

ESTUDOS GEOLÓGICOS, HIDROGEOLÓGICOS E DE PERIGOSIDADE
SÍSMICA NA ÁREA DE INTERVENÇÃO DO PLANO DE URBANIZAÇÃO
DE VALE DO GROU



Informação sobre o Documento e Autores

Cliente	Câmara Municipal de Peniche
Projeto	Estudos geológicos, hidrogeológicos e de perigosidade sísmica na área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou
Tipo de Documento	Memória descritiva e justificativa
Revisão	00
Nome do Ficheiro	02.00517.17.DV.MD.DOCX
N.º de Páginas	36 Páginas (texto) + 5 páginas (anexos)
Contribuições Externas	--
Gestor de Projeto	Fernando Ferreira
Data	Fevereiro de 2017

Reviu	Fernando Ferreira
Validou	Fernando Ferreira

ÍNDICE DE TEXTO

1. Introdução	7
2. Enquadramento Regional.....	9
2.1 Geomorfologia	9
2.2 Geologia	9
3. Caracterização geológica da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou	11
3.1 Geomorfologia	11
3.2 Geologia	12
3.3 Estrutura geológica	14
3.4 Comportamento das formações geológicas reconhecidas e cartografadas quanto à escavabilidade	15
4. Caracterização hidrogeológica da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou.....	17
4.1 Modelo de escoamento de águas superficiais	17
4.2 Modelo de escoamento de água subterrânea	18
4.3 Implicações dos modelos hidrogeológicos	22
5. Estudos de Sismicidade	26
5.1 Tectónica e enquadramento sísmico.....	26
5.2 Neotectónica e sismicidade	28
5.3 – Regulamentos antissísmicos.....	31
5.4 Considerações sobre a avaliação sísmica	33
6. Considerações finais.....	34
7. Referências bibliográficas	36

Anexo:

- Documentação fotográfica

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização geográfica da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou...	7
Figura 2 – Esboço geológico da região de Peniche com a localização da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou.....	9
Figura 3 – Esboço da Carta geológica da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou na escala 1/ 5 000	13
Figura 4 – Classificação dos aquíferos quanto ao tipo de permeabilidade. 1- Aquífero fissurado, 2 – Aquífero cársico, 3 – Aquífero poroso.	20
Figura 5 – Modelo de escoamento de água subterrânea na área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou.	21
Figura 6 – Delimitação aproximada das áreas de defesa e proteção das linhas de água na área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou.	24
Figura 7 – Enquadramento tectónico da microplaca Ibérica.	26
Figura 8 – Distribuição da sismicidade no território nacional e zonas adjacentes (Fonte: Instituto geofísico do Infante D. Luís, 2001).	27
Figura 9 – Carta de perigosidade sísmica da Península Ibérica (adaptada do Mapa da Europa e do Mediterrâneo, <i>Jimenez et. al., 2003</i>).	28
Figura 10 – Extrato da Carta Neotectónica de Portugal na escala 1/ 1 000 000 (Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Cabral & Ribeiro, 1988), com implantação dos epicentros registados.	29
Figura 11 – Localização da área em análise (Vale do Grou, Peniche) no zonamento sísmico de Portugal Continental, considerando o Regulamento de Segurança de Ação Sísmica de Edifícios e Pontes (RSASEP, 1983).	31
Figura 12 – Zonamento sísmico em Portugal Continental para cenários de sismos distantes (esquerda) e sismos próximos (Anexo Nacional - AN, 2010).	32

1. Introdução

Por solicitação da Câmara Municipal de Peniche, formalizada com a Nota de Encomenda n.º 333, de 3 de Fevereiro de 2017, procedeu a GEOÁREA - Consultores de Geotecnia e Ambiente à elaboração dos estudos geológicos, hidrogeológicos e de perigosidade sísmica na área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou.

O Plano de Urbanização de Vale do Grou ocupa uma área de intervenção aproximadamente de 80 hectares, localizada imediatamente a oeste da via rápida IP-6 e junto ao nó que dá acesso à cidade de Peniche. A sua fronteira ocidental é limitada, em traços gerais, pelo alinhamento Horta-Pronta e Casal Fonte e no extremo sudeste a área de intervenção contém ainda o Vértice Geodésico de Vale do Grou (39,23m). Salienta-se ainda que a área do Plano de Urbanização encontra-se no PDM de Peniche como espaços industriais existentes e propostos (Fig. 1).

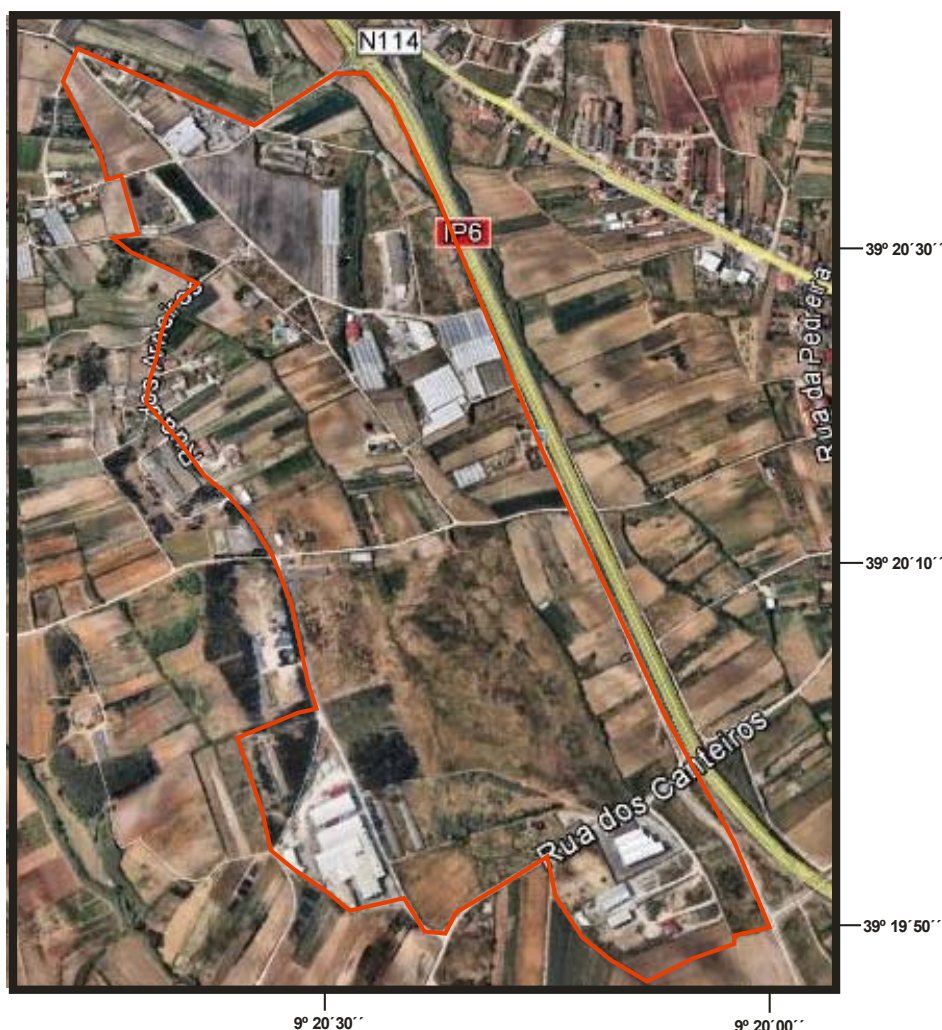


Figura 1 – Localização geográfica da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou.

A metodologia utilizada para a realização do presente estudo consistiu, primeiro, na compilação de diversos elementos já publicados, nomeadamente mapas geológicos e fotografias aéreas a várias escalas, para além da consulta a estudos geológicos, hidrogeológicos e de sismicidade de natureza regional.

Posteriormente efetuaram-se levantamentos geológicos no terreno e elaborou-se um mapa geológico na escala 1/5000, com a caracterização das unidades geológicas cartografadas.

As análises de todos os elementos obtidos permitiram avaliar as condições hidrogeológicas e a perigosidade sísmica da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou.

2. Enquadramento Regional

2.1 Geomorfologia

A geomorfologia da área de intervenção é caracterizada por ser relativamente suave e plana, onde sobressai o desenvolvimento de uma rede de drenagem bem marcada, porém pouco profunda, direcionada para o quadrante noroeste. Na generalidade, os terrenos da área de intervenção apresentam cotas mais altas a sudeste, atingindo o ponto mais alto no Vértice Geodésico de Vale do Grou, diminuindo de seguida de forma progressiva para noroeste. De facto, na fronteira noroeste da área do plano de urbanização, prevalecem cotas inferiores 10m, o que permite afirmar que os terrenos apresentam, no geral, um declive inferior a 5% para noroeste.

2.2 Geologia

Do ponto de vista geológico, a área de Vale do Grou (Peniche) está enquadrada na unidade geotectónica designada de Orla Meso-Cenozoica Ocidental de Portugal, mais particularmente na Bacia Lusitânica.

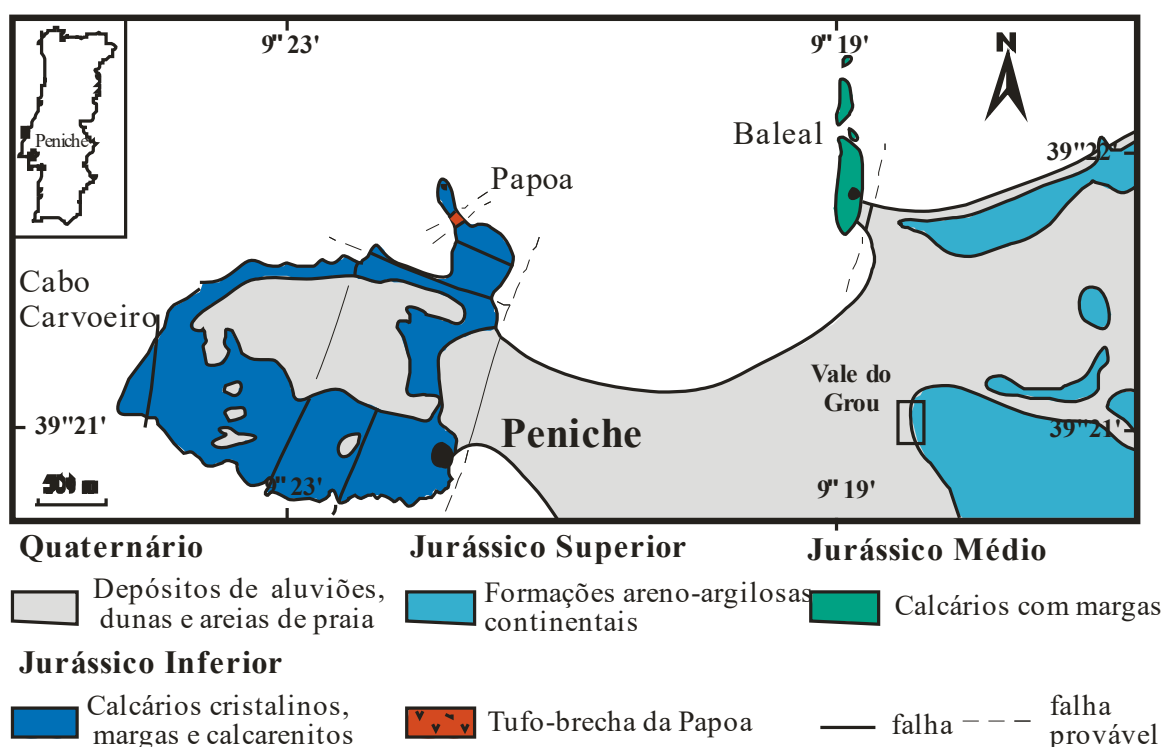


Figura 2 – Esboço geológico da região de Peniche com a localização da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou.

