



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, 2021



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, 2021

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

Lisboa • julho 2021

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 274/2021 – **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, 2021

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA 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

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

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 274/2021

Proc. 0605/1201/22161

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, 2021

Resumo

No âmbito da 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", que o LNEC tem vindo a prestar à Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) desde 2012, o presente contrato, CON-ERSARA/2019/3, visa dar seguimento ao estudo que vem sendo desenvolvido.

O presente trabalho é relativo aos resultados obtidos no primeiro semestre de 2021. Como vem sendo prática, e para dar resposta ao disposto na assessoria, o relatório apresenta os resultados: (1) da análise dos trabalhos promovidos pela 65 *Air Base Group*; (2) da monitorização da qualidade das águas subterrâneas desenvolvida pelo LNEC; (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 2021. 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, 2021

Abstract

As part of the technical assistance for the “Analysis and monitoring of the rehabilitation works for improvement of the environmental situation surrounding the water supply wells of Praia da Vitória municipality, Azores”, which LNEC has been providing to the Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) since 2012, this contract, CON-ERSARA/2019/3, aims to follow up on the study that has been developed.

This report presents an analysis of the data obtained in the first semester of the year 2021. As has been the practice, and in order to respond to the contract, the report presents the results of: (1) the analysis of the works promoted by the 65th *Air Base Group*; (2) the groundwater quality monitoring developed by LNEC; (3) the water quality control program for human consumption promoted by Praia Ambiente, E.M.. It also presents a summary of the meetings held in 2021 concerning environmental issues. The report ends with a summary of the results 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 pela <i>65 Air Base Group</i>	4
4	Monitorização da qualidade das águas subterrâneas	5
4.1	Descrição da campanha realizada	5
4.2	Metodologia de avaliação	6
4.3	Resultados obtidos	6
4.3.1	Porta de Armas (Main Gate, Site 3001)	6
4.3.2	South Tank Farm (Site 5001/AOC-1)	16
5	Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano	24
5.1	Resultados da amostragem pontual	24
5.2	Resultados da amostragem contínua	29
6	Participação em reuniões	33
7	Síntese, conclusões e recomendações	35
	Referências bibliográficas	40
	Anexos	43
	ANEXO I Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados	45
	ANEXO II Parâmetros medidos <i>on site</i> nos pontos de águas subterrâneas durante as campanhas de 2021	51

Índice de figuras

Figura 4.1 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001	7
Figura 4.2 – Concentração em HTP em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2018 e 2021	8
Figura 4.3 – Concentração em BTEX em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2018 e 2021	11
Figura 4.4 – Concentração em COV em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2018 e 2021	12
Figura 4.5 – Concentração em HAP em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2018 e 2021	13
Figura 4.6 – Valores médios de HTP nas águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2021	14
Figura 4.7 – Valores médios de BTEX nas águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2021	14
Figura 4.8 – Valores médios de COV nas águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2021	15
Figura 4.9 – Valores médios de HAP nas águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2021	15
Figura 4.10 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas a sul do Site 5001	16
Figura 4.11 – Concentrações em COV em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2021	19
Figura 4.12 – Concentrações em HAP em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2021	20
Figura 4.13 – Valores médios de HTP nas águas subterrâneas junto ao Site 5001, entre 2010 e 2021	21
Figura 4.14 – Valores médios de BTEX nas águas subterrâneas junto ao Site 5001, entre 2010 e 2021	21
Figura 4.15 – Valores médios de COV nas águas subterrâneas junto ao Site 5001, entre 2010 e 2021	22
Figura 4.16 – Valores médios de HAP nas águas subterrâneas junto ao Site 5001, entre 2010 e 2021	22
Figura 5.1 – Localização dos furos monitorizados pela Praia Ambiente	25
Figura 5.2 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2019 e 2021, para amostras pontuais	25
Figura 5.3 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2018 e 2021, para amostragem contínua	30

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Características dos piezómetros e dos furos monitorizados	5
Quadro 4.2 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem dentro e fora do Site 3001, em maio de 2021	9
Quadro 4.3 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem a sul do Site 5001, em maio de 2021	17
Quadro 5.1 – Plano de Monitorização Especial para Controlo da Qualidade da Água dos Furos para o ano 2021 proposto pela Praia Ambiente	24
Quadro 5.2 – Resultados de análises químicas de amostras pontuais recolhidas nos furos de captação para eventual abastecimento público, em 2021	27
Quadro 5.3 – Resultados de análises químicas de amostras contínuas de água recolhida nos furos de captação em dezembro de 2020 e em abril/maio de 2021	31

Agradecimentos

Agradece-se todo o apoio do Comando Português da Zona Aérea dos Açores para a realização deste trabalho, nas pessoas dos Senhores Major César Fernandes e Major Pedro Rocha, bem como às Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, através do Eng.º Vítor Berbereia.

