



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS
DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO
AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUROS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO
DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES**

Relatório de Progresso, 2023



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUIROS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Relatório de Progresso, 2023

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
dos Açores – ERSARA

Lisboa • julho 2023

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 279/2023 – **DHA/NRE**

Título

ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUROS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Relatório de Progresso, 2023

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Maria José Henriques

Técnica Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Colaboração

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Tiago N. Martins

Técnico Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 279/2023

Proc. 0605/1201/23463

ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUROS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Relatório de Progresso, 2023

Resumo

Neste relatório apresentam-se os trabalhos desenvolvidos no primeiro semestre de 2023 no âmbito do contrato CON-ERSARA/2022/5, relativos à assessoria técnica para a "Análise e acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, Açores", em curso para a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) desde 2012.

O relatório apresenta os resultados (1) dos trabalhos promovidos pela 65 Air Base Group, (2) da monitorização da qualidade das águas subterrâneas desenvolvida pelo LNEC e (3) do programa de controlo da qualidade da água, na origem, para consumo humano promovido pela Praia Ambiente, E.M.. Apresenta-se, igualmente, uma síntese das reuniões havidas no domínio das questões ambientais em 2023. O relatório termina com uma síntese dos resultados obtidos, respetivas conclusões e uma atualização das recomendações.

Palavras-chave: Concelho de Praia da Vitória / Águas subterrâneas / Reabilitação / Monitorização

ANALYSIS AND MONITORING OF THE REHABILITATION WORKS FOR IMPROVEMENT OF THE ENVIRONMENTAL SITUATION SURROUNDING THE WATER SUPPLY WELLS OF PRAIA DA VITÓRIA MUNICIPALITY, AZORES

Progress Report, 2023

Abstract

This report presents the work carried out in the 1st semester of 2023 under contract CON-ERSARA/2022/5, relating to technical advice for the "Analysis and monitoring of rehabilitation work to improve the environmental situation surrounding the boreholes for the water supply of the municipality of Praia da Vitória, Azores", in progress for The Water and Waste Services Regulation Authority of the Azores (ERSARA) since 2012.

The report presents the results of (1) the works promoted by the 65th Air Base Group, (2) the groundwater quality monitoring developed by LNEC, and (3) the water quality control program for human consumption promoted by Praia Ambiente, EM. It also presents a summary of the meetings held in 2023 concerning environmental issues. The report ends with a summary result obtained, respective conclusions and an update of the recommendations.

Keywords: Praia da Vitória Municipality / Groundwater / Rehabilitation / Monitoring

Índice

1	Introdução	1
2	Objetivos e metodologia	2
3	Acompanhamento dos trabalhos promovidos pelo 65 <i>Air Base Group em relação aos Sites 3001 e 5001</i>	4
4	Monitorização da qualidade das águas subterrâneas	6
4.1	Descrição da campanha realizada	6
4.2	Critérios para a classificação da qualidade das águas subterrâneas	7
4.3	Resultados obtidos	8
4.3.1	Porta de Armas (<i>Main Gate</i> , Site 3001)	8
4.3.2	<i>South Tank Farm</i> (Site 5001/AOC-1)	15
5	Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano	21
5.1	Resultados da amostragem pontual	21
5.2	Resultados da amostragem contínua	30
6	Participação em reuniões	31
7	Síntese, conclusões e recomendações	33
	Referências bibliográficas	37

Índice de figuras

Figura 3.1 – Pormenor do pipeline que atravessa perpendicularmente a pista de aviação, junto ao edifício T-705 (que engloba os edifícios anteriormente designados por T-705 e T 706) (Leitão, 2023)	4
Figura 3.2 – Perímetro de proteção intermédio e alargado em redor da captação Juncal 1 para o caudal de 5 L/s e de 10 L/s (Henriques, Martins e Lobo Ferreira, 2013)	4
Figura 4.1 – Localização dos pontos de amostragem de águas subterrâneas	6
Figura 4.2 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001	11
Figura 4.3 – Concentração em HTP na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2019 e 2023	11
Figura 4.4 – Variação da concentração em HTP na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, desde 2010	12
Figura 4.5 – Concentração em BTEX na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2019 e 2023	13
Figura 4.6 – Concentração em COV na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2019 e 2023	14
Figura 4.7 – Concentração em HAP na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2019 e 2023	14
Figura 4.8 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas a sul do Site 5001	16
Figura 4.9 – Concentrações em HTP e PCE na água de piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2023	16
Figura 4.10 – Concentrações em HAP na água de piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2023	19
Figura 5.1 – Localização dos furos monitorizados pela Praia Ambiente	22
Figura 5.2 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público entre 2021 e 2023, para amostras pontuais	25
Figura 5.3 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público entre 2021 e 2023, para amostras pontuais	25
Figura 5.4 – Diagrama de box-plot das concentrações em cloreto nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público	27
Figura 5.5 – Tendência crescente de cloretos nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)	28
Figura 5.6 – Tendência crescente de sódio nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)	29
Figura 5.7 – Tendência crescente de zinco nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)	29
Figura 5.8 – Tendência crescente de zinco nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)	30

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Características dos piezómetros e dos furos monitorizados	7
Quadro 4.2 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem dentro e fora do Site 3001, em abril (e junho) de 2023	9
Quadro 4.3 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem a sul do Site 5001, em abril (e junho) de 2023	17
Quadro 5.1 – Plano de Monitorização Especial dos Furos para o ano 2023 proposto pela Praia Ambiente	21
Quadro 5.2 – Resultados de análises químicas de amostras pontuais recolhidas nos furos de captação para eventual abastecimento público, em dezembro de 2022 e em 2023	23
Quadro 5.3 – Resultados dos testes de Mann-Kendall original e sazonal aplicados com os dados dos últimos 14 anos	27

Agradecimentos

Agradece-se todo o apoio do Comando Português da Zona Aérea dos Açores para a realização deste trabalho, bem como às Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes.

Ao Dr. Tiago Martins agradece-se a ajuda na preparação da campanha de monitorização.

Agradece-se à Praia Ambiente, E.M. a sua colaboração no envio de dados sobre a qualidade das águas para consumo humano, através da ERSARA.

Lista de acrónimos

65 ABG - Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, 65th *Air Base Group* da USAFE

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

BTEX - Benzeno, tolueno, etilbenzeno, meta-para xileno e orto-xileno

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

ERSARA - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores

FAP - Comando Português da Zona Aérea dos Açores ou Força Aérea Portuguesa

HAP - Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

HTP - Hidrocarbonetos totais do petróleo

L - Limiar definido pela Autoridade Nacional da Água (APA, 2021)

LNAPL - Fase líquida leve não aquosa (*Light Non-Aqueous Phase Liquid*)

LQ - Limite de quantificação do método analítico usado pelo laboratório de análises químicas

MDN - Ministério da Defesa Nacional

MW - Piezómetro (*Monitoring well*)

NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da Diretiva das Águas Subterrâneas, DAS, DL 208/2008

NQA - Norma de Qualidade Ambiental, conjunto de valores de referência de qualidade da água: NQ, L, VP, normas do Canadá e da Holanda

PCQA - Programa de Controlo da Qualidade da Água

PMECQA - Plano de Monitorização Especial de Controlo da Qualidade da Água

Site 3001 - Porta de Armas ou *Main Gate*

Site 5001 - *South Tank Farm* ou AOC-1

USAFE - *United States Air Force*

VP - Valor Paramétrico, DL 306/2007 Qualidade da água destinada ao consumo humano, alterado pelo Decreto-Lei n.º 152/2017

VPGR - Vice-Presidência do Governo Regional dos Açores

1 | Introdução

No âmbito da "Análise e acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, Açores", em curso desde 2012 para a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA), apresenta-se o relatório do 1.º semestre do ano 2023.

O relatório foi estruturado nos seguintes sete capítulos: 1 | Introdução, 2 | Objetivos e metodologia, 3 | Acompanhamento dos trabalhos promovidos pelo 65 *Air Base Group em relação aos Sites 3001 e 5001*, 4 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas, 5 | Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano, 6 | Participação em reuniões, terminando com 7 | Síntese, conclusões e recomendações.

Os relatórios de análise e acompanhamento da situação ambiental têm vindo a ser produzidos semestralmente para a ERSARA, desde 2012, e são os seguintes: Leitão, Lobo-Ferreira e Oliveira (2013); Leitão e Mota (2015); Leitão e Henriques (2016a, 2016b, 2018a, 2018b, 2018c, 2019, 2020a, 2020b, 2021 e 2023).

2 | Objetivos e metodologia

O objetivo deste estudo é realizar a análise e o acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental do concelho de Praia da Vitória, Açores, através de uma assessoria para a ERSARA.

O programa de trabalhos do contrato CON-ERSARA/2022/5, em vigor para dois anos (julho de 2022 a julho de 2024), inclui os seguintes aspetos:

- a) manter atualizada a base de dados em Access® com a informação relativa à qualidade das águas subterrâneas, tanto a obtida no âmbito dos estudos do LNEC para a ERSARA, como a fornecida pela entidade gestora;
- b) avaliar e emitir breve parecer sobre os trabalhos de monitorização e de reabilitação em curso pelo 65 ABG da USAFE;
- c) avaliar as propostas de reabilitação das águas subterrâneas preconizadas pela Força Aérea Americana (USAFE - United States Air Force) para os anos 2022 e seguintes, na perspetiva da proteção das águas subterrâneas para abastecimento público do concelho de Praia da Vitória;
- d) analisar, acompanhar e promover a boa execução dos trabalhos de reabilitação diligenciados pela USAFE, através da:
 - i. deslocação ao Concelho para acompanhamento parcial dos trabalhos;
 - ii. promoção e realização de reuniões anuais e presenciais, em coordenação com o Comando da Zona Aérea dos Açores e o Ministério da Defesa Nacional (MDN), com a participação do LNEC, da ERSARA e de representantes do destacamento das Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, para acompanhamento do desenvolvimento e da eficácia dos trabalhos em curso;
 - iii. promoção e realização de reuniões anuais e presenciais, em coordenação com a Vice-Presidência do Governo Regional dos Açores (VPGR), a ERSARA, com a participação do LNEC e de autoridades regionais e locais a designar pela VPGR e pela ERSARA, para apresentação dos trabalhos promovidos pelo LNEC;
 - iv. leitura, avaliação e emissão de parecer relativo aos documentos que forem sendo elaborados para a USAFE sobre esta temática;
 - v. monitorização semestral *in situ* de parâmetros globais da qualidade da água (nível piezométrico, condutividade elétrica, temperatura, pH) nos dez furos e piezómetros que têm vindo a ser monitorizados desde 2013;
 - vi. recolha semestral de amostras de água para análises químicas, num total de quatro campanhas, visando o complemento e a aferição dos dados obtidos pela USAFE (dentro dos locais contaminados) e da entidade gestora da água para consumo humano (furos de captação), na perspetiva da salvaguarda da água para

consumo humano; as campanhas terão um intervalo de, pelo menos, quatro meses entre si;

vii. tratamento da informação recolhida.

- e) contribuir para as atas das reuniões previstas nas subalíneas ii e iii, a realizar pela entidade indicada em cada ocasião;
- f) analisar os Planos de Monitorização Especial e o programa de controlo da qualidade da água para consumo humano na origem apresentado pela entidade gestora (alínea d), do n.º 1, artigo 7.º, do DLR n.º 8/2010/A) e propor eventuais alterações que se julguem necessárias face aos resultados obtidos;
- g) elaborar um relatório semestral com a síntese da informação obtida para apresentação à ERSARA;
- h) elaborar um relatório final com a análise do ponto de situação dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, após integração das recomendações e comentários acordados entre a VPGR, o LNEC e a ERSARA;
- i) apoiar a VPGR e a ERSARA em qualquer questão técnico-científica que entenda colocar, incluindo a deslocação e o apoio durante as reuniões para as quais o LNEC possa ser chamado.

3 | Acompanhamento dos trabalhos promovidos pelo 65 Air Base Group em relação aos Sites 3001 e 5001

No final de 2022, a posição dos EUA relativamente a não haver potenciais impactes da contaminação dos solos e das águas subterrâneas na saúde humana "NO-SIHHS" (No Substantial Impact to Human Health and Safety) (USAFE, 2020) foi revogada para o Site 3001, o que permitiu em 2023 retomar diversas ações de monitorização e de reabilitação.

As ações de monitorização e de reabilitação previstas são apresentadas no documento "Perform Spill Response Activities and a Well Survey at Lajes Field, Azores, Portugal" (sem autoria), tendo sido obtido financiamento para a sua implementação. Os trabalhos incluem: (1) a inertização de um pipeline inativo; (2) a remoção dos solos envolventes contaminados; (3) o levantamento do estado de conservação de diversos furos do Site 3001 e elaboração de uma proposta tendo em vista a sua manutenção ou selagem; (4) a construção de novos piezómetros; e (5) a monitorização das águas subterrâneas.

Em relação à inertização do pipeline que passa junto ao 3001-MW04, junto ao edifício T-705 (cf. Figura 3.1), julga-se ser uma obra da maior importância já que se destina a remover os hidrocarbonetos presentes nos solos e nas águas subterrâneas (com *Light Non-Aqueous Phase Liquid* ou *hidrocarbonetos sobrenadantes*, LNAPL, no piezómetro 3001-MW04), numa das áreas mais contaminadas do Site 3001, localizada muito próximo do limite do perímetro de proteção alargada do furo de captação para abastecimento do Juncal 1 (cf. Figura 3.2).



Figura 3.1 – Pormenor do pipeline que atravessa perpendicularmente a pista de aviação, junto ao edifício T-705 (que engloba os edifícios anteriormente designados por T-705 e T 706) (Leitão, 2023)



Figura 3.2 – Perímetro de proteção intermédio e alargado em redor da captação Juncal 1 para o caudal de 5 L/s e de 10 L/s (Henriques, Martins e Lobo Ferreira, 2013)

Os trabalhos preveem a avaliação de cerca de 550 m de pipelines inativos, por suspeita de poder haver derrames, e a sua inertização. Desconhecem-se detalhes sobre a existência de alguns troços, o seu diâmetro e a existência de combustível, pelo que são apresentadas várias opções de acordo com o

encontrado, sempre assegurando a remoção de eventual LNAPL e de solos contaminados descobertos.

Sobre o ponto (3) está em curso a análise do estado de conservação de 58 piezómetros, designadamente onde há suspeitas de má execução com possível contacto entre estratos hidrogeológicos distintos (e.g. 3001-MW29, 3001-MW30 e 3001-MW31), que inclui a inspeção visual e com recurso a uma câmara (em 15 piezómetros). Os resultados vão servir de base para decidir sobre o destino dos piezómetros, incluindo recomendações e procedimentos para a inertização/destruição dos piezómetros.

Conforme discutido na reunião de 5 de maio (cf. capítulo 6), o LNEC concorda com o trabalho previsto no ponto (3), embora considere que os furos só devem ser destruídos no caso de estarem mal contruídos (e.g., permitirem o contacto entre estratos hidrogeológicos diferentes ou serem uma conduta preferencial para contaminação), estarem em mau estado de conservação, ou de estarem secos sem perspectiva de vir a conter água. O argumento de serem piezómetros próximos e, por isso, de darem informação redundante não nos parece ser suficiente para destruir piezómetros, atendendo a que poderão vir a ser úteis em ensaios de traçador, entre outros aspetos. Também o facto de não serem usados na monitorização não deve servir de justificação para destruir o piezómetro, já que pode haver alterações na qualidade da água que justifiquem voltar a incluir aqueles piezómetros nos programas de monitorização. Os resultados obtidos serão reportados e apresentados em reuniões de peritos, permitindo a análise e discussão de diferentes opções por ambas as delegações.

Relativamente ao ponto (4) está previsto construir três furos para monitorização/extração de águas subterrâneas no aquífero basal, cada um com uma profundidade de aproximadamente 65 metros. A sua localização aproximada será numa área do Site 3001 sem informação, localizada entre o piezómetro 3001-MW04 (onde se registam LNAPL) e os furos de abastecimento do 65 ABG. O LNEC considera esta ação válida, tendo chamado a atenção para a necessidade de se evitar a contaminação do aquífero basal durante o processo de furação.

Finalmente, o ponto (5) sobre a monitorização semestral de águas subterrâneas, está prevista a medição dos níveis piezométricos de 43 furos/piezómetros e a espessura de LNAPL. Vão também ser recolhidas amostras de 35 furos/piezómetros para analisar um conjunto de hidrocarbonetos equivalente aos que vêm sendo solicitados para análise química pelo LNEC. Considera-se que esta ação e o seu reporte são bem vindas.

Em relação ao Site 5001, foi apresentado pelo 65 ABG um anteprojecto para a demolição de dois tanques de armazenamento (T-1635 e T-1641) e de um tanque de recuperação de combustível (T-1626-1), mas este ainda não avançou. Os trabalhos propostos incluem a remoção de cerca de 18 m³ (24 cubic yards) de solos contaminados na envolvente dos tanques, ações que se enquadram nas medidas de reabilitação julgadas necessárias para o Site 5001. No entanto, é provável que estes trabalhos não sejam suficientes para remover os níveis de LNAPL e demais hidrocarbonetos presentes nas águas subterrâneas daquele local, atendendo a que a área afetada é mais vasta que a área de intervenção prevista. Nesse contexto, considera-se que devem ser realizadas novas ações de monitorização e de reabilitação deste local.