Esta bacia é constituída, na generalidade, por sucessões de unidades sedimentares de natureza detrítica e química com idade Mesozoica, sobre qual foram depositadas discordantemente formações mais recentes do Quaternário.

O contexto geológico da evolução da Bacia Lusitânica está relacionado com o ambiente geodinâmico de abertura do oceano Atlântico. De facto, os materiais rochosos que preenchem esta bacia foram gerados em regime de estiramento crustal, desde os tempos triásicos, onde ocorreram processos de *rifting* sem geração de crosta oceânica. Mais tarde, a evolução da bacia foi condicionada pela verdadeira abertura do oceano Atlântico Norte com o afastamento da Euroásia do continente Norte-Americano a partir do Jurássico Superior e reajustes na velocidade do fecho do oceano Tétis, como consequência do movimento relativo entre a Euroásia África.

A Bacia Lusitânica engloba diferentes domínios tectono-sedimentares (Kullberg, 2000): Sector Norte, localizado a N da falha da Nazaré; Sector Central, posicionado entre as falhas da Nazaré e de Arrife – Vale inferior do Tejo e Sector Sul, situado a S da falha do Arrife. A área do Plano de Urbanização de Vale do Grou situa-se no bordo NW da estrutura diapirítica em anticlinal de Caldas da Rainha e integra o Sector Central da Bacia Lusitânica.

Aflora na margem NW do anticlinal mencionado, uma sucessão sedimentar que é caracterizada por unidades litoestratigráficas, cuja idade varia do jurássico ao Quaternário. As unidades mais antigas localizam-se no centro da estrutura e à medida que nos deslocamos para NW, as formações são progressivamente mais recentes. Porém, ocorre uma estruturação em blocos de orientação N-S na região de Peniche-Baleal, que está organizada em blocos abatidos preenchidos por materiais detríticos quaternários e blocos soerguidos compostos por calcários, margas e calco-arenitos, nomeadamente no Baleal e em Peniche-Cabo Carvoeiro com idade jurássica.

Para além dos depósitos recentes das praias, dunas e aluviões atuais e de antigas praias e terraços com expressão cartográfica significativa, sobressaem em toda a sucessão sedimentar de idade jurássica, representada na Carta Geológica de Peniche, 26-A, na escala 1/50 000 (Zbyzewski et al., 1960), as unidades estratificadas compostas por bancadas de calcários, margas, arenitos, argilas, entre outras litótipos.

A sua organização sequencial vertical é marcada por ciclos sedimentares transgressivos e regressivos de enorme amplitude, sendo a passagem do Jurássico Médio a Superior, caracterizada por uma descontinuidade de âmbito bacinal, com superfícies de erosão e lacunas estratigráficas. Esta passagem é ainda registada por uma variedade de fácies sedimentares continentais, salobras e marinhas.

3. Caracterização geológica da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou

3.1 Geomorfologia

A área que é ocupada pelo Plano de Urbanização de Vale do Grou constitui uma zona relativamente aplanada; contudo, pende na generalidade para norte, de facto, de sul para norte há uma diferença, no geral, de cerca 20m de altitude. Como consequência, a rede de drenagem implantada na área está organizada para nordeste de modo a se conectar com a ribeira da Lagoa de direção ENE-WSW, que desagua na praia do Molhe Leste.

Do ponto de vista orográfico, a área apresenta maiores altitudes no seu sector sudeste, atingindo a máxima altitude no local onde está implantado o Vértice Geodésico de Vale do Grou à cota de 39,23m, junto ao limite sul do plano de urbanização. No seu extremo oposto, as altitudes são muito mais baixas da ordem das dezenas de metros, atingindo o mínimo na ponta noroeste com a cota de 7,4m.

A área em análise é atravessada por uma rede de drenagem alinhada, no geral, com a direção NNW-SSE, ainda que pouco profunda. A linha de água mais relevante, retilínea e de leito reduzido, atravessa toda a área do plano de urbanização na sua parte setentrional e entronca noutra linha de água mais profunda, que provém da zona de Atouguia da Baleia e cruza o sector nordeste da área em análise junto ao seu limite, numa extensão de cerca de uma centena de metros.

A outra linha de água que ocorre na área está localizada na sua parte meridional e desenvolve-se subparalelamente à linha de água descrita no parágrafo anterior. Nasce no sector meridional da área entre interflúvios localizados na zona com altitudes mais altas e atravessa a área numa extensão de cerca de 250m, saindo da área na sua fronteira ocidental com mudança do seu traçado para a direção NW-SE.

Entre as duas linhas de água mais extensas desenvolveu-se um interflúvio com topos arredondados e vertentes suaves, não muito extensas e pouco inclinadas, cuja evolução é atenuada para o sector nor-noroeste. Este interflúvio é bastante atenuado no sector nordeste com o desenvolvimento de uma zona plana relativamente extensa.

A margem direita da linha de água mais extensa é composta por uma vertente, que é limitada pela via rápida IP-6, que constitui a fronteira oriental da área do plano de Urbanização de Vale do Grou. Esta vertente é caracterizada por pendores progressivamente mais suaves para NW e largura variável de 50m, no extremo sudeste da área em análise até cerca de 150m na zona oposta mais longínqua.

A margem esquerda da linha de água localizada junto ao limite ocidental do plano de urbanização em análise é composta por uma vertente relativamente suave, no geral agricultada, com largura de cerca 200m.

3.2 Geologia

O reconhecimento do terreno e os levantamentos geológicos realizados permitiram representar cartograficamente duas unidades geológicas, que foram identificadas, da base para o topo, como Formação da Abadia, de idade Jurássica (Mesozoico), e Depósitos de Cascalheiras do Plistocénico (Quaternário).

A Formação da Abadia (Foto 1, 2 e 3) constitui o substrato sobre a qual assentam em discordância erosiva os Depósitos de Cascalheiras. Esta descontinuidade é angular, dado que as litologias estratificadas da unidade da Abadia estão inclinadas relativamente às camadas tabulares e subhorizontais que constituem os depósitos mais recentes.

A formação jurássica mencionada no parágrafo anterior é constituída por uma sucessão sedimentar estratificada e fossilífera, composta por alternâncias de camadas de argilas, normalmente vermelhas (Foto 3), e arenitos intercalados de margas micáceas, amarelo-esverdeados, por vezes silicificados (Foto 1 e 2), e ocasionalmente de bancadas finas de calcoarenitos. Esta unidade passa gradualmente à Formação da Lourinhã, composta por uma sequência espessa de arenitos, localmente conglomeráticos, intercalados de finos estratos argilosos. A espessura estimada para a Formação da Abadia na região é inferior a 150m.

As litologias que fazem parte da Formação da Abadia têm sido interpretadas como o resultado da deposição de sedimentos em ambientes de transição, marinha a continental. Mais detalhadamente, pode-se inferir a partir das estruturas sedimentares e do conteúdo fossilífero que ambiente de deposição varia de lacustre, muitas vezes com contaminação marinha, a fluvial.

A unidade geológica “Depósitos de Cascalheira” foi reconhecida e cartografada na parte sudeste da área do plano de urbanização ao nível 35-25m (Foto 5 e 6), constituindo dois corpos sedimentares tabulares e alongados na direção NNW-SSE: um, localiza-se entre as duas linhas de água mais importantes da área e, outro, mais extenso, situa-se junto à fronteira ocidental da área do plano de urbanização.

Este depósito é constituído por acumulações de clastos soltos de diversas naturezas mais ou menos rolados e bem calibrados, no geral de dimensão superior a 2mm e cor branca (Foto 6). A composição maioritária dos clastos é quartzica; porém, foram também reconhecidos ainda que subsidiariamente, quartzitos, sílex, calcários, entre outros elementos mineralógicos. Estes depósitos conglomeráticos são considerados sedimentos clastos suportados, dado que se sustentam uns aos outros, uma vez que a matriz é muito reduzida (< 15%); de facto, a matriz é

composta por areia fina com alguma matéria orgânica associada. A sua espessura foi estimada em cerca de 3m.

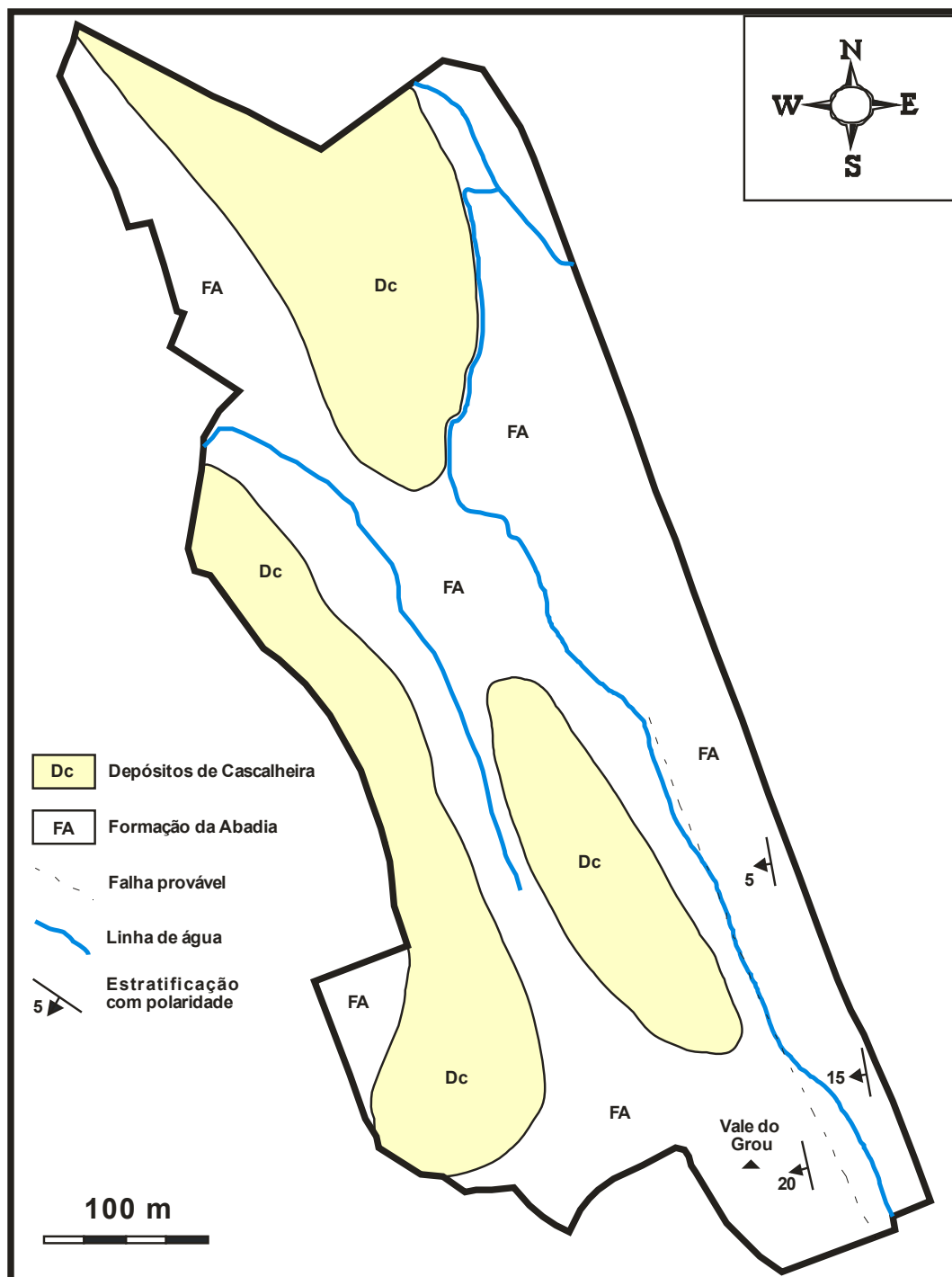


Figura 3 – Esboço da Carta geológica da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou na escala 1/ 5 000

Um outro afloramento de “Depósito de Cascalheira” foi reconhecido e cartografado ao nível dos 15-10m (Foto 7 e 8); esta unidade conglomerática constitui um afloramento com expressão

cartográfica que está localizado junto ao limite NW da área do plano de urbanização em análise. Apresenta constituição similar ao depósito já descrito no parágrafo anterior, variando apenas na percentagem de matriz e sua coloração. De facto, neste depósito a matriz é composta por areia muito fina, enriquecida fortemente em matéria orgânica, daí a sua cor escura (Foto 8). A sua espessura espectável foi estimada como sendo inferior a 10m.