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

DISCO - *Discovery of Suspected and Contaminated Site Study*

DNAPL - Fase líquida densa não aquosa (*Dense Non-Aqueous Phase Liquid*)

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 ou valores do Limiar definidos nos PGRH (APA, 2015)

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

LQ - Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da Diretiva das Águas Subterrâneas DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009)

MDN - Ministério da Defesa Nacional

MW - Piezómetro (*Monitoring well*)

NAPL - Fase líquida não aquosa (*Non-Aqueous Phase Liquid*)

NP - Nível piezométrico

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

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

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 de progresso de 2021.

Este relatório é relativo aos trabalhos de monitorização desenvolvidos pelo LNEC no primeiro semestre de 2021, apresentando ainda a análise de outros trabalhos em curso na área em estudo, nomeadamente os promovidos pelas Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes (65th *Air Base Group* ou 65 ABG) e os resultados do controlo da qualidade da água da Praia Ambiente para os furos de água utilizada para abastecimento público.

Os relatórios produzidos para a ERSARA, desde 2012, são: Leitão, Lobo-Ferreira e Oliveira (2013); Leitão e Mota (2015); Leitão e Henriques (2016a, 2016b, 2018a, 2018b, 2018c, 2019, 2020a, 2020b).

O relatório mantém a estrutura dos anteriores, contendo nos seguintes capítulos: 1 | Introdução; 2 | Objetivos e metodologia; 3 | Acompanhamento dos trabalhos promovidos pela 65 *Air Base Group*; 4 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas; 5 | Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano; 6 | Participação em reuniões e 7 | Síntese, conclusões e recomendações.

2 | Objetivos e metodologia

O objetivo do estudo em curso 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. Estes trabalhos têm vindo a ser promovidos pela 65 ABG, embora no ano 2020 não tenha sido reportada nenhuma ação de reabilitação ou de monitorização.

O programa de trabalhos do contrato CON-ERSARA/2019/3, em vigor para dois anos (2019/21), 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 pela USAFE;
- c) avaliar as propostas de reabilitação das águas subterrâneas preconizadas pela USAFE para os anos 2019 e seguintes, e avaliar o seu desempenho, 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, 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 ERSARA, com a participação do LNEC e de autoridades regionais e locais a designar 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* e *on site* 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. recolha de amostras de água para sua datação em cinco furos, incluindo furos no aquífero basal e nas duas formações hidrogeológicas intermédias;
 - viii. tratamento da informação recolhida.
- e) preparar propostas de atas das reuniões previstas nos pontos ii e iii, no prazo de sete dias úteis após a sua realização e submissão via e-mail, em formato editável, à ERSARA;
 - f) analisar 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 o LNEC e a ERSARA;
 - i) apoiar 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 pela 65 Air Base Group

No primeiro semestre de 2021, a 65 ABG não realizou ações de reabilitação dos Sites 3001 (Main Gate) ou 5001 (*South Tank Farm*). Esta situação mantém-se desde junho de 2019, altura em que foram reapreciadas ações de reabilitação para estes dois Sites, que incluíram a reinstalação, manutenção e uso do equipamento de extração LNAPL em diversos piezómetros, no período de nove meses de vigência do trabalho (cf. Leitão e Antunes, 2019 e Leitão e Henriques, 2019).

Em julho de 2021 presenciou-se a programação e a instalação de medidores automáticos do nível piezométrico, em furos do aquífero basal, por peritos dos USA. Aguardam-se os resultados e interpretação desses dados e as ações de reabilitação subsequentes.

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 nove anos pelo LNEC para a ERSARA para os Sites 3001 e 5001. A primeira campanha semestral, inicialmente prevista para meados de março, foi adiada para 24 e 25 de maio de 2021 devido à pandemia, facto que já havia sucedido na primeira campanha de 2020.

