacional, sendo função da aceleração máxima de projeto de referência para um terreno do tipo A. Na Figura 6 encontram-se representados os zonamentos definidos pelo EC8 de acordo com os dois tipos de ações sísmicas.

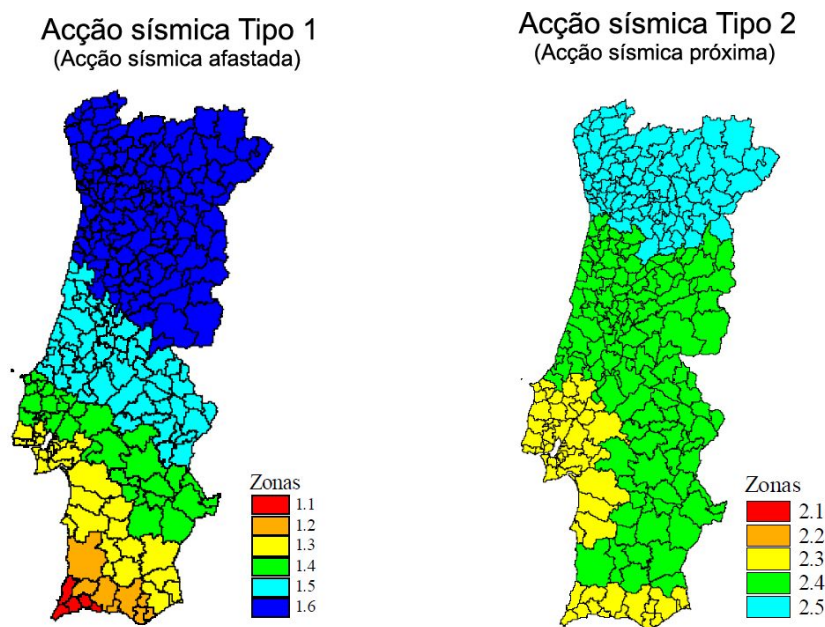


Figura 6 – Zonamento sísmico do Anexo Nacional da EN 1998-1 (EC8).

Para o concelho de Viana do Castelo o zonamento sísmico estabelecido pelo Anexo Nacional do EC8 indica os valores de referência da aceleração máxima à superfície que se apresentam na tabela seguinte.

Tabela 3 – Zonamento sísmico estabelecido pelo EC8 para o local em estudo.

PORTUGAL CONTINENTAL MUNICÍPIO	AÇÃO SÍSMICA			
	TIPO 1		TIPO 2	
	ZONA SÍSMICA	ACELERAÇÃO a_{gR} (m/s ²)	ZONA SÍSMICA	ACELERAÇÃO a_{gR} (m/s ²)
Viana do Castelo	1.6	0.35	2.5	0.80

De acordo com o EC8, para o local em estudo, o zonamento sísmico prevê para uma ação sísmica do Tipo 1 (sismo afastado, interplaca) um valor de referência para a aceleração máxima de $a_{gR} = 0.35 \text{ m/s}^2$ e para uma ação sísmica do Tipo 2 (sismo próximo, intraplaca) de $a_{gR} = 0.80 \text{ m/s}^2$.

3. TRABALHOS REALIZADOS

3.1 INTRODUÇÃO

Os trabalhos de prospeção, executados para a identificação e caracterização geológica e geotécnica da área em estudo para o projeto de Edificação na zona circundante ao Estabelecimento Prisional, incluíram a realização de seis sondagens mecânicas à rotação acompanhadas de ensaios de penetração dinâmica *in situ* com sonda normalizada – Terzaghi do tipo SPT.

Os locais onde se executaram os trabalhos de prospeção (Figura 7), foram previamente marcados de acordo com o definido no caderno de encargos pelo projeto de execução, na presença da Eng.^a Célia Pereira, representante da Câmara Municipal de Viana do Castelo, de modo a que o reconhecimento dos terrenos, nas áreas onde se projetam as intervenções principais e onde, eventualmente, venham a estar as fundações de suporte do projeto, fosse o mais representativo possível.