Ambos os Depósitos de Cascalheira apresentam particularidades que indicam poderem ser interpretados como o resultado de acumulações de materiais rochosos que são o registo sedimentar de antigas praias. De facto, as suas características líticas e organização interna, sugerem que foram depositados sobre uma faixa aplanada com pendente ligeiro para NW, que corresponderia uma antiga plataforma marinha.

3.3 Estrutura geológica

A estrutura geológica da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou é relativamente simples. Sobre a formação mais antiga dobrada, encontram-se depósitos sub-horizontais com forma tabular.

A unidade mais antiga está organizada numa sucessão de estratos, dos mais recentes para os mais antigos, que foram dobrados em anticlinal; esta estrutura tem sido designada de Anticlinal da Atouguia da Baleia (Camarate França et al., 1960). Na área de intervenção foi reconhecido o flanco ocidental do anticlinal já mencionado, caracterizado por camadas com a direção N25°W a N-S e inclinação para oeste variável entre 25° e 5°. No flanco oposto desta estrutura, os estratos inclinam para este, no geral, com valores aproximados aos anteriores e direções similares junto à povoação da Atouguia da Baleia. Em suma, a estrutura em anticlinal é composta por flancos suaves e simétricos.

Sobre o flanco ocidental do anticlinal encontram-se depósitos de cascalheiras de praia próximas da horizontalidade, levemente inclinados para noroeste (cerca de 2° a 5°). Esta organização sugere que a Formação da Abadia teria sido uma plataforma de abrasão marinha aquando da deposição das cascalheiras.

Durante a realização dos levantamentos geológicos no terreno não foram reconhecidos acidentes frágeis. Porém, a linearidade da linha de água mais extensa junto à via rápida IP-6 e a forte inclinação dos estratos da Formação da Abadia na sua proximidade sugere que o seu traçado possa ser consequência da ocorrência de uma falha geológica.

3.4 Comportamento das formações geológicas reconhecidas e cartografadas quanto à escavabilidade

Entende-se por escavabilidade de um terreno como a sua capacidade de resistência à ação proporcionada por equipamentos de escavação, tanto os mecânicos (ligeiros e pesados) como os explosivos, quando se pretende construir infraestruturas no subsolo.

As condições de escavação dos maciços rochosos dependem, essencialmente, da capacidade de resistência das rochas e da disposição estrutural e das características de fracturação existentes na área. Contribuem ainda para a avaliação da escavabilidade dos terrenos a constituição das rochas e o seu grau de alteração.

A área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou é caracterizada por solos, no geral pouco espessos, em particular, os que se desenvolvem sobre a Formação da Abadia e os Depósitos de Cascalheira no nível dos 35-25m. De facto, os solos que se encontram sobre a Depósitos de Cascalheiras dos 15-10m são, na generalidade, mais profundos e estão localizados na zona mais plana da área de intervenção, junto ao seu extremo noroeste. Por outro lado, a presença de solos, bem como a sua espessura, é mais significativa junto às linhas de água e nas zonas planas com cotas mais baixas.

A escavabilidade dos solos é relativamente fácil através de meios mecânicos ligeiros, pois os constituintes dos solos encontram-se soltos, podendo existir problemas apenas quando se encontram saturados de água, em particular, os que apresentam uma composição argilosa significativa.

No que respeita às formações geológicas reconhecidas e cartografadas na área de intervenção (Formação da Abadia e Depósitos de Cascalheira), o seu comportamento quanto à escavabilidade é bem distinto.

As litologias rochosas da Formação da Abadia, pelo facto de estarem fortemente compactadas e litificadas, para além de estruturadas em estratos, são removíveis através de meios mecânicos pesados (pás mecânicas e *rippers*) e só muito esporadicamente poderá ser necessário utilizar martelos demolidores de elevada energia. Tal poderá ocorrer quando afloram zonas com materiais resistentes, não ripáveis, que pelas suas características de heterogeneidade e/ou reduzido volume não justificam o recurso a explosivos. Encontram-se nesta situação os conjuntos de bancadas areníticas de espessura métrica com matriz silicificada que não estejam alteradas, que poderão ocorrer nas zonas com maior altitude onde está cartografada a Formação da Abadia.

Outro aspeto importante na escavabilidade de terrenos que integram a Formação da Abadia relaciona-se com as sucessões de estratos, essencialmente argilosos; nestas condições, a sua escavação deve ter em atenção o conteúdo em água, pois as argilas têm comportamento plástico.

Nesta tipologia de terrenos, a escavabilidade deve ser evitada durante os períodos de intensa precipitação.

As litologias que constituem os Depósitos de Cascalheira apresentam algumas diferenças que se traduzem em comportamentos distintos perante a sua escavação. Assim, os Depósitos de Cascalheira depositados no nível 35-25m, pela sua composição clástica abundante (grandes quantidades de elementos quártzicos) no seio de uma percentagem de matriz arenosa, muita baixa, e espessura, que pode eventualmente atingir 3m, é facilmente removível por meios mecânicos, nomeadamente equipamentos de escavação que permitem remover os terrenos sem recurso a explosivos. Inclui-se nesta designação genérica a utilização de pás mecânicas, incluindo giratórias, e eventualmente o uso de *rippers* com a finalidade de soltar o terreno, facilitando o trabalho dos outros meios mecânicos de escavação mais leves.

Os Depósitos de Cascalheira que afloram no nível 15-10m, com já foi descrito, constitui um afloramento caracterizado por menos quantidade de clastos, maior quantidade de matriz areno-siltosa e maior espessura que as cascalheiras do nível 35-25m. Estas condições permitem afirmar que a sua remoção pode ser realizada facilmente através de meios mecânicos ligeiros (pás mecânicas), pois a consistência e coesão dos seus elementos constituintes é muito baixa. A dificuldade maior prende-se com o nível freático, pois aquando da escavação pode-se atingir a zona de saturação de água, havendo então maiores dificuldades para a realização da escavação.

Em síntese, pode-se afirmar que a Formação da Abadia é a unidade geológica cartografada que necessita e requer meios mecânicos mais robustos para a sua remoção, em particular os estratos de arenitos litificados e silicificados.

A realização de escavações nos Depósitos de Cascalheiras é relativamente fácil por simples maquinaria pelo facto de os seus constituintes se encontrarem soltos e pouco coesos, porém poderá haver o problema de se atingir o nível freático. Nestas condições, haverá que, primeiro, esgotar o conteúdo em água através de processos de bombagem, para que se posteriormente retomar as escavações.

4. Caracterização hidrogeológica da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou

À escala regional, pode-se afirmar que a zona não é tendencialmente deficitária em recursos hídricos, ou seja, em água. De facto, as estações caracterizadas pela ocorrência de maior pluviosidade compensam as de menor precipitação; de facto, as chuvas que sucedem durante os tempos de inverno e primavera compensam os períodos secos de verão e outono.

Por outro lado, as unidades geológicas reconhecidas na área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou em análise não são, no geral, caracterizadas por grande capacidade de armazenamento de água, consequência da sua organização interna em multicamada, composição e espessura.

4.1 Modelo de escoamento de águas superficiais

Considerando as litologias típicas das unidades geológicas reconhecidas e cartografadas e as suas espessuras, bem como a sua disposição estrutural em conjunto com as características topográficas da área de intervenção em análise, já descritas detalhadamente nos capítulos antecedentes, é de prever a ocorrência de elevada escorrência superficial sempre que ocorram picos de precipitação com alguma intensidade.

Apesar das formações geológicas já focadas apresentarem comportamentos diferenciados, no detalhe, particularmente em função das suas características litológicas e de espessura, mas as unidades (Formação da Abadia e Depósitos de Cascalheiras) não têm capacidade para reter elevada quantidade de água no seu interior, donde a ocorrência de escorrência superficial significativa sempre que chove com alguma abundância.

Por outro lado, os solos que se desenvolveram sobre a Formação da Anadia são, no geral de fraca espessura, e quando ocorre precipitação saturam muito facilmente e rapidamente. Contribui essencialmente para esta saturação, a constituição estratificada e argilosa da Formação da Anadia que vai impedir ou diminuir significativamente, a infiltração da água da chuva no subsolo. Nestas circunstâncias, a água concentra-se na interface entre solo e substrato rochoso ou sobre os afloramentos rochosos e movimenta-se segundo sulcos fissurais muito estreitos, anastomosados, que se reúnem progressivamente em veios de água cada vez mais espessos, até se desenvolverem pequenos canais cada vez mais profundos. Estes canais acabam por permitir a chegada de água à rede de drenagem principal.

Por outro lado, a capacidade de infiltração da água no subsolo rochoso da Formação da Anadia é relativamente baixa, devido quer ao curto espaço de tempo que a água se encontra no solo, pois o movimento de escoamento horizontal é mais fácil que o deslocamento vertical, quer em

consequência da sua organização estratificada e composição argilosa; de facto, as argilas não se deixam atravessar pela água. Nestas circunstâncias, quando chove as águas tendem rapidamente a saturar o solo e a acumular-se na sua superfície, constituindo poças ou pequenos charcos de água.

Sobre a unidade “Depósitos de Cascalheiras” desenvolveram-se solos de espessura pouco significativa, constituídos na generalidade por materiais arenosos com clastos rochosos e matéria orgânica, porém um pouco mais profundos e com maior capacidade de circulação de água quando comparados com os que se encontram sobre a Formação da Abadia. De facto, a sua diminuta capacidade de retenção de água, apesar de elevada porosidade, devido à sua fraca espessura obriga, sempre que ocorre precipitação significativa, à movimentação lateral de água para a rede de drenagem existente.

O facto de a superfície topográfica da área de intervenção constituir, na generalidade, uma plataforma inclinada para noroeste, marcada por pendores médios relativamente baixos, que podem muito localmente atingir 4-5%, indica que o escoamento da água das chuvas, ainda que intermitente, ocorre com alguma velocidade. Nestas circunstâncias, o escoamento da água provoca erosão na superfície dos terrenos, aumentando a capacidade de transporte de partículas finas de solo (silte e argila) na direção da rede de drenagem que está organizada no sentido noroeste.

Aquando dos levantamentos geológicos observaram-se, localmente, estruturas erosivas, nomeadamente sulcos e pequenos canais com geometria irregular na superfície dos terrenos, alguns deles interligados no sentido descendente, que resultaram da ação do escoamento das águas da chuva. Estas estruturas são mais frequentes nas vertentes das linhas de água mais inclinadas.