No Quadro 4.1 apresentam-se as características dos piezómetros e dos furos monitorizados que incidem sobre a: (1) qualidade das águas subterrâneas de oito piezómetros dentro e junto ao Site 3001, nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia, complementar à informação recolhida nos furos do aquífero basal pela Praia Ambiente, cujos dados também são analisados pelo LNEC (cf. Capítulo 5) e (2) qualidade das águas subterrâneas de dois piezómetros à saída do Site 5001, 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). Estas estações de monitorização são complementadas com outros dados recolhidos pelo LNEC para o Ministério da Defesa Nacional (MDN).

Quadro 4.1 – Características dos piezómetros e dos furos monitorizados

	Designação	Aquífero	Coordenada E	Coordenada N	Profundidade do furo (m)	Cota do solo (m)	Tubos ralos	
							Profundidade (m)	Cota (m)
Disco Site 3001 e envolvente	MW01R	Superficial	493291	4289157	9	54,70	1,9 a 8	52,8 a 46,7
	MW02	Superficial	493535	4289352	7,80	53,67	4,80 a 7,80	48,87 a 45,87
	MW05	Superficial	493454	4289287	6,40	52,86	3,40 a 6,40	49,46 a 46,46
	S6A	Superficial	493479	4289472	11,00	56,44	2,6 a 8,6	53,84 a 47,84
	S6B	Superficial	493512	4289400	9,00	54,31	2 a 7	52,26 a 47,26
	FP3A	Intermédio	493335	4288976	16,50	53,56	7,50 a 8,50 e 13,00 a 15,00	46,06 a 45,06 e 40,56 a 38,56
	FP6A	Intermédio	493491	4289262	42,00	53,56	37,00 a 40,00	16,56 a 13,56
	FP6B	Superficial	493500	4289260	12,00	53,56	2,00 a 4,00	51,56 a 49,56
Disco Site 5001 e envolvente	S5B	Basal	494571	4287582	5,30	1,66	1,3 a 5,3	0,36 a -3,64
	FB5	Basal	494670	4287575	12,00	1,73	5,50 a 8,50	-3,77 a -6,77

4.2 Metodologia de avaliação

Por forma a tornar este relatório autónomo, transcreve-se a metodologia já apresentada em relatórios anteriores. Assim, a qualidade das águas subterrâneas foi analisada como até à data utilizando a legislação Portuguesa em vigor, nomeadamente para os parâmetros definidos para a qualidade das águas subterrâneas na origem, decorrente da aplicação da Diretiva-Quadro da Água (DQA), da Diretiva das Águas Subterrâneas (DAS) e da Lei da Água (LA). Para os parâmetros não contemplados nas legislações anteriormente mencionadas foram utilizados os valores paramétricos definidos no Decreto-Lei n.º 152/2017 para a qualidade da água destinada ao consumo humano. Complementarmente foi utilizada a legislação do Canadá relativa aos padrões para condições de águas subterrâneas potáveis, tendo também sido consultadas as normas para condições de águas subterrâneas não potáveis e a legislação da Holanda relativa aos valores a partir dos quais deve haver intervenção.

No Anexo I deste relatório apresenta-se uma síntese das normas utilizadas.

Em síntese, e por sequência, são utilizados os seguintes documentos normativos:

- LQ - Limiares de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008, e L - Limiares definidos em APA (2015).
- 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).

4.3 Resultados obtidos

4.3.1 Porta de Armas (Main Gate, Site 3001)

A Figura 4.1 apresenta os locais das campanhas de recolha de amostras de águas subterrâneas para análise química em 2021. Estes locais mantêm-se os mesmos desde 2013 e incluem piezómetros nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia.