Figura 7 – Local de implantação dos trabalhos realizados.

De salientar que em todas as sondagens com exceção da S2 e S3, para lá da furação à rotação em solos acompanhada de ensaios SPT, devido ao afloramento do maciço rochoso compacto entre os 1,7m e os 4,5m de profundidade, apesar de se ter obtido um dos critérios de paragem (dupla nega nos ensaios de penetração dinâmica), dado que ainda não se tinha atingido a profundidade mínima necessária, tendo em conta a cota de fundação, passou-se para a furação à rotação com carotagem contínua em rocha, de forma a garantir essa mesma profundidade e, assim, cumprir as determinações técnicas indicadas no caderno de encargos, tendo como objetivo um reconhecimento aprofundado e consistente das condições geológico-geotécnicas do terreno.

Contudo, nas sondagens S2 e S3, como ainda não se tinha atingido nenhum dos critérios de paragem até à profundidade mínima de 6,0m estabelecida pelo requerente, a furação foi prolongada até obtenção dos critérios de paragem. No entanto, por decisão da Eng^a. Célia Pereira na qualidade de representante do dono de obra no local, aquando do acompanhamento dos trabalhos, a furação foi dada por terminada aos 10,50m na S2 e 15m na S3, sendo que, em ambas as sondagens, não se obtiveram valores de nega igual ou superior a 60 pancadas nos ensaios SPT, não se alcançando, assim, um dos critérios de paragem definido pelas determinações técnicas indicadas no caderno de encargos.

Os trabalhos de campo decorreram entre os dias 25 a 29 de Janeiro de 2018, mobilizando-se para o efeito uma equipa constituída por três elementos, sob a direção de um Geólogo de Engenharia com largos anos de experiência neste tipo de atividades.

No **Anexo I** do presente relatório apresenta-se a planta de localização das sondagens.

No **Anexo II** apresentam-se os perfis geológico-geotécnicos interpretativos, efetuado com base nos resultados obtidos.

No **Anexo III** apresentam-se os diagramas de cada uma das sondagens e o respetivo registo fotográfico da amostragem recolhida durante a execução dos ensaios SPT e da furação com carotagem contínua.

Nestes boletins foram elaborados os respetivos diagramas de ensaio onde constam todas as informações necessárias à interpretação dos dados obtidos: profundidades, manobras, coluna litológica, posição do nível freático, valores de SPT em solos, valores de SPT em rocha alterada, percentagem de recuperação, RQD, grau de alteração e de fraturação. O grau de alteração e de fraturação de maciço rochoso foram estabelecidos de acordo com a classificação proposta pela Sociedade Internacional de Mecânicas das Rochas (ISRM, 1981).

3.2 SONDAGENS À ROTAÇÃO E ENSAIOS SPT

Para a execução das sondagens à rotação em solos e com carotagem contínua em rocha, utilizou-se uma Sonda Broca D'Aço, modelo TH900, instalada sobre lagartas, de funcionamento hidráulico e com equipamento adequado à amostragem/reconhecimento de solos e/ou de rocha. A Figura 8 mostra o equipamento utilizado.



Figura 8 – Máquina de Sondagem Broca D'Aço, modelo TH900.

Face à previsibilidade de ocorrência de um horizonte superficial de aterro e níveis constituídos por solos residuais resultantes da alteração dos materiais geológicos, optou-se pela utilização de coluna de avanço com 86 mm de diâmetro e 1500 mm de comprimento.

O avanço da furação foi acompanhado da execução de ensaios SPT (Standard Penetration Test), espaçados de 1.5m entre si, utilizando-se para o efeito um amostrador Terzaghi normalizado.

O ensaio SPT consiste na cravação, à percussão, do amostrador no solo através da queda de uma massa igual a 63,5 kg de uma altura normalizada de 0,75m. A 1ª fase do ensaio corresponde à cravação de 15 cm do amostrador no solo e a 2ª fase corresponde à cravação de 30 cm.