4 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas

4.1 Descrição da campanha realizada

As campanhas de monitorização realizadas pelo LNEC incidiram sobre os mesmos dez piezómetros que têm vindo a ser monitorizados nos últimos anos pelo LNEC para a ERSARA nos Sites 3001 e 5001 (cf. Figura 4.1). Trata-se de pontos de amostragem localizados na periferia dos sites, visando avaliar se há migração de contaminantes para jusante dos mesmos.

A primeira campanha semestral teve lugar de 20 a 21 de abril. Devido a problemas havidos com a conservação das amostras para a análise de compostos orgânicos voláteis (COV) foi necessário fazer nova amostragem para COV em 1 de junho.

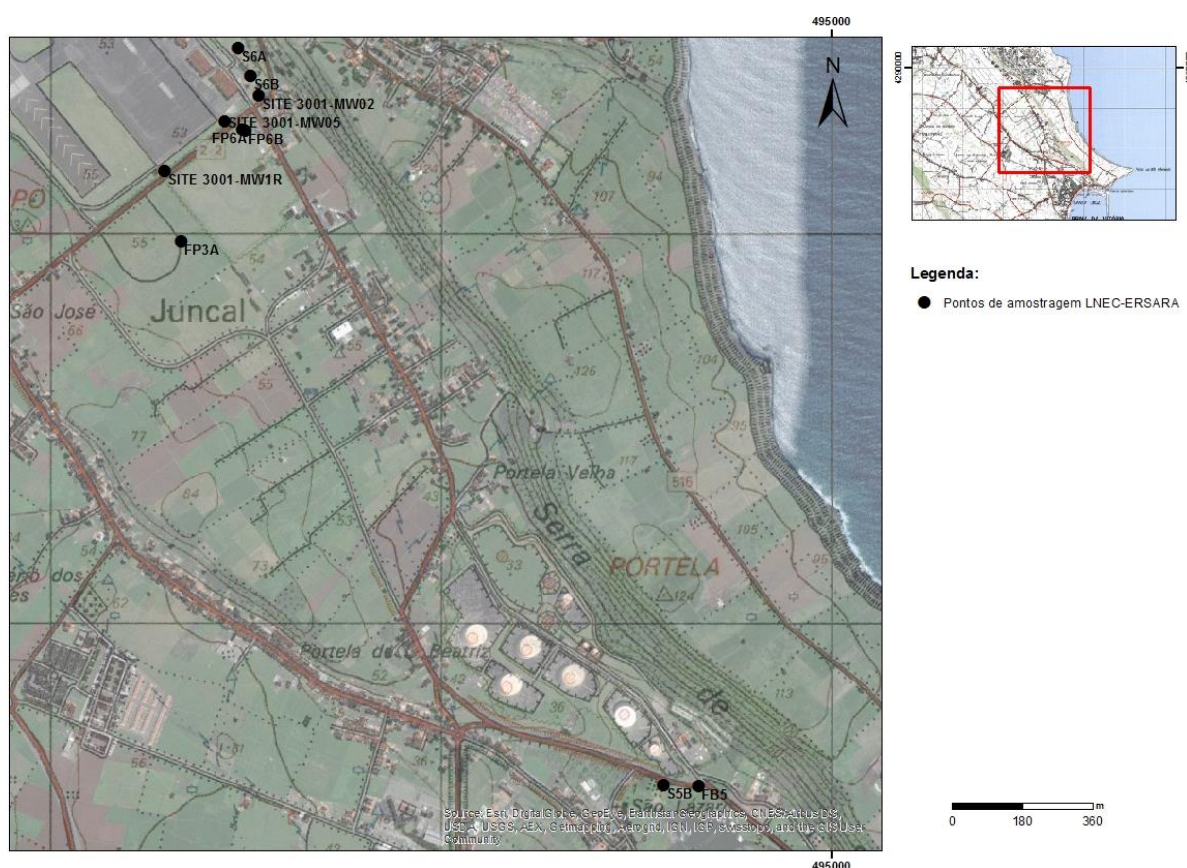


Figura 4.1 – Localização dos pontos de amostragem de águas subterrâneas

Os pontos de amostragem dentro e junto ao Site 3001 incluem oito piezómetros, nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia e (2) no Site 5001 incluem dois piezómetros localizados à saída, no aquífero basal (neste local não há formações hidrogeológicas mais superficiais uma vez que o aquífero basal está a cerca de 1-2 m abaixo da superfície do terreno). Os locais, objetivos, metodologias e análises químicas utilizados nesta campanha são equivalentes aos das últimas campanhas efetuadas pelo LNEC (e.g., Leitão e Henriques, 2018c).

No Quadro 4.1 apresentam-se as características dos piezómetros e dos furos monitorizados.

Quadro 4.1 – Características dos piezómetros e dos furos monitorizados

Ponto	Coordenadas		Profundidade do furo (m)	Cota do solo (m)	Tubos ralos	
	E	N			Profundidade (m)	Cota (m)
3001-MW01R	493291	4289157	9,00	54,70	1,9 a 8,0	52,80 a 46,70
3001-MW02	493535	4289352	7,80	53,67	4,8 a 7,8	48,87 a 45,87
3001-MW05	493454	4289287	6,40	52,86	3,4 a 6,4	49,46 a 46,46
S6A	493479	4289472	11,00	56,44	2,6 a 8,6	53,84 a 47,84
S6B	493512	4289400	9,00	54,31	2 a 7	52,26 a 47,26
FP3A	493335	4288976	16,50	53,56	7,5 a 8,5 e 13,0 a 15,0	48,31 a 47,31 e 42,81 a 40,81
FP6A	493491	4289262	42,00	53,56	37,0 a 40,0	16,56 a 13,56
FP6B	493500	4289260	12,00	53,56	2,0 a 4,0	51,56 a 49,56
S5B	494571	4287582	5,30	1,66	1,3 a 5,3	0,36 a -3,64
FB5	494670	4287575	12,00	1,73	5,5 a 8,5	-3,77 a -6,77

4.2 Critérios para a classificação da qualidade das águas subterrâneas

Os critérios que têm vindo a ser utilizados para a classificação do estado químico das águas subterrâneas da área em estudo mantêm-se, através da legislação portuguesa em vigor, nomeadamente as Normas de Qualidade (NQ, cf. Anexo I) definidas na Diretiva das Águas Subterrâneas (DAS), transposta pelo Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro, embora com atualização dos Limiares definidos pela Autoridade Nacional da Água, revistos em 2021, apresentando novas substâncias e valores (APA, 2021).

Para os parâmetros químicos não contemplados na DAS nem nos Limiares, continuam a utilizar-se como referência os valores paramétricos definidos no Decreto-Lei n.º 152/2017 para a qualidade da água destinada ao consumo humano. Complementarmente é, ainda, utilizada a legislação do Canadá, relativa aos padrões para condições de águas subterrâneas potáveis, tendo também sido listadas as normas para condições de águas subterrâneas não potáveis e a legislação da Holanda relativa aos valores a partir dos quais deve haver intervenção.

O conjunto de documentos normativos usado tem a seguinte ordem de prioridade (considera-se o primeiro valor de referência ou Norma de Qualidade Ambiental, NQA, que existe):

- NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008.
- L - Limiares (APA, 2021).
- VP - Valor Paramétrico, DL 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano.
- Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (T2), ME (2011).
- Canadá - Standards in a non-Potable Groundwater Condition (T3) ME (2011).
- Holanda – *Intervention Value* (IV), VROM (2000).

Os baixos valores dos Limiares estabelecidos pela APA em 2021 conduziram a que ainda haja limites de quantificação (LQ) das análises químicas superiores ao Limiar, o que se traduz na potencial presença de elementos acima do respetivo Limiar, mas que não são detetáveis se a sua concentração estiver abaixo do LQ. Até à data, os laboratórios de análises ainda não conseguiram baixar todos os LQ por dificuldades analíticas e protocolos previamente estabelecidos com laboratórios subcontratados. Assim, apesar de alguns valores estarem mais baixos (e.g., HTP), os LQ dos seguintes elementos/compostos ainda têm valores iguais ou superiores ao Limiar: antraceno, benzo(a)antraceno, Dibenz(a,h)antraceno (apenas nas análises feitas pelo LAIST, cf. capítulo 4), 1.1.2.2-Tetracloroetano, Bromometano, cis-1.3-Dicloropropileno, Hexaclorobutadieno, trans-1.3-Dicloropropeno, Hidrocarbonetos Totais do Petróleo e Antimónio (apenas nas análises feitas pela AmbiPar Control, cf. capítulo 5).

4.3 Resultados obtidos

4.3.1 Porta de Armas (*Main Gate*, Site 3001)

A Figura 4.1 apresenta os pontos de recolha de amostras de águas subterrâneas para análise química em 2023. Os pontos de amostragem das campanhas para a ERSARA mantêm-se os mesmos desde 2013 e incluem piezómetros nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia.

Desde 2018, através de protocolos celebrados entre o MDN e o LNEC, esta monitorização está a ser complementada nestes e em diversos outros Sites, procurando adquirir informação que vinha sendo obtida pelo 65 ABG, descontinuada nos últimos anos, embora parcialmente retomada em 2023. Os pontos incluem furos, piezómetros e um poço nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia, e no aquífero basal (cf. Figura 4.2).

Os resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas em abril (e junho) de 2023 são apresentados no Quadro 4.2. No quadro assinalam-se a vermelho os parâmetros que excederam os valores de referência (cf. secção 4.2 e Anexo I), e a amarelo os hidrocarbonetos com valores acima do limite de quantificação da análise química. No Anexo II deste relatório apresentam-se os dados de campo registados *on site* na campanha de 2023.

Quadro 4.2 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem dentro e fora do Site 3001, em abril (e junho) de 2023

Designação local	FP3A	FP6A	FP6B	S6A	S6B	3001-MW01R	3001-MW02	3001-MW05	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
Parâmetro	Unidade											
In situ												
Temperatura	oC	17,1	17,4	16,6	15,1	17,0	17,0	17,4	15,4	-	-	-
pH	Sorensen	7,9	7,3	7,8	8,0	7,5	7,7	7,3	7,2	L 5,5; 9	-	-
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	1387,0	850,0	330,1	390,6	732,0	627,0	540,0	484,3	L 2500	0	-
Potencial redox (Eh)	mV	96,1	-78,1	120,5	86,0	112,2	119,5	119,1	115,9	-	0	-
Parâmetros agregados												
Índice de fenóis	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá 0,89	0	0
Inorgênicos não metálicos												
Cloratos	mg/L	63	67	54	31	102	43	47	114	L 250	0	-
Nitratos	mg/L	6,5	2,5	4	-0,3	-0,3	4,8	4	-0,3	NQ	50	0
Sulfatos	mg/L	26	13	32	13	2,9	11	20	0,4	L 250	0	-
Metais em solução / Cátions maiores												
Alumínio - Al	mg/L	0,12	0,066	0,113	0,17	0,258	0,392	0,52	0,07	L 0,2	3	-
Antimônio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	L 0,01	0	-
Arsénio - As	mg/L	-0,001	-0,001	0,0011	-0,001	0,0018	0,0016	-0,001	-0,001	L 0,01	0	-
Bário - Ba	mg/L	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	0,031	-0,03	-0,03	L 1,3	0	-
Berílio - Be	mg/L	0,00049	-0,0004	-0,0004	-0,0004	0,00047	0,0012	-0,0004	-0,0004	Canadá 0,004	0	-
Boro - B	mg/L	0,047	0,068	0,19	0,25	0,31	0,069	0,082	0,14	L 2,4	0	-
Cádmio - Cd	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	L 0,005	0	-
Cálcio - Ca	mg/L	8,6	11	75	31	28	47	34	44	-	0	-
Chumbo - Pb	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	0,0072	-0,003	0,0035	0,0036	-0,003	L 0,01	0	-
Cobalto - Co	mg/L	-0,002	0,0023	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	Canadá 0,0038	0	-
Cobre - Cu	mg/L	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	0,0026	0,0036	-0,002	L 2	0	-
Crómio - Cr	mg/L	0,0071	0,011	0,0014	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	L 0,05	0	-
Ferro - Fe	mg/L	0,27	2,4	9,1	0,69	8,5	47	0,88	8,6	L 0,2	8	-
Fósforo - P	mg/L	0,06	-0,05	0,23	0,13	1,3	0,65	0,51	0,05	L 0,13	4	-
Lítio - Li	mg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L 1,65	0	-
Magnésio - Mg	mg/L	10	6,5	34	32	14	19	17	25	-	0	-
Manganês - Mn	mg/L	0,015	0,081	8,4	8,6	3,6	0,59	0,42	4,7	L 0,05	7	-
Mercurio - Hg	µg/L	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	L 1	0	-
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	0,0063	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá 0,07	0	-
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	0,29	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	L 0,02	1	-
Potássio - K	mg/L	9,3	12	13	14	7	4	4,9	16	-	0	-
Prata - Ag	mg/L	-0,001	-0,001	0,0016	0,0018	0,001	-0,001	-0,001	0,001	Canadá 0,0015	2	-
Selénio - Se	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	0,0018	0,0022	-0,0004	L 0,03	0	-
Sódio - Na	mg/L	46	57	47	71	69	43	53	73	VP 200	0	-
Vanádio - V	mg/L	-0,002	-0,002	0,012	-0,002	0,0028	0,0057	-0,002	0,0022	Canadá 0,0062	1	-
Zinco - Zn	mg/L	-0,01	-0,01	0,011	0,035	0,028	0,041	0,015	-0,01	L 0,05	0	-
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP												
HTP	mg/L	-0,012	-0,012	0,041	0,040	0,012	0,016	0,120	0,048	L 0,01	6	6
BTEX												
Benzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	L 1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L 4	0	0
Meta-para xileno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Σ	0	0
Orto-xileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Σ	0	0
Tolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	L 7	0	0
Xilenos	µg/L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	L 2,4	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados												
1.1.1.2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 1,1	0	0
1.1.1.1-Tricloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 200	0	0
1.1.2.2-Tetracloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	Canadá 1	0	0
1.1.2.1-Tricloroetano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá 4,7	0	0
1.1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 5	0	0
1.1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 1,6	0	0
1.1-Dicloropropileno	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
1.2.3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	0	0
1.2.3-Tricloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
1.2.4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 70	0	0
1.2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
1.2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
1.2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 3	0	0
1.2-Dicloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	L 3	0	0
1.2-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
1.3.5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	0	0
1.3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 59	0	0
1.3-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
1.4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 1	0	0
2.2-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-	0	0
Bromodichlorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 16	0	0
Bromofórmio	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá 25	0	0
Bromometano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	Canadá 0,89	0	0
cis-1.2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 1,6	0	0
cis-1.3-Dicloropropileno	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	Canadá 0,5	0	0
Cloroto de vinilo	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	L 0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 30	0	0
Cloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
Clorofórmio	µg/L	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	L 6	0	0
Clorometano	µg/L	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-	0	0
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 25	0	0
Dibromometano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
Diclorodifluorometano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	Canadá 590	0	0
Diclorometano	µg/L	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	L 20	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	Canadá 0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	Σ	0	0
Tetraclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	0	0
trans-1.2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá 1,6	0	0
trans-1.3-Dicloropropeno	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	Canadá 0,5	0	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Σ	0	0
Triclorofluorometano	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	Canadá 150	0	0
PCE + TCE	µg/L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	L 10	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados												
1.2.4-Trimetilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
1.3.5-Trimetilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-	0	0
Estireno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2</							

Página intencionalmente deixada em branco

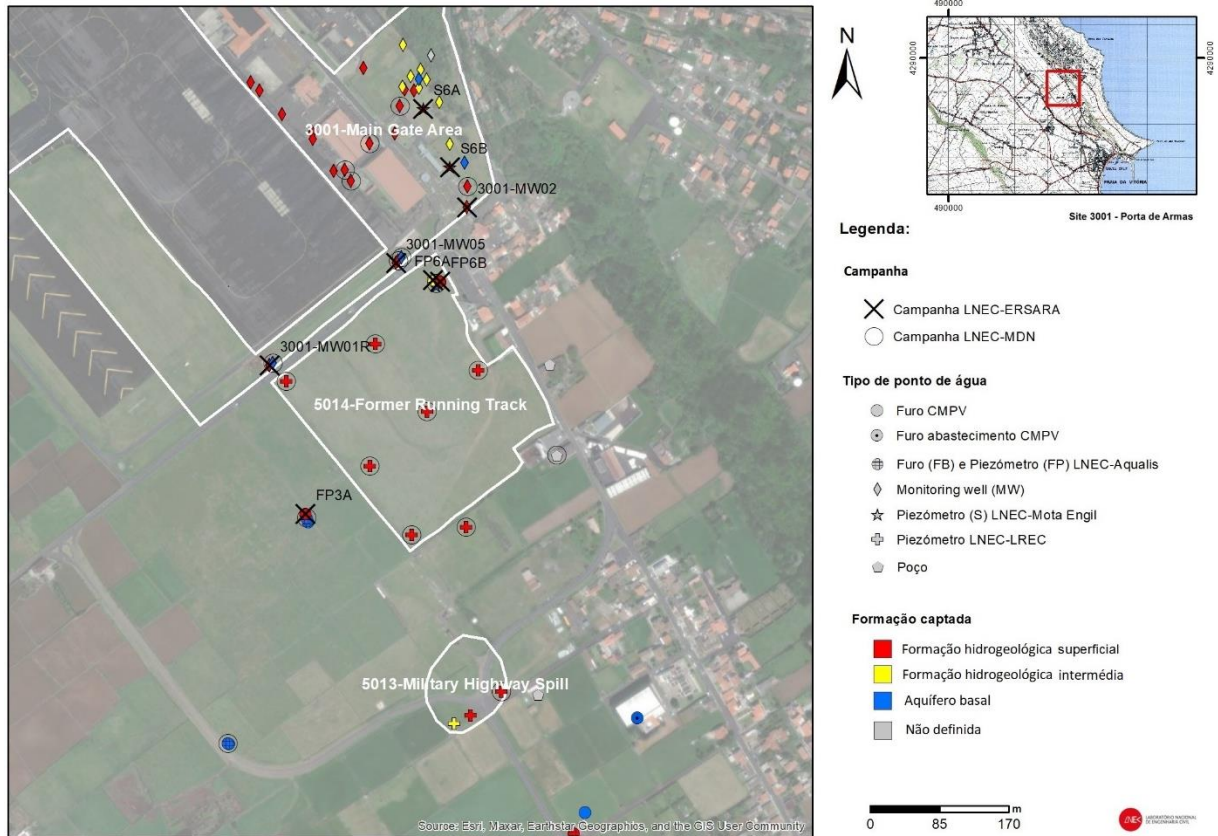


Figura 4.2 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001

Em 2023, as concentrações em hidrocarbonetos Totais do Petróleo (HTP) de seis de oito piezómetros apresentaram valores acima do limite de quantificação (LQ = 0,012 mg/L) e do Limiar (L = 0,01 mg/L, cujo valor anteriormente considerado era o da legislação do Canadá de 0,75 mg/L) (cf. Figura 4.3).