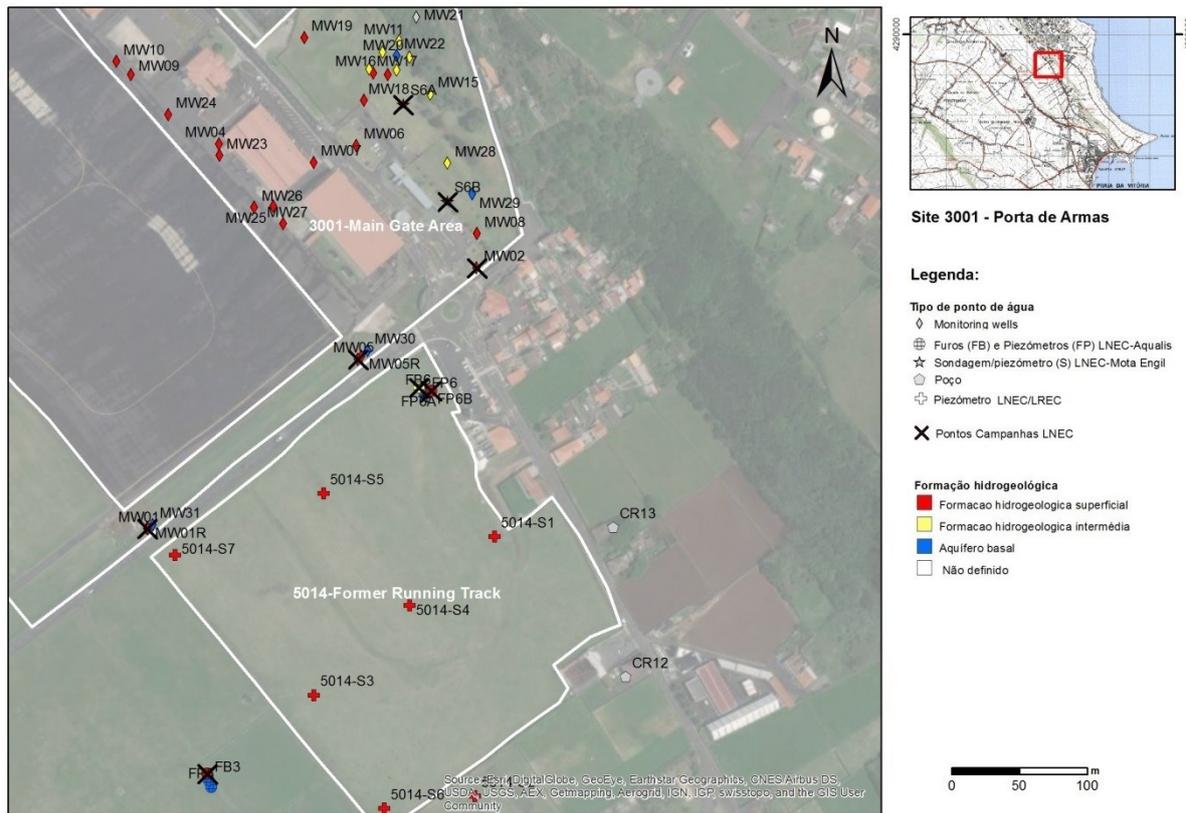


Figura 4.1 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001

Como foi referido em relatórios anteriores, o objetivo da monitorização de longo prazo da qualidade das águas subterrâneas, em piezómetros localizados na periferia do Site 3001, é complementar as análises que vinham sendo feitas pela 65 ABG dentro daquele Site e, assim, analisar os impactes resultantes dos processos de reabilitação implementados. Assim, a seleção de piezómetros a jusante do escoamento subterrâneo visa detetar atempadamente a presença de potenciais contaminantes que possam migrar para SE, p.e. em direção ao furo do Juncal 1. No mesmo contexto de identificação precoce da eventual contaminação, escolheram-se piezómetros localizados nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia. Se estes não fossem aqui identificados, então seria pouco provável que surgissem no aquífero basal.

Contudo, nos últimos dois a três anos observaram-se diversas alterações em relação à situação monitorização e de controlo da qualidade das águas subterrâneas face a um processo de reabilitação em curso. A principal alteração deve-se à quase paragem dos processos de reabilitação dentro do Site 3001 desde junho de 2019 (embora ainda haja piezómetros com meias absorventes) - acompanhados de um retrocesso na melhoria da qualidade - à ausência da monitorização semestral que vinha sendo praticada pela 65 ABG e à perfuração de novos furos no aquífero basal levada a cabo pela 65 ABG, ação que deverá ter sido responsável pela introdução inadvertida de contaminantes diretamente no aquífero basal (cf. Leitão e Antunes, 2020). Por outro lado, ciente desta situação, o MDN contratou o LNEC, desde 2018, para efetuar parte da monitorização que vinha

sendo feita pela 65 ABG nos Sites 3001 e 5001, entre outros Sites.

Os resultados das análises químicas das amostras de água analisadas para a ERSARA em maio de 2021 são apresentados no Quadro 4.2, onde se assinala a vermelho os parâmetros que excederam os valores de referência (também referidos por "norma", de acordo com a metodologia apresentada na secção 4.2), e a amarelo os hidrocarbonetos com valores acima do limite de quantificação. No Anexo II deste relatório apresentam-se os dados de campo registados *on site*.