O resultado do ensaio é traduzido pelo número de pancadas necessárias para penetrar os 30 cm da 2ª fase. A nega destes ensaios é obtida quando 60 pancadas não são suficientes para a penetração dos 30 cm da 2ª fase, registando-se neste caso a penetração conseguida.

As amostras resultantes dos ensaios SPT, obtidas no amostrador Terzaghi, foram devidamente acondicionadas e armazenadas em caixas de sondagens.

Quando intersectado maciço rochoso compacto a furação foi feita com sondagem à rotação com carotagem contínua com amostrador duplo do tipo T2 com 86 mm de diâmetro. Na furação à rotação os testemunhos de sondagem foram identificados e armazenados em caixas de sondagens, divididos por manobra através de tacos verticais com a identificação das respetivas profundidades.

A Figura 9 mostra algumas imagens captadas durante a execução dos trabalhos de perfuração.



Figura 9 – Execução das sondagens.

O critério de paragem a adotar nestas sondagens seria a obtenção das seguintes condições: todas as sondagens à rotação tinham de atingir a profundidade mínima segundo os termos de referência e duas negas consecutivas no ensaio SPT, o que em algumas das sondagens não foi possível obter, tendo em conta que o maciço rochoso aflorou entre os 1,70 e os 4,50m de profundidade.

Na tabela 4 apresentam-se as principais características das sondagens, nomeadamente, a cota de execução de cada sondagem, a profundidade atingida em cada sondagem, o número de ensaios SPT, a posição do nível freático e as condições de paragem com base nos critérios definidos, salientando que as sondagens S2 e S3 não atingiram as condições de paragem necessárias para aplicação dos critérios de paragem definidos.

Os diagramas das sondagens, assim como o registo fotográfico das caixas de sondagens, são apresentados no anexo III.

De referir que, nas sondagens executadas, foi intersectado o nível freático, facto que não surpreende dada a proximidade da área a uma linha de água. Neste contexto, importa ainda referir que os níveis de água no subsolo são fortemente condicionados pela precipitação atmosférica e, por isso, deve-se ter em conta que o nível freático na área em estudo foi medido após um período de muito baixa precipitação.

Tabela 4 – Características das sondagens realizadas.

SONDAGEM	PROFUNDIDADE (m)	COTA (m)	Nº ENSAIOS SPT	NF (m)	CONDIÇÕES DE PARAGEM
S1	6.00	17.12	1	5.40	Nega + carotagem (4.5m)
S2	10.50	15.21	7	9.25	S/ nega
S3	15.00	15.40	10	10.9	S/ nega
S4	6.00	14.70	1	2.10	Nega + carotagem (4.5m)
S5	6.00	15.20	4	5.20	Quadrupla nega
S6	7.50	15.70	5	5.10	Dupla nega + carotagem (1.5m)
TOTAL	51.0 m				

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1. SONDAGENS À ROTAÇÃO

As seis sondagens foram efetuadas com recurso a furação à rotação em solo até obtenção da nega correspondente à transição de solo para rocha e, uma vez que não tinha, ainda, sido atingida a profundidade mínima exigida segundo os termos de referência, passou-se para a furação à rotação com carotagem contínua em rocha.

Com exceção das sondagens S2 e S3, as sondagens foram consideradas concluídas depois de alcançada a profundidade mínima correspondente à da cota de fundação admitida, tendo em conta o tipo de projeto a executar, obtida dupla nega, isto é, após alcançar um resultado superior a 60 pancadas durante a 1ª ou 2ª fase do ensaio SPT, referente à transição de solo para maciço rochoso e a furação de 1.50m com carotagem contínua em rocha, tendo em conta a percentagem de recuperação, o RQD, o grau de alteração e de fracturação apresentado no tarolo de sondagem.