4.2 Modelo de escoamento de água subterrânea

Como foi dito nos capítulos antecedentes, uma parte da água, que escoar à superfície através da rede de drenagem e no solo, infiltra-se e penetra no subsolo, podendo atingir as zonas saturadas de uma determinada formação geológica; de facto, este processo constitui aquilo a que se designa como recarga aquífera. Estas formações, consideradas aquíferas, apresentam circulação subterrânea e a água que contém acaba por ser descarregada, em grande parte nos locais que intersectam a superfície terrestre, sob a forma de nascentes, ou então vão diretamente para as massas de água superficiais, nomeadamente rios, lagos e mares.

Para que haja um aquífero é necessário que as formações geológicas contenham “espaços” ou “vazios” no seu interior (poros, fissuras e cavidades), que sejam acessíveis à percolação da água e, subsequentemente, permitam o seu armazenamento. Nestas condições, podem então ser

exploradas com vista à satisfação das diferentes necessidades do Homem em condições economicamente vantajosas.

Na figura 4 está ilustrado três tipos de formações litológicas (geológicas), onde os espaços vazios podem ocorrer, sendo possível definir outros tantos tipos de aquíferos:

- **Aquífero Fissurado** – em que a formação litológica é constituída por rochas duras cujas fraturas/fissuras permitem a circulação de água, conferindo-lhe “permeabilidade fissural” (por exemplo, quartzitos, granitos, xistos não alterados, entre outras);
- **Aquífero Cársico** – em que a formação geológica é geralmente constituída por rochas carbonatadas com cavidades, por vezes de grandes dimensões, resultantes da dissolução dos materiais que a constituem (por exemplo, calcários) e que lhe permitem um rápido escoamento subterrâneo;
- **Aquífero Poroso** – em que a formação geológica contém poros ou interstícios resultantes do arranjo dos materiais que a constituem deixando espaços vazios (por exemplo, areias e cascalheiras) e que lhe conferem “permeabilidade intersticial”.

O modelo de circulação das águas subterrâneas da área de intervenção em análise depende, essencialmente, da natureza das litologias presentes e da sua capacidade de armazenar água, bem como da estrutura geológica do local, nomeadamente da disposição e forma geométrica das camadas litológicas.

As unidades geológicas identificadas e representadas cartograficamente na figura 3 correspondem à Formação da Abadia e aos Depósitos de Cascalheiras; as duas formações apresentam comportamentos hidrogeológicos bem distintos pelo facto de possuírem características diferenciadas entre si.

A sucessão litológica que constitui a Formação da Abadia encontra-se estratificada, significando que é composta por camadas que se sobrepõem umas sobre as outras. As litologias desta unidade podem agrupar-se, na generalidade, em conjuntos de estratos rochosos de composição argilosa e arenítica e subsidiariamente calco-arenitos com espessuras variáveis ao longo da coluna litoestratigráfica da área de intervenção.

Tendo em conta, a natureza e a disposição dos estratos é de esperar que se desenvolvam aquíferos estratificados na Formação da Abadia, porém nas camadas de argilitos dificilmente poderá haver retenção de água, uma vez que são rochas pouco porosas e com comportamento plástico na presença de água, a não ser que tenham no seu seio alguma contribuição arenosa, o que parece não ser o caso. Por outro lado, o conjunto de camadas areníticas intercaladas entre os argilitos são porosas e têm condições para reter água cuja quantidade depende do número de vazios presente (Fig. 4 - 3).

O outro grupo de camadas reconhecido corresponde calco-arenitos litificados que se encontram normalmente fissurados (Fig. 4 - 1) e apresentam condições para se originarem cavidades no seu interior que possam reter água (Fig. 4 - 2); aqui, o armazenamento de água é função do número de cavidades e da sua dimensão que depende da frequência e espessura das camadas de calcários arenosos.

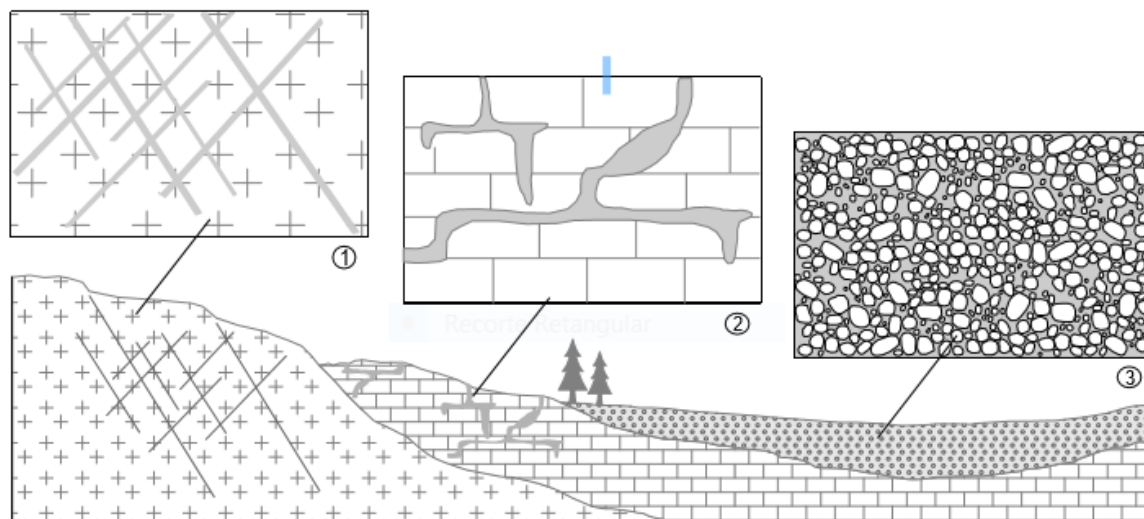


Figura 4 – Classificação dos aquíferos quanto ao tipo de permeabilidade. 1- Aquífero fissurado, 2 – Aquífero cárstico, 3 – Aquífero poroso.

Para que se desenvolvam aquíferos estratificados ao longo da coluna litológica representativa da Formação da Abadia na área de intervenção é ainda necessário compreender donde provém a água, ou seja, quais são as áreas de recarga ou de alimentação dos próprios aquíferos. Como as camadas geológicas estão inclinadas para oeste, ainda que ligeiramente (5° a 25°), é de esperar que grande parte da área de alimentação do aquífero seja ao longo do flanco ocidental e charneira do Anticlinal da Atouguia da Baleia (Fig. 5).

Os aquíferos podem ainda ser alimentados por falhas geológicas, algumas das quais caracterizadas por traçados muito extensos, desde que não estejam colmatadas por materiais de natureza argilosa. Contudo, na área de intervenção não foram identificadas falhas, apenas se supõe a existência de uma falha com traçado NNW-SSE ao longo da linha de água de maior extensão.

Considerando as características litológicas da Formação da Abadia, a sua disposição e o grau fracturação é de esperar que possam existir aquíferos profundos, porém com baixa produtividade, uma vez que as unidades litológicas apresentam fraca porosidade e permeabilidade.

A unidade “Depósitos de Cascalheira” é caracterizada por abundância de clastos de diferentes naturezas que se suportam entre si numa matriz arenosa, dispostos de forma tabular quase na

horizontal. Esta organização interna sugere uma elevada presença de espaços vazios, abertos, no seu interior que podem estar repletos de água quando ocorre precipitação. A espessura dos “Depósitos de Cascalheira” foi estimada em alguns metros, não sendo espectável que seja superior a 3m ao nível 35-25m e a 10m ao nível dos 15-10m.

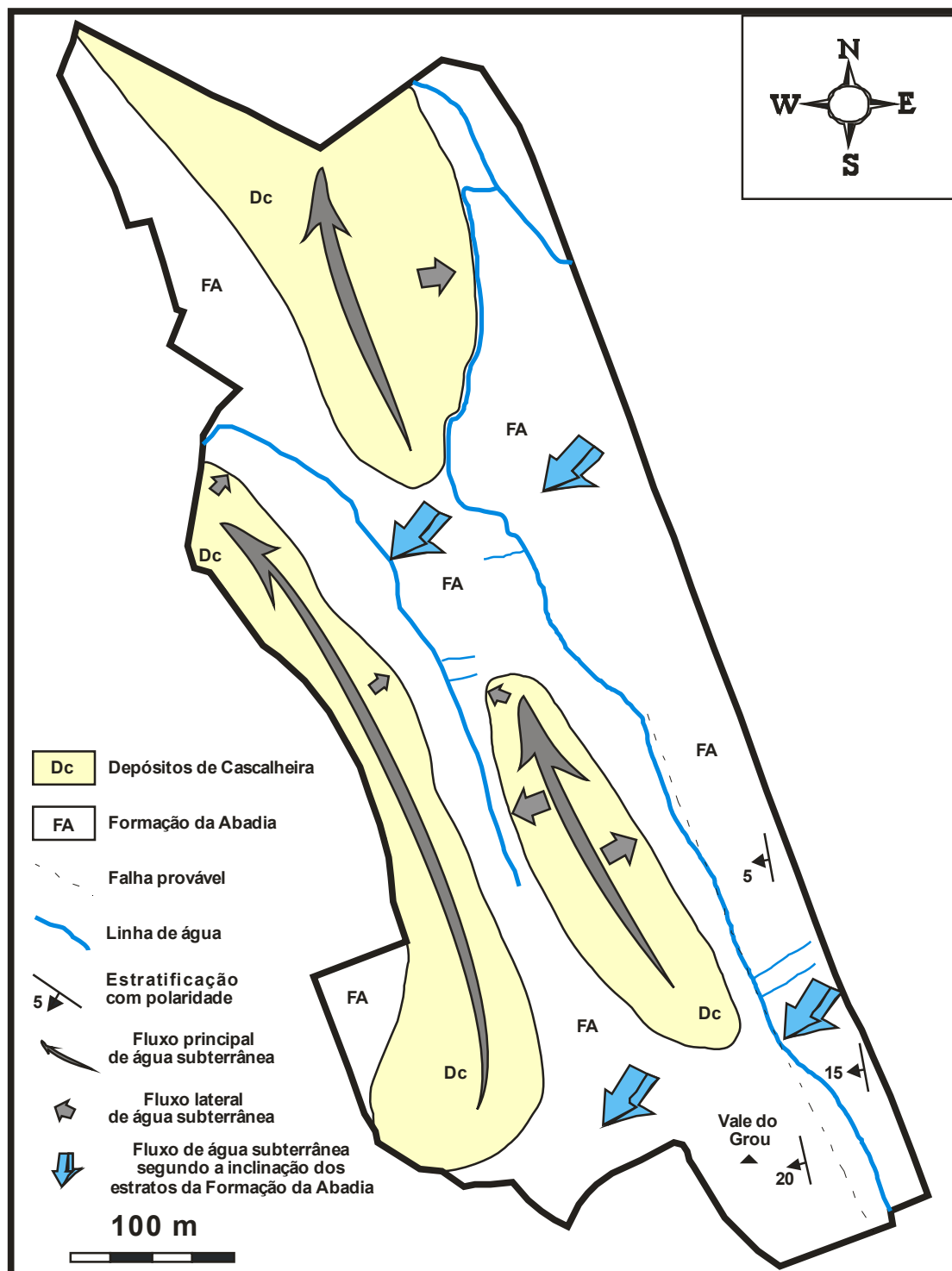


Figura 5 – Modelo de escoamento de água subterrânea na área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou.

As características descritas no parágrafo anterior indicam que esta formação apresenta condições para gerar aquíferos de alta produtividade, pois os “Depósitos de Cascalheira” são altamente porosos e permeáveis. Para além disso, ocorrem sobre as camadas da Formação da Abadia que contrastam com a formação anterior pela sua muito baixa permeabilidade, consequência do seu elevado conteúdo argiloso.