Relativamente aos HTP, observam-se concentrações acima do limite de quantificação em diversos pontos de amostragem nos últimos anos (Figura 4.2 e Quadro 4.2). Os piezómetros 3001-MW05 e FP3A são os dois onde surgem em concentrações superiores à norma do Canadá (0,75 mg/L). A sua presença no FP3A é pouco consistente com os restantes dados de hidrocarbonetos e deverá ser reapreciada com os dados das próximas campanhas. A evolução de HTP nos piezómetros S6A e S6B parece indicar um crescimento desde 2019, consistente com a paragem da reabilitação das águas subterrâneas a montante daqueles piezómetros.

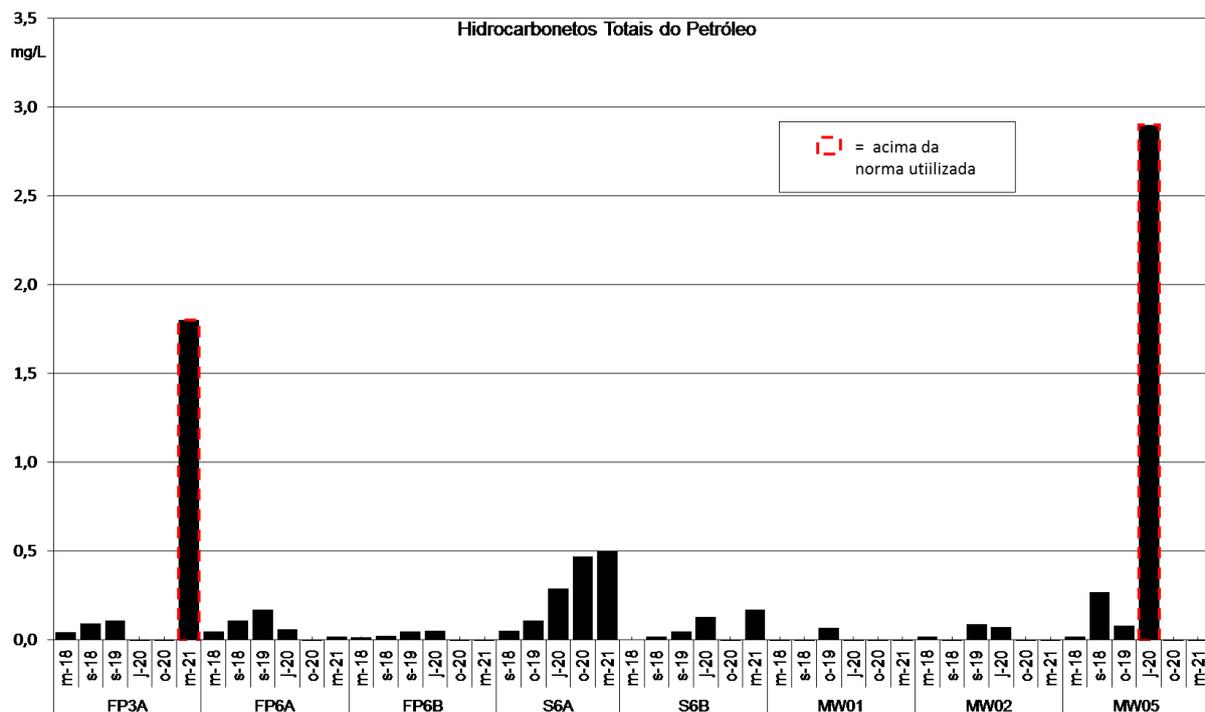


Figura 4.2 – Concentração em HTP em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2018 e 2021

Página propositadamente deixada em branco

Os resultados das análises de BTEX em 2021 apresentam apenas um valor acima do limite de quantificação para a água amostrada no piezómetro FP6A (Quadro 4.2), instalado na formação hidrogeológica intermédia. Os resultados de campanhas anteriores nos últimos quatro anos mostram que os BTEX estão ausentes ou apresentam concentrações muito baixas tanto nos piezómetros amostrados dentro do Site 3001 (MW01, MW02, MW05, S6A e S6B) como a jusante deste (FP3A, FP6A e FP6B) (cf. Figura 4.3). Leitão e Antunes (2020) referem a presença de diversos BTEX no furo 3001-MW30, possivelmente como resultado de contaminação durante o processo de perfuração deste furo, devido ao uso de solventes ou produtos afins, sendo possível que a presença de benzeno apenas na água do piezómetro da formação hidrogeológica (FP6A) mais profunda se deva à migração destes compostos.

