

## **Estudo Geológico – Geotécnico**

### **Terreno para Construção de Central Solar Fotovoltaica Híbrida “São Jorge”**

**Urzelina, São Jorge – Açores**

**Azores Pv & Bess São Jorge, Unipessoal Lda**

**Setembro de 2024**

Informação sobre o documento e autores	
Promotor	<p>Azores Pv &amp; Bess São Jorge, Unipessoal Lda</p> <p>Rua Dr. Leonel Nazário Nunes</p> <p>9800 - 566 Velas</p> <p>☎ 914 640 844 ✉ anton@força.pt</p>
Descrição do Documento	<p>Estudo Geológico e Geotécnico: Terreno para Construção de Central Solar Fotovoltaica Híbrida “São Jorge”, Urzelina, São Jorge – Açores</p>
Versão	1.0
Referência do Ficheiro	RTXXIV_36_EGG_APVSJ
N.º de Páginas	21
Execução do Estudo	<p>LabGeo – Engenharia e Geotecnologia</p> <p>Estrada dos Portões Vermelhos, 20</p> <p>9650-450 Rosário, Lagoa</p> <p>☎ 96 373 02 87 ✉ info@labgeo.pt</p>
Autores	<p>Diogo Caetano</p> <p>Geólogo, Mestre em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental</p>
	<p>Diana Ponte</p> <p>Geóloga, Pós-Graduação em Vulcanologia e Riscos Geológicos</p>
Outras Contribuições	<p>Adriano Pacheco</p> <p>Carla Cordeiro</p> <p>Rúben Cabral</p>
	<p>Diogo Caetano</p>
Responsável pelo Estudo	
Data	Setembro de 2024

## Índice

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Enquadramento da Área de Estudo .....</b>	<b>2</b>
2.1	Descrição Sumária da Área de Estudo.....	2
2.2	Localização Geográfica .....	2
2.3	Geomorfologia e Tectónica.....	2
2.4	Geologia .....	4
2.5	Geotecnia .....	6
2.6	Hidrografia e Recursos Hídricos .....	8
<b>3</b>	<b>Riscos Naturais.....</b>	<b>10</b>
3.1	Sismicidade.....	10
3.2	Atividade Vulcânica.....	11
3.3	Movimentos de Vertente .....	11
3.4	Cheias e Inundações.....	12
<b>4</b>	<b>Zonamento Geológico e Geotécnico.....</b>	<b>13</b>
4.1	Zonamento Geológico .....	13
4.2	Zonamento Geotécnico .....	14
<b>5</b>	<b>Síntese Conclusiva e Recomendações .....</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>16</b>

## Índice de Figuras

Figura 2.1   Enquadramento geográfico da área de estudo (IGeoE, 2002; Google Earth, Airbus) .....	2
Figura 2.2   Representação esquemática do mapa de declives da área de estudo e perfis topográficos interpretativos (base geográfica de <a href="https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge">https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge</a> ) .....	3
Figura 2.3   Enquadramento da área de estudo no contexto das estruturas tectónicas da ilha de São Jorge (Madeira <i>et al.</i> , 2015) .....	4
Figura 2.4   Contexto geodinâmico dos Açores (adaptado de Hipólito, 2009 e França <i>et al.</i> , 2003) .....	5
Figura 2.5   Enquadramento do local de estudo no contexto vulcanoestratigráfico da ilha de São Jorge (adaptado de Forjaz, 2004) .....	5
Figura 2.6   Enquadramento da área de estudo no contexto da litologia da ilha de São Jorge (adaptado de Forjaz <i>et al.</i> , 2001; base geográfica de <a href="https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge">https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge</a> ) .....	6
Figura 2.7   Zonas sísmicas para a Região Autónoma dos Açores (Anexo Nacional ao Eurocódigo 8, NP EN 1998-1:2009) .....	7
Figura 2.8   Enquadramento da área de estudo no contexto da hidrogeologia, hidrografia e recursos hídricos da ilha de São Jorge (dados do PRA, 2001; PGRH-Açores, 2021; base geográfica de <a href="https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge">https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge</a> ) .....	9
Figura 3.1   Carta de isossistas de intensidade máxima (EMS-98) para a ilha de S. Jorge (adaptado de Silva, 2005) .....	10
Figura 3.2   Enquadramento da área de estudo no contexto do mapa de suscetibilidade a movimentos de vertente (dados da SRAAC; base geográfica de <a href="https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge">https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge</a> ) .....	11
Figura 3.3   Risco de inundações na bacia hidrográfica onde se enquadra a área de estudo (dados do PGRI, 2022; base geográfica de <a href="https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge">https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge</a> ) .....	12
Figura 4.1   Vista aérea e vista ao nível do solo da área de estudo ( <a href="#">agosto de 2024</a> ) .....	13

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1   Classificação geotécnica das formações geológicas dos Açores (Forjaz <i>et al.</i> , 2001).....	7
Tabela 2.2   Tipos de terreno e valores do parâmetro <b>S<sub>max</sub></b> segundo o Eurocódigo 8 - Parte 1 (2009) ...	7
Tabela 2.3   Síntese de caracterização da massa de água Ocidental (PGRH-Açores, 2021) .....	9
Tabela 3.1   Lista dos perigos vulcânicos genéricos .....	11
Tabela 4.1   Perfil de terreno inferido pela interpretação geológica.....	14
Tabela 4.2   Características gerais das formações geológicas identificadas pelos trabalhos de prospeção (adaptado de Forjaz <i>et al.</i> , 2001).....	14
Tabela 4.3   Caracterização sísmica segundo o Eurocódigo 8 - Parte 1 (2009) e respetivo S <sub>max</sub> estimado para os valores médios esperados .....	14

## **1 Introdução**

Considerando a intenção de analisar, sob o ponto de vista geológico-geotécnico, um terreno localizado na freguesia de Urzelina, concelho de Velas, ilha de São Jorge, com vista à construção de central solar fotovoltaica, foi solicitado à LabGeo – Engenharia e Geotecnologia a realização do presente estudo.

O estudo em questão compreendeu as seguintes fases distintas:

- Levantamento de informação bibliográfica e cartográfica da área de estudo;
- Trabalhos de prospeção do terreno;
- Processamento de informação;
- Elaboração de relatório técnico.

O presente documento constitui o relatório técnico do estudo geológico-geotécnico efetuado e tem como objetivos fundamentais:

1. Caracterização do local de estudo do ponto de vista geológico, geomorfológico e geotécnico;
2. Identificação dos riscos geológicos inerentes ao local de estudo;
3. Apresentação de considerações finais e recomendações.

Os trabalhos de gabinete e de campo que resultaram na elaboração do presente relatório foram desenvolvidos no decorrer dos meses de agosto e setembro de 2024.