Estes critérios de paragem fizeram com que as sondagens se prolongassem até às profundidades apresentadas na tabela 4. É ainda importante salientar, que as sondagens S2 e S3 foram prolongadas, com o objetivo da obtenção dos critérios de paragem o que não aconteceu, sendo dadas por terminadas após a indicação do dono de obra aquando do acompanhamento dos trabalhos de furação atingindo assim as profundidades representadas na tabela.

No geral, o cenário geológico-geotécnico encontrado nas sondagens é bastante semelhante. Assim sendo, as sondagens executadas permitiram identificar a ocorrência de um nível superficial composto por material de aterro heterogéneo de génese não seletiva e uma camada de depósitos de cobertura de aparência arenosa, de espessura variável sob o qual ocorre solo residual granítico com passagem para um granito decomposto a muito alterado que, em profundidade, evolui para maciço rochoso granítico medianamente alterado. O horizonte de materiais mais superficiais inclui material de aterro heterogéneo, que foi intersetado em todas as sondagens, e depósitos de aparência arenosa que foram identificados nas sondagens S2, S3 e S4.

Sob este horizonte mais superficial ocorrem terrenos de natureza granítica, representados por granito decomposto desagregando-se num solo residual granítico com níveis areno-siltosos "in situ", que se apresenta mais compacto e mais resistente à penetração com o aumento da profundidade, evoluindo para um granito muito alterado.

Estes horizontes foram intersetados em todas as sondagens (exceto na S4 onde foi intersetado maciço rochoso a partir do 1,70m), desde 0,40 m até aos 15,0 m de profundidade. A camada inferior deste horizonte incluiu o contacto com o maciço granítico rochoso, por vezes com passagens a fácies migmatítica, que se apresenta medianamente alterado e fraturado a medianamente fraturado.

Na tabela 5 apresenta-se um resumo das características dos horizontes intersectados em cada sondagem e as respetivas espessuras.

Tabela 5 – Características dos horizontes intersectados em cada sondagem.

	HORIZONTE SUPERFICIAL		SOLO RESIDUAL GRANÍTICO	MACIÇO ROCHOSO GRANÍTICO E MIGMATITO
DESCRIÇÃO GERAL DOS HORIZONTES	ATERRO	DEPÓSITOS DE COBERTURA ARENOSOS	GRANITO DECOMPOSTO DESAGREGANDO-SE NUM SOLO SILTO-ARENOSO	GRANITO PORFIRÓIDE DE GRÃO FINO COM FÁCIES MIGMATÍTICAS E MIGMATITO FOLIADO
ESTADO DE ALTERAÇÃO ISRM	-	-	W5 /W4	W3
SONDAGENS	ESPESSURA DOS HORIZONTES (m)			
S 1	0.00 - 0.40	-	0.40 - 1.80	1.80 - 6.00
S 2	0.00 - 2.00	2.00 - 6.00	6.00 - 10.50	-
S 3	0.00 - 2.00	2.00 - 6.00	6.00 - 15.00	-
S 4	0.00 - 0.40	0.40 - 1.70	-	1.70 - 6.00
S 5	0.00 - 1.50	-	1.50 - 6.00	-
S 6	0.00 - 3.00	-	3.00 - 6.00	6.00 - 7.50
NSPT	≤ 20	20 - 60		> 60

Na classificação do estado de alteração dos materiais ocorrentes, adotou-se uma aproximação da Classificação da Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas (ISRM) para o parâmetro avaliação do grau de alteração do maciço rochoso granítico. Assim, de acordo com aquela classificação os materiais são referidos a seis classes distintas (W1 a W6), de acordo com o menor ou maior grau de alteração que apresentem.

5. CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS

Com base na análise de toda a informação recolhida, quer no reconhecimento geológico de superfície, quer nos resultados obtidos nos trabalhos de prospeção efetuados, é possível a definição de um zonamento geológico-geotécnico das formações ocorrentes.