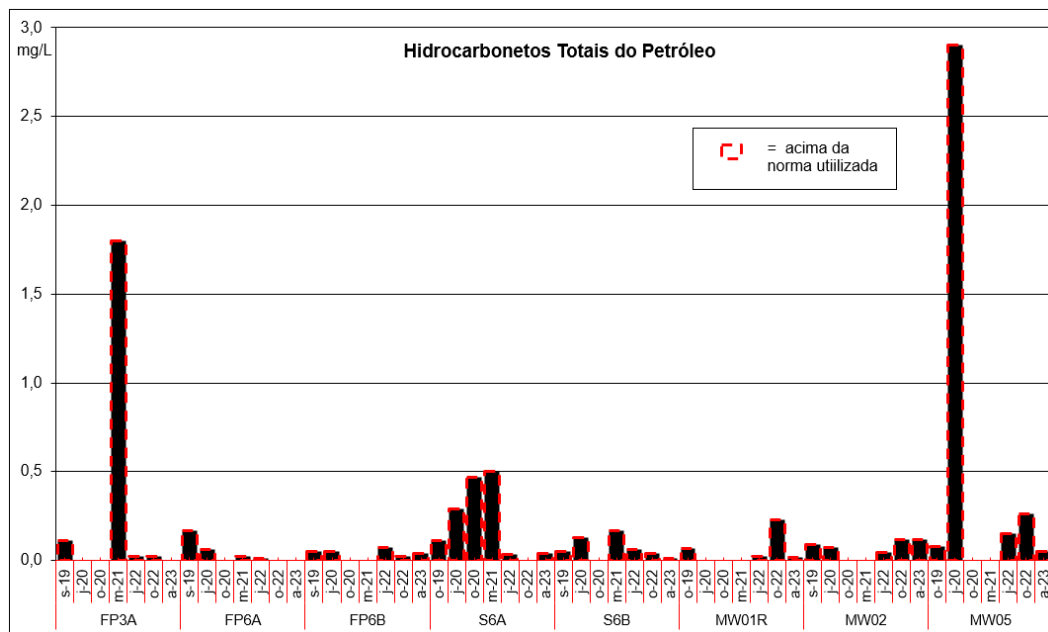


Figura 4.3 – Concentração em HTP na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2019 e 2023

O piezómetro 3001-MW05, que tipicamente apresenta variações mais acentuadas da concentração em HTP, em 2023 apresentou valores mais baixos (cf. Figura 4.4).

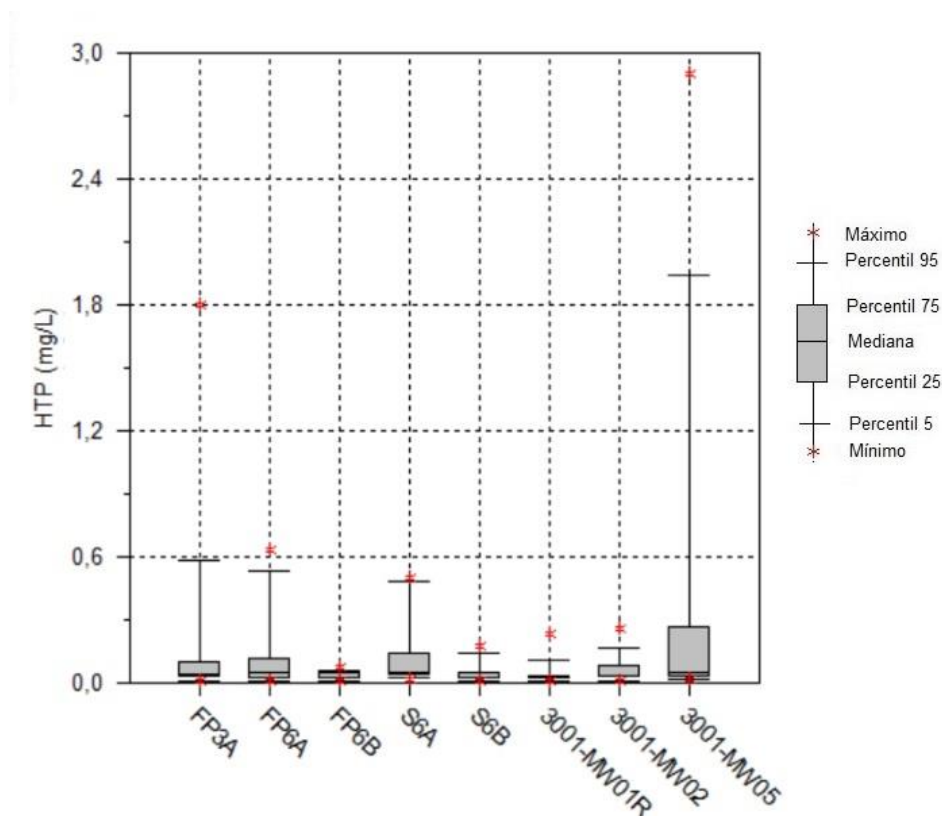


Figura 4.4 – Variação da concentração em HTP na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, desde 2010

Por forma a analisar se existe alguma tendência estatisticamente significativa de subida ou descida dos seus valores de HTP foram aplicados testes de Mann-Kendall (MK) e MK sazonal usando o pacote de tendências do software AquaChem 2014.2 (<https://www.waterloohydrogeologic.com/>) considerando quatro épocas (temporada de três meses) e um nível de significância de 1% (nível de confiança para teste de tendência de 99%). Não se observam tendências de subida ou de descida de HTP em nenhum dos piezómetros amostrados, aspeto que será pormenorizado no próximo relatório anual.

Em 2023, à semelhança do ocorrido em 2022, não foi registada a presença de BTEX em nenhum dos oito piezómetros amostrados (cf. Figura 4.5 e Quadro 4.2). Desde 2016, apenas se observaram BTEX nas campanhas de março de 2016 (FP6B), de setembro/outubro de 2019 (FP6A, FP6B, MW01R e MW02) e de março de 2021 (FP6A), em concentrações sempre abaixo dos Limiares.

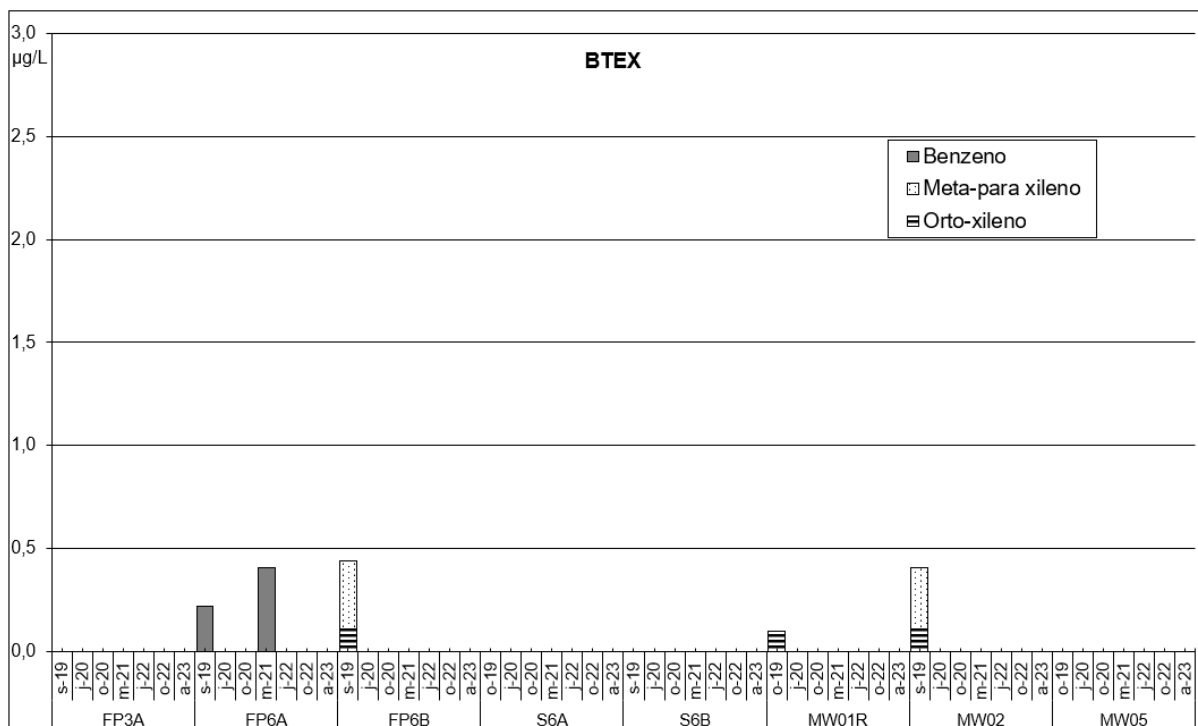


Figura 4.5 – Concentração em BTEX na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2019 e 2023

Em 2023 não se observou a presença de COV em nenhuma das águas amostradas (cf. Figura 4.6). Desde 2016 que o único composto com valores acima da norma de qualidade nas águas amostradas (de entre os que têm normas definidas) foi o cis-1.3-dicloropropileno, em outubro de 2019, no piezómetro S6A. A presença de tert-butil álcool (um intensificador das octanas no combustível sem norma definida, cf. Anexo I) nas águas subterrâneas do piezómetro S6A deverá estar relacionada com a sua proximidade a derrames junto aos antigos depósitos de combustível que existiam naquele local. Este composto foi observado em diversos outros piezómetros no interior do Site 3001 (cf. Leitão, Martins e Antunes, 2023).

De referir que na campanha de julho de 2022 se observam concentrações em PCE em todos os pontos e com valores equivalentes. O branco de campo, feito junto ao MW02, apresentou 21,7 µg/L de PCE e o duplicado, também relativo à água daquele piezómetro, apresentou uma concentração de 1,23 µg/L (cerca do dobro da concentração de 0,68 µg/L observada no MW02). Estes factos denotam contaminação atmosférica na altura das amostragens ou contaminação laboratorial.

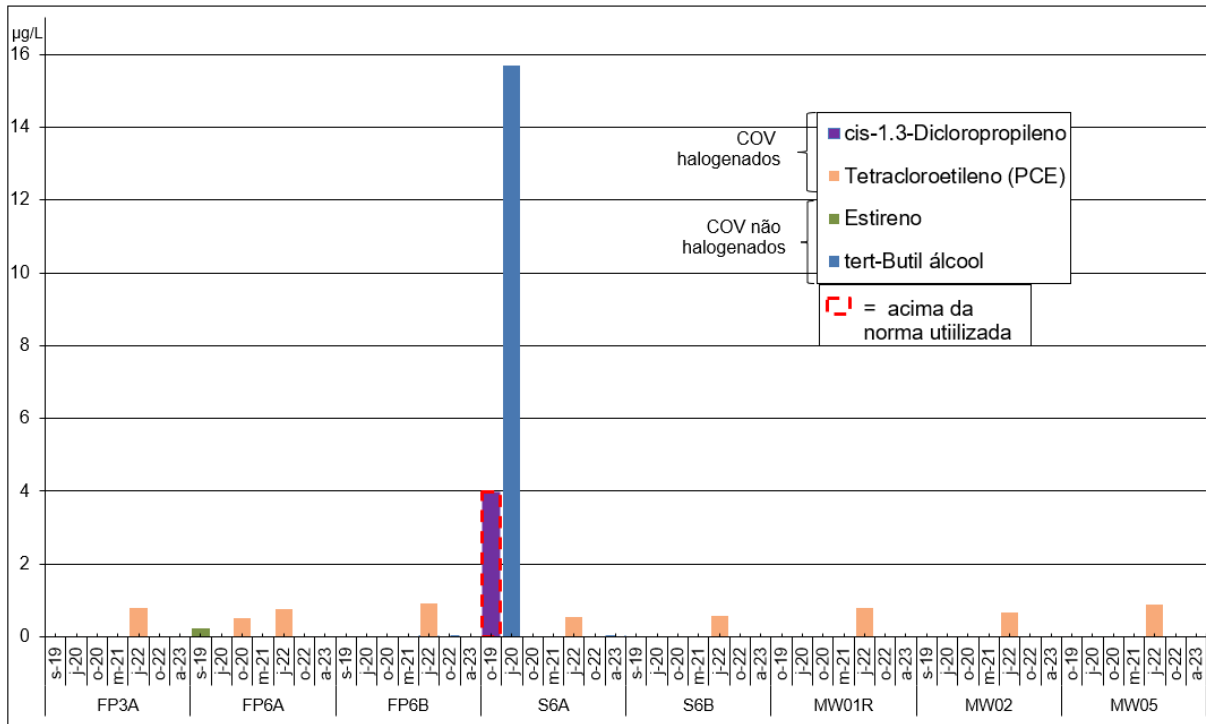


Figura 4.6 – Concentração em COV na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2019 e 2023

Em relação à concentração em HAP nas águas amostradas em 2023, quatro dos cinco piezómetros no interior do Site 3001 (S6A, 3001-MW01R, 3001-MW02 e 3001-MW05) apresentaram concentrações em algum HAP com valores acima do Limiar (cf. Anexo I) (Quadro 4.2 e Figura 4.7), embora muito inferiores às normas estabelecidas por outros países (Canadá e Holanda, cf. Anexo I).

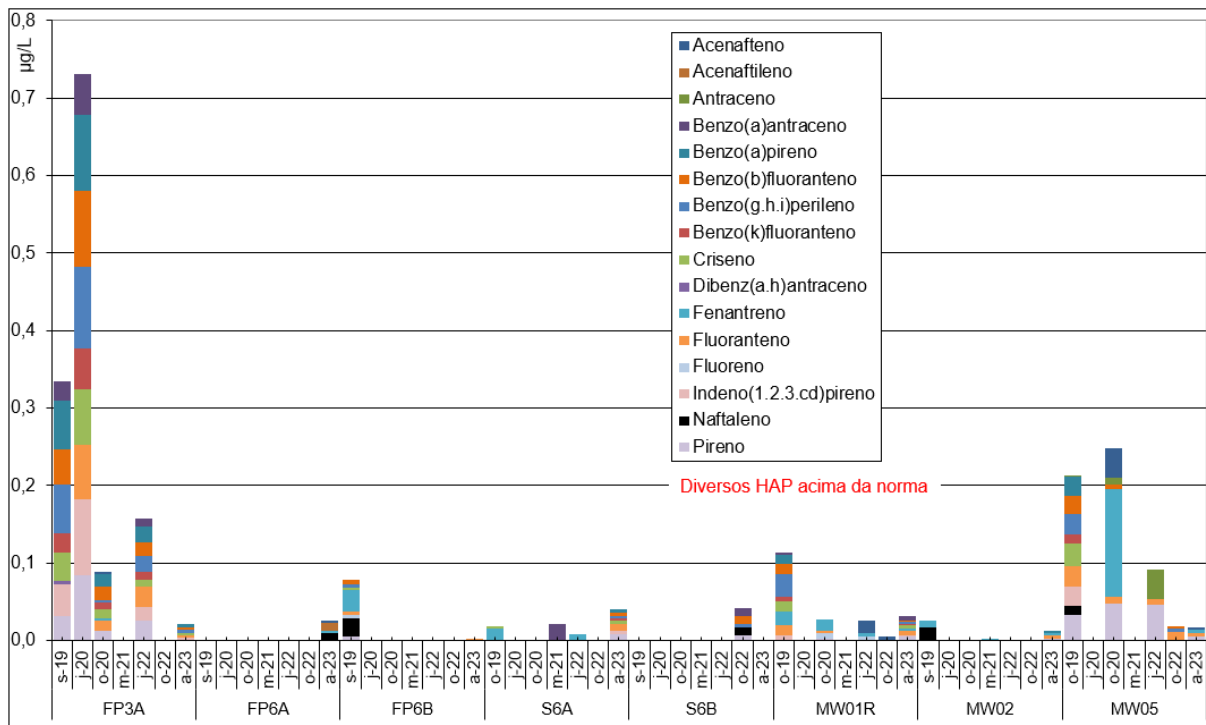


Figura 4.7 – Concentração em HAP na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2019 e 2023

Os metais pesados com concentrações acima das normas são idênticos aos observados nos anos anteriores (e.g., Al, Fe e Mn), estando a sua origem ligada à natureza vulcânica da ilha.

