

HIDROGEODIA

O Hidrogeodia é um dia de divulgação e promoção da hidrogeologia, valorizando as águas subterrâneas, por ocasião da celebração do Dia Mundial da Água (22 de março). Este conceito é promovido pelo Grupo Espanhol da Associação Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE). Este evento, com passeio temático, realiza-se pela segunda vez no arquipélago dos Açores (Portugal).

O evento pretende divulgar e sensibilizar para os recursos hídricos subterrâneos e sua gestão, fomentando a reflexão sobre os seus desafios através de uma atividade gratuita e aberta a todos os públicos, independentemente do seu conhecimento sobre o tema, e liderada por um hidrogeólogo.

Nos Açores, o **Hidrogeodia 2026** celebra-se na ilha Graciosa, através de uma caminhada com explicações sobre aspetos científicos para os recursos hídricos, entre a Caldeirinha de Pêro Botelho (Fig. 1) e as Courelas.



Fig 1: Caldeirinha Pêro Botelho.

A água é um dos recursos mais valiosos da Ilha Graciosa. Está presente na agricultura, no abastecimento das populações e nos

ecossistemas. Compreender como a água circula, de onde vem, como é usada e como pode ser protegida é essencial para garantir a sua sustentabilidade.

A Ilha Graciosa é historicamente conhecida pela escassez de água ou, mais recentemente, pela insegurança quanto à qualidade da água abastecida. Esta caminhada vem salientar a importância dos recursos hídricos e da sua gestão na ilha, abordando temas como a qualidade da água e o fenómeno da intrusão salina.

COMO CHEGAR

O percurso a realizar tem 3,5 km de extensão. O ponto de encontro será junto à entrada do geossítio da Caldeirinha de Pêro Botelho (Fig. 2), e percorrerá a localidade das Almas até ao centro da Guadalupe, junto das Courelas, com um desnível de 300 metros.



Fig 2: Ponto de Encontro, marco do geoparque do geossítio da Caldeirinha de Pêro Botelho

O QUE IREMOS VER

1.ª Paragem – Caldeirinha Pêro Botelho

Cratera do único *spatter cone* (ou “cone de salpicos de lava”) da ilha Graciosa.

2.ª Paragem – Nascente do Tanque

Nascente captada para abastecimento público (Fig. 3), também denominada nascente do Tanque.



Fig 3: Entrada da nascente das Almas.

3.ª Paragem – Tanque Velho do Tanque

Estruturas monumentais de armazenamento de água denominadas de “Tanque” e o tanque propriamente dito (a céu aberto) a jusante.

4.ª Paragem – Pias para lavadeiras

Séries de pias localizadas debaixo de telheiros (Fig. 4).



Fig 4: Pias para Lavadeiras.

5.ª Paragem – Charco

Formação de corpos hídricos superficiais na ilha.

6.ª Paragem – Torneira do Tanque

Ponto de distribuição de água à população.

7.ª Paragem – Poço das Courelas

Poço escavado manualmente para captação de aquíferos de baixa profundidade (Fig. 5). No local há também o bebedouro para o gado.



Fig 5: Poço das Courelas.

8.ª Paragem - Furo das Courelas

Captação de alta profundidade inadequada para consumo devido às suas características químicas.

9.ª Paragem – Reservatório Agrícola das Courelas

Reservatório metálico para armazenamento de água, destinado ao abastecimento de diversas atividades agrícolas.

O QUE É HIDROGEOLOGIA?

A hidrogeologia é o ramo da geologia que estuda as águas subterrâneas, com foco na sua origem, ocorrência, movimentação, distribuição, qualidade e interação com as rochas e solos (aquíferos).

Neste percurso, será dada especial importância aos aquíferos em ilhas vulcânicas, destacando os conceitos de aquífero suspenso e aquífero basal. Estas tipologias distinguem-se pelas características físicas e hidrodinâmicas, bem como pelas químicas e físico-químicas.