Aquando da realização dos levantamentos geológicos reconheceram-se numerosas nascentes, em particular associados aos afloramentos localizados no nível dos 25-35m, que brotavam água nas zonas de contacto entre estes depósitos e a Formação de Abadia intersectavam a superfície. Estas fontes de água constituem a evidência de que este aquífero contém água.

Nestas circunstâncias, o aquífero superficial associado aos “Depósitos de Cascalheira”, também é designado de aquífero livre. A sua produtividade poderá ser alta desde que a sua espessura vertical e expressão cartográfica lateral ocupe uma área significativa (Fig. 5); porém, os depósitos cartografados na área de intervenção não têm dimensão para gerar aquíferos de alta produtividade, apesar de reterem água.

Sintetizando o referido nos parágrafos anteriores, pode-se afirmar que o fluxo de água subterrânea, nos aquíferos interestratificados associados com a Formação da Abadia, apresenta movimentação próxima da inclinação dos seus estratos. Em oposição, nos aquíferos relacionados com os “Depósitos de Cascalheira” a água flui, na generalidade, de sudeste para noroeste, podendo ocorrer, localmente, perdas de água laterais para a rede de drenagem presente na área de intervenção (Fig. 5).

4.3 Implicações dos modelos hidrogeológicos

Como foi expresso nos capítulos antecedentes, o escoamento da água superficial, cujos caudais aumentam sempre que haja precipitação, efetua-se ao longo de linhas de água com orientação geral SE-NW e sentido para NW, consequência da progressiva diminuição de altitude na área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou. Salienta-se ainda que a escorrência superficial é mais significativa sobre a Formação da Abadia, onde as gotas de água têm maior dificuldade em se infiltrar nas suas litologias, do que na unidade “Depósitos de Cascalheiras”, pelo facto destes últimos litótipos apresentarem número elevado de espaços vazios.

Enquanto no interior das cascalheiras as gotas de água penetram de forma quase imediata através dos espaços vazios, a velocidade de infiltração na Formação da Abadia é bastante menor, consequência da sua baixa porosidade e permeabilidade. Assim, os “Depósitos de Cascalheiras” apresentam elevada capacidade para reterem água, em particular junto à interface com a Formação da Abadia, constituindo um aquífero livre. Nestes depósitos, a água subterrânea movimenta-se através de percolação, no geral, para quadrante Noroeste, ocorrendo ainda perdas laterais de água, ainda que marginais para as linhas de água.

No que respeita ao escoamento de água subterrânea na Formação da Abadia, esta ocorre segundo a atitude das camadas interestratificadas que a compõem, ou seja, cada vez para maior profundidade no interior do maciço rochoso. Na Formação da Abadia, a retenção de água é tanto maior quanto maior for a porosidade e a permeabilidade de cada um dos estratos, sendo que os estratos mais arenosos podem constituir aquíferos confinados com alguma produtividade.

Os modelos propostos para o escoamento de água superficial e subterrânea têm algumas implicações na reorganização do espaço da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou. De facto, a introdução de barreiras ao escoamento natural da água poderá gerar importantes impactos erosivos, por remoção do solo e das formações geológicas, e afetar a alimentação dos aquíferos subterrâneos.

De forma a minimizar os efeitos da impermeabilização dos terrenos, consequência da ocupação de espaços edificáveis e da construção de infraestruturas, sugere-se a implementação das seguintes medidas:

- a) Manter e preservar os leitos e margens de todos os cursos de água ou linhas de água que já existem na área de intervenção do plano de forma a sustentar o equilíbrio na drenagem natural;
- b) Retirar do leito e margens todos os elementos estranhos que constituam obstáculos ao normal fluxo da água, nomeadamente resíduos sólidos ou entulhos, que tenham sido lançados para a linha de água, exemplares mortos de plantas que possam represar águas, obstruir de alguma forma o normal escoamento da água ou entupir as linhas de água;
- c) Elaborar um plano individual de proteção e conservação para cada uma das linhas de água que ocorrem na área de intervenção. Nesta perspetiva, sugere-se (Fig. 6):
 - Para a linha de água mais extensa, que atravessa longitudinalmente a área do plano de intervenção e desagua numa linha de água localizada no extremo norte do referido plano, que se assegure a defesa e proteção do seu leito e das suas margens, numa faixa com largura mínima de 10m para cada lado da linha de água na zona situada mais a montante e que se aumente progressivamente até no mínimo duplicar a largura da faixa a partir dos últimos 300m da sua foz (Fig. 6).
 - Para a linha de água localizada no sector mais ocidental da área de intervenção em análise, que se garanta a defesa e proteção da sua bacia de receção impedindo a ocorrência de impermeabilizações no espaço ocupado pela bacia (Foto 4), bem como do seu leito e margens, numa faixa com largura mínima de 10m para cada lado da linha de água (Fig. 6).

- Para a linha de água localizada no extremo norte da área de intervenção, que a cruza numa extensão de cerca de 300m, que se garanta a defesa e proteção do seu leito e das suas margens, numa faixa com largura mínima de 10m para cada lado da linha de água (Fig. 6).

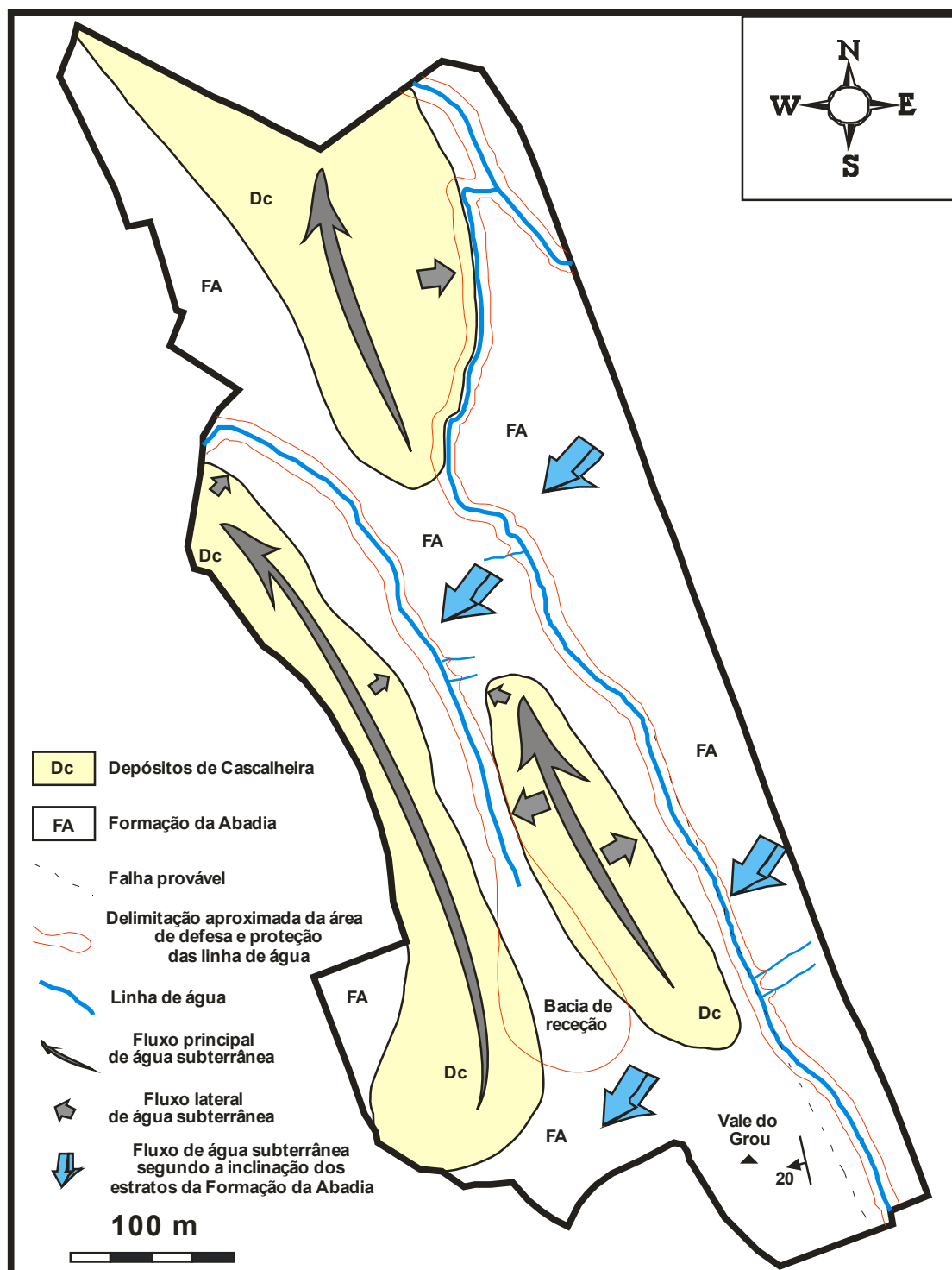


Figura 6 – Delimitação aproximada das áreas de defesa e proteção das linhas de água na área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou.

- d) Para a plataforma aplanada localizada na parte noroeste da área de intervenção do plano de urbanização de Vale do Grou, ocupada pelos “Depósitos de Cascalheira” no nível dos 15-10m considera-se que as áreas espaciais propostas para a construção de edifícios sejam minimizadas; de facto, o nível freático parece ser relativamente superficial nesta formação geológica, atendendo aos dados conhecidos, donde se sugere que a edificação de pisos inferiores (caves e subcaves) seja apenas permitido após a elaboração de estudos geotécnicos locais e que as fundações das futuras construções sejam suportadas por terrenos firmes.
- e) Para as zonas localizadas, uma, entre as duas linhas de água principais e, outra, no bordo ocidental da área de intervenção Plano de Urbanização de Vale do Grou, ocupada pelos “Depósitos de Cascalheira” no nível dos 35-25m, é muito possível que haja acumulação de água nos horizontes inferiores da unidade; nestas condições, para a construção de fundações e de pisos alguns metros abaixo da atual superfície nestes terrenos, poderá ter necessidade de estudos geotécnicos detalhados para a sua concretização.

5. Estudos de Sismicidade

5.1 Tectónica e enquadramento sísmico

No quadro da tectónica de placas, o território de Portugal Continental encontra-se inserido na placa Euroasiática, relativamente próximo da falha Açores - Gibraltar que constitui uma fronteira convergente entre a referida placa e a placa continental Africana (Fig. 7). Neste contexto, o nosso território faz parte da microplaca ibérica, separada da restante área continental europeia pela cadeia pirenaica, que resultou, essencialmente, da atuação da orogenia alpina.

As placas Americana e Euroasiática estão separadas pelo Rift do Médio Atlântico Norte, onde domina, maioritariamente, uma geodinâmica caracterizada por encurtamento da crosta oceânica que é responsável pela divergência das placas já mencionadas, e em grande parte, responsável pela sismicidade da região dos Açores. Aqui a situação é mais complexa, pelo facto de a partir do Rift derivar a falha transformante direita, designada de Açores – Gibraltar, cujo traçado dirige-se em direção ao Estreito de Gibraltar, no extremo sul da Península Ibérica, prosseguindo de seguida pelo Mar Mediterrâneo.