Em síntese, as concentrações em HTP nas águas subterrâneas dos pontos de amostragem analisados (periferia do Site 3001) continuam a apresentar oscilações entre campanhas, denotando a sua presença nos solos e posterior lixiviação para horizontes mais profundos após episódios de precipitação. Os valores quantificados encontram-se acima do Limiar e não se observam tendências estatisticamente significativas de aumento de HTP. As concentrações em BTEX e em COV têm sido residuais ou mesmo ausentes nas últimas campanhas. No caso de BTEX as concentrações foram, desde 2016, inferiores aos Limiares, o mesmo se passando para os COV, com exceção do cis-1.3-dicloropropileno, em outubro de 2019. A variação de concentração em HAP nas águas amostradas é assinalável e com valores acima dos Limiares, embora abaixo de outras normas (Anexo I).

Espera-se que as ações de monitorização, o levantamento da situação dos piezómetros e as ações de reabilitação em curso no Site 3001 pelos USA (cf. capítulo 3 |) permitam a melhoria da situação ambiental e, em particular, da qualidade das águas subterrâneas.

4.3.2 *South Tank Farm* (Site 5001/AOC-1)

A Figura 4.1 apresenta os locais de recolha de amostras de águas subterrâneas para análise química em 2023, também correspondentes aos mesmos dois piezómetros que, desde 2013, que foram selecionados para monitorizar a evolução da situação a jusante do Site 5001. Os dois pontos de amostragem localizam-se no aquífero basal, uma vez que apenas há formação hidrogeológica superficial na área norte do Site 5001.

Complementarmente, é possível observar na Figura 4.8 que há diversos outros pontos que estão a ser analisados pelo LNEC para o MDN, também em resultado do 65 ABG ter deixado de realizar a habitual monitorização semestral dentro do Site. Esta situação mantém-se em 2023.

Os resultados das análises químicas realizadas para a ERSARA são apresentados no Quadro 4.3, onde se assinalam a vermelho os parâmetros que excederam os valores de referência (cf. Anexo I), e a amarelo os hidrocarbonetos com valores acima do limite de quantificação do método analítico usado. No Anexo II deste relatório apresentam-se os dados de campo registados *on site* em 2023.

Mantiveram-se os procedimentos de recolha, as profundidades de amostragem e as análises efetuadas em campanhas anteriores.

Em 2023, as concentrações em HTP foram iguais ou inferiores ao Limiar, portanto apresentando valores inferiores ao ano de 2022 (Quadro 4.3 e Figura 4.9).

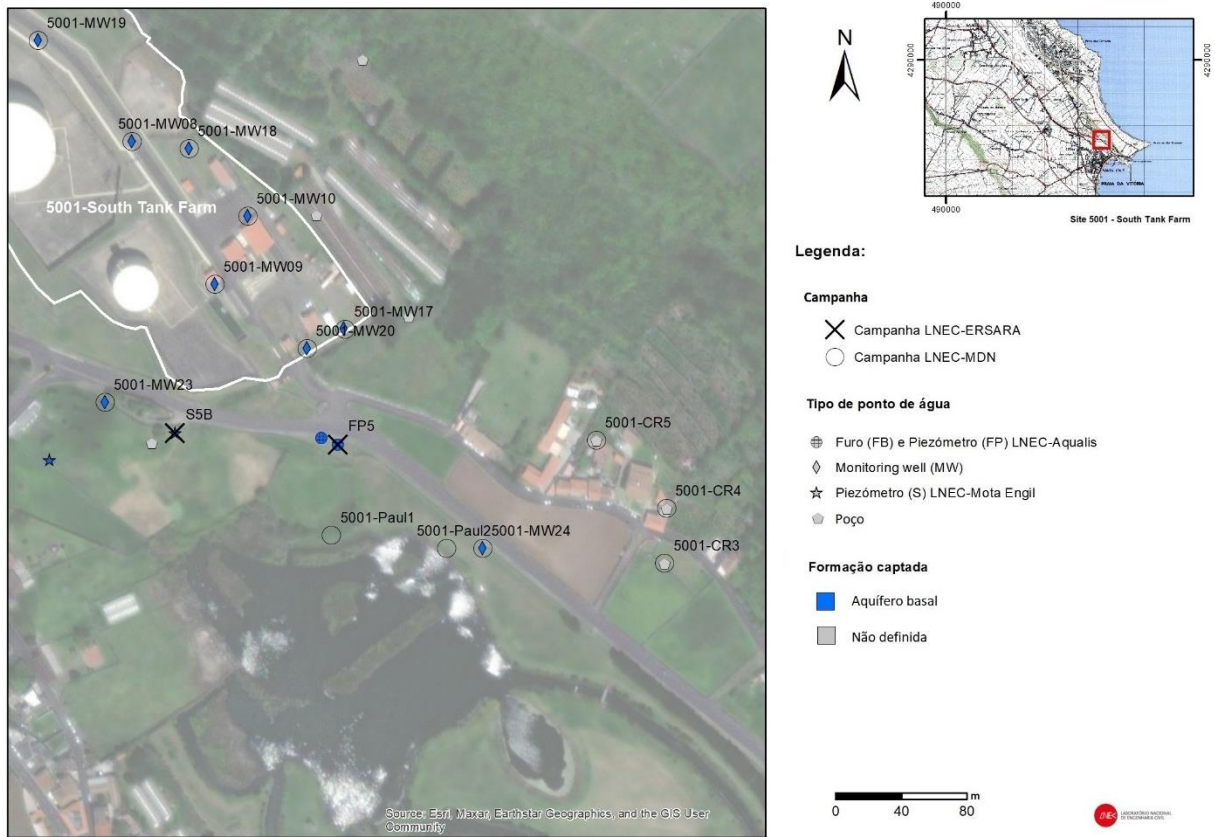


Figura 4.8 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas a sul do Site 5001

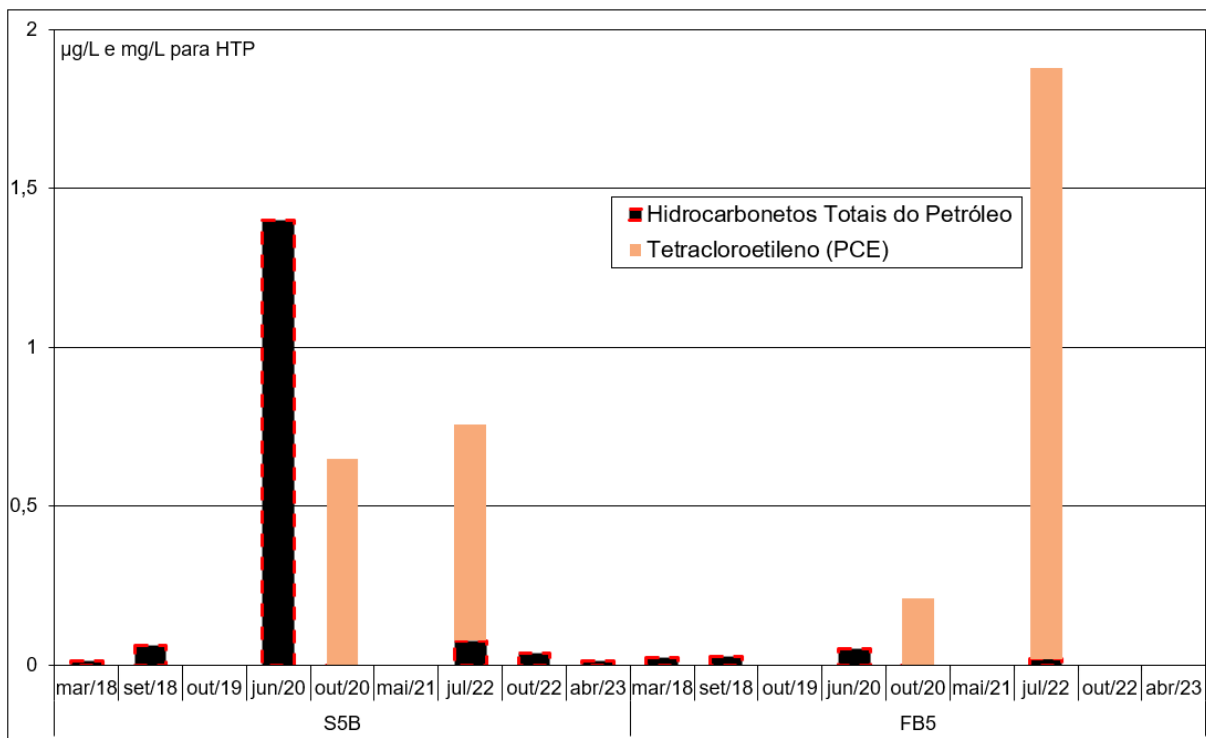


Figura 4.9 – Concentrações em HTP e PCE na água de piezômetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2023

Quadro 4.3 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem a sul do Site 5001, em abril (e junho) de 2023

Designação local	SSB	FBS	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
Parâmetro	Unidade					
In situ						
Temperatura	oC	17,2	15,8	-	-	-
pH	Sorensen	7,3	7,1	L	5,5; 9	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	470	698	L	2500	0
Potencial redox (Eh)	mV	108,2	-45,2	-	-	0
Parâmetros agregados						
Índice de fenóis	mg/L	-0,005	-0,005	Canadá	0,89	0
Inorgénicos não metálicos						
Cloretos	mg/L	380	31	L	250	1
Nitratos	mg/L	21	3,6	NQ	50	0
Sulfatos	mg/L	49	0,9	L	250	0
Metais em solução / Cátions maiores						
Alumínio - Al	mg/L	-0,003	0,09	L	0,200	0
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	L	0,01	0
Arsénio - As	mg/L	-0,001	0,0035	L	0,01	0
Bário - Ba	mg/L	0,035	0,11	L	1,3	0
Bérblio - Be	mg/L	-0,0004	-0,0004	Canadá	0,004	0
Boro - B	mg/L	0,082	0,11	L	2,4	0
Cádmio - Cd	mg/L	-0,001	-0,001	L	0,005	0
Cálcio - Ca	mg/L	26	98	-	-	0
Chumbo - Pb	mg/L	-0,003	0,0037	L	0,01	0
Cobalto - Co	mg/L	-0,002	-0,002	Canadá	0,0038	0
Cobre - Cu	mg/L	-0,002	0,0025	L	2	0
Crómio - Cr	mg/L	0,01	-0,001	L	0,05	0
Ferro - Fe	mg/L	0,075	43	L	0,2	1
Fósforo - P	mg/L	0,17	2,1	L	0,13	2
Lítio - Li	mg/L	-0,1	-0,1	L	1,65	0
Magnésio - Mg	mg/L	30	29	-	-	0
Manganés - Mn	mg/L	-0,005	5,1	L	0,05	1
Mercúrio - Hg	µg/L	-0,015	-0,015	L	1	0
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0
Níquel - Ni	mg/L	0,014	-0,005	L	0,02	0
Potássio - K	mg/L	12	8,9	-	-	0
Prata - Ag	mg/L	-0,001	-0,001	Canadá	0,0015	0
Selénio - Se	mg/L	0,0006	-0,0004	L	0,03	0
Sódio - Na	mg/L	220	78	VP	200	1
Vanádio - V	mg/L	0,0087	0,0058	Canadá	0,0062	1
Zinco - Zn	mg/L	-0,01	0,013	L	0,05	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP						
HTP	mg/L	0,01	-0,01	L	0,01	1
BTEX						
Benzeno	µg/L	-0,2	-0,2	L	1	0
Etilbenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	L	4	0
Meta-para xileno	µg/L	-0,2	-0,2	Σ	-	0
Orto-xileno	µg/L	-0,1	-0,1	Σ	-	0
Tolueno	µg/L	-1,0	-1,0	L	7	0
Xilenos	µg/L	0,0	0,0	L	2,4	0
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados						
1.1.1.2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	0
1.1.1.1-Tricloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	200	0
1.1.1.2.2-Tetracloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	1	0
1.1.2-Tricloroetano	µg/L	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	0
1.1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	5	0
1.1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0
1.1-Dicloropropileno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
1.2.3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	0
1.2.3-Tricloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
1.2.4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	70	0
1.2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
1.2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
1.2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	3	0
1.2-Dicloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	L	3	0
1.2-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
1.3.5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-	-	0
1.3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	59	0
1.3-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
1.4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1	0
2.2-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
2-Clorotolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
4-Clorotolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
Bromobenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
Bromoclorometano	µg/L	-2,0	-2,0	-	-	0
Bromodichlorometano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	16	0
Bromofórmio	µg/L	-0,2	-0,2	Canadá	25	0
Bromometano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,89	0
cis-1.2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0
cis-1.3-Dicloropropileno	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,5	0
Cloro de vinilo	µg/L	-1,0	-1,0	L	0,5	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	30	0
Cloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
Clorofórmio	µg/L	-0,3	-0,3	L	6	0
Clorometano	µg/L	-10,0	-10,0	-	-	0
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	25	0
Dibromometano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
Diclorodifluorometano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	590	0
Diclorometano	µg/L	-6,0	-6,0	L	20	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,44	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	-0,20	-0,20	Σ	-	0
Tetraclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	0
trans-1.2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0
trans-1.3-Dicloropropeno	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,5	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	-0,1	-0,1	Σ	-	0
Triclorofluorometano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	150	0
PCE + TCE	µg/L	0,0	0,0	L	10	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados						
1.2.4-Trimetilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
1.3.5-Trimetilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
Estireno	µg/L	-0,2	-0,2	Canadá	5,4	0
Isopropilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L	-0,2	-0,2	L	0,65	0
n-Butilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
n-Propilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
p-Isopropiltolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
sec-Butilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
tert-Butil álcool	µg/L	-5,0	-5,0	-	-	0
tert-Butilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH)						
Acenafteno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,06	0
Acenaftileno	µg/L	-0,010	-0,010	L	1,3	0
Antraceno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0007	0
Benzo(a)antraceno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0001	0
Benzo(a)pireno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,01	0
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	-0,002	-0,002	Σ	-	0
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	-0,002	-0,002	Σ	-	0
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	-0,002	-0,002	Σ	-	0
Criseno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,003	0
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0014	0
Fenantreno	µg/L	0,003	-0,002	L	0,003	0
Fluoranteno	µg/L	0,004	-0,002	L	0,003	1
Fluoreno	µg/L	-0,002	-0,002	L	1,5	0
Indeno(1.2.3.cd)pireno	µg/L	-0,002	-0,002	Σ	-	0
Naftaleno	µg/L	-0,01	-0,01	L	10	0
Pireno	µg/L	0,003	-0,002	L	0,0023	1
Soma de 4 PAH (DL 306/2007)	µg/L	0,000	0	L	0,1	0

NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008
L - Limiar definido em "Critérios para a Classificação das Massas de Água" (APA, 2021); Σ - Limiar apenas definido enquanto soma com outro elemento
VP - Valor Paramétrico, DL 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano
Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)
A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada
A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação
"-" significa "<", exceto para os valores de potencial redox (Eh)

Página intencionalmente deixada em branco

Em 2023 não se observou a presença de BTEX nem de COV (Figura 4.9).

Desde 2018 apenas se registou a presença do BTEX tolueno (1,48 µg/L) no piezómetro S5B, com concentrações abaixo do Limiar (7 µg/L).

Desde 2016, o único COV com concentrações acima dos limites de quantificação foi o PCE, em ambos os piezómetros, em outubro de 2020 e em julho de 2022. Como se referiu na secção 4.3.1, não se descarta poder ter havido contaminação atmosférica ou laboratorial durante a amostragem de julho de 2022, atendendo à concentração equivalente de PCE em todas as amostras, incluindo no branco de campo.

Relativamente aos HAP, apenas o piezómetro S5B apresenta concentrações acima do limite de quantificação para três HAP na campanha de julho (Quadro 4.3), dois deles com valores ligeiramente superiores aos respetivos Limiares, mas muito abaixo das demais normas internacionais (cf. Anexo I). A Figura 4.10 mostra a variação em HAP nas últimas campanhas, onde se pode verificar que concentrações são muito baixas ou inexistentes. É possível que as concentrações mais elevadas observadas em outubro de 2020 no piezómetro S5B tenham resultado do facto de este ter estado aberto durante algum tempo, portanto sujeito a contaminação atmosférica direta.