Em algumas paragens serão abordados conceitos de geologia, da construção e destruição da ilha (Fig 6), noutras serão abordadas as atividades vulcânicas e geotérmicas da zona.

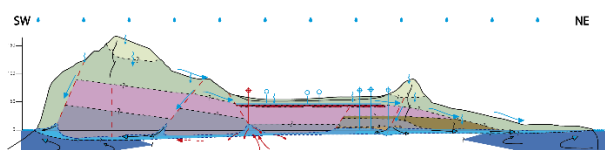


Fig 6: Esquema ilustrativo da estrutura interna da plataforma noroeste da Graciosa e respetiva hidrogeologia (Silva Borges, 2025)

Relacionado com o património hidrológico, serão abordados os seus elementos históricos, culturais e a arquitetura da água nas devidas paragens.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A Ilha Graciosa é uma ilha vulcânica jovem (1,05 Ma; Larrea et al., 2014), construída e moldada num regime tectónico de rifte (Fig. 7), sobre o Rifte da Terceira (Gaspar, 1996; Hipólito et al., 2013; Larrea et al., 2014; Quartau et al., 2015).

O maciço centro-meridional, que inclui a Serra Branca e a Serra da Dormida, apresenta elevações na ordem dos 300 m, com arribas costeiras de 150 m de altitude. Possui vários cones com crateras, alinhados paralelamente ao rifte da Terceira.

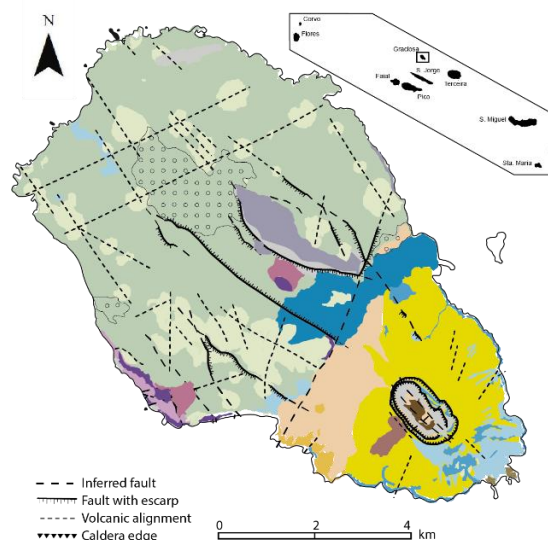


Fig 7: Carta geológica da Ilha Graciosa (Silva Borges, 2025).

Uma dessas estruturas é a Caldeirinha de Pêro Botelho, a 299 metros de altitude, uma pequena cratera vulcânica que atinge uma profundidade de 37 metros e contém uma pequena câmara com 24,6 metros por 7,4 metros no fundo (Pereira et al., 2015; Silva Borges, 2025). Corresponde ao único algar vulcânico conhecido na ilha (Fig. 8), localizado no interior do único *spatter cone* (ou “cone de salpicos de lava”) da Ilha Graciosa. Esta estrutura foi formada pela Unidade de Vitória do Complexo Vulcânico de Vitória-Vulcão Central (130 ka; Larrea et al., 2014). A atividade fissural desta unidade abrangeu toda a zona noroeste e parte da zona central da ilha, formando cones de escória, cones de salpicos e escoadas lávicas dos tipos *pahoehoe* e *aa* (Gaspar, 1996; Sommer et al., 2014). Os numerosos cones de escória representam baixas elevações topográficas, de geometria semicircular, e geralmente apresentam um dos lados colapsado (Sommer et al., 2014). Neste contexto, houve atividade efusiva ou

fracamente explosiva, com cones monogenéticos isolados como produtos vulcânicos, correspondentes a piroclastos e escoadas lávicas basálticas (Gaspar, 1996; Larrea et al., 2014).