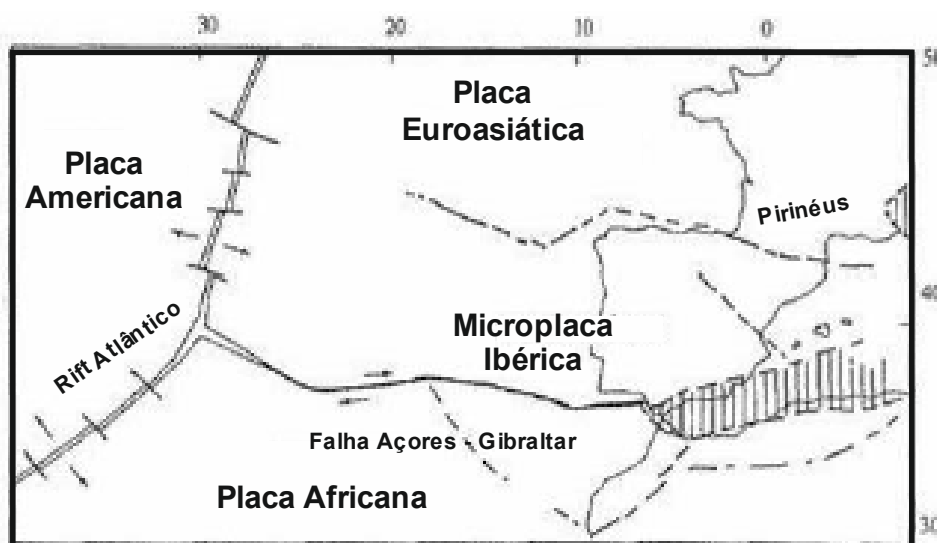


Figura 7 – Enquadramento tectónico da microplaca Ibérica.

Ao localizar-se numa posição de transição entre a fronteira de placas África-Ibérica e as regiões interiores continentais mais estáveis do noroeste da Europa, o nosso território é afetado por duas grandes zonas de atividade sísmica:

- **Sismicidade interplaca**, associada à fronteira das placas Euroasiática e Africana, gerada na Zona de falha Açores - Gibraltar, com registo de sismos de magnitudes elevadas, como por exemplo o de 1755 e 1969;

- **Sismicidade intraplaca**, associada a movimentos ao longo de estruturas de ressonância no interior da placa Euroasiática, resultantes da acumulação de tensões e desenvolvimento de deformações, originando sismos de magnitudes moderadas, como por exemplo o de 1909.

O território continental português tem sido atingido por diversos sismos com média a elevada magnitude e intensidade; de facto, no seu registo histórico estão documentados eventos sísmicos desde há mais de dois milénios. O registo instrumental confirma que a sismicidade em Portugal continental e áreas adjacentes não é nem muito intensa, mas sim algo frequente, e está claramente dependente do seu enquadramento tectónico, como se pode observar claramente na figura 8, onde está expresso a distribuição dos epicentros de sismos.

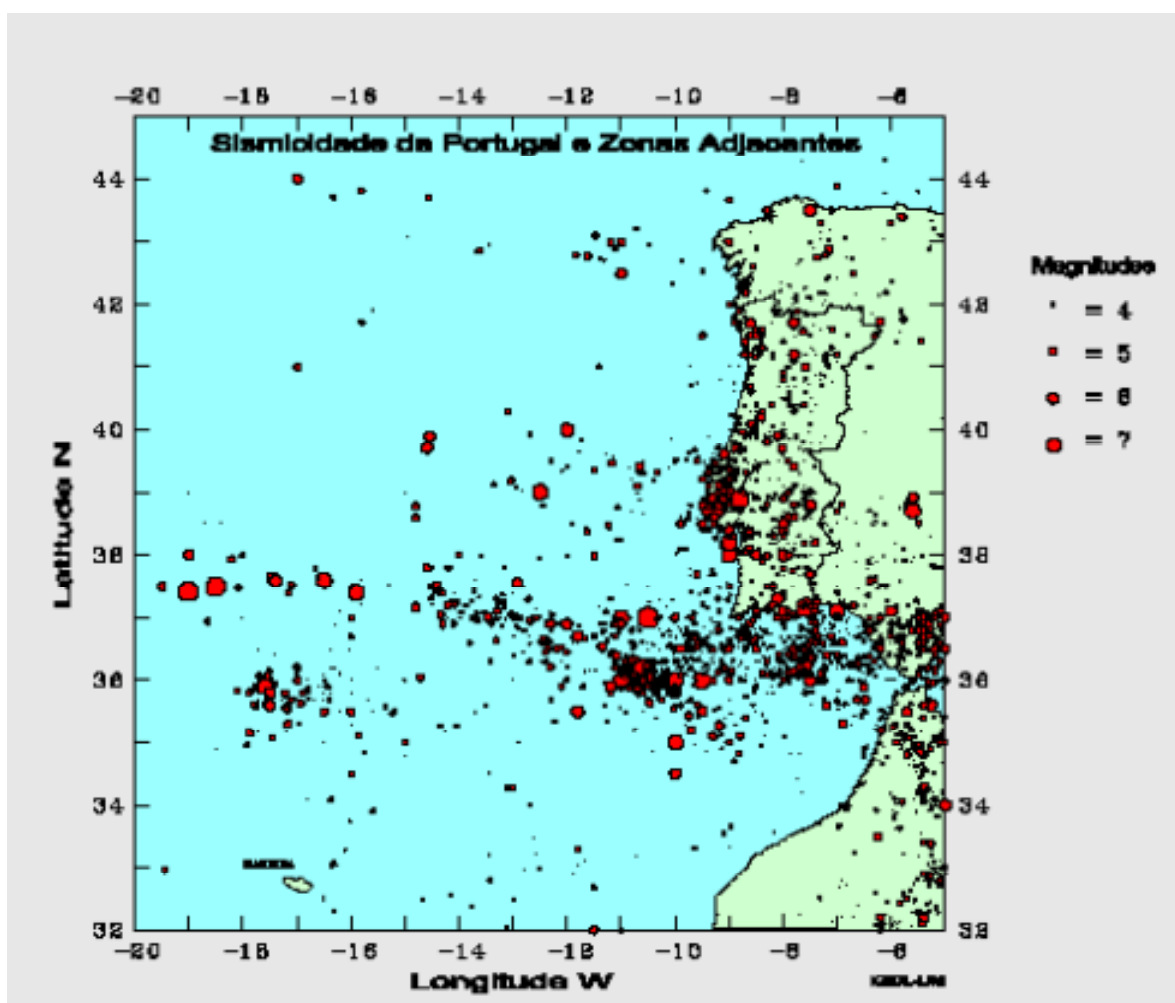


Figura 8 – Distribuição da sismicidade no território nacional e zonas adjacentes (Fonte: Instituto geofísico do Infante D. Luís, 2001).

Não obstante o carácter moderado da sismicidade em Portugal continental, pode afirmar-se que ao longo dos tempos, ainda que com alguma frequência ocorrem abalos sísmicos mais ou menos intensos, em particular no Sul do país e na região de Lisboa. De facto, no interior do país a frequência e a magnitude sísmica são bem menores que no litoral, em particular quando comparados com a região Sul (Algarve).

Atendendo ao enquadramento tectónico expresso e à distribuição das ocorrências de eventos sísmicos, para além de outras variáveis, incluindo o tipo de solos e de subsolos, foi elaborada uma Carta de Perigosidade Sísmica da Europa e Mediterrâneo (Jimenez et. al., 2003). Este mapa foi elaborado tendo em conta a probabilidade de ocorrência em 10% de um evento sísmico durante 50 anos com um período de retorno de 475 anos, sendo que os dados obtidos indicaram que a perigosidade sísmica é moderada na região de Peniche, como se pode observar na adaptação do referido mapa para a Península Ibérica (Fig. 9).

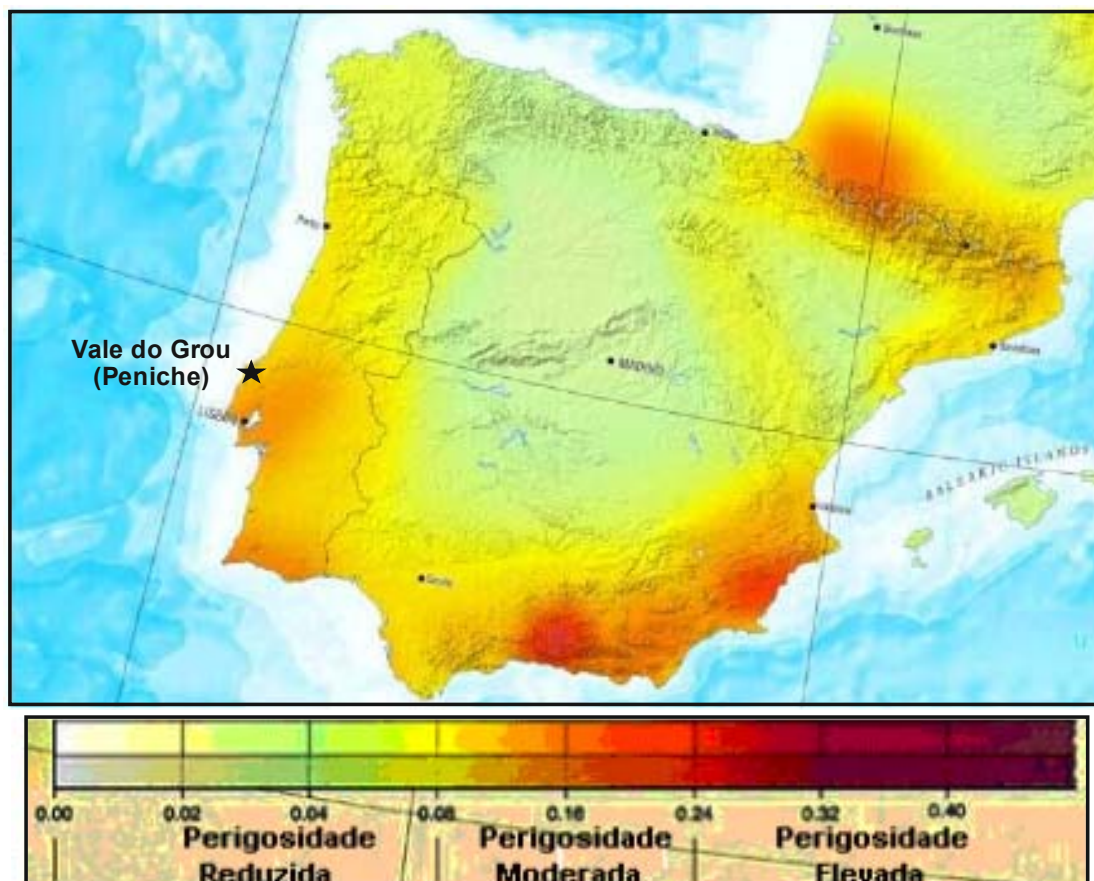


Figura 9 – Carta de perigosidade sísmica da Península Ibérica (adaptada do Mapa da Europa e do Mediterrâneo, Jimenez et. al., 2003).

5.2 Neotectónica e sismicidade

Nas proximidades da região de Peniche ocorrem diversas estruturas geológicas que são consideradas ativas, isto é, que se movimentaram durante o período Quaternário, sendo assim provável que venham a sofrer deslocamentos num futuro relativamente próximo.

Muitas destas estruturas têm atividade sísmica associada, como se pode verificar no mapa da figura 10, onde se pode observar a presença de epicentros de sismos sobre os traçados das estruturas geológicas ou nas suas proximidades na superfície terrestre. Porém, na atividade

instrumental registada não se detetaram sismos com epicentros de magnitude superior a 6, estando a maioria da magnitude situada no intervalo entre 4 e 5; de facto, no extrato da Carta Neotectónica de Portugal Continental pode-se observar a projeção de diversos epicentros, no geral de magnitude inferior a 5, sobre as estruturas geológicas representadas na referida carta (Fig. 10).