5.1 ZONAMENTO GEOTÉCNICO

As diferentes zonas geotécnicas foram definidas com base nas características geológicas e geotécnicas dos materiais intersectados nas sondagens, considerando para isso os valores de N_{SPT} , a percentagem de recuperação, o RQD e os graus de alteração e de fracturação.

Assim, definiram-se três zonas geotécnicas (ZG3, ZG2 e ZG1), para as quais se prevê um comportamento geotécnico distinto. A caracterização de cada uma das zonas geotécnicas definidas é apresentada de seguida.

ZONA GEOTÉCNICA ZG3

Esta zona geotécnica inclui os níveis mais superficiais da área em estudo, isto é, material de aterro e camada de depósitos de cobertura, que ocorre entre os 0.0 e os 6.0m de profundidade.

Trata-se de zona geotécnica muito heterogénea, menos competente e que não apresenta características para solo de fundação e, por isso, não tem aptidão geotécnica, devendo ser removida antes de se executar qualquer fundação.

Considera-se que esta zona não apresenta aptidão geotécnica para a fundação da estrutura a construir dado a sua reduzida competência.

A escavabilidade dos materiais desta zona geotécnica é fácil, sendo possível de executar recorrendo a meios mecânicos ligeiros.

ZONA GEOTÉCNICA ZG2

Esta zona geotécnica, é caracterizada por uma camada representada por granito decomposto a muito alterado incluindo níveis de solo residual granítico por vezes areno-siltoso “in situ”, que apresentam valores de N_{SPT} entre 20 e 60.

Este horizonte característico da ZG2 foi intersectado em todas as sondagens ocorrendo desde dos 0.40 m de profundidade (exceto na sondagem S4, onde foi intersectado o maciço rochoso granítico) e podendo ir até aos 15,0 m de profundidades.

Considerando os valores de N_{SPT} , admite-se que os materiais desta zona poderão ter aptidão geotécnica para serem mobilizados como solo de fundação para valores de tensões admissíveis a variar entre os 100 e 600 kPa.

Admite-se ainda que os materiais desta zona geotécnica possam também ser escavados recorrendo a meios mecânicos.

ZONA GEOTÉCNICA ZG1

Esta zona caracteriza-se por um horizonte de maciço rochoso medianamente alterado, que apresenta valores de N_{SPT} superiores a 60 pancadas, uma percentagem de recuperação que varia entre os 47% e os 100% e um valor de RQD variando entre 15% e 83%.

Este horizonte foi intersectado em três sondagens a uma profundidade que vai desde os 1,70m podendo ultrapassar os 7,50m de profundidade.

Os horizontes mais profundos destes terrenos, integrados na ZG1, correspondem à franja de granito pouco alterado que se desenvolve até à transição para a rocha granítica sã.

Considera-se que esta zona possui boa aptidão geotécnica para a fundação das estruturas a construir, considerando tensões máximas admissíveis de cerca de 600 kPa, ou mesmo superiores.

Em face do exposto, a escavabilidade nesta zona geotécnica poderá ser mais difícil, admitindo-se a necessidade de utilização de meios mecânicos mais pesados.

5.2 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

A partir dos valores de N_{SPT} foram estimados e determinados alguns parâmetros geotécnicos com base em correlações empíricas utilizadas e recomendadas por vários autores e publicações (Décourt, 1989; Viana da Fonseca, 1996; Eurocode 7, 2004; Vallejo, 2004).

Contudo, o estabelecimento de valores de parâmetros geotécnicos apresenta algumas limitações dado o carácter generalista das correlações encontradas na bibliografia, devendo, por isso, estes valores serem utilizados com precaução e alguma parcimónia.

Na tabela 6 apresentam-se, para a área prospetada, os parâmetros geotécnicos determinados e esperados para as zonas geotécnicas.

Tabela 6 – Parâmetros geotécnicos estimados para cada uma das zonas geotécnicas.