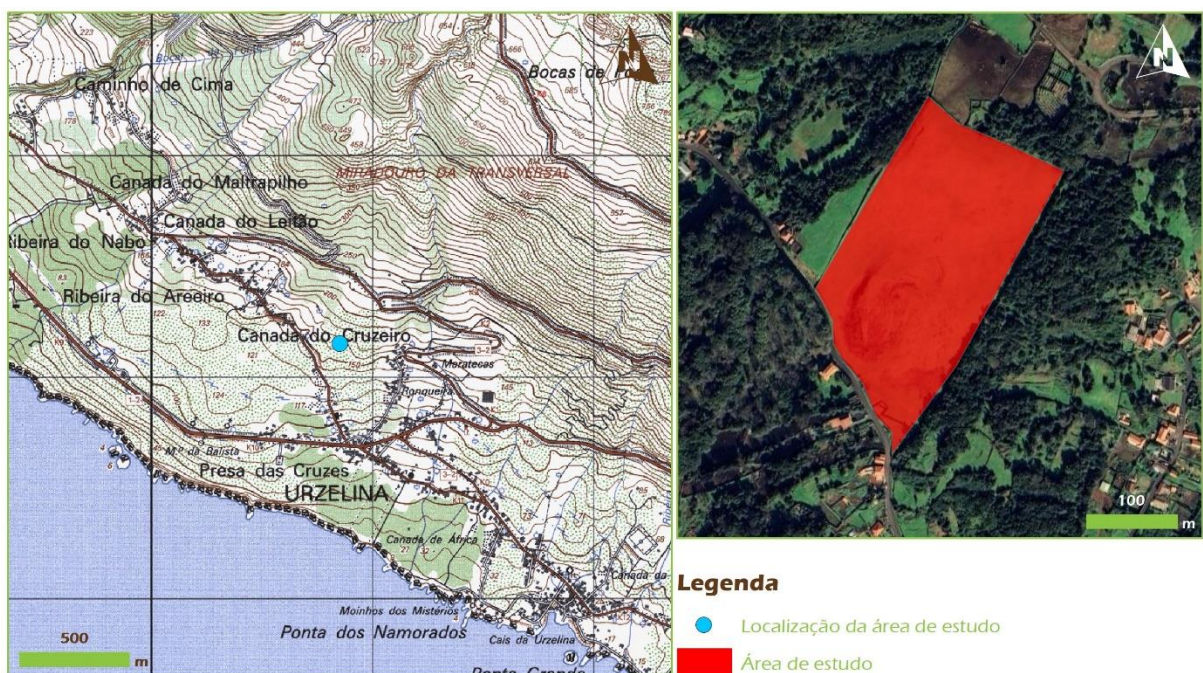
## 2 Enquadramento da Área de Estudo

### 2.1 Descrição Sumária da Área de Estudo

O presente estudo pretende aferir as condições geológicas e geotécnicas de um prédio no qual se perspetiva a construção de central solar fotovoltaica, assim como efetuar uma análise dos riscos geológicos do local. É definida como zona de análise do presente estudo o terreno em apreço.

### 2.2 Localização Geográfica

A área de estudo compreende um terreno de 50 765 m<sup>2</sup>, o qual se situa na freguesia de Urzelina, concelho de Velas, na ilha de São Jorge, Região Autónoma dos Açores. A localização geográfica, no contexto da cartografia militar e fotografia aérea, é apresentada na Figura 2.1:



### 2.3 Geomorfologia e Tectónica

A ilha de São Jorge, com uma área de 246 km<sup>2</sup>, desenvolve-se ao longo de cerca de 55 km e apresenta uma largura máxima de aproximadamente 7 km. O seu ponto de maior altitude situa-se no Pico da Esperança aos 1 053 m.

A geomorfologia de São Jorge é marcada, essencialmente, pelo vulcanismo fissural que formou a ilha e que originou alinhamentos de cones vulcânicos monogenéticos, com direção geral WNW-ESE. Destacam-se as faixas litorais que se caracterizam pelas arribas altas, com diversas fajãs na sua base, na sua maioria detríticas, mas havendo também algumas de escoadas lávicas. Distinguem-se duas regiões geomorfológicas – Região Ocidental e Região Oriental – delimitadas, de forma aproximada, pelo vale da Ribeira Seca (França *et al.*, 2003).



A Região Ocidental, onde se insere a área do projeto, apresenta um vulcanismo mais recente e, consequentemente, uma topografia mais acidentada e as maiores altitudes da ilha, nomeadamente o Pico da Esperança.

De modo a interpretar a morfologia da área de estudo e sua envolvente apresenta-se na Figura 2.2 o mapa de declives da zona. Na mesma figura são também apresentados dois perfis topográficos interpretativos, perpendiculares entre si.

A área de estudo enquadra-se numa zona de relevo moderado, situada sensivelmente, entre os 130 e os 200 m de altitude, com declives maioritariamente entre 10 e 15°.