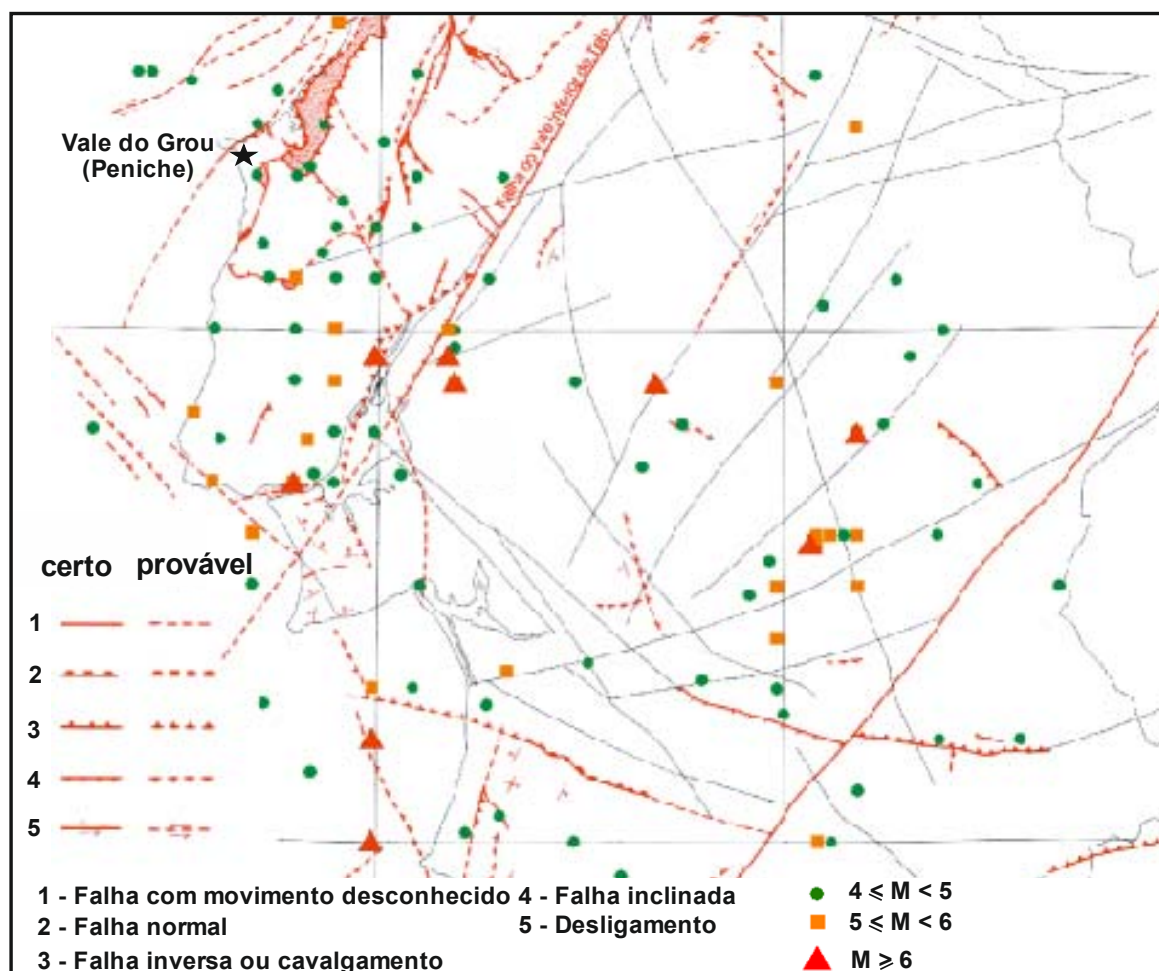


Figura 10 – Extrato da Carta Neotectónica de Portugal na escala 1/ 1 000 000 (Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Cabral & Ribeiro, 1988), com implantação dos epicentros registados.

As estruturas ativas mais relevantes com sismicidade associada que ocorrem na região de Peniche correspondem:

- À família de falhas com traçado de direção NNE-SSW, em que a Falha da Lourinhã é a estrutura mais representativa, pois apresenta cerca de 60km de comprimento. Este acidente, de enorme profundidade, é caracterizado por movimentação muito complexa, pois é caracterizado por diversas reativações ao longo do período de idade meso-cenozoica.

- Ao alinhamento diapírico composto por extrusões salíferas de Caldas da Rainha, Bolhos, Vimeiro e de Santa Cruz, que estão injetadas na sua extremidade sul na própria Falha da Lourinhã. Os bordos, meridional e setentrional da estrutura diapirítica atrás mencionada, correspondem a antigos desligamentos esquerdos, que foram posteriormente reativados em movimentação cavalgante, consequência da compressão NW-SE que ocorreu durante os tempos alpinos ou mesmo durante o Quaternário (Ribeiro, 1984). No ano de 2016, têm sido detetados sismos de pequena magnitude associados com estas estruturas, confirmando-se que são atualmente ativas.
- À falha de Ferrel, cujo traçado apresenta desenvolvimento sub-paralelo à linha da costa (ENE-WSW). Este acidente afeta essencialmente unidades geológicas de idade cretácica, porém, localmente, corta camadas pouco espessas de carvão com movimento inverso que foram datadas isotopicamente do Quaternário. Atendendo às relações de corte deduz-se que esta falha é ativa (Cabral, 1985).
- À falha da Nazaré, cujo traçado de direção ENE-WNW, apresenta desenvolvimento em terra e no mar. De facto, este acidente é ativo, pois recentemente (19/08/2016) ocorreu um sismo com 4,1 de magnitude na Escala de Richter com epicentro a 80 km a noroeste de Peniche.

Outras falhas eventualmente ativas, porém, de menor dimensão, correspondem a estruturas transversais aos acidentes anteriores de direção perpendicular às falhas antecedentes com direção NE-SW, que apresentam aparentemente movimentação posterior.

Outros acidentes, ainda que localizados a longas distâncias da região de Peniche, quer no mar quer em terra, poderão gerar sismos cujas vibrações conseguem atingir violentamente a área, desde que libertem energia suficiente. Porém, para que tal ocorra é necessário que a área de rotura dos segmentos das falhas seja significativa.

Alguns exemplos de falhas distantes que já afetaram e podem voltar a ter efeitos na região são:

- A falha do Vale Inferior do Tejo que terá estado na origem do grande sismo de 1909, o qual teve o seu epicentro na região de Benavente e atingiu a região com a intensidade VI. Foi sentido pela generalidade das pessoas e provocou na região a queda de estuques e alvenarias pouco consistentes e a quebra de louças e vidros das janelas.
- A falha de Marquês de Pombal (situada a SW de Sagres, no mar), que tem sido considerada como a responsável pelo sismo de 1755, em Lisboa. Este evento, para além dos estragos originados pelas vibrações, originou uma enorme onda de *tsunami*, com perdas humanas e materiais de grande impacto na região de Lisboa. Porém, não se conhecem os efeitos que produziram na região de Peniche, quer o sismo quer o *tsunami*.

5.3 – Regulamentos antissísmicos

No que se refere à possível ação sísmica sobre o património construído, a análise detalhada da sismicidade até à atualidade conduziu à elaboração do *Regulamento de Segurança de Ação Sísmica de Edifícios e Pontes* (RSASEP, 1983) que estipula as normas de construção antissísmica que devem ser adotadas em cada uma das quatro regiões sísmicas em que Portugal Continental está dividido (Fig. 11).

Os valores característicos das ações dos sismos são quantificados em função da zona em que se situa a estrutura – coeficiente de sismicidade – e da natureza dos terrenos a mobilizar. O coeficiente de sismicidade assume os valores de 1.0, 0.7, 0.5 e 0.3, respetivamente para as zonas sísmicas A, B, C, e D. No mapa ao lado, Portugal está dividido em quatro regiões, em que a região A corresponde à de maior risco sísmico, e D à de menor risco.



Figura 11 – Localização da área em análise (Vale do Grou, Peniche) no zonamento sísmico de Portugal Continental, considerando o Regulamento de Segurança de Ação Sísmica de Edifícios e Pontes (RSASEP, 1983).

Atendendo a este zonamento, a área em análise que se integra no território do concelho de Peniche está incluída na zona sísmica B, de risco sísmico imediatamente acima do mais elevado, à qual corresponde o valor de 0,7 para o coeficiente de sismicidade (Fig. 11).

Considerando o mapa da figura 11 pode concluir-se que a área de Vale do Grou (Peniche) e envolvente próxima se inscreve numa zona de sismicidade intermédia para ações sísmicas marcadas por cenários generalizados. De acordo com este regulamento e tendo em conta os terrenos rochosos que afloram na área de estudo são representados por rochas incoerentes soltas (Depósitos de Cascalheiras) e coerentes rijas (Formação da Abadia), as construções e,

respetivas fundações, devem ser calculadas para resistir a forças horizontais, usando-se para tal betão armado.

Atendendo ao Eurocódigo 8 - Projeto de estruturas para resistência aos sismos (EC8), a ação de fenómenos sísmicos mais ou menos severos pode ser sistematizada em dois grandes tipos:

- **Ação sísmica do tipo 1**, correspondente a sismos distantes, de grande magnitude e com epicentro no mar (sismicidade interplaca, localizada entre as placas Eurasiática e Africana);
- **Ação sísmica do tipo 2**, associada a sismos próximos, de magnitude moderada e pequena distância focal (sismicidade intraplaca, localizada no interior da placa Eurasiática).

O documento de regulamentação Eurocódigo 8 determina, em função do tipo de ação sísmica considerada e para cada uma das zonas sísmicas definidas, o valor da aceleração de referência de projeto, como esquematizado na figura 12.

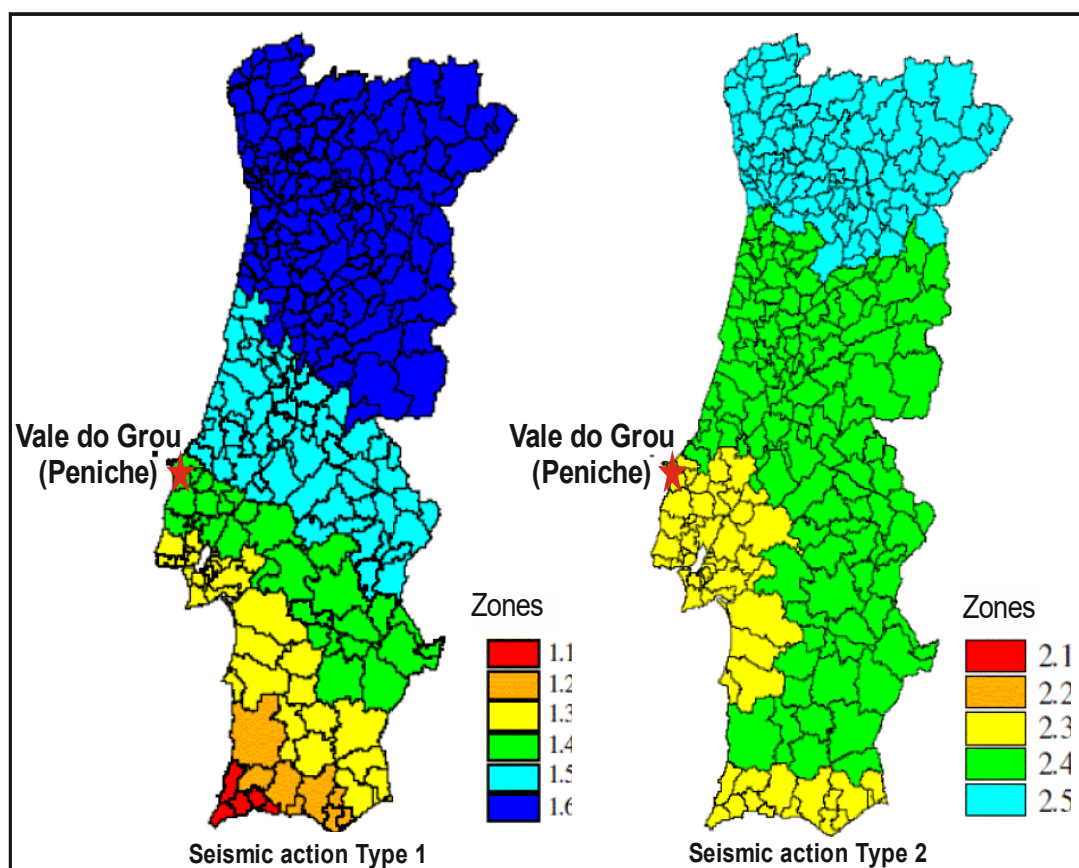


Figura 12 – Zonamento sísmico em Portugal Continental para cenários de sismos distantes (esquerda) e sismos próximos (Anexo Nacional - AN, 2010).