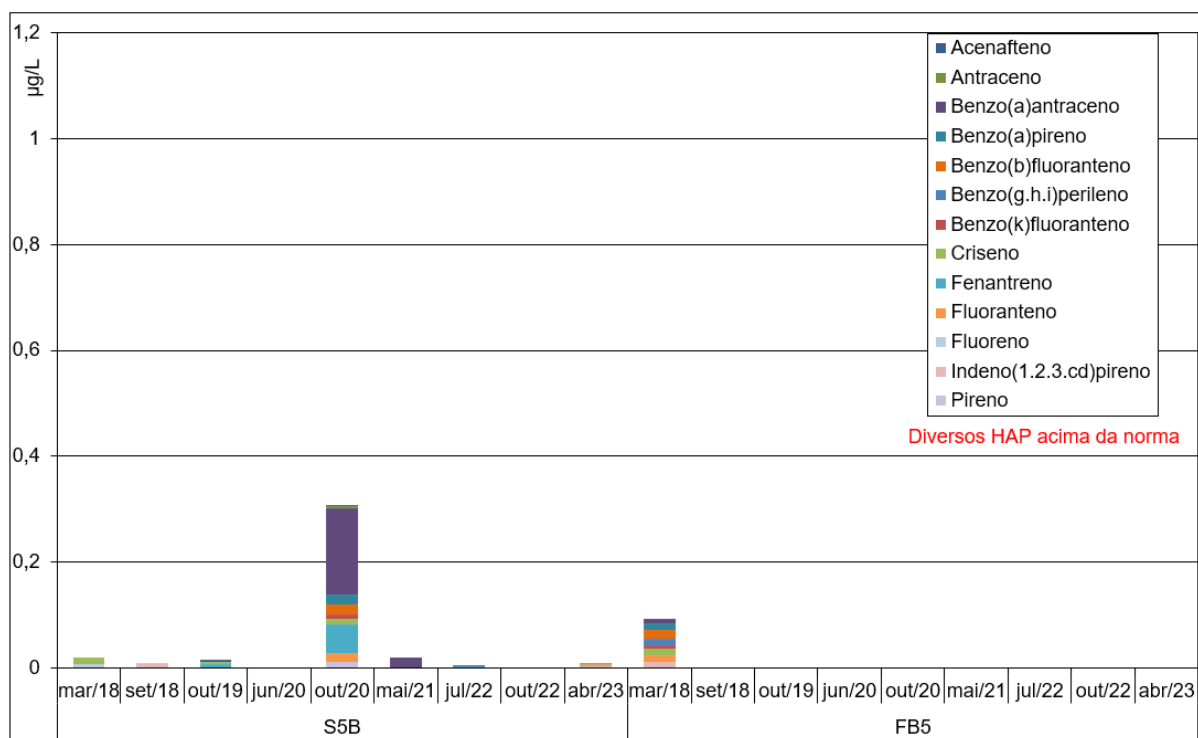


Figura 4.10 – Concentrações em HAP na água de piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2023

Não obstante as concentrações em hidrocarbonetos nos dois piezómetros amostrados fora do Site 5001 serem baixas, as águas subterrâneas dentro do Site 5001 apresentam LNAPL em mais do que um piezómetro, com diversas áreas com águas subterrâneas contaminadas em HTP, BTEX e HAP.

A USAFE apresentou um projeto tendo em vista a demolição de dois tanques de armazenamento e de um tanque de recuperação de combustível neste Site que inclui a remoção de cerca de 18 m³ de solos contaminados na envolvente dos tanques, não existindo ainda previsão de datas para a sua execução (cf. Leitão, Martins e Antunes, 2023). A realização destas obras permitirá a melhoria parcial da situação em relação a águas subterrâneas e solos contaminados, mas a área onde ocorrem LNAPL é outra e não será essa ação que permitirá reabilitar o local.

Nesse contexto, importa que sejam tomadas medidas que evitem a propagação dos contaminantes presentes nas áreas contaminadas do Site 5001 para fora deste, visando proteger as águas do Paul e as águas subterrâneas desta área.

5 | Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano

5.1 Resultados da amostragem pontual

O controlo da qualidade da água na origem é realizado pela Praia Ambiente E.M., de acordo com o programa de controlo da qualidade da água (PCQA) referido no Decreto-Lei n.º 152/2017, de 7 de dezembro. Complementarmente, a Praia Ambiente promove há vários anos um Plano de Monitorização Especial para Controlo da Qualidade da Água (PMECQA) que visa analisar de forma preventiva um vasto conjunto de outros parâmetros relacionados com a contaminação de alguns Sites localizados no concelho de Praia da Vitória.

No primeiro semestre de 2023 foram entregues ao LNEC os resultados da última campanha de 2022, realizada em dezembro, e das duas primeiras campanhas pontuais previstas no PMECCA para os meses de janeiro e de fevereiro (cf. Quadro 5.1 e Figura 5.1). A campanha do final do período húmido teve lugar em maio, não se encontrando os resultados das análises disponíveis à data deste relatório.

Quadro 5.1 – Plano de Monitorização Especial dos Furos para o ano 2023 proposto pela Praia Ambiente

Designação do furo	Jan	Fev	Mar/abr (final período húmido)	Mai	Jun	Jul	Ago/set (final período seco)	Out	Nov	Dez
Areeiro-Fontinhas	P	P	P/C	P	P	P	P/C	P	P	P
Canada das Covas			P/C		PA		P/C			PA
Fontinhas-Barreiro			P/C		PA		P/C			PA
Juncal 1	P	P	P/C	P	P	P	P/C	P	P	P
Pico Celeiro			P/C		PA		P/C			PA
Pico Viana			P/C		PA		P/C			PA

Nota: P - Análise pontual da totalidade dos parâmetros; C - Análise contínua, com amostradores passivos, de BTEX, COV e HAP; PA - Análise pontual de BTEX, COV e HAP

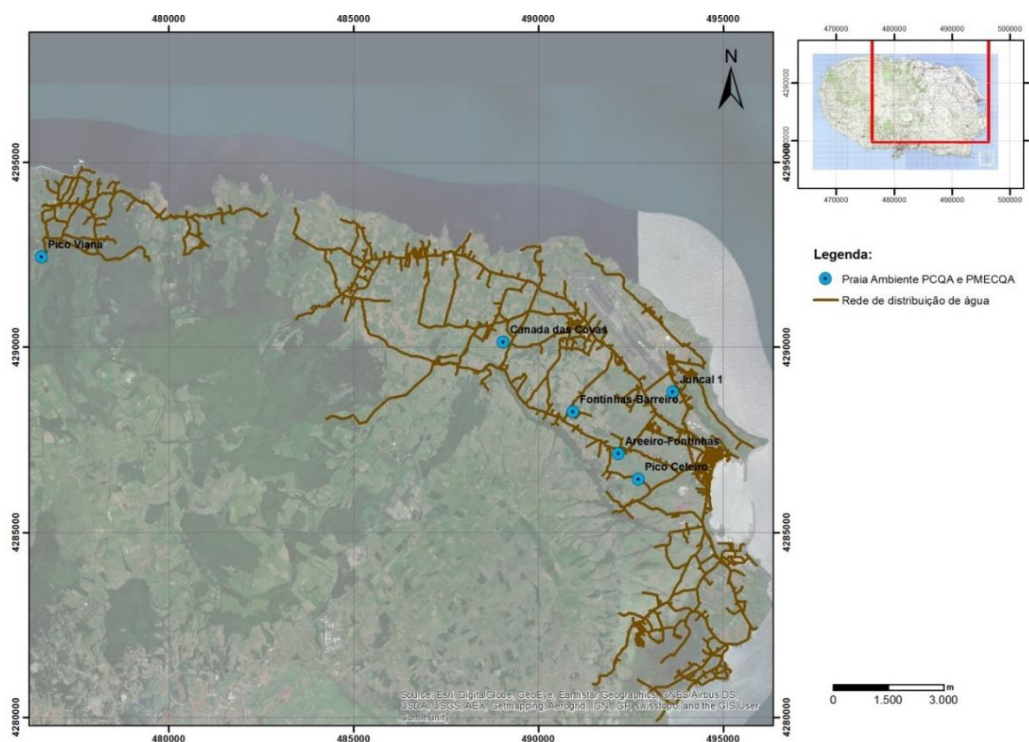


Figura 5.1 – Localização dos furos monitorizados pela Praia Ambiente

O Quadro 5.2 apresenta os resultados obtidos nas últimas três campanhas analisadas neste relatório, onde se observa que o único hidrocarboneto (entre HTP, BTEX, COV e HAP) acima do limite de quantificação neste período foi o bromofórmio (em concentrações muito abaixo da norma do Canadá).

A Figura 5.2 apresenta os resultados das concentrações em HAP acima dos limites de quantificação nos últimos dois anos. Nas últimas três campanhas não se observou a presença de HAP. Mantem-se, assim, a situação não haver excedências das normas de qualidade utilizadas (cf. Quadro 5.2), pese embora em 2022 ter havido registo de dois HAP acima dos limites de quantificação (benzo(g,h,i)perileno, indeno(1.2.3 cd)pireno) em três furos, contudo abaixo do Limiar definido pela APA em 2021, fixado enquanto a soma de quatro HAP (0,1 µg/L – soma de benzo(b)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, benzo(k)fluoranteno e indeno(1.2.3.cd)pireno) (Figura 5.2).

Em relação aos COV nas últimas três campanhas, registou-se a presença de bromofórmio na água amostrada na campanha de janeiro de 2023 no furo Areeiro-Fontinhas. Já em abril de 2022, no furo Areeiro-Fontinhas e Fontinhas-Barreiro, tinha sido registada a presença de três COV (os trihalometanos: bromodiclorometano, bromofórmio e dibromoclorometano) acima do limite de quantificação, embora abaixo das respetivas normas de qualidade definidas pela legislação do Canadá (16 µg/L, 25 µg/L e 25 µg/L, respetivamente) (Figura 5.3). Importa manter esta situação sob vigilância.

Quadro 5.2 – Resultados de análises químicas de amostras pontuais recolhidas nos furos de captação para eventual abastecimento público, em dezembro de 2022 e em 2023

Parâmetro	Unidade	Limite Quantificação	Areeiro-Fontinhas			Canada das Covas			Fontinhas-Barreiro			Juncal 1		Pico Celeiro		Pico Viana		Norma	Valor Limite
			26/12/2022	30/01/2023	27/02/2023	26/12/2022	26/12/2022	26/12/2022	30/01/2023	27/02/2023	26/12/2022	26/12/2022							
Temperatura	°C		20,10	17,70	17,00	19,90	20,30	20,40	18,10	22,00	20,00	19,20							
pH	Sorensen	0,05	7,6	7,6	7,7	6,9	7,6	7,2	7,2	7,2	7,6	6,1	L	5,5; 9					
Condutividade eléctrica	µS/cm	-	506	556	595	530	1150	1660	1670	1610	593	220	L	2500					
Índice de Fenóis	mg/L	0,005	-0,005	-0,005	-0,005			-0,005	-0,005	-0,005			Canadá	0,89					
Acidez pH 4.5	mmol/L	0,15	0,861	0,856	0,877			2,79	2,78	2,71									
Acidez pH 8.3	mmol/L	0,15	-0,15	-0,15	-0,15			-0,15	-0,15	-0,15									
Alcalinidade pH 4.5	mmol/L	0	-0,15	-0,15	-0,15			-0,15	-0,15	-0,15									
Cloretos	mg/L	0,15	102	114	122			401	417	419			L	250					
Dióxido de carbono livre, CO2	mg/L	0,15	2,68	2,24	2,29			17,2	20,9	13,1									
Bicarbonato	mg/L	0	52,5	52,2	53,5			170	169	165									
Nitratos	mg/L	0,3	32,1	28	25,3			23,6	31,7	20,6			NQ	50					
Sulfatos	mg/L	0,3	15,1	15,6	15,6			50	57,7	48,4			L	250					
Total de dióxido de carbono livre, CO2	mg/L	-	40,6	39,9	40,9			140	143	132									
Alumínio - Al	mg/L	0,01	-0,01	-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01			L	0,2					
Antimónio - Sb	mg/L	0,01	-0,01	-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01			L	0,01					
Arsénio - As	mg/L	0,005	-0,005	-0,005	-0,005			-0,005	-0,005	-0,005			L	0,01					
Bário - Ba	mg/L	0,0005	0,00176	0,00149	0,00152			0,0113	0,0121	0,0118			L	1,3					
Bérbilio - Be	mg/L	0,0002	-0,0002	-0,0002	-0,0002			-0,0002	-0,0002	-0,0002			Canadá	0,004					
Boro - B	mg/L	0,01	0,0291	0,0407	0,0332			0,125	0,119	0,132			L	2,4					
Cádmio - Cd	mg/L	0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004			-0,0004	-0,0004	-0,0004			L	0,005					
Cálcio - Ca	mg/L	0,005	13,5	13,6	14,2			33,3	34,3	32,6									
Chumbo - Pb	mg/L	0,005	-0,005	-0,005	-0,005			-0,005	-0,005	-0,005			L	0,01					
Cobalto - Co	mg/L	0,002	-0,002	-0,002	-0,002			-0,002	-0,002	-0,002			Canadá	0,0038					
Cobre - Cu	mg/L	0,001	0,0017	0,001	0,001			0,0018	0,0036	0,0037			L	2					
Crómio - Cr	mg/L	0,001	-0,001	-0,001	-0,001			-0,001	-0,001	-0,001			L	0,05					
Ferro - Fe	mg/L	0,002	0,0035	-0,002	0,0054			0,0029	0,0025	-0,002			L	0,2					
Fluor - F	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2			0,54	0,353	0,468			L	1,5					
Fósforo - P	mg/L	0,01	0,0731	0,0879	0,0821			0,118	0,132	0,118			L	0,13					
Lítio - Li	mg/L	0,001	-0,001	0,001	-0,001			0,0026	0,003	0,0024			L	1,65					
Magnésio - Mg	mg/L	0,1	10,5	10,8	11,4			34,5	37,1	34,7									
Manganês - Mn	mg/L	0,0005	0,00068	-0,0005	-0,0005			0,00079	0,00055	0,00291			L	0,05					
Mercurio - Hg	µg/L	0,01	-0,01	-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01			L	1					
Molibdênio - Mo	mg/L	0,002	-0,002	-0,002	-0,002			0,0023	0,0023	0,0023			Canadá	0,07					
Níquel - Ni	mg/L	0,002	0,0054	-0,002	-0,002			-0,002	-0,002	-0,002			L	0,02					
Potássio - K	mg/L	0,01	4,2	4,61	4,09			11,1	12,4	11,4									
Prata - Ag	mg/L	0,001	-0,001	-0,001	-0,001			-0,001	-0,001	-0,001			Canadá	0,0015					
Selénio - Se	mg/L	0,01	-0,01	-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01			L	0,03					
Sódio - Na	mg/L	0,03	60,9	67,4	74,5			212	220	214			VP	200					
Tálio - Tl	mg/L	0,01	-0,01	-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01									
Vanádio - V	mg/L	0,001	0,0118	0,0122	0,0126			0,0155	0,015	0,0154			Canadá	0,0062					
Zinco - Zn	mg/L	0,002	0,126	-0,002	-0,002			0,0415	0,0956	0,11			L	0,05					
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	mg/L	0,12	-0,05	-0,05	-0,05			-0,05	-0,05	-0,05			L	0,01					
BTEX	µg/L																		
Benzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	L	1					
Etilbenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	4					
Meta-para xileno	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Σ	-					
Orto-xileno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Σ	-					
Tolueno	µg/L	0,5	-0,5	-1	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-1	-0,5	-0,5	-0,5	L	7					
Xilenos	µg/L	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	L	2,4					
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados	µg/L																		
1.1.1.2-Tetracloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,1					
1.1.1-Tricloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	200					
1.1.2.2-Tetracloroetano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Canadá	1					
1.1.2-Tricloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	4,7					
1.1-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5					
1.1-Dicloroeteno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6					
1.1-Dicloropropileno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
1.2.3-Triclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-					
1.2.3-Tricloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
1.2.4-Triclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70					
1.2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
1.2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-	-					
1.2-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3					
1.2-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	3					
1.2-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
1.3.5-Triclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-					
1.3-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	59					
1.3-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
1.4-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1					
2.2-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
2-Clorotolueno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
4-Clorotolueno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
Bromobenzeno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
Bromoclorometano	µg/L	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-	-					
Bromodichlorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	16					
Bromofórmio	µg/L	0,2	-0,2	0,34	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	25					
Bromometano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Canadá	0,89					
cis-1.2-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6					
cis-1.3-Dicloropropileno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Canadá	0,5					
Cloroto de vinilo	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,5					
Clorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	30					
Cloreto de etano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
Clorofórmio	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	6					
Clorometano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
Dibromoclorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	25					
Dibromometano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-					
Diclorodifluorometano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Canadá	590					
Diclorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	20					
Hexaclorobutadieno	µg/L	1																	