ZONA GEOTÉCNICA	ZG 3	ZG 2	ZG 1
Litologia	Aterro / Depósitos de cobertura arenosos	Solo residual Granítico, granito decomposto a alterado	Granito e migamtito medianamente alterado
Intervalo de profundidade (min – max)	0.0 – 6.0 m	0.4 – 15.0 m	1.8 – 7.5 m
N_{SPT}	< 20	20 - 60	> 60
Grau de alteração ISRM (W1 – W6)	n.a.	W5 - W4	W3
Tensão máxima admissível kPa	<100	100 - 600	≥ 600
Ângulo de atrito (ϕ)	< 35°	35° - 45°	> 45°
Módulo de deformabilidade (E) MPa	<100	<100 - 200	> 200
Aptidão geotécnica para fundação	ZG sem aptidão para fundação	ZG sem aptidão para fundação	ZG com aptidão para fundação
Escavabilidade / Método de desmonte	Meios mecânicos ligeiros	Meios mecânicos	Meios mecânicos pesados
Taludes Provisórios	1(V):1(H) a 2(V):1(H)	2(V):1(H)	3(V):1(H)

n.a. – não aplicável

5.3 CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO E ESCAVABILIDADE

A definição das condições de fundação apresenta algumas condicionantes devido à heterogeneidade do cenário geológico-geotécnico identificado e à variação da espessura das zonas geotécnicas definidas.

Nesse sentido recomenda-se a adoção de um sistema que salvaguarde todas as situações, que confirmem homogeneidade de comportamento estrutural.

De um modo geral, considera-se que a ZG2 poderá ter características adequadas para receber a fundação das estruturas que se pretendem edificar, para tensões máximas admissíveis entre 100 a 600 kPa. Para tensões máximas admissíveis iguais ou até mesmo superiores a 600 kPa recomenda-se a ZG1 como maciço de fundação.

Considerando os perfis geológico-geotécnicos interpretativos, as profundidades onde ocorrem as diferentes zonas geotécnicas e a cota da soleira do projeto, admite-se na sua generalidade o recurso a fundações diretas de acordo com os valores de tensão máxima admissível acima referidos, sendo que apenas nas área envolvente das sondagens S2 e S3 poderá ser necessário o recurso a fundações indiretas.

A escavabilidade com recurso a meios mecânicos é possível em todas as zonas geotécnicas, admitindo-se que, mesmo na ZG1, os mesmos meios possam ser utilizados podendo, contudo, ser necessário o recurso a meios mecânicos ligeiramente mais pesados.

Não se prevê que os taludes de escavação provisórios, a realizar durante a execução da obra, venham a colocar problemas de estabilidade, propondo-se, em todo o caso, que se respeitem valores máximos de 1(V):1(H) para a ZG3 e taludes em 2(V):1(H) para a ZG2 e 3(V):1(H) para a ZG1.

Contudo, deverá ser tido em consideração a eventual existência de condições agravantes, como sejam a ocorrência de precipitação, ou a existência de cargas elevadas na superfície próxima da escavação.

6. CONCLUSÕES

Os trabalhos de prospeção geológica e geotécnica, desenvolvidos na área em estudo, permitem o estabelecimento das seguintes considerações finais:

- O local em estudo enquadra-se numa zona com elevada estabilidade tectónica e de risco sísmico reduzido;
- Os terrenos interessados pelo projeto compreendem um horizonte de aterro sobre solo residual areno-siltoso com passagem para granito decomposto a muito alterado cuja compactação e resistência à penetração aumenta em profundidade, até se atingir o maciço rochoso granítico medianamente alterado;
- Foram definidas três zonas geotécnicas ZG3, ZG2 e ZG1;
- A ZG3 compreende os materiais heterogéneos e superficiais, apresentando fraca aptidão geotécnica;
- A ZG2 caracteriza-se por um solo residual granítico a areno-siltoso, resultado da alteração da rocha granítica que, genericamente, apresenta fracas a moderadas características geotécnicas assente num horizonte de granito decomposto;
- Esta zona geotécnica ZG2 apresenta características que a aproximam um pouco da ZG3 e, assim, não se recomenda a sua mobilização para fundação;
- A ZG1 é formada pelo conjunto compacto de maciço rochoso granítico medianamente alterado possuindo características geotécnicas que permitem a sua mobilização como maciço de fundação, de acordo com tensões máximas próximas dos 600 kPa ou mesmo superiores;
- Dada a profundidade a que ocorre a ZG1, conjugado com a cota da soleira do edificável, admite-se que se já possível a adoção de fundações diretas, exceto nas áreas sob influência das sondagens S2, S3 e possivelmente a S5;
- Propõe-se taludes de escavação que respeitem valores máximos de 1(V):1(H) na ZG3 e taludes em 2(V):1(H) para a ZG2 e 3(V):1(H) para a ZG1;
- Recomenda-se ainda que durante a abertura das fundações os trabalhos sejam acompanhados por especialista em geotecnia, que possa verificar e confirmar a natureza dos terrenos interessados nas escavações e os parâmetros geotécnicos estimados, bem como as considerações geotécnicas apresentadas neste relatório.

Vila Nova de Gaia, 02 de Março de 2018

Coordenador do Estudo	Benedito Calejo Rodrigues <i>Geólogo (UP)</i> <i>Mestrado em Geologia (PAPCC)</i>
Geologia e Geotecnia	Ivo Ferreira <i>Geólogo (UP)</i>
Topografia e SIG	Irene Palma <i>Técnica Superior de Ambiente (UP)</i> <i>Mestrado em Remediação Ambiental (UP)</i>
Trabalho de Campo	Equipe de sondadores, constituída por três elementos.

BIBLIOGRAFIA

- CABRAL, J (1993) – A neotectónica de Portugal Continental. Tese de doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa, 425pp.
- CODUTO, D.P. (1999) – Geotechnical Engineering. Principles and Practices. Prentice Hall, New Jersey, 759 pp.
- ESPECIFICAÇÃO LNEC E 220 (1968) – Prospeção Geotécnica de Terrenos: Simbologia. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- FOLQUE, J. (1976) – Características mecânicas de solos deduzidas de ensaios de penetração. Geotecnia, 17:73-83.
- FONSECA, A. V. (1996) – Geomecânica dos Solos Residuais do Granito do Porto. Critérios para Dimensionamento de Fundações Diretas. Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 774pp.
- GONZÁLEZ VALLEJO, L.I., FERRER, M., ORTUÑO, L. & OTEO, C. (2004) – Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid, 715 pp.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics) (1981) – Basic geotechnical description of rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 18:85-110.
- LAMBE, T.W. & WHITMAN, R.V. (1969) – Soil Mechanics. John Wiley & Sons, New York, 553 pp.
- LNEC (1968) – Especificação LNEC, E219. Prospeção geotécnica de terrenos. Vocabulário.
- LNEC (1970) – Especificação LNEC, E240, Solos. Classificação para Fins Rodoviários.
- LNEC (1985) – Fundações em terrenos não rochosos. LNEC, ICT Especialização e Aperfeiçoamento, Geotecnia, S 208.
- MINEIRO, A. C. (1970) – Curso de mecânica dos solos e fundações. Vol. 3 - Reconhecimento e prospeção geotécnica, ensaios “in situ”. Manual policopiado, 108pp.
- OLIVEIRA, C. S. (1977) – Sismologia, sismicidade e risco sísmico. Aplicações em Portugal. Relatório. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 126 pp.
- SETRA/LCPC (1992) – Réalisation des remblais et des couches de forme – Fascicule 1 et 2.
- TEIXEIRA, C., CÂNDIDO DE MEDEIROS, A., PINTO COELHO, A. (1972). Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50000 e Notícia Explicativa da folha 5-A (Viana do Castelo). Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.