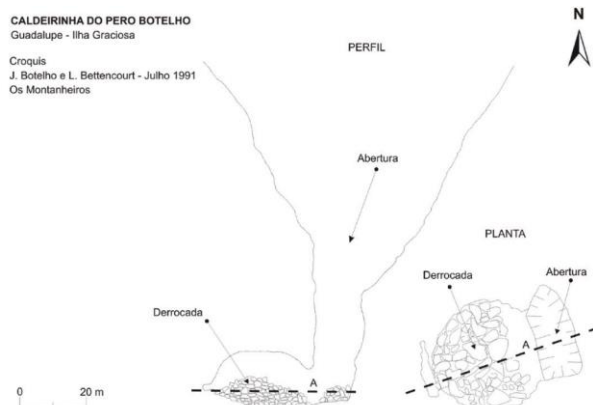


Fig 8: Croqui da Caldeirinha Pêro Botelho (Pereira et al., 2015)

Neste percurso, a Caldeira Pêro Botelho é um geossítio do Geoparque Açores com relevância regional e interesse científico, educacional e geoturístico.

TIPOS DE ROCHA E AQUIFÉROS

Ao longo do percurso serão abordados dois tipos de aquíferos: os aquíferos suspensos, que ocorrem tipicamente acima de camadas confinantes horizontais na zona não saturada, que atuam como barreiras ao movimento vertical (Rodrigues, 2002). Os aquíferos basais podem ser encontrados tanto em ilhas de elevado ou baixo-relevo, como em aquíferos costeiros ou em lenticulas de água doce sobrenadando a água do mar (Falkland & Custodio, 1991).

Tipicamente, os aquíferos em suspensão são de pequena dimensão, o que resulta em tempos de residência curtos e menor mineralização da água (Antunes & Carvalho, 2018; Cruz & França, 2001), no entanto, a sua extensão e distribuição variam, o que, consequentemente, pode alterar este

conceito (Gingerich & Oki, 2016). A descarga de um sistema suspenso pode ocorrer por meio de nascentes (Gingerich & Oki, 2016). Condições topográficas favoráveis podem levar ao aparecimento de numerosas nascentes (Antunes & Carvalho, 2018).

O sistema aquífero basal reflete a área saturada total da ilha, caracterizada por aquíferos livres que apresentam, tipicamente, um gradiente hidráulico muito baixo (Ingebritsen & Scholl, 1993; Peterson, 1984; Rodrigues, 2002). Nas zonas costeiras, as lentes de água doce flutuam acima da água salgada subjacente mais densa (Ingebritsen & Scholl, 1993; Peterson, 1984), com uma zona de transição de água salobra intercalada entre elas (Gingerich & Oki, 2016). De acordo com Cruz et al. (2010) Antunes & Carvalho (2018), não há evidência de uma lenticula basal contínua de água doce sob todas as ilhas, embora possa estar presente em determinadas áreas, servindo como principal fonte de água subterrânea (Falkland & Custodio, 1991; Gingerich & Oki, 2016; Robins, 2013).

No percurso a realizar, iremos abordar o aquífero suspenso do Tanque (Fig. 9), descarregado pelas nascentes que iremos visitar, formado por material de queda basáltico, com barreira inferior de um paleossolo avermelhado. A sua zona de recarga é a própria Caldeirinha.

Iremos abordar o aquífero suspenso da Guadalupe, o aquífero mais recentemente descoberto na ilha, sem qualquer nascente associada, tendo apenas poços escavados, como no caso do que iremos visitar nas Courelas (Fig. 9). É um aquífero de baixa profundidade a ser captado ainda este ano. Este aquífero encontra-se em depósitos de piroclásticos basálticos sobre escoadas lávicas e paleossolos.

Por fim, será abordado o aquífero basal da ilha Graciosa, associado aos basaltos da Serra das Fontes e aos traquitos da Serra Branca.