Página intencionalmente deixada em branco

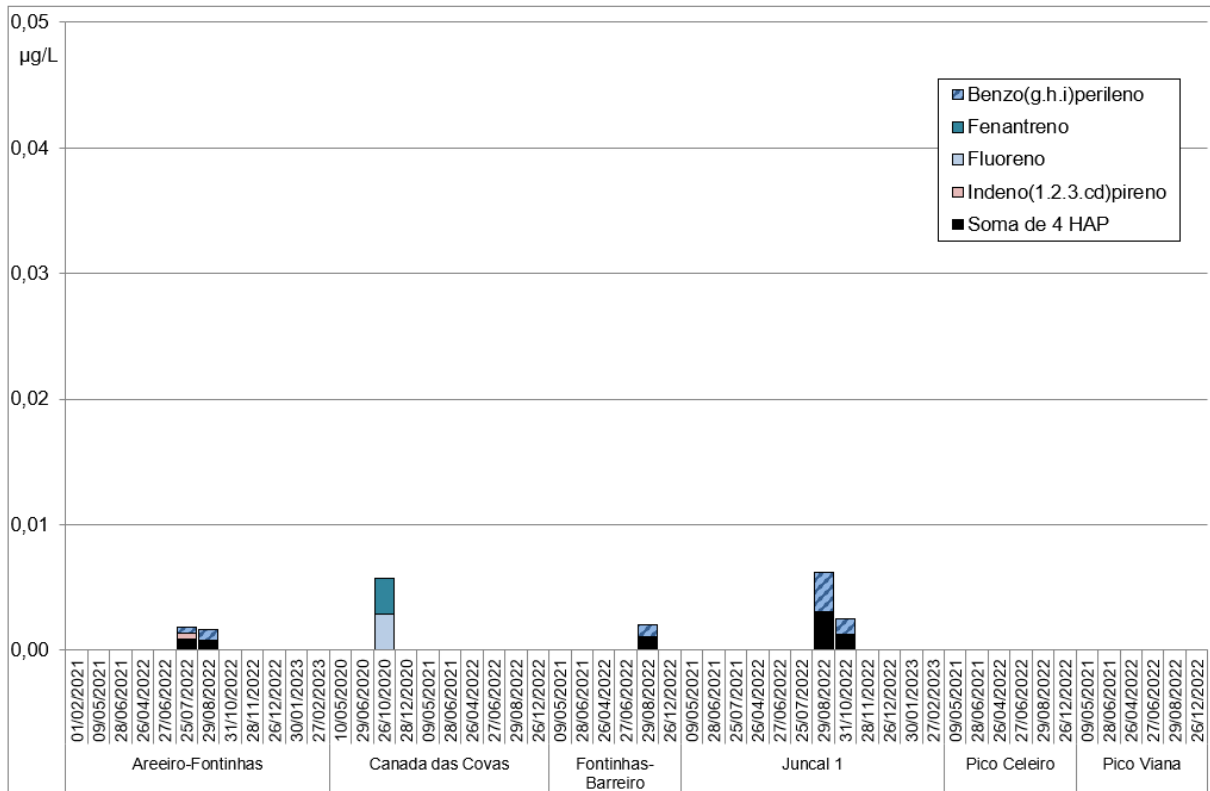


Figura 5.2 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público entre 2021 e 2023, para amostras pontuais

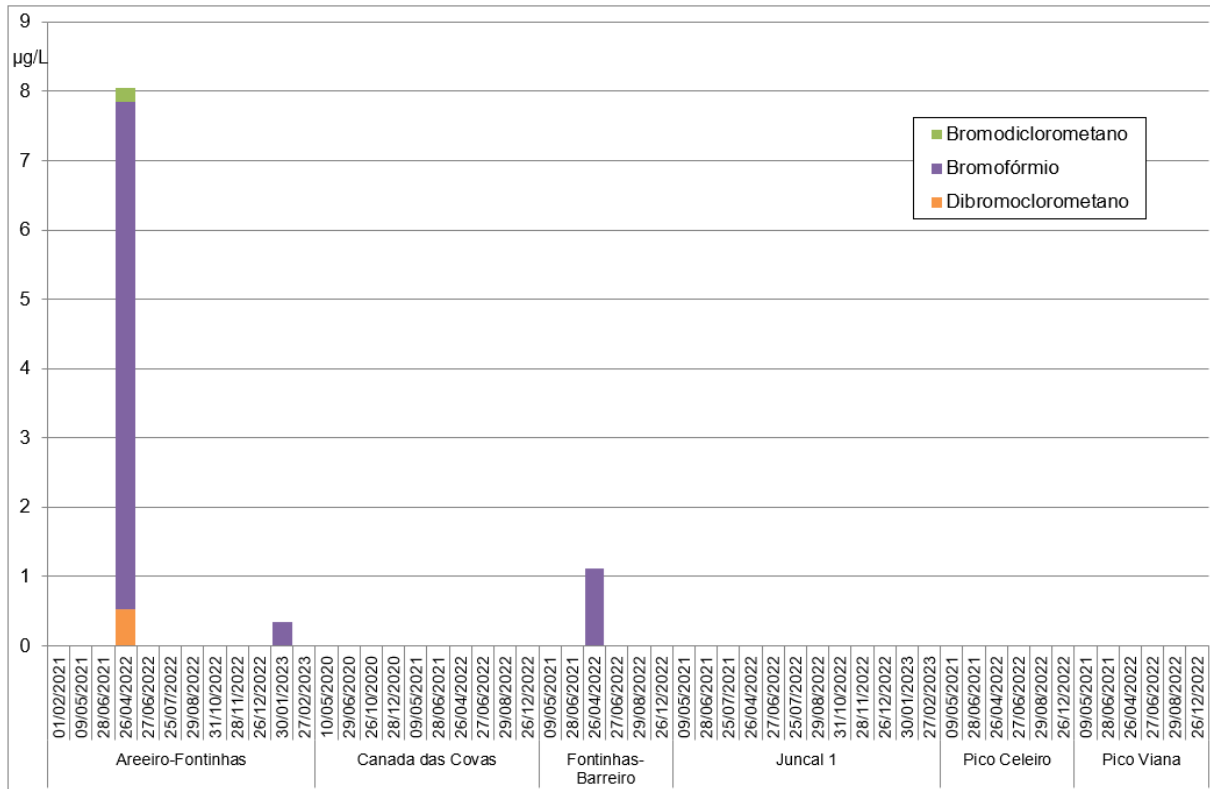


Figura 5.3 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público entre 2021 e 2023, para amostras pontuais

Em relação aos restantes parâmetros analisados mantêm-se as habituais concentrações acima das NQA (cf. Quadro 5.2): (1) os iões cloreto e sódio (traduzindo a salinidade da água); (2) o vanádio, em todos os furos, como consequência da circulação das águas subterrâneas em formações geológicas de origem vulcânica (cf. Leitão e Henriques, 2018c) e (3) o zinco, essencialmente no furo do Juncal 1. O furo do Areeiro-Fontinhas apresentou águas com um valor muito ligeiramente acima da norma para o fósforo (P) em janeiro de 2023. O flúor (F) é também um elemento que geralmente apresenta excedências no furo do Pico Viana, mas os resultados das análises realizadas não estão disponíveis à data deste relatório.

Procurando analisar a evolução das concentrações dos parâmetros que surgem habitualmente em concentrações acima das NQA ao longo do tempo, foi feita uma análise de tendências para avaliar se existe alguma tendência estatisticamente significativa de subida ou descida dos seus valores. Foram aplicados testes de Mann-Kendall (MK) e MK sazonal para os cinco¹ parâmetros acima mencionados usando o pacote de tendências do software AquaChem 2014.2 (<https://www.waterloohydrogeologic.com/>) considerando quatro épocas (temporada de três meses) e um nível de significância de 1% (nível de confiança para teste de tendência de 99%).

Observa-se que apenas o furo do Pico Celeiro apresenta águas com uma tendência estatisticamente significativa de subida desses parâmetros (nos dois testes MK e MK sazonal), nomeadamente do cloreto, do sódio e do zinco, possivelmente em resultado de intrusão marinha (a concentração média de Zn na água do mar ronda os 0,014 mg/L, e.g., <https://web.stanford.edu/group/Urchin/mineral.html>). Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 5.3 e os gráficos das tendências crescentes são apresentados na Figura 5.5, Figura 5.6 e Figura 5.7.

Regista-se que os furos de Fontinhas-Barreiro e do Juncal 1, cujas concentrações históricas em cloreto e sódio na água estão maioritariamente acima da NQA (cf. Figura 5.4 para cloreto cujo L = 205 mg/L), não apresentam tendências estatisticamente significativas de subida daqueles valores.

¹ No caso do flúor apenas o furo do Pico Viana tinha um conjunto de resultados acima do limite de quantificação suficiente para permitir aplicar os testes de MK.

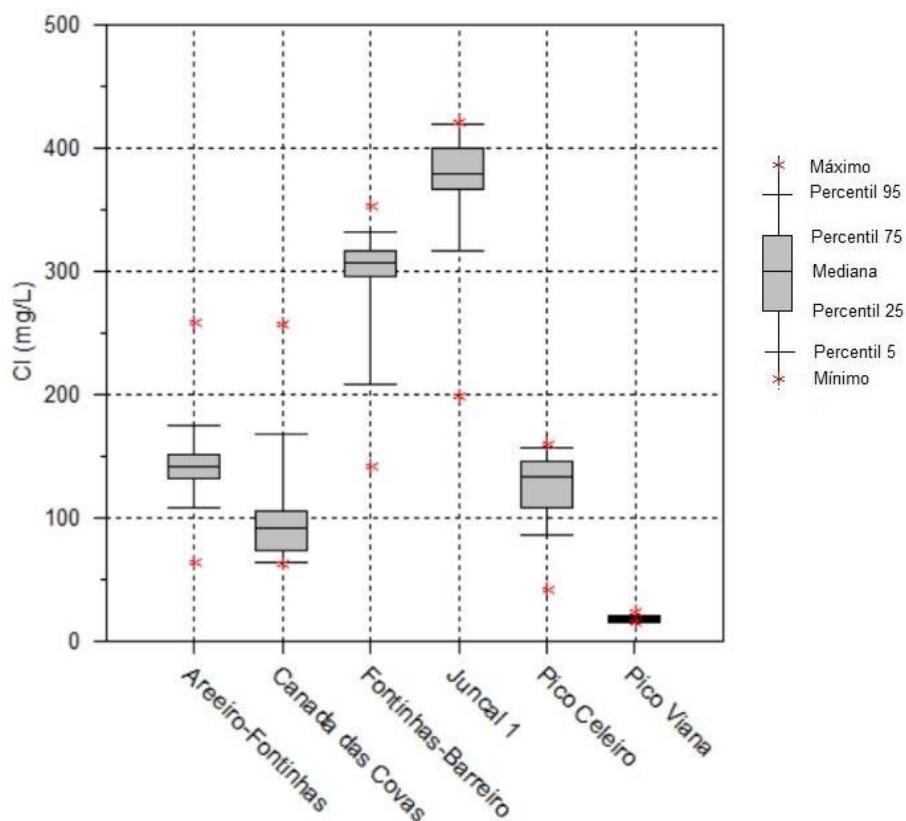


Figura 5.4 – Diagrama de box-plot das concentrações em cloreto nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público

Quadro 5.3 – Resultados dos testes de Mann-Kendall original e sazonal aplicados com os dados dos últimos 14 anos

Furo	Parametro	ND	N.º de amostras	Anos com dados	Mann Kendall				MK Seasonal				
					S	Z	Prob (%)	Resultado	S	Z	Prob (%)	Slope	Resultado
Areeiro-Fontinhas	Cl	0	32	14	-12	-0,42	33,9	sem tend.	-18	-1,84	3,26	0	sem tend.
	Na	0	32	14	-43	-1,59	5,58	sem tend.	-21	-2,17	1,5	-5,13	sem tend.
	P	1	27	14	-8	-0,38	35,1	sem tend.	9	1,13	12,9	-0,009	sem tend.
	V	1	32	14	-4	-0,11	45,5	sem tend.	-3	-0,22	41,41	-0,001	sem tend.
	Zn	11	27	14	32	1,7	4,46	sem tend.	12	1,61	5,43	-0,003	sem tend.
Canada das Covas	Cl	0	26	13	-7	-0,20	42,3	sem tend.	3	0,17	43,12	6,71	sem tend.
	Na	0	26	13	-48	-1,53	6,37	sem tend.	-3	-0,17	43,12	3,85	sem tend.
	P	0	21	13	-37	-1,62	5,25	sem tend.	-6	-0,71	23,98	-0,023	sem tend.
	V	1	27	13	-14	-0,39	34,7	sem tend.	-3	-0,17	43,12	0,002	sem tend.
	Zn	4	21	13	45	1,98	2,38	sem tend.	12	1,56	5,99	0,004	sem tend.
Fontinhas-Barreiro	Cl	0	27	13	-15	-0,42	33,6	sem tend.	-15	-1,21	11,24	5,8	sem tend.
	Na	0	27	13	-48	-1,42	7,78	sem tend.	-21	-1,73	4,14	3,2	sem tend.
	P	0	21	13	-37	-1,62	5,25	sem tend.	-18	-2,40	0,81	-0,004	decréscimo

Furo	Parametro	ND	N.º de amostras	Anos com dados	Mann Kendall			MK Seasonal					
Juncal 1	V	0	28	13	0	0	50	sem tend.	-3	-0,17	43,12	-0,0009	sem tend.
	Zn	2	21	13	7	0,27	39,3	sem tend.	-6	-0,71	23,98	-0,002	sem tend.
	Cl	0	35	14	7	0,17	43,3	sem tend.	0	0	50	10,8	sem tend.
	Na	0	35	14	-41	-1,13	12,96	sem tend.	-27	-2,25	1,21	-1,6	sem tend.
	P	0	29	14	-22	-0,87	19,3	sem tend.	-21	-2,17	1,5	-0,021	sem tend.
	V	1	36	14	9	0,21	41,6	sem tend.	21	1,43	7,66	0,005	sem tend.
Pico Celeiro	Zn	4	29	14	36	1,44	7,45	sem tend.	15	1,55	6,11	-0,006	sem tend.
	Cl	0	27	13	118	3,53	0,02	aumento	51	4,336	0	6	aumento
	Na	0	27	13	88	2,63	0,43	aumento	51	4,336	0	1,82	aumento
	P	0	21	13	-62	-2,75	0,3	decréscimo	-18	-2,404	0,81	0,007	decréscimo
	V	3	28	13	-11	-0,28	38,89	sem tend.	-3	-0,175	43,04	0,0017	sem tend.
Pico Viana	Zn	5	21	13	66	2,93	0,17	aumento	18	2,404	0,81	-0,0012	aumento
	Cl	0	13	7	-14	-1,36	8,77	sem tend.	3	0,603	27,33	0,3	sem tend.
	Na	0	13	7	-6	-0,52	30,11	sem tend.	-9	-2,412	0,79	-2,9	decréscimo
	P	0	12	6	3	0,25	40,23	sem tend.	6	1,508	6,58	0,0043	sem tend.
	V	0	13	7	2	0,10	45,85	sem tend.	-3	-0,603	27,33	-0,0012	sem tend.
	Zn	0	12	6	2	0,12	45,08	sem tend.	3	0,603	27,33	0,005	sem tend.
	F	0	15	5	2	0,25	40,33	sem tend.	3	1,155	12,41	0,238	sem tend.