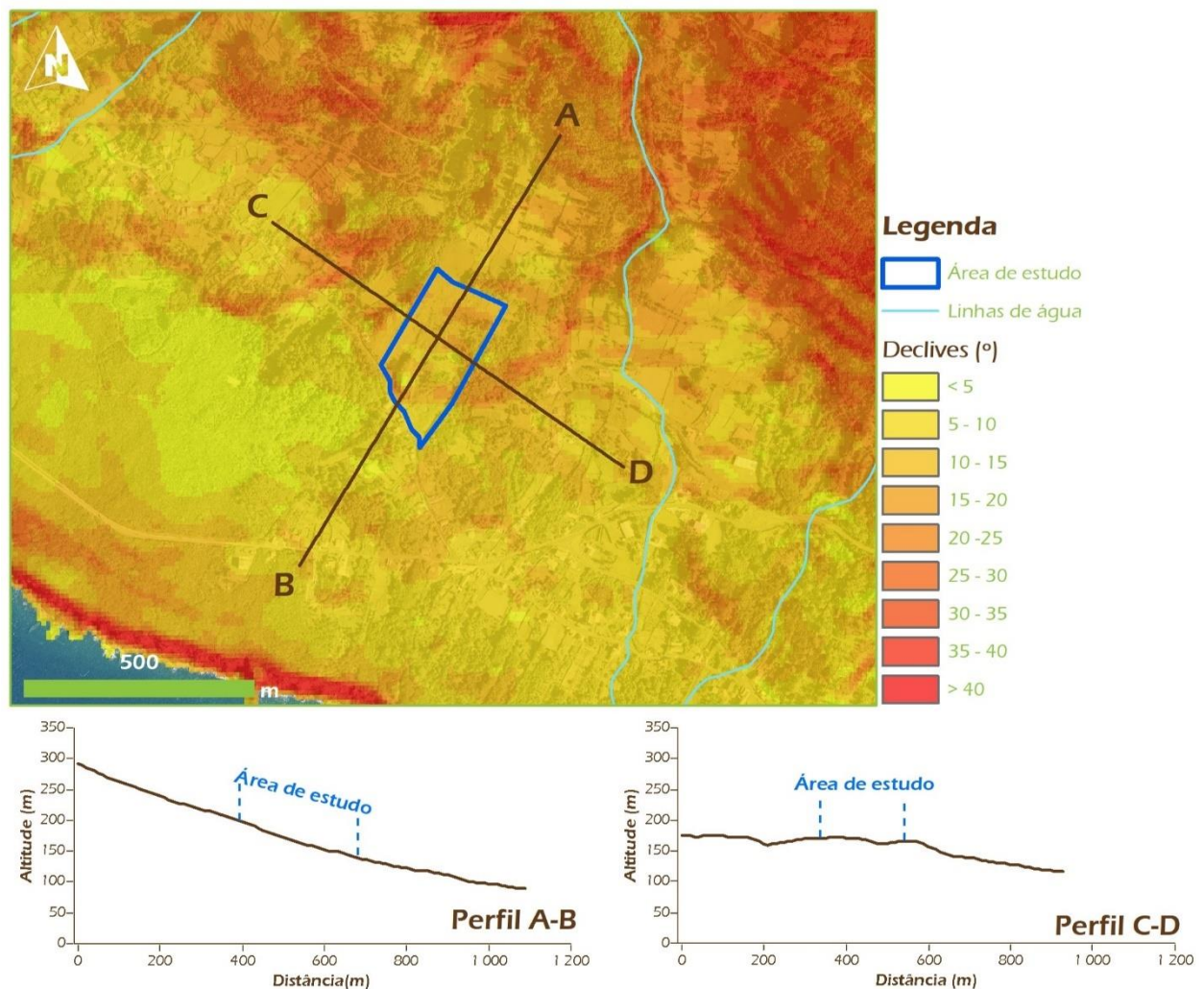


Figura 2.2 | Representação esquemática do mapa de declives da área de estudo e perfis topográficos interpretativos (base geográfica de <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge>)

No que concerne a tectónica, na ilha de São Jorge predominam as estruturas de direção geral WNW-ESE, representando a direção NNW-SSE outra família de falhas significativa, das quais se destaca a Falha da Ribeira Seca, que separa a região oriental da ocidental da ilha (Madeira e Silveira, 2003).



Nesse contexto, a área de estudo enquadra-se num local onde não se identificam estruturas tectónicas, conforme mostra a Figura 2.3.

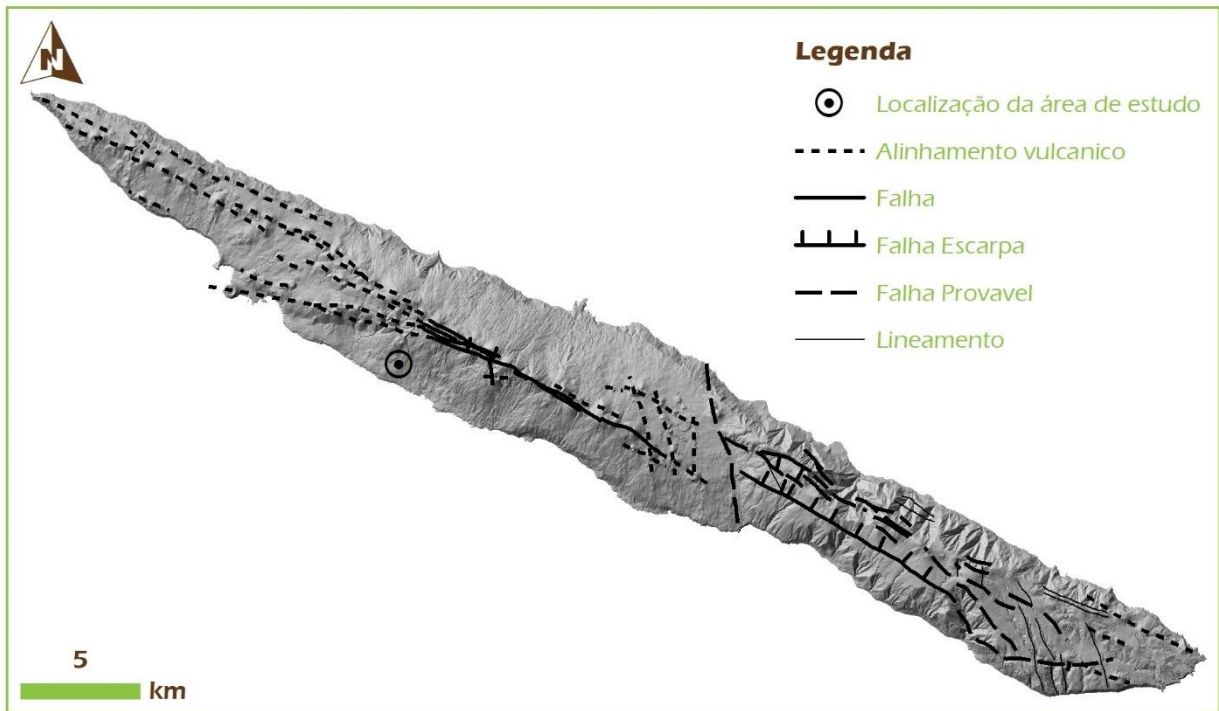


Figura 2.3 | Enquadramento da área de estudo no contexto das estruturas tectónicas da ilha de São Jorge (Madeira *et al.*, 2015)

## 2.4 Geologia

Os Açores encontram-se numa zona de convergência de três placas litosféricas – Euroasiática, Africana (Núbia) e Norte Americana – e outras estruturas tectónicas menores, cuja dinâmica é responsável pela sismicidade e vulcanismo atuantes nestas ilhas (França *et al.*, 2003). As principais estruturas tectónicas estão representadas na figura seguinte, destacando-se a Crista Média Atlântica, que limita a placa Norte Americana, a oeste, das placas Euroasiática e Africana, a leste, o Rife da Terceira – estrutura transformante com uma orientação NW-SE que limita, na plataforma dos Açores, a placa Africana da Euroasiática – e a Falha Gloria, que materializa esse limite para leste da ilha de Santa Maria (Figura 2.4).

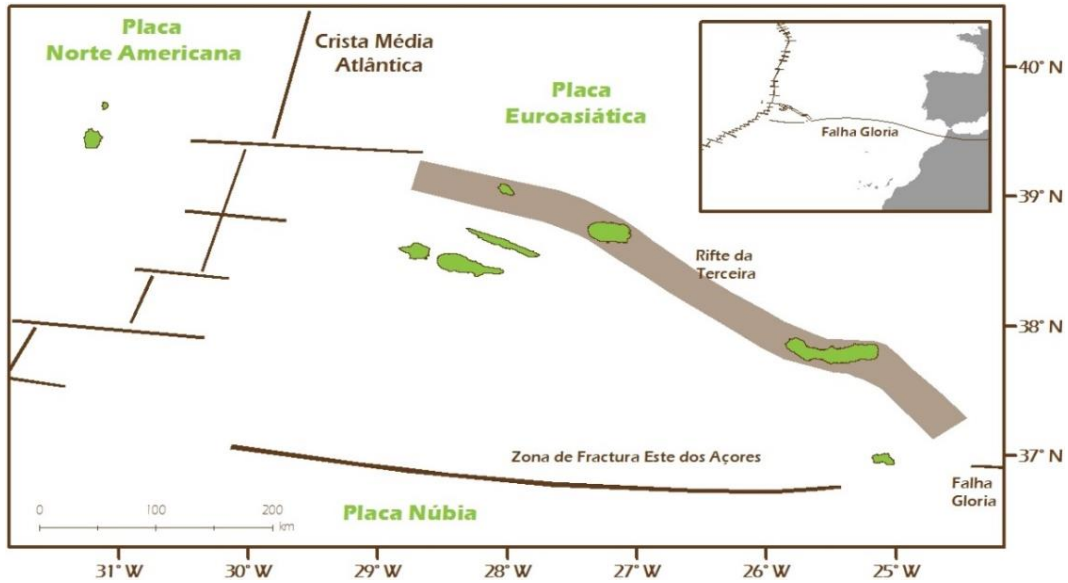


Figura 2.4 | Contexto geodinâmico dos Açores (adaptado de Hipólito, 2009 e França *et al.*, 2003)

A ilha de São Jorge, tal como as restantes ilhas do arquipélago dos Açores, tem origem vulcânica, identificando-se três complexos vulcânicos: Topo; Rosais; e Manadas (Figura 2.5).