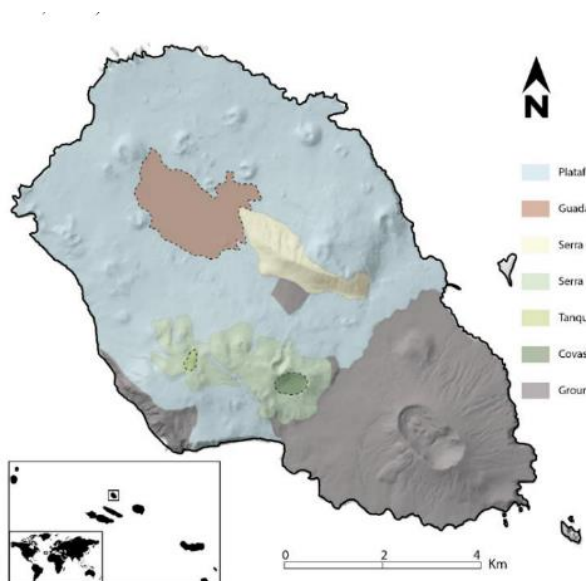


Fig 9: Massas de água e unidades aquíferas da Graciosa (Silva Borges, 2025)

TIPOS DE ÁGUAS

O aquífero suspenso do Tanque é classificado como água do tipo cloretada sódica, semelhante ao aquífero basal; no entanto, este é composto por mais de 80% de $\text{SO}_4 + \text{Cl}$ e apresenta transição para o tipo de água mista. Em contraste, o aquífero suspenso da Guadalupe é do tipo água mista, tendendo para o tipo bicarbonatada magnésiana.

A unidade aquífera basal apresenta valores de condutividade substancialmente mais elevados do que os aquíferos suspensos, variando entre $78 \mu\text{S/cm}$ e $11.530 \mu\text{S/cm}$ e com um valor mediano de $1.395,5 \mu\text{S/cm}$. Enquanto os aquíferos suspensos apresentam valores de condutividade que variam entre $47,1 \mu\text{S/cm}$ e $764 \mu\text{S/cm}$, com uma mediana de $390 \mu\text{S/cm}$. Além disso, é evidente a influência da água salgada no aquífero basal, com teores de sódio e cloreto na unidade basal a variarem entre $62 - 732,6 \text{ mgNa/L}$ e $60,4 - 2.662,5 \text{ mgCl/L}$, respetivamente. Os suspensos apresentam níveis de sódio entre

15 e 57 mgNa/L e níveis de cloreto entre $23,8$ e 116 mgCl/L .

Finalmente, associada ao furo das Courelas, identificado como um furo termal, dada a temperatura a que a água se encontra, entre 38 e 43°C , e a condutividade elétrica entre 6000 e $8000 \mu\text{S/cm}$, é claramente uma água com influências geotérmicas.

Deste modo, no percurso, serão abordadas águas frias e doces, frias salobras, tendencialmente salgadas, e águas quentes salgadas.

ÁGUA E SOCIEDADE

Tal como outras pequenas ilhas vulcânicas, a Ilha Graciosa enfrentou momentos de escassez de água, devido às características da ilha, levando a adaptação da população com a construção de reservatórios privados para a recolha de águas pluviais (Costa, 1845). A distribuição pública de água também dependia de reservatórios maiores que recolham água da chuva e da água subterrânea, o que levou a um aspeto notável da cultura Graciosa, conhecido como arquitetura da água (Bruno, 2010).

Apesar da placa que data a inauguração do reservatório do Tanque indicar 1845, Costa (1845) menciona que o reservatório do Tanque foi originalmente construído em 1500 e reparado em 1844, devido a perdas significativas de água após uma visita técnica do governador do distrito.

Em 1844, uma seca severa provocou uma crise de água potável e reduziu a produtividade agrícola, o que resultou em fome na ilha. A situação era de tal forma grave que as pessoas arriscavam a vida descendo perigosamente por cordas até à gruta vulcânica (a chamada Furna do Enxofre), situada no interior da caldeira, apesar do difícil acesso, para recolher água

do lago, que posteriormente misturavam com a água doce disponível em outras fontes (Bruno, 2010). Além disso, mais de 300 barris de água e de alimentos foram transportados de barco das ilhas próximas para sustentar os habitantes locais.