ND – Não detetado
sem tend. – sem tendência

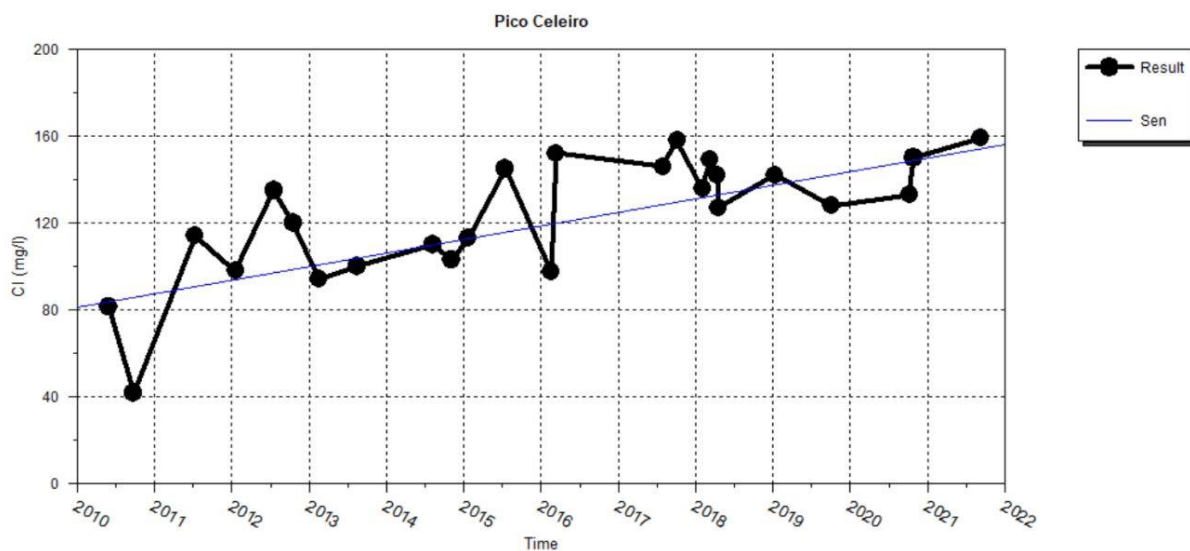


Figura 5.5 – Tendência crescente de cloretos nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)

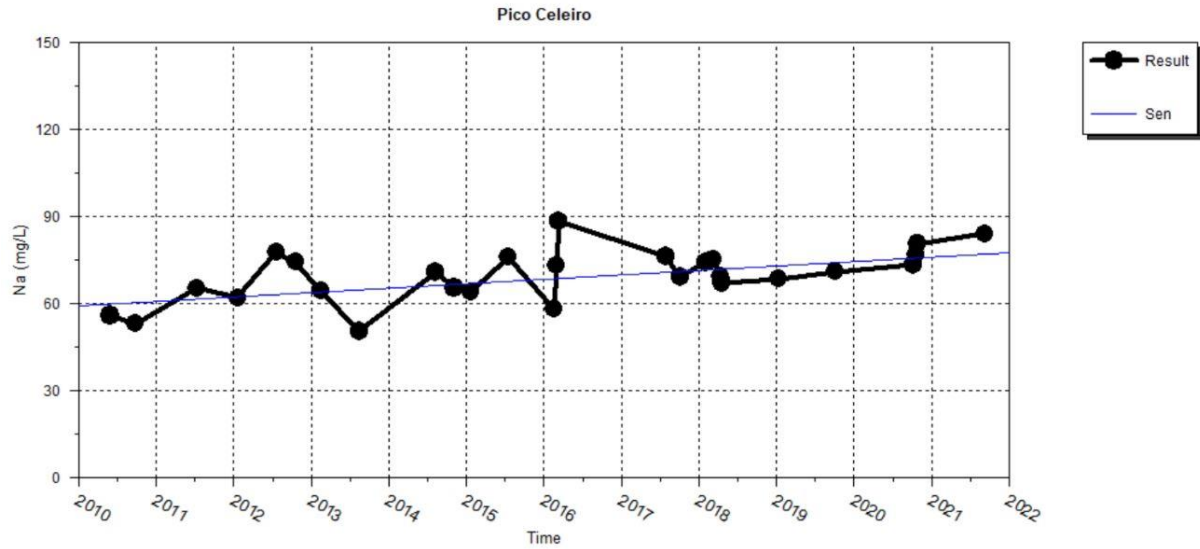


Figura 5.6 – Tendência crescente de sódio nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)

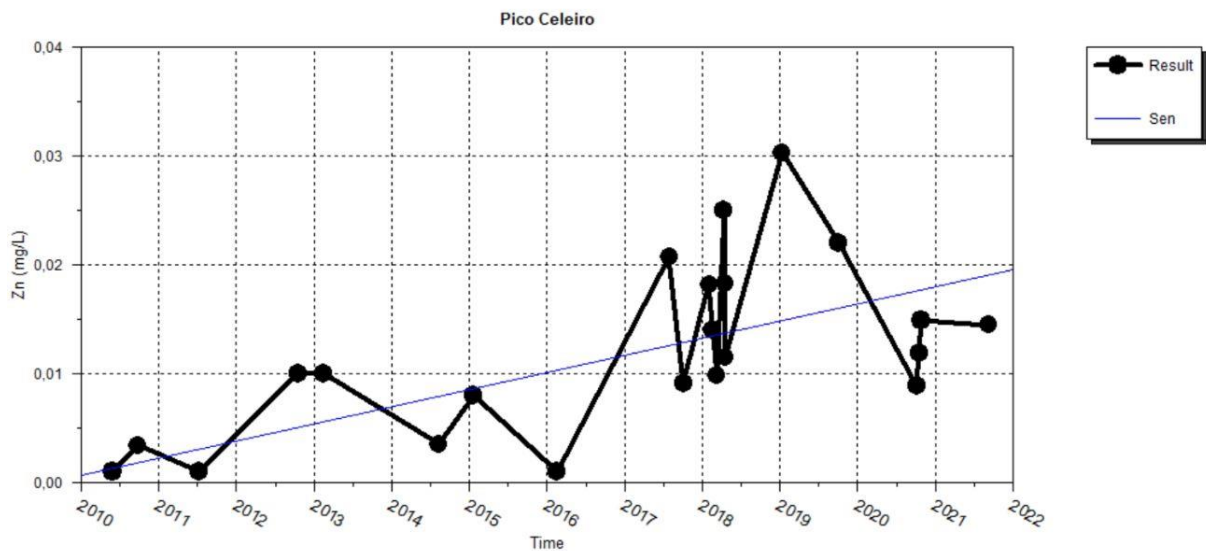


Figura 5.7 – Tendência crescente de zinco nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)

Este aumento resulta do facto dos volumes das extrações de água serem superiores à recarga. De facto, embora muito abaixo do Limiar (250 mg/L), também os sulfatos apresentam uma tendência significativamente crescente, corroborando a tese de intrusão marinha (cf. Figura 5.8).

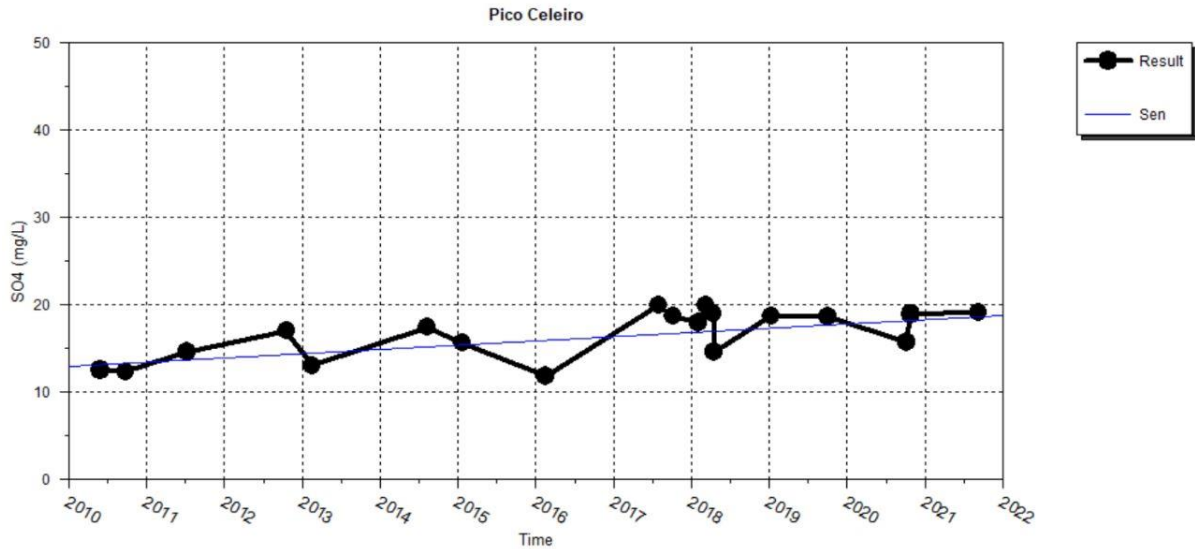


Figura 5.8 – Tendência crescente de zinco nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)

Importa revisitar os caudais de extração deste furo no sentido de não se induzir intrusão marinha, procurando contrariar as tendências de aumento verificadas e não ultrapassar as NQA (e.g., 250 mg/L para o Cl⁻).

5.2 Resultados da amostragem contínua

A campanha do final do período húmido, onde foram recolhidas amostras resultantes de amostragem contínua, ainda não têm resultados disponíveis à data deste relatório. Os mesmos serão analisados no relatório anual de 2023.

6 | Participação em reuniões

No âmbito da análise e do acompanhamento da situação ambiental do concelho de Praia da Vitória, visando a promoção da boa execução dos trabalhos de monitorização e de reabilitação diligenciados pelo 65 ABG, foram realizadas as seguintes reuniões em 2023, igualmente inseridas no apoio prestado pelo LNEC ao MDN (das quais apenas se referem os aspetos relativos aos sites 3001 e 5001, em análise neste estudo):

- A 6 de janeiro realizou-se, por videoconferência, a reunião preparatória da 66.^a reunião da Comissão Técnica (66 CT). O LNEC apresentou uma síntese dos resultados da segunda campanha de monitorização de 2022 e, ainda, um resumo dos resultados das últimas reuniões de peritos. O LNEC não participou na 66 CT, que teve lugar a 19 de janeiro, atendendo a que não foram tratados assuntos relativos ao ambiente.
- A 2 de fevereiro realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos da USAFE e de Portugal onde participaram elementos do MDN e do LNEC. O LNEC apresentou uma síntese dos trabalhos de monitorização desenvolvidos em 2022, apresentados no relatório 1/2023 – DHA/NRE, bem como a evolução da qualidade da água entre 2028 e 2022. Foram, ainda, apresentados os novos “Critérios para a classificação das massas de água” emitidos pela Agência Portuguesa do Ambiente e as suas implicações nos trabalhos em curso. Os resultados foram brevemente discutidos entre os presentes.
- A 6 de abril realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos da USAFE e de Portugal onde participaram elementos do MDN e do LNEC. Foram apresentados pela USAFE mais alguns pormenores sobre os trabalhos em curso visando monitorizar e reabilitar a qualidade das águas subterrâneas no Site 3001.
- A 19 de abril realizou-se, na Base das Lajes, Açores, a 68.^a reunião da Comissão Técnica. O LNEC conduziu uma visita técnica a diversos dos Sites em análise (5010, 5001, 5014, 3001 e 3003), apresentando uma síntese da situação ambiental e dos trabalhos de reabilitação previstos ou em falta para permitir reabilitar o local. Foi discutida a situação da renovação prevista no edifício T-705 e as suas implicações com os trabalhos de inertização do pipeline antigo previstos para o mesmo local.
- A 5 de maio realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos da USAFE e de Portugal onde participaram elementos do MDN e do LNEC. Foi apresentado pela USAFE o documento "Perform Spill Response Activities and a Well Survey at Lajes Field, Azores, Portugal". As ações previstas foram analisadas e as questões levantadas discutidas, havendo diversos pontos de discórdia, designadamente quanto aos Sites que foram considerados fechados pela USAFE.
- A 7 de junho realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos da USAFE e de Portugal onde participaram elementos do MDN e do LNEC. Esta reunião teve como objetivo principal

fazer um ponto de situação das campanhas de monitorização a realizar pela USAFE e pelo LNEC.

Refere-se, ainda, que a 9 de março e a 5 de julho se realizaram, por videoconferência, a 67.^a e a 69.^a reunião da Comissão Técnica, respetivamente, onde o LNEC não participou por não ter sido previsto tratar-se de questões ambientais.

7 | Síntese, conclusões e recomendações

Em 2023, a análise da informação relativa à qualidade das águas subterrâneas dos Sites 3001 e 5001 incluiu os seguintes trabalhos realizados para a ERSARA: (1) a primeira campanha semestral de monitorização da qualidade das águas subterrâneas desenvolvida pelo LNEC em abril (e em julho) e (2) o programa de controlo da qualidade da água na origem, promovido pela Praia Ambiente, E.M.. Apresenta-se uma síntese dos mesmos, bem como as principais conclusões e recomendações.

Na área e a jusante do Site 3001, em 2023:

- Realizou-se a monitorização e amostragem de águas subterrâneas para análise química em oito piezómetros nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia da área limite do Site 3001, tendo sido analisados os resultados obtidos para 113 parâmetros químicos diferentes.
- HTP: observaram-se concentrações que excederam o Limiar em seis dos oito piezómetros amostrados. Salienta-se que o novo Limiar (APA, 2021) de 0,01 mg/L (cujo valor anteriormente considerado era de 0,75 mg/L, cf. Anexo I) é inferior ao limite de quantificação conseguido pelos laboratórios de análise, pelo que todos os valores positivos automaticamente excedem o Limiar. Não se observam tendências estatisticamente significativas de subida ou de descida de HTP.
- BTEX: não foi registada a sua presença nas águas subterrâneas amostradas.
- COV: não se observou a sua presença nas águas subterrâneas amostradas.
- HAP: quatro dos cinco piezómetros no interior do Site 3001 (S6A, 3001-MW01R, 3001-MW02 e 3001-MW05) apresentaram concentrações em algum HAP com valores acima do Limiar, embora muito inferiores às normas estabelecidas por outros países (Canadá e Holanda, cf. Anexo I).

Estão em curso novos trabalhos no Site 3001, incluindo ações de monitorização, o levantamento da situação dos piezómetros e as ações de reabilitação das áreas contaminadas (cf. capítulo 3). O acompanhamento da eficácia dessas ações será realizado por forma a verificar o seu impacto na melhoria da situação ambiental e, em particular, da qualidade das águas subterrâneas não só dos piezómetros localizados mais a jusante (analisados neste estudo) como dos piezómetros dentro do Site.

Na área a jusante do Site 5001, em 2023:

- Realizou-se a monitorização e amostragem de águas subterrâneas para análise química em dois piezómetros localizados no aquífero basal, tendo sido analisados os resultados obtidos para 113 parâmetros químicos diferentes.
- HTP: as concentrações foram iguais ou inferiores ao Limiar.
- BTEX: não foi registada a sua presença nas águas subterrâneas amostradas.
- COV: não se observou a sua presença nas águas subterrâneas amostradas.
- HAP: apenas o piezómetro S5B apresenta concentrações acima do limite de quantificação para três HAP, dois deles com valores ligeiramente superiores aos respetivos Limiares, mas muito abaixo das demais normas internacionais (Anexo I).

Não obstante as concentrações em hidrocarbonetos nos dois piezómetros amostrados fora do Site 5001 serem baixas, as águas subterrâneas dentro do Site 5001 apresentam LNAPL em mais do que um piezómetro, com diversas áreas com águas subterrâneas contaminadas em HTP, BTEX e HAP.

A USAFE apresentou um projeto tendo em vista a demolição de dois tanques de armazenamento e de um tanque de recuperação de combustível neste Site que inclui a remoção de cerca de 18 m³ de solos contaminados na envolvente dos tanques, não existindo ainda previsão de datas para a sua execução (cf. Leitão, Martins e Antunes, 2023). A realização destas obras permitirá a melhoria parcial da situação em relação a águas subterrâneas e solos contaminados, mas a área onde ocorrem LNAPL é outra e não será essa ação que permitirá reabilitar o local.

Nos furos de abastecimento de água:

- Analisaram-se os resultados das análises químicas de amostras pontuais de água recolhidas em seis furos de captação, nos meses de dezembro de 2022, e outras análises complementares recolhidas nos furos do Areeiro-Fontinhas e do Juncal, em janeiro e em fevereiro de 2023.
- As análises das amostras pontuais não excedem as normas utilizadas para nenhum hidrocarboneto.
- Os restantes resultados das análises de monitorização da qualidade da água evidenciaram que todos os parâmetros se encontram em conformidade com as normas, com exceção dos parâmetros cloreto, sódio, vanádio, fósforo (ligeiramente superior ao Limiar) e zinco. O vanádio é de origem natural, enquanto o cloreto, o sódio e o zinco se devem a processos de sobreexploração do aquífero de base.
- Recomenda-se a manutenção do Plano de Monitorização Especial de Controlo da Qualidade da Água (PMECQA) previsto para 2023 pela Praia Ambiente, E.M..

Nas próximas campanhas devem ser reduzidos os limites de quantificação dos seguintes elementos/compostos, por terem valores iguais ou superiores ao Limiar: antraceno, benzo(a)antraceno, Dibenz(a,h)antraceno (apenas nas análises feitas pelo LAIST, cf. capítulo 4), 1.1.2.2-Tetracloroetano, Bromometano, cis-1.3-Dicloropropileno, Hexaclorobutadieno, trans-1.3-Dicloropropeno, Hidrocarbonetos Totais do Petróleo e Antimónio (apenas nas análises feitas pela AmbiPar Control, cf. capítulo 5).

Mantém-se importante o acompanhamento do Estado Português dos processos de monitorização e de reabilitação em curso até que se verifique a efetiva reabilitação dos locais contaminados.