Figura 2.5 | Enquadramento do local de estudo no contexto vulcanoestratigráfico da ilha de São Jorge (adaptado de Forjaz, 2004)

A ilha de São Jorge caracteriza-se pelo vulcanismo fissural, sendo responsável pelos alinhamentos de cones vulcânicos, essencialmente cones de escórias (piroclastos), de direção geral WNW-ESE, e presença exclusiva de formações geológicas de natureza basáltica – escoadas lávicas e piroclastos (Madeira, 1998).

A área de estudo enquadra-se no Complexo Vulcânico de Manadas, o mais jovem da ilha, sendo formado por cones de escórias (piroclastos basálticos) e escoadas lávicas associadas, encontrando-se sobre os produtos vulcânicos dos complexos mais antigos, do Topo e dos Rosais (Madeira, 1998).

Na ilha de São Jorge ocorreram erupções vulcânicas em tempos históricos, destacando-se as erupções terrestres de 1580 e 1808 no Complexo Vulcânico de Manadas (Madeira, 1998).

De forma a caracterizar a área de estudo sob o ponto de vista geológico, apresenta-se a cartografia geológica da área de estudo. A cartografia permite fazer um reconhecimento geológico de superfície do local, com a identificação dos materiais geológicos aflorantes (Figura 2.6).

De acordo com o mapa litológico de Forjaz *et al.* (2001), a área de estudo enquadra-se em zona de escoadas lávicas basálticas.

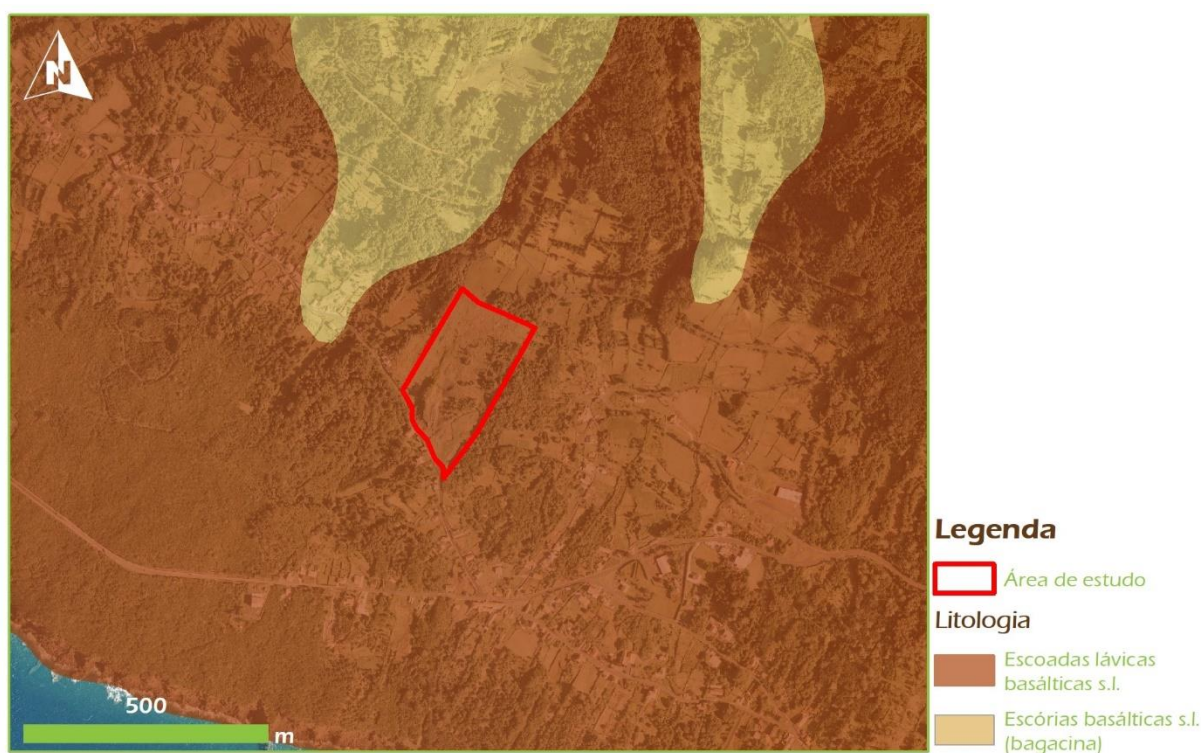


Figura 2.6 | Enquadramento da área de estudo no contexto da litologia da ilha de São Jorge (adaptado de Forjaz *et al.*, 2001; base geográfica de <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge>)

## 2.5 Geotecnia

As formações geológicas do arquipélago dos Açores podem ser classificadas em função da natureza dos materiais vulcânicos e das suas características geotécnicas, considerando o seu comportamento sísmico, em três grupos – duro, intermédio e brando (Forjaz *et al.*, 2001) (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 | Classificação geotécnica das formações geológicas dos Açores (Forjaz *et al.*, 2001)

Grupo	Subgrupo	Descrição	Velocidade ondas de corte (m/s)	N <sub>SPT</sub> (bl/30cm)	Resistência ao corte (kPa)	Atrito interno (°)
<b>Duro (I)</b>	Ia	Escoadas lávicas traquíticas s./ (incluindo domos)	>400	Nega	>200	-
	Ib	Escoadas lávicas basálticas s./		Nega	>200	-
	Ic	Ignimbritos soldados		Nega	>200	-
	Id	Tufos surtseianos (hialoclastitos)		Nega	>200	-
<b>Intermédio (II)</b>	IIa	Ignimbritos não soldados e lahars	200-400	05-40	30-120	10-45°
	IIb	Depósitos de vertente, aluviões e areias de praia		00-20	00-30	05-20°
<b>Brando (III)</b>	IIIa	Pedra-pomes e materiais pomíticos indiferenciados	<200	05-50	00-10	05-15°
	IIIb	Escórias basálticas s./ ("bagacina")		30->60	10-100	>45°

Relativamente às zonas sísmicas, a ilha de São Jorge enquadra-se, segundo o Eurocódigo 8 (NP EN 1998-1), na zona sísmica associada a sismo próximo (ação do tipo 2), mais concretamente na zona vermelha - 2.1 (Figura 2.7).

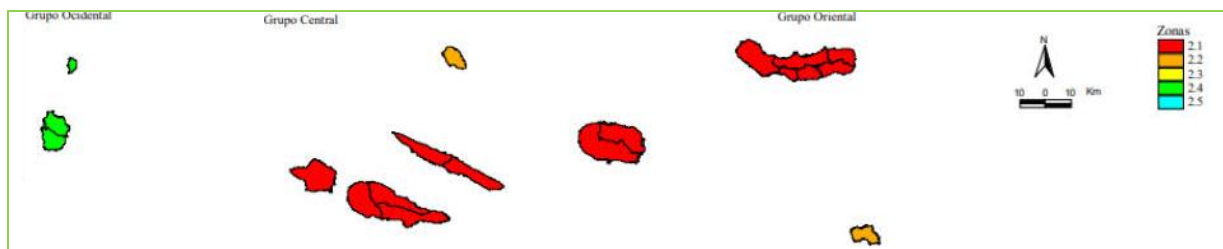


Figura 2.7 | Zonas sísmicas para a Região Autónoma dos Açores (Anexo Nacional ao Eurocódigo 8, NP EN 1998-1:2009).

Na

Tabela 2.2 apresentam-se os tipos de terreno segundo o Eurocódigo 8 - Parte 1 (2009), bem como os valores do coeficiente máximo do solo (**S<sub>max</sub>**), os quais são determinados conforme os diferentes tipos de terreno.

Tabela 2.2 | Tipos de terreno e valores do parâmetro **S<sub>max</sub>** segundo o Eurocódigo 8 - Parte 1 (2009)

Tipo de terreno	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros			
		vs,30 (m/s)	NSPT (palcadas/30 cm)	u (kPa)	S <sub>max</sub>
<b>A</b>	Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5 m de material mais fraco à superfície	> 800	-		1,00
<b>B</b>	Depósitos de areia muito compacta, de seixo (cascalho) ou de argila muito rija, com uma espessura de, pelo menos,	360-800	> 50	> 250	1,35

Tipo de terreno	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros			
		vs,30 (m/s)	NSPT (pancadas/30 cm)	u (kPa)	S <sub>max</sub>
	várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade				
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	1,60
D	Depósitos de solos não coesivos de compactidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura	< 180	< 15	< 70	2,00
E	Perfil de solo com um estrato aluvionar superficial com valores de vs do tipo C ou D e uma espessura entre cerca de 5 m e 20 m, situado sobre um estrato mais rígido com vs > 800 m/s				1,80
S <sub>1</sub>	Depósitos constituídos ou contendo um estrato com pelo menos 10 m de espessura de argilas ou siltes moles com um elevado índice de plasticidade (PI > 40) e um elevado teor em água	< 100 (indicativo)	-	10-20	
S <sub>2</sub>	Depósitos de solos com potencial de liquefação, de argilas sensíveis ou qualquer outro perfil de terreno não incluído nos tipos A – E ou S1				

## 2.6 Hidrografia e Recursos Hídricos

Na ilha de São Jorge a maioria das linhas de água apresenta um regime torrencial, seguindo a distribuição espacial e temporal do escoamento, a mesma da precipitação. A rede hidrográfica reflete as características das regiões geomorfológicas, com os cursos de água da região ocidental, onde se enquadra a área do projeto, a serem condicionados pela morfologia vulcânica recente – cursos de água pouco encaixados, pouco extensos e com padrão paralelo (Madeira, 1998).

No que concerne às águas superficiais, a área de estudo localiza-se a 275 m de uma linha de água (nome desconhecido) com direção aproximada N-S, localizada a leste, a qual apresenta regime de escoamento temporário.

Ao nível dos recursos hídricos subterrâneos, na ilha de São Jorge estão delimitadas duas massas de água ou sistemas aquíferos: Ocidental; e Oriental (PGRH-Açores, 2021).

A área de estudo enquadra-se no sistema aquífero Ocidental, o qual corresponde a um sistema de aquíferos de altitude e basal, predominantemente fissurados, admitindo-se a existência de aquíferos livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida. Neste sistema aquífero encontram-se identificadas 62 nascentes e cinco furos (PGRH-Açores, 2021).

A Tabela 2.3 apresenta uma síntese dos principais dados relativos à massa de água Ocidental.



Tabela 2.3 | Síntese de caracterização da massa de água Ocidental (PGRH-Açores, 2021)

Massa de água Ocidental	
Área aflorante	148,94 km <sup>2</sup>
Litologias dominantes	Escoadas lávicas e piroclastos basálticos subaéreos; inclui formações históricas por ocorrer identidade de litologias e uma maior proximidade temporal
Características gerais	Sistema misto, de altitude e basal, constituído por aquíferos predominantemente fissurados; admite-se a existência de aquíferos livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida; existência de aquíferos porosos de altitude se os cones secundários apresentarem volumes hidrogeologicamente interessantes; possibilidade de conexão hidráulica entre os aquíferos de altitude e basais; No caso em que os cones secundários apresentem volumes hidrogeologicamente interessantes admite-se a existência de aquíferos porosos de altitude.
Fácies química	Cloretada sódica predomina; cloretada sódica magnesiana (2 amostras); cloretada sódica cálcica (2 amostras); bicarbonatada cloretada sódica magnesiana (1 amostra); bicarbonatada cloretada sódica (1 amostra); cloretada bicarbonatada sódica (1 amostra); bicarbonatada sódica (1 amostra)
Nascentes	62
Furos de captação	5

Na área de estudo não se identificam nascentes ou furos.

A Figura 2.8 enquadra a área de estudo no contexto da hidrogeologia, hidrografia e recursos hídricos da ilha de São Jorge.

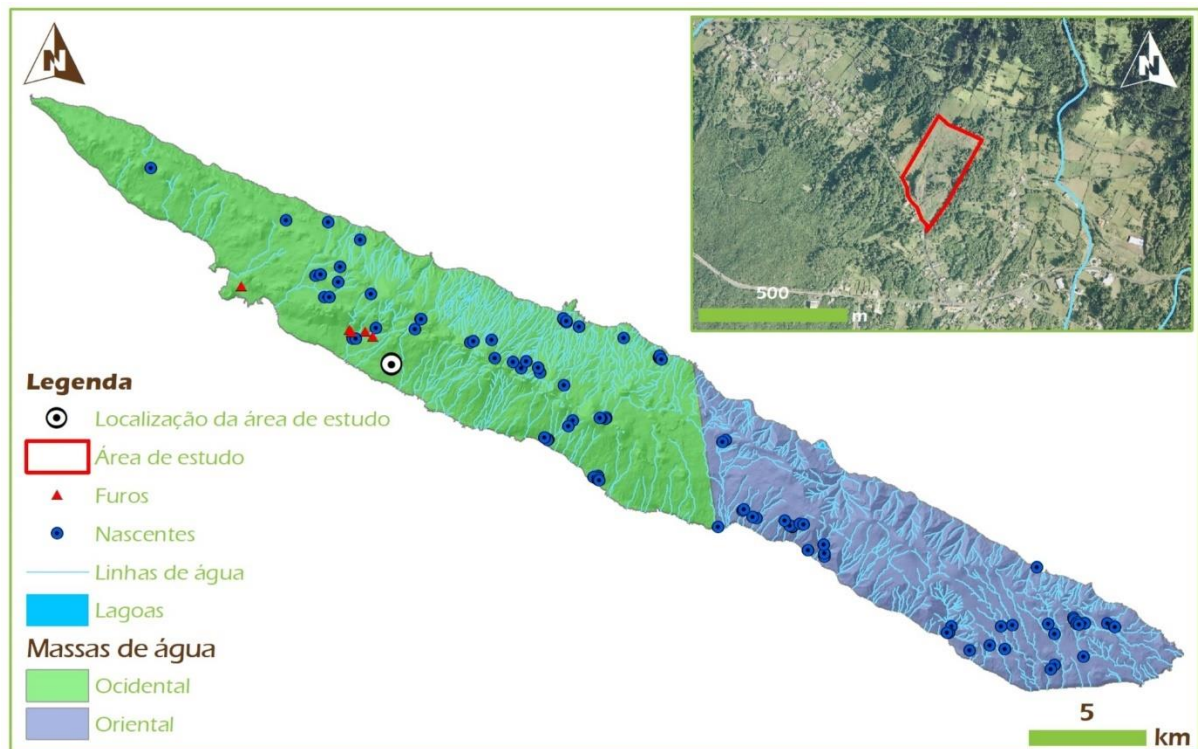


Figura 2.8 | Enquadramento da área de estudo no contexto da hidrogeologia, hidrografia e recursos hídricos da ilha de São Jorge (dados do PRA, 2001; PGRH-Açores, 2021; base geográfica de <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge>)



### 3 Riscos Naturais

O enquadramento geodinâmico do arquipélago dos Açores expressa-se pela ocorrência de fenómenos vulcânicos e sísmicos, que comportam riscos para a sociedade. Desta forma, a análise de riscos de um qualquer local da Região Autónoma dos Açores deve atender a estes aspetos, analisando quer o risco derivado da atividade vulcânica, quer o risco derivado de fenómenos sísmicos.

Por outro lado, atendendo ao enquadramento específico da área de estudo, o presente documento analisa igualmente a suscetibilidade a movimentos de vertente e a cheias e inundações.

#### 3.1 Sismicidade

Nos Açores, a sismicidade tem origem tectónica e ocorre também associada a eventos vulcânicos. A ilha de São Jorge já foi afetada por diversos eventos sísmicos (*e.g.* 1757; 1964; 1980) que provocaram grande destruição na ilha (Silva, 2005). O sismo de 1757 desencadeou movimentos de vertente nas arribas da ilha de São Jorge (Madeira, 1998).

A crise sísmica mais recente na ilha de São Jorge decorreu no ano de 2022, concentrando-se os epicentros na sua maioria no Complexo Vulcânico de Manadas, tendo sido registados mais de 40 000 eventos entre os meses de março e julho, com o maior a atingir a magnitude 4,0 (Fernandes *et al.*, 2022).

De acordo com a carta de intensidades máximas históricas de sismos sentidos na ilha de São Jorge (Silva, 2005), a área de estudo foi afetada por sismos com intensidade máxima de VIII – Fortemente danificante, na Escala Macrossísmica Europeia - 1998 (EMS-98).

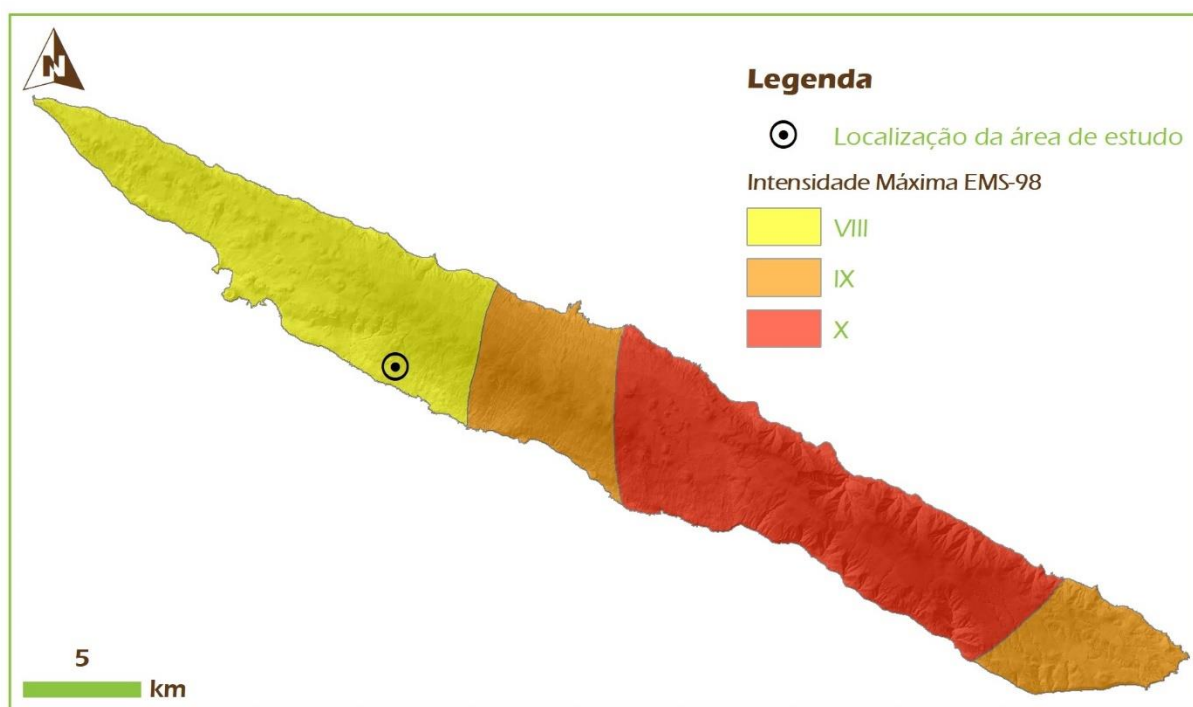


Figura 3.1 | Carta de isossistas de intensidade máxima (EMS-98) para a ilha de S. Jorge (adaptado de Silva, 2005)

### 3.2 Atividade Vulcânica

Do ponto de vista vulcânico, como a área de estudo se localiza no Complexo Vulcânico das Manadas, encontra-se principalmente exposta a perigos associados a erupções vulcânicas efusivas, como escoadas lávicas e piroclastos de queda, cujos efeitos são sintetizados na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 | Lista dos perigos vulcânicos genéricos

Perigos Vulcânicos	Consequências Prováveis em Infraestruturas
Escoadas lávicas	Destruição de edifícios e infraestruturas. Incêndios. Soterramentos.
Piroclastos de queda – trajetória ballística	Incêndios. Danos por impacto.
Piroclastos de queda – cinzas e lapilli de queda	Colapso de infraestruturas por acumulação de depósitos.

### 3.3 Movimentos de Vertente

Segundo a cartografia de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente elaborada para a Direção Regional do Ambiente, pelo Centro de Informação e Vigilância Sismovulcânica dos Açores, no âmbito do estudo “Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA”, desenvolvida à escala 1:25 000, a área de estudo apresenta suscetibilidade reduzida à ocorrência de movimentos de vertente.

Esse enquadramento é apresentado na Figura 3.2, com base na carta disponível na página do Ordenamento do Território do Governo dos Açores (<http://ot.azores.gov.pt/>).

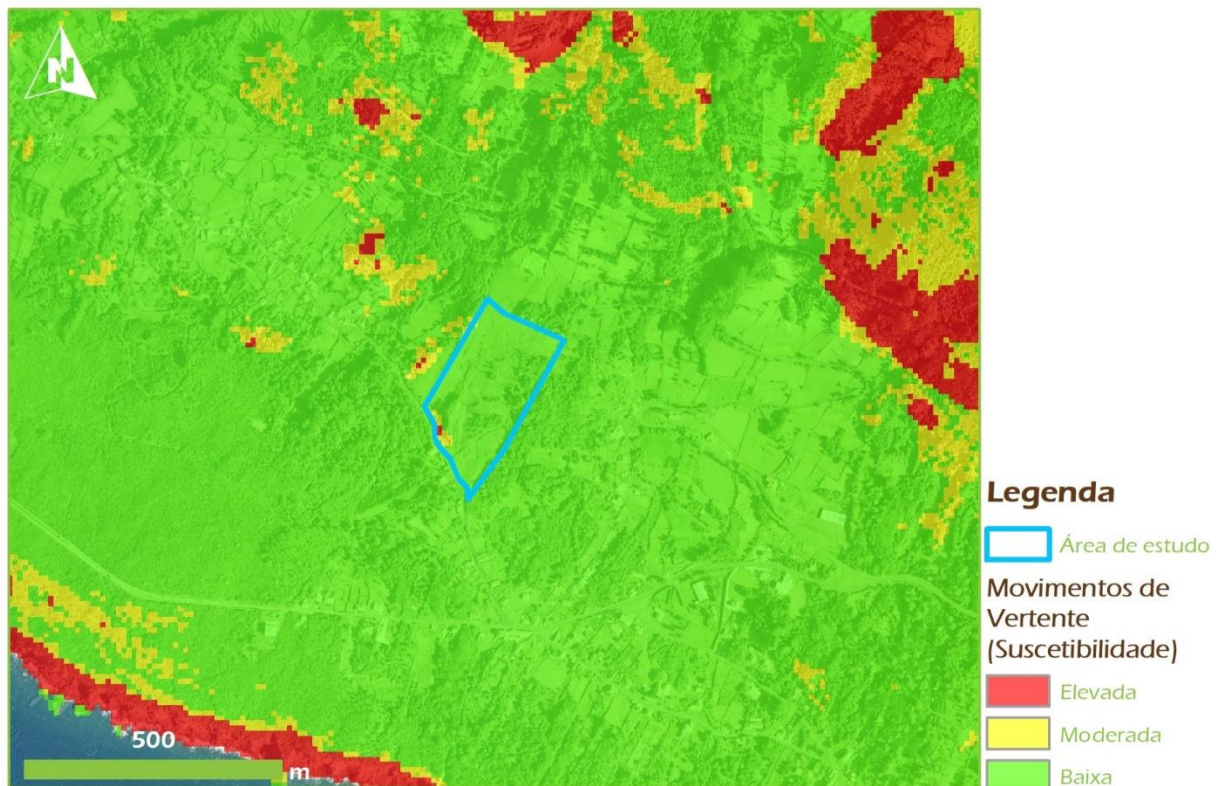


Figura 3.2 | Enquadramento da área de estudo no contexto do mapa de suscetibilidade a movimentos de vertente (dados da SRAAC; base geográfica de <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge>)

### 3.4 Cheias e Inundações

A área de estudo enquadra-se numa bacia hidrográfica, com referência JOA28 – Bacia Agregada no PGRH-Açores (2021). As bacias agregadas são caracterizadas por não terem uma linha de água principal associada ou uma delimitação própria. No caso em apreço, não existe uma delimitação própria para as diferentes áreas de drenagem das linhas de água que a bacia hidrográfica inclui.

De acordo com o Plano de Gestão de Riscos de Inundações da Região Autónoma dos Açores (PGRIA, 2022), a bacia hidrográfica agregada em apreço (JOA28) apresenta risco de inundações moderado (Figura 3.3).

No entanto, tendo em conta a morfologia do terreno e a distância às linhas de água mais próximas, a área de estudo não apresenta suscetibilidade significativa a este risco natural.

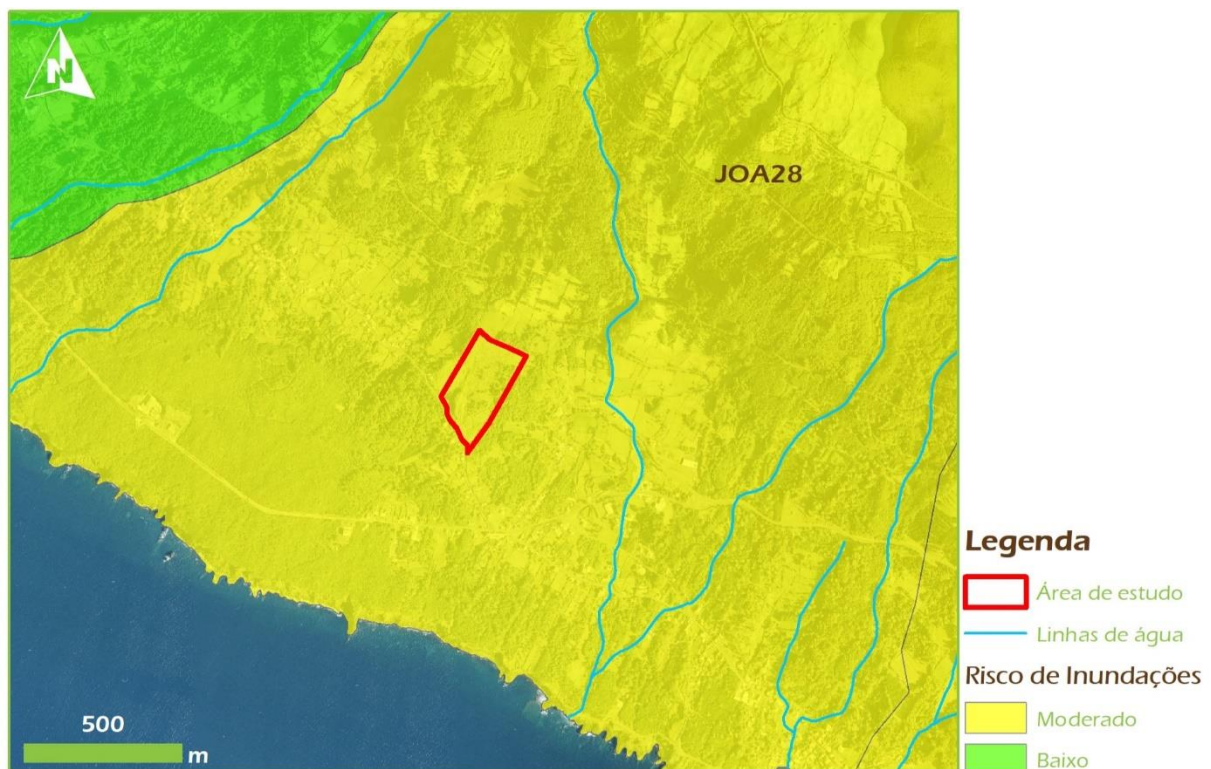


Figura 3.3 | Risco de inundações na bacia hidrográfica onde se enquadra a área de estudo (dados do PGRIA, 2022; base geográfica de <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saojorge>)



## 4 Zonamento Geológico e Geotécnico

### 4.1 Zonamento Geológico

Com a análise do terreno para definição da campanha de prospeção, verificou-se que o mesmo se encontra intervencionado, mediante trabalhos de nivelamento anteriores.