Na década de 60, devido ao caudal insuficiente de água de nascente e ao sistema de abastecimento em declínio. A Graciosa foi incluída no “Plano Geral de Abastecimento de Água do Distrito de Angra do Heroísmo” (CMSCG, 1963). Este plano melhorou os bebedouros públicos e os do gado e promoveu o abastecimento domiciliário, particularmente devido ao desenvolvimento de furos (Ferreira, 1968). O primeiro furo foi concluído em 1969, o que levou a novas perfurações em resposta ao aumento da procura por água e a problemas de qualidade, resultando em 13 furos adicionais. Por conseguinte, os métodos tradicionais, como os poços cavados manualmente e a recolha de água da chuva, foram progressivamente abandonados.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O HIDROGEODIA GRACIOSA 2026

Os participantes deverão ter em consideração os seguintes elementos:

Parte do evento ocorre numa área natural protegida, devendo-se evitar a deposição de lixo, a recolha de rochas, o pisoteio fora dos locais assinalados, etc.

Deverão ser respeitadas as estruturas patrimoniais e culturais visitadas.

Haverá especial acesso a fontes de água que estão vedadas por razões de proteção, deverá ter especial cuidado quanto à higiene e proteção destas estruturas.

É importante salientar que os organizadores deste evento não se responsabilizam por danos, perdas, furtos, etc.

ORGANIZADORES DO HIDROGEODIA GRACIOSA 2026

Paulo Filipe Silva Borges^{1,2,3} (Hidrogeólogo)

André Espínola⁴ (Engenheiro do Ambiente)

Carlos F. S. Picanço⁴

Paulo J. Mendes Barcelos⁵ (Engenheiro Agrícola)

Salomé C. Meneses⁶ (Geóloga)

Lurdes Faustino⁷ (Engenheira do Ambiente)

Regina Rosa⁸

Carlos Leal⁸

Flávia Mendes⁸

- 1- Instituto de Investigação de Tecnologias Agrárias e do Ambiente;
- 2- Universidade dos Açores;
- 3- Grupo Português da Associação Internacional de Hidrogeólogos;
- 4- Serviço de Ambiente e Ação Climática da Graciosa, Governo Regional dos Açores;
- 5- Associação Os Montanheiros;
- 6- Geoparque Açores;
- 7- Câmara Municipal de Santa Cruz da Graciosa;
- 8- Observatório do Ambiente dos Açores – Centro de Ciência de Angra do Heroísmo