Lisboa, LNEC, julho de 2023

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e
Estruturas Hidráulicas



Teresa Viseu

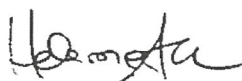
AUTORIA



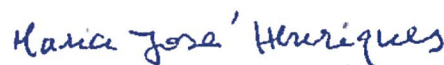
Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação

A Diretora do Departamento de Hidráulica e
Ambiente



Helena Alegre



Maria José Henriques

Técnica Superior

Referências bibliográficas

- APA, 2015 – **Plano de Gestão de Região Hidrográfica do Minho e Lima**. 2.º Ciclo de Planeamento. Anexo V dos Planos de Gestão das Regiões Hidrográficas 2016/2021 publicados pela Agência Portuguesa do Ambiente.
- APA, 2021 – **Critérios para a Classificação das Massas de Água**. DRH/DEQA, 2021. https://www.apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DRH/ParticipacaoPublica/PGRH/2022-2027/3_Fase/PGRH_3_SistemasClassificacao.pdf
- HENRIQUES, M.J.; MARTINS, T.M.; LOBO FERREIRA, J.P., 2013 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Mapeamento Regional de Perímetros de Proteção de Captações de Águas Subterrâneas destinadas ao Abastecimento Público no Concelho de Praia da Vitória – Aplicação do Método de Krijgsman e Lobo Ferreira**. LNEC - Proc. 0607/01/18422. Relatório 15/2013 – NAS.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2020a – **Assessoria Técnica aos Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Apreciação Sumária do "Medical Report – Substantial Impact to Human Health and Safety – Lajes Field Remediation Sites 3001 and 5001"**. LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 201/2020 – CD.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2020b – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Análise dos Resultados da Monitorização de Águas Subterrâneas realizada em 2020**. LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 467/2020 – CD.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2016a – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório de Progresso 2016**. LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 137/2016 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2016b – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório Final, 2016**. LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 316/2016 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2018a – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Análise dos Resultados da Monitorização**. LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 57/2018 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2018b – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório de Progresso, 2018**. LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 247/2018 – DHA/NRE.

- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2018c – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório Final, 2018.** LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 421/2018 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2019 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório do ano 2019.** LNEC - Proc. 0605/121/22161. Relatório 462/2019 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2020 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório de Progresso, 2020.** LNEC - Proc. 0605/121/22161. Relatório 299/2020 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2021 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório de Progresso, 2021.** LNEC - Proc. 0605/1201/22161. Relatório 274/2021 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2023 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório do ano 2022.** LNEC - Proc. 0605/1201/23463. Relatório 27/2023 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; LOBO-FERREIRA, J.P.; OLIVEIRA, M.M., 2013 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. LNEC - Relatório Final.** LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 407/2013 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; MOTA, R., 2015 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório de 2015.** LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 287/2015 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; MOTA, R.; ANTUNES, M.L., 2019 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Relatório Final, 2019.** LNEC - Proc. 0102/121/21350. Relatório 145/2019 – CD.
- LEITÃO T.E.; MOTA, R.; ANTUNES, M.L., 2020 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Prospecção geofísica e caracterização da qualidade dos solos junto ao Site 5001.** LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 308/2020 – CD.
- LEITÃO, T.E., 2023 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Parecer sobre os Projetos: P-281 HAAZ Request Renovate T-705, P-290-22-HAAZ Request to Convert T-169, P-291-22 Request to Convert T-827, P-294 Request to Renovate T-810 and Demolish T-815, 6 pp.**

- LEITÃO, T.E.; MARTINS, T.; ANTUNES, M.L., 2023 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Análise dos Resultados da Monitorização de Águas Subterrâneas Realizada em 2022 e Pareceres sobre Projetos ou Estudos Promovidos pela USAFE.** LNEC - Proc. 0605/1201/23217. Relatório 1/2023 – DHA/NRE.
- ME, 2011 – **Groundwater and Sediment Standards for Use Under Part XV.1 of the Environmental Protection Act.** Ministry of the Environment April 15, 2011.
- QUADROS, S.; COTA RODRIGUES, F.; MESQUITA, E.; LEITÃO, T.E.; ROSA, M.J., 2018 – **Análise das Origens de Água para Abastecimento Público em Diversas Ilhas dos Açores Visando Otimizar a Qualidade da Água Destinada ao Consumo Humano. Tratamento da Informação Disponível e Análise Preliminar de Propostas de Soluções.** LNEC - Proc. 0606/121/20686. Relatório Conjunto 347/2018 – DHA/NES.
- U.S. Air Force, USAFE, 2020 – **Determination of no Substantial Impact to Human Health and Safety: Lajes Field Sites 3001 and 5001.** AFAFRICA N0379-20//20200504, 2020, maio 2020.
- VROM, 2000 – **Dutch Target and Intervention Values.** Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 2000.
- WHO, 2003 – **Polynuclear Aromatic Hydrocarbons in Drinking Water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality**
https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/polyaromahydrocarbons.pdf.

ANEXOS

ANEXO I

Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	L (2021) ²	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Temperatura	°C						
pH	Sorensen		≥ 5,5; ≤ 9	≥ 6,5; ≤ 9,5			
Condutividade elétrica	μS/cm (20°C)		2500	2500			
Índice de fenóis	mg/L				0,89	12	2
Carbonatos	mg/L						
Cloretos	mg/L		250	250	790	2300	
Bicarbonatos	mg/L						
Nitratos	mg/L	50		50			
Sulfatos	mg/L		250	250			
Alumínio - Al	mg/L		0,2	0,2			
Antimónio - Sb	mg/L		0,01	0,005			0,02
Arsénio - As	mg/L		0,01	0,01	0,025	1,9	0,06
Bário - Ba	mg/L		1,3		1	29	0,625
Berílio - Be	mg/L				0,004	0,067	0,015
Boro - B	mg/L		2,4	1	5	45	
Cádmio - Cd	mg/L		0,005	0,005	0,0027	0,0027	0,006
Cálcio - Ca	mg/L						
Chumbo - Pb	mg/L		0,01	0,01	0,01	0,025	0,075
Crómio - Cr	mg/L		0,05	0,05	0,05	0,81	0,03
Cobalto - Co	mg/L				0,0038	0,066	0,1
Cobre - Cu	mg/L		2	2	0,087	0,087	0,075
Ferro - Fe	mg/L		0,2	0,2			
Fluoreto - F	mg/L		1,5	1,5			
Fósforo - P	mg/L		0,13				
Lítio - Li	mg/L		1,65				
Magnésio - Mg	mg/L						
Manganês - Mn	mg/L		0,05	0,05			
Mercurio - Hg	μg/L		1	1	0,29	0,29	0,3
Molibdeno - Mo	mg/L				0,07	9,2	0,3
Níquel - Ni	mg/L		0,02	0,02	0,1	0,49	0,075
Potássio - K	mg/L						
Prata - Ag	mg/L				0,0015	0,0015	0,04
Selénio - Se	mg/L		0,03	0,01	0,01	0,063	0,16
Sódio - Na	mg/L			200	490	2300	
Tálio - Ta	mg/L				0,002	0,51	0,007
Vanádio - V	mg/L				0,0062	0,25	0,07
Zinco - Zn	mg/L		0,05		1,1	1,1	0,8
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo HTP (C10-C40)	mg/L		0,01		0,75	0,75	

² Estes Limiares são os definidos pela APA (2021). A vermelho encontram-se as concentrações que foram alteradas.

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	L (2021) ²	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
BTEX:							
Benzeno	µg/L		1	1	5	44	30
Etilbenzeno	µg/L		4		2,4	2300	150
Meta-para xileno	µg/L		2,4		300	4200	70
Orto-xileno	µg/L				300	4200	70
Tolueno	µg/L		7		24	18000	1000
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados:							
1.1.1.2-Tetracloroetano	µg/L				1,1	3,3	
1.1.1-Tricloroetano	µg/L				200	640	300
1.1.2.2-Tetracloroetano	µg/L				1	3,2	
1.1.2-Tricloroetano	µg/L				4,7	4,7	130
1.1-Dicloroetano	µg/L				5	320	900
1.1-Dicloroetano	µg/L				1,6	1,6	10
1.1-Dicloropropileno	µg/L						
1.2.3-Triclorobenzeno	µg/L						
1.2.3-Tricloropropano	µg/L						
1.2.4-Triclorobenzeno	µg/L				70	180	
1.2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L						
1.2-Dibromoetano (EDB)	µg/L						
1.2-Diclorobenzeno	µg/L				3	4600	
1.2-Dicloroetano	µg/L		3	3	1,6	1,6	400
1.2-Dicloropropano	µg/L				5	16	
1.3.5-Triclorobenzeno	µg/L						
1.3-Diclorobenzeno	µg/L				59	9600	
1.3-Dicloropropano	µg/L						
1.4-Diclorobenzeno	µg/L				1	8	
2.2-Dicloropropano	µg/L						
2-Clorotolueno	µg/L						
4-Clorotolueno	µg/L						
Bromobenzeno	µg/L						
Bromoclorometano	µg/L						
Bromodiclorometano	µg/L				16	85000	
Bromofórmio	µg/L				25	380	
Bromometano	µg/L				0,89	5,6	
cis-1.2-Dicloroetano	µg/L				1,6	1,6	20
cis-1.3-Dicloropropileno	µg/L				0,5		
Cloreto de vinilo	µg/L		0,5	0,5	0,5	0,5	5
Clorobenzeno	µg/L				30	630	180
Cloroetano	µg/L						
Clorofórmio	µg/L		6		2,4	2,4	400
Clorometano	µg/L						
Dibromoclorometano	µg/L				25	82000	
Dibromometano	µg/L						
Diclorodifluorometano	µg/L				590	4400	

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	L (2021) ²	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Diclorometano	µg/L		20				1000
Hexaclorobutadieno	µg/L				0,44	0,44	
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L		10	10	1,6	1,6	40
Tricloroetileno (TCE)	µg/L		10	10	1,6	1,6	500
Tetraclorometano	µg/L						10
trans-1.2-Dicloroeteno	µg/L				1,6	1,6	
trans-1.3-Dicloropropeno	µg/L				0,5		
Triclorofluorometano	µg/L				150	2500	
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados:							
1.2.4-Trimetilbenzeno	µg/L						
1.3.5-Trimetilbenzeno	µg/L						
Isopropilbenzeno	µg/L						
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L		0,65	-	15	190	9200
n-Butilbenzeno	µg/L						
n-Propilbenzeno	µg/L						
p-Isopropiltolueno	µg/L						
sec-Butilbenzeno	µg/L						
Estireno	µg/L				5,4	1300	300
tert-Butil álcool	µg/L						
tert-Butilbenzeno	µg/L						
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)							
Acenafteno	µg/L		0,06		4,1	600	
Acenaftileno	µg/L		1,3		1	1,8	
Antraceno	µg/L		0,0007		2,4	2,4	5
Benzo(a)antraceno	µg/L		0,0001		1	4,7	0,5
Benzo(a)pireno	µg/L		0,01	0,01	0,01	0,81	0,05
Benzo(b)fluoranteno	µg/L				0,1	0,75	0,05
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L				0,2	0,2	0,05
Benzo(k)fluoranteno	µg/L		0,1		0,1	0,4	
Indeno(1.2.3.cd)pireno	µg/L				0,2	0,2	0,05
Criseno	µg/L		0,003		0,1	1	0,2
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L		0,0014		0,2	0,52	
Fenantreno	µg/L		0,003		1	580	5
Fluoranteno	µg/L		0,003		0,41	130	1
Fluoreno	µg/L		1,5		120	400	
Naftaleno	µg/L		10		11	1400	70
Pireno	µg/L		0,0023		4,1	68	
Soma de 4 HAP [Benzo(b)fluoranteno + Benzo(g,h,i)perileno + Benzo(k)fluoranteno + Indeno(1.2.3.cd)pireno]	µg/L		0,1				

NQ - Normas de Qualidade para águas subterrâneas. Anexo I da DAS. DL 208/2008

L (2021) - Limiar definido no documento "Critérios para a Classificação das Massas de Água" (APA, 2021)

VP - Valor Paramétrico. DL 152/2017 - Qualidade da água destinada ao consumo humano

Canadá T2 - *Standards in a Potable Groundwater Condition*; Canadá T3 - *Standards in a Non-Potable Ground Water Condition*

Holanda, *Intervention value*

ANEXO II

Parâmetros medidos *on site* nos pontos de águas subterrâneas durante a 1.^a campanha de 2023

Abril de 2023

Ponto de amostragem	Amostrador	Data	Prof. Colheita (m)	n.p. (m)	Prof. (m)	T(°C)	pH	C.E. (µS/cm 25° C)	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	Observação
3001-MW01R, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	20/04/2023	2.94-3.50	2,94	7,73						Formação hidrogeológica superficial. Amostra de água com sedimentos ferrosos de cor acastanhada.
3001-MW01R, F			7,5								
3001-MW01R, M			7,5			15,4	7,19	484,3	115,9	3,04	
3001-MW02, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	20/04/2023	2.79-3.8	2,79	7,8						Formação hidrogeológica superficial.
3001-MW02, F			7,5								
3001-MW02, M			6			17,2	7,27	470	108,2	4,39	
3001-MW05, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	20/04/2023	1.83-2.50	1,83	5,9						Formação hidrogeológica superficial. Amostra com cheiro a hidrocarbonetos, com sedimentos escuros (mais abundantes no fundo).
3001-MW05, F			5,9								
3001-MW05, M			4			15,8	7,12	698	-45,2	1,81	
S6A, S	Amostrador manual	20/04/2023	6,50	6,13	11						Formação hidrogeológica superficial. Amostra de água com cheiro a sulfuretos.
S6A, F			11								
S6A, M			9			17	7,71	627	119,5	2,77	
S6B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	20/04/2023	3.55-4	3,55	8,64						Formação hidrogeológica superficial. Amostra com sedimentos acastanhados (mais abundantes no fundo).
S6B, F			8,5								
S6B, M			6			17,4	7,33	540	119,1	2,39	
FP3A, S	Amostrador manual	20/04/2023	9	8,14	16,06						Formação hidrogeológica intermédia. Amostra de água com sedimentos escuros.
FP3A, F			16								
FP3A, M			13			16,6	7,75	330,1	120,5	4,2	
FP6A, S	Amostrador manual	20/04/2023	15	14,04	37,31						Formação hidrogeológica intermédia. Em 2020 ficou um amostrador no interior do piezómetro.
FP6A, F			17								
FP6A, M			17			15,1	7,98	390,6	86	4,7	
FP6B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	20/04/2023	2.43-3	2,43	5,99						Formação hidrogeológica superficial. Amostra com sedimentos acastanhados (mais abundantes no fundo).
FP6B, F			5								
FP6B, M			4			17	7,52	732	112,2	1,92	
FB5, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	19/4/2023	1.26-1.5	1,26	9,5						Aquífero basal.
FB5, F			6								
FB5, M			6			17,1	7,88	1387	96,1	4,78	
S5B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	19/4/2023	0.68-1	0,68	5,3						Aquífero basal. Amostra de água com sedimentos escuros.
S5B, F			4,7								
S5B, M			3			17,4	7,31	850	-78,1	1,6	
Duplicado (ERSARA)-M88;FB5		19/4/2023	6								Aquífero basal. Fez-se a amostragem completa e de seguida efetuou-se a amostragem do duplicado aos 6 m de profundidade para todos os parâmetros.
Branco de Campo (ERSARA)-M90;FB5		19/4/2023									

Junho de 2023

Ponto de amostragem	Amostrador	Data	Prof. Colheita	n.p. (m)	Prof. (m)	T(°C)	pH	C.E. (µS/cm 25°)	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	Observação
3001-MW01R, S	Amostrador bailer	01/06/2023	5,49	4,59	7,73	19,60	7,68	538,00	-13,40	1,75	Formação hidrogeológica superficial. Amostra de água com sedimentos ferrosos de cor acastanhada.
3001-MW02, S	Amostrador bailer	01/06/2023	4,04	3,14	7,80	21,20	7,03	495,50	130,60	3,05	Formação hidrogeológica superficial.
3001-MW05, S	Amostrador bailer	01/06/2023	2,84	1,94	5,90	20,30	7,24	803,00	-90,50	1,12	Aquífero superficial. Amostra com cheiro a hidrocarbonetos.
S6A, S	Amostrador bailer	01/06/2023	7,56	6,66	11,00	20,60	7,65	661,00	112,30	1,87	Formação hidrogeológica.
S6B, S	Amostrador bailer	01/06/2023	4,77	3,87	8,64	21,50	6,99	532,00	133,10	1,45	Formação hidrogeológica.
FP3A, S	Amostrador bailer	01/06/2023	10,16	9,26	16,06	21,00	6,95	337,70	156,20	5,20	Formação hidrogeológica intermédia.
FP6A, S	Amostrador bailer	01/06/2023	15,16	14,26	37,31	20,70	7,96	406,90	89,80	3,28	Formação hidrogeológica intermédia. Em 2020 ficou um amostrador no interior do piezômetro.
FP6B, S	Amostrador bailer	01/06/2023	3,50	2,60	5,99	19,80	7,28	789,00	28,00	1,26	Formação hidrogeológica superficial.
FB5, S	Amostrador bailer	01/06/2023	2,25	1,35	9,50	21,30	7,15	1471,00	118,40	4,14	Aquífero basal.
S5B, F	Amostrador bailer	01/06/2023	1,90	1,00	5,30	20,40	7,45	928,00	-118,10	1,43	Aquífero basal.
Duplicado - M88 (FB5)	Amostrador bailer	01/06/2023									Aquífero basal. Amostra do duplicado recolhida durante a amostragem do FB5
Branco de Campo - M90 (FP6A)	Amostrador bailer	01/06/2023									Branco de campo efetuado durante a amostragem do piezômetro FP6A.



www.lnec.pt

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL
tel. (+351) 21 844 30 00
lnec@lnec.pt www.lnec.pt