Verificou-se, e confirmou-se com o proprietário, que após os trabalhos de nivelamento do terreno, foram colocados aterros de cascalhos basálticos na generalidade da extensão da área de estudo. Numa zona sensivelmente intermediária do setor inferior ocorre atualmente um afloramento rochoso basáltico no qual não foram desenvolvidos trabalhos de nivelamento.



Figura 4.1 | Vista aérea e vista ao nível do solo da área de estudo (agosto de 2024)

Para avaliação *in situ* das formações geológicas que ocorrem na área de estudo foram realizados sanjas e pequenos poços de observação, os quais confirmaram o anteriormente descrito, nomeadamente a natureza basáltica do terreno e o depósito artificial de cascalhos basálticos em cerca de 0,5 metros de espessura.

Identificaram-se as seguintes duas unidades:

- **Aterro – At:** Camada superficial de cascalhos basálticos remobilizados, sem substrato vegetal significativo, de cor predominantemente cinza a acastanhada, não plástica;
- **Escoada lávica basáltica –  $\beta$ :** Rocha massiva de natureza basáltica, de cor negra a acinzentada ou avermelhada, com material escoriáceo no topo da escoada (*clinker*).

A análise dos resultados decorrentes dos trabalhos de prospeção efetuados permitiu identificar, até às profundidades máximas amostradas (0,5 metros), a ocorrência de aterros artificiais de cascalhos na generalidade da extensão da área de estudo, sobre escoada lávica basáltica (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 | Perfil de terreno inferido pela interpretação geológica

Profundidade das Camadas	Materiais das Camadas
m	
0,0 – 0,5	Aterro – At
0,5 – (...)	Escxada lávica basáltica – $\beta$

## 4.2 Zonamento Geotécnico

De acordo com a classificação dos materiais vulcânicos e das suas características geotécnicas, considerando o seu comportamento sísmico (Forjaz *et al.*, 2001), apresentada na Tabela 2.1, as escoadas lávicas basálticas constituem formações de características duras (Ib) com as seguintes características gerais: velocidade de ondas de corte superior a 400 m/s; e resistência ao corte superior a 200 kPa (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 | Características gerais das formações geológicas identificadas pelos trabalhos de prospeção (adaptado de Forjaz *et al.*, 2001)

Descrição	Grupo	Velocidade ondas de corte	N <sub>SPT</sub>	Resistência ao corte	Atrito interno
		(m/s)	(bl/30cm)	(kPa)	(°)
Escxada lávica basáltica s./	Duro	>400	Nega	>200	-

Tendo por base as diferentes zonas geotécnicas, classificaram-se os terrenos de acordo com a Tabela 2.2 (Eurocódigo 8 – Parte 1) e estimaram-se os valores do parâmetro  $S_{max}$  para a unidade geotécnica identificada (Tabela 2.2).

Tabela 4.3 | Caracterização sísmica segundo o Eurocódigo 8 - Parte 1 (2009) e respetivo  $S_{max}$  estimado para os valores médios esperados

Unidade Geotécnica	Tipo de Terreno	$S_{max}$
$\beta$	A	1,00

## **5 Síntese Conclusiva e Recomendações**

A área de estudo apresenta, de forma genérica, suscetibilidade a riscos geológicos que estão associados às condicionantes geológicas regionais do arquipélago, como a sismicidade e a atividade vulcânica.

Em sequência dos trabalhos de prospeção realizados foi verificado que ocorrem, de forma generalizada, na área estudada, aterros artificiais de cascalhos basálticos com espessura média de 0,5 m, os quais cobrem escoadas lávicas basálticas.

Dada a coesão da rocha basáltica, julga-se importante que, a nível de projeto, seja analisada a implantação de maciços através de fundação direta, para a qual o terreno, apresenta condições de estabilidade em comparação com a fixação por perfuração utilizada noutros parques desta tipologia.



## **6 Bibliografia**

- FERNANDES, R., RAMALHO, R., MIRANDA, J. GONZÁLEZ, P., PRATES, G., GERALDES, F., FERNANDES, J., 2022. *Investigating the 2022 Seismic Crisis of S. Jorge, Azores, using GNSS and Satellite Radar Interferometry*. AGU Fall Meeting – Science Leads the Future.
- FORJAZ, V.H. (Editor). 2004. Atlas Básico dos Açores. OVGA - Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores (Ed.). 112 pp.
- FORJAZ, V.H., NUNES, J.C., GUEDES, J.H.C. e OLIVEIRA, C.S., 2001. Classificação Geotécnica dos Solos Vulcânicos dos Açores: Uma Proposta. In: Associação Portuguesa de Meteorologia e Geofísica (Ed.), *Actas do II Simpósio de Meteorologia e Geofísica – Comunicações de Geofísica*. Évora; 76-81.
- FRANÇA, Z., CRUZ, J.V., NUNES, J.C., FORJAZ, V.H. e BORGES, P., 2003. Geologia dos Açores: Uma Perspectiva Actual. *Açoreana*. 10: 11-140.
- HIPÓLITO, A., 2009. *Geologia estrutural da ilha Graciosa – Enquadramento no âmbito da geodinâmica da junção tripla dos Açores*. Tese de Mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos. Universidade dos Açores, 155p.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (IGeoE), 2002. Carta Militar de Portugal, Velas (S. Jorge - Açores), Folha 15. Escala 1:25 000, Série M889. Edição 2. Lisboa.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (IGeoE), 2002. Carta Militar de Portugal, Urzelina (S. Jorge - Açores), Folha 17. Escala 1:25 000, Série M889. Edição 2. Lisboa.
- MADEIRA, J. 1998. *Estudos de neotectónica nas ilhas do Faial, Pico e São Jorge: uma contribuição para o conhecimento geodinâmico da junção tripla dos Açores*. Tese de Doutoramento no ramo de Geologia, especialidade em Geodinâmica Interna. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 428 pp.
- MADEIRA, J. e SILVEIRA, A., 2003. Active tectonics and first paleoseismological results in Faial, Pico and S. Jorge islands (Azores, Portugal). *Annals of Geophysics*, 46(5): 733-761.
- MADEIRA, J., SILVEIRA, A., HIPÓLITO, A. e CARMO, R., 2015. Active tectonics along the Eurasia-Nubia boundary: data from the central and eastern Azores Islands. 10.1144/M44.3.
- NP EN 1998-1:2010 – Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos.
- PLANO DE GESTÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS AÇORES 2022-2027 (PGRH-AÇORES), 2021. Relatório Técnico. Parte 2 – Caracterização da Situação de Referência e Diagnóstico, Volume 5 – São Jorge. Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas – Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídrico. Ponta Delgada, dezembro de 2021. 280 pp.
- PLANO DE GESTÃO DE RISCOS DE INUNDAÇÕES DA REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES 2022-2027 (PGRIA), 2022. Volume 2\_Atualização e Alteração da Caracterização e Diagnóstico (Fase III). Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas – Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos. Ponta Delgada, novembro de 2022. 273 pp.
- PLANO REGIONAL DA ÁGUA (PRA), 2001. Relatório técnico. Versão para consulta pública. Secretaria Regional do Ambiente, Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos. 414 pp.
- SILVA, M., 2005. Caracterização da sismicidade histórica dos Açores com base na reinterpretação de dados de macrossísmica: contribuição para a avaliação do risco nas ilhas do Grupo Central. Tese de Mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos, Universidade dos Açores, 146 pp.