A zona onde se insere a área de Vale do Grou corresponde a uma zona sísmica 1.4 (aceleração $1.0 \text{ cm}^2/\text{s}$), relativamente à ação sísmica do tipo 1, e a uma zona 2.3 no que se refere à ação de tipo 2 (aceleração $1.7 \text{ cm}^2/\text{s}$).

5.4 Considerações sobre a avaliação sísmica

Atendendo ao contexto apresentado nos parágrafos anteriores é de esperar que possam ocorrer, ainda que não muito frequente, sismos com magnitude inferior a 6 na Escala de Magnitude de Richter. De facto, as estruturas geológicas ativas representadas no mapa neotectónico da região estão muito segmentadas e os seus deslocamentos envolvem áreas de rotura pouco significativas, daí que os valores da energia libertada não gerarem sismos com elevadas magnitudes.

Os valores de magnitude inferior a 6 correspondem na Escala de Intensidades de Mercalli a menores que VII, sendo que estes sismos são, no geral, sentidos por toda a gente e podem causar danos ligeiros em edifícios bem construídos e danos mais significativos em construções muito degradadas.

Outro aspeto relevante corresponde à possibilidade de ocorrer sismos com epicentro no mar, originados por falhas que não são de desligamento na plataforma continental portuguesa. Situações desta natureza podem gerar *tsunamis*, desde que a magnitude do sismo seja superior a 6,5. No caso de ocorrer um *tsunami*, a onda originada poderá entrar pelo tómbolo de areia que faz a ligação entre a península de Peniche e a Atouguia da Baleia; de facto, é possível que a área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou possa ser afetada apenas nas suas cotas mais baixas, cerca dos 10m de altitude.

Pelo exposto, pode concluir-se que a área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou se inscreve numa zona de sismicidade intermédia, de acordo quer com o Regulamento de Segurança de Ação Sísmica de Edifícios e Pontes (RSASEP, 1983) quer como o Eurocódigo 8 para ações sísmicas distantes e próximas (Fig. 11 e 12). Nestas circunstâncias, as construções devem ser calculadas para resistir a forças horizontais, usando-se para tal estruturas de betão armado ou estruturas metálicas nas construções a edificar. Para além disso, aquando dos trabalhos de construção deve existir excelência na mão-de-obra e na supervisão, para além da utilização de materiais de primeira qualidade.

Outro aspeto a considerar é que as fundações das construções a edificar devem ser instaladas abaixo da superfície atual do terreno em rochas rijas coerentes, ou seja, em terrenos com capacidade de carga significativa, no caso da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou, no interior das camadas interestratificadas da Formação da Abadia.

De facto, as fundações têm a função de transmitir ao solo ou subsolo todas as ações (cargas verticais e horizontais, forças do vento, etc.) que atuam na edificação, sendo importante que estas estruturas estejam instaladas a profundidades de pelo menos 1m entre os estratos da unidade geológica, denominada Formação da Abadia.

6. Considerações finais

Os estudos geológicos, hidrogeológicos e de perigosidade sísmica efetuados sobre a área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou (Peniche), que incluíram pesquisa bibliográfica, observação de mapas e fotografias aéreas já publicados e levantamentos geológicos no local, permitiram apresentar as seguintes considerações:

- Na área de intervenção em análise aflora uma sucessão de unidades geológicas de natureza sedimentar. A mais antiga (Jurássico), denominada Formação da Abadia, é constituída, na generalidade, por cerca de 150m de alternâncias de argilas vermelhas e de arenitos intercalados de margas micáceas. Sobre esta unidade, em discordância angular, depositaram-se “Depósitos de Cascalheira” nos níveis 35-25m e 15-10m datadas do Quaternário; estes depósitos são compostos por numerosos clastos de elementos com composição, no geral quártzica, no seio de uma matriz arenosa. A estrutura geológica está orientada na direção N0º-20ºW e inclina entre 5º e 25º para sudoeste, sendo caracterizada pela sucessão estratificada da Formação da Abadia. Sobre a unidade antecedente, dispõem-se próximos da horizontal, os “Depósitos de Cascalheira” com forma tabular e espessuras inferiores a 20m.
- O comportamento das formações geológicas antecedentes é bem diferenciado quanto à escavabilidade ou ripabilidade. Assim, nas escavações a realizar na Formação da Abadia devem ser utilizados meios mecânicos (pás mecânicas e *rippers*) e só muito esporadicamente poderão ser necessários martelos demolidores de elevada energia; estes terrenos são removidos sem recurso a explosivos. Na escavação dos terrenos onde afloram os “Depósitos de Cascalheira” são usados meios mecânicos mais leves, nomeadamente pás mecânicas, incluindo giratórias, e *rippers* com a finalidade de soltar o terreno, facilitando posteriormente o trabalho de transporte para aterro. Em suma, pode-se afirmar que a Formação da Abadia é a unidade geológica que necessita e requiere meios mecânicos mais robustos para a sua remoção, quando se compara com os meios usados nas escavações a realizar em terrenos onde afloram os “Depósitos de Cascalheira”.
- Os modelos propostos para o escoamento de água superficial e subterrânea apresentam elevada conetividade entre si e têm implicações para a reorganização do espaço na área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou. De forma a minimizar os efeitos da impermeabilização dos terrenos, consequência da ocupação de espaços edificáveis e da construção de infraestruturas, sugere-se, essencialmente, a manutenção e preservação dos leitos e margens de todos os cursos de água ou linhas de água que já existem na área de intervenção do plano de forma a sustentar o equilíbrio na drenagem natural e a elaboração de um plano individual detalhado de proteção e conservação para cada uma das linhas de água que ocorre na área de intervenção (Fig. 6).

- Nas zonas ocupadas pelos “Depósitos de Cascalheira” quer no nível dos 35-25m quer no dos 15-10m é muito provável que haja acumulação de água na sua parte inferior, junto ao contacto com a Formação da Abadia, pois esta é responsável pela existência do efeito barreira no escoamento vertical da água. Atendendo à situação, o nível freático deve ser relativamente superficial, o que implica a necessidade de maior conhecimento geotécnico do terreno para definir as condições necessárias à construção de fundações e de pisos alguns metros abaixo da atual superfície.
- O mapa de neotectónica da figura 10 que identifica as estruturas geológicas ativas, com atividade recente na região, e as cartas de sismicidade consultadas sugerem a possibilidade de ocorrer sismos com magnitude inferior a 6 na Escala de Richter. Porém, se considerarmos a génese de sismos a partir de estruturas de maior dimensão, os sismos podem atingir valores de magnitude um pouco mais altos e se ocorrerem no mar podem gerar ondas de *tsunami*. Estas ondas poderão atingir, apenas, marginalmente a área de intervenção do plano nas cotas mais baixas.
- A área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou localiza-se numa zona de sismicidade intermédia, de acordo quer com o Regulamento de Segurança de Ação Sísmica de Edifícios e Pontes (RSASEP, 1983) quer como o Eurocódigo 8 para ações sísmicas distantes e próximas (Fig. 11 e 12). Nestas circunstâncias, as construções devem ser calculadas para resistir a forças horizontais, usando-se para tal estruturas de betão armado ou estruturas metálicas nas construções a edificar. Para além disso, aquando dos trabalhos de construção deve existir excelência na mão-de-obra e na supervisão, para além da utilização de materiais de primeira qualidade. Outro aspeto a considerar é que as fundações das construções a edificar devem ser instaladas em rochas rijas coerentes, ou seja, em terrenos com capacidade de carga significativa, no caso da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou, no interior das camadas interestratificadas da Formação da Abadia, a profundidades de pelo menos 1m.

7. Referências bibliográficas

- Cabral, J. 1995. Neotectónica em Portugal Continental. *Memórias do Instituto Geológico e Mineiro*, 31, 265 pp.
- Cabral, J. & Ribeiro, A. 1988. Carta de Neotectónica de Portugal Continental, escala 1:1000000. *Serv. Geol. Portugal*.
- Camarate França, Zbyszewski, G., J. & Moitinho de Almeida F. 1960. Notícia explicativa da folha 26-C (Peniche). *Serviços Geológicos de Portugal*, 33 p, Lisboa.
- Jiménez, M.J., Giardini, D. & Grünthal, G. 2003. The ESC-SESAME unified hazard model for the European-Mediterranean region. *EMSC/CSEM Newsletter* 19, 2-4.
- Kullberg, C. 2000. Evolução Tectónica da Bacia Lusitaniana. PhD Thesis, Universidade Nova de Lisboa, 361 p.
- Zbyszewski, G., Ferreira, V., Andrade, F. & Oertel, G. 1960. Carta Geológica 26-C (Peniche) na escala 1:50000. *Serviços Geológicos de Portugal*.
- Ribeiro, A. 1984. Neotéctonique du Portugal. Livro de Homenagem a O. Ribeiro, 1º Vol, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 173-182.

Alfragide, 24 de fevereiro de 2017

Coordenador Técnico,



Fernando A. Ferreira,
(Eng.º Geólogo)

ANEXO – Documentação fotográfica da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou (Peniche)



Foto 1 – Aspecto geral de estratos areníticos interestratificados da Formação da Abadia (Jurássico).



Foto 2 – Detalhe dos estratos areníticos interestratificados da Formação da Abadia (Jurássico).



Foto 3 – Aspecto geral de estratos argilosos interestratificados da Formação da Abadia (Jurássico). Notar ainda a camada superficial de solo de carácter argiloso.



Foto 4 – Bacia de receção da linha de água localizada na parte mais ocidental da área de intervenção do Plano de Urbanização de Vale do Grou.



Foto 5 – Aspecto geral da unidade geológica “Depósitos de Cascalheira” do Quaternário. Notar o elevado número de clastos de natureza quartzica.



Foto 6 – Detalhe dos “Depósitos de Cascalheira”, onde se pode observar os seus elementos constituintes no seio de uma matria arenosa com matéria orgânica.



Foto 7 – Aspecto geral de terrenos agricultados na unidade geológica “Depósitos de Cascalheira” do nível dos 15-10m.



Foto 8 – Detalhe dos “Depósitos de Cascalheira” em terrenos agricultados. Notar os elementos clásticos e a matriz arenosa de cor escura (matéria orgânica).



PORTUGAL

Tlf. / Phone: +351 214 196 195
Fax: +351 214 191 222
geral@geoarea.pt

www.geoarea.pt