BIBLIOGRAFIA

- Antunes, P., & Carvalho, M. R. (2018). Surface and Groundwater in Volcanic Islands: Water from Azores Islands. In *Active Volcanoes of the World* (pp. 301–329). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32226-6_13
- Bruno, J. A. P. (2010). Arquitectura da água da ilha Graciosa. In Direção Regional da Cultura, Instituto Açoriano de Cultura, & Câmara Municipal de Santa Cruz da Graciosa (Eds.), *Inventário do Património Imóvel dos Açores Santa Cruz da Graciosa* (pp. 35–42). projecto SOSTENP – Estratégias de Desenvolvimento Económico, Social e Ecológico Sustentável em Espaços Naturais Protegidos da Macaronésia.
- CMSCG. (1963). Projeto de abastecimento de água à zona sul - Luz. Memória descritiva e justificativa. In *Biblioteca Pública e Arquivo Regional Luís da Silva Ribeiro. Regional Archives*.
- Costa, F. J. da. (1845). Memória estatística e histórica da ilha Graciosa. In *Imprensa de Joaquim José Soares*. Imprensa de Joaquim José Soares.
- Cruz, J. V., & França, Z. (2001). *Groundwater composition of perched-water bodies at Azores volcanic islands*. <https://www.researchgate.net/publication/236212936>
- Cruz, J. V., Pacheco, D., Cymbron, R., & Mendes, S. (2010). Monitoring of the groundwater chemical status in the Azores archipelago (Portugal) in the context of the EU water framework directive. *Environmental Earth Sciences*, 61(1), 173–186. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0334-8>
- Falkland, A., & Custodio, E. (1991). Hydrology and water resources of small islands: a practical guide. In A. Falkland (Ed.), *UNESCO* (1st ed.). UNESCO.
- Ferreira, A. de B. (1968). A ilha Graciosa. Chorographia. In *Livros Horizonte, Coleção Espaço e Sociedade*.
- Gaspar, J. L. (1996). Ilha Graciosa (Açores). História Vulcanológica e Avaliação do Hazard. In *Universidade dos Açores*. Universidade dos Açores.
- Gingerich, S. B., & Oki, D. S. (2016). Ground Water in Hawaii. In *US Geological Survey*. <http://hi.water.usgs.gov>
- Hipólito, A., Madeira, J., Carmo, R. L., & Gaspar, J. L. (2013). Neotectonics of Graciosa island (Azores): a contribution to seismic hazard assessment of a volcanic area in a complex geodynamic setting. *Annals of Geophysics*, 56(6). <https://doi.org/10.4401/ag-6222>
- Ingebritsen, S. E., & Scholl, M. A. (1993). The hydrogeology of Kilauea volcano. *Geothermics*, 22(4), 255–270. [https://doi.org/10.1016/0375-6505\(93\)90003-6](https://doi.org/10.1016/0375-6505(93)90003-6)
- Larrea, P., Wijbrans, J. R., Galé, C., Ubide, T., Lago, M., França, Z., & Widom, E. (2014). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ constraints on the temporal evolution of Graciosa Island, Azores (Portugal). *Bulletin of Volcanology*, 76(2), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s00445-014-0796-8>
- Pereira, F., Nunes, J. C., Borges, P. A. V., Costa, M. P., Constância, J. P., Barcelos, P., Braga, T., Gabriel, R., Amorim, I. R., Lima, E. A., Garcia, P., & Medeiros, S. (2015). *Catálogo das cavidades vulcânicas dos Açores (algares vulcânicos, grutas lávicas e de erosão marinha)* (Associação Os Montanheiros/ GESPEA (ed.)).
- Peterson, F. L. (1984). Hydrogeology of high oceanic islands. *Proc. Regional Workshop on Water Resources of Small Islands, Suva, Fiji. Commonwealth Science Council Tech.*

- Quartau, R., Hipólito, A., Mitchell, N. C., Gaspar, J. L., & Brandão, F. (2015). Comment on “Construction and destruction of a volcanic island developed inside an oceanic rift: Graciosa Island, Terceira Rift, Azores” by Sibrant et al. (2014) and proposal of a new model for Graciosa’s geological evolution. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 303, 146–156. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.07.007>
- Robins, N. S. (2013). A review of small island hydrogeology: Progress (and setbacks) during the recent past. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 46(2), 157–166. <https://doi.org/10.1144/qjegh2012-063>
- Rodrigues, F. C. (2002). Hidrogeologia da ilha Terceira (Açores - Portugal). In *Faculdade de Ciências Agrárias e do Ambiente, Universidade dos Açores*. Universidade dos Açores.
- Silva Borges, P. F. (2025). Hydrogeophysics and Hydrogeology of volcanic islands, characterization of aquifers in the Azores. In *University of Azores*. Universidade dos Açores.
- Sommer, C. A., Lima, E. F., Rossetti, L. M. M., Waichel, B. L., Machado, A., Lopes, F. C., Saldanha, D. L., Barata, M. T., & Barreto, C. J. (2014). Caracterização geoquímica das rochas vulcânicas da Ilha da Graciosa, Açores, Portugal: Considerações preliminares. *Comunicacoes Geologicas*, 101, 217–220.

NOTAS

MAPA DO HIDROGEODIA GRACIOSA 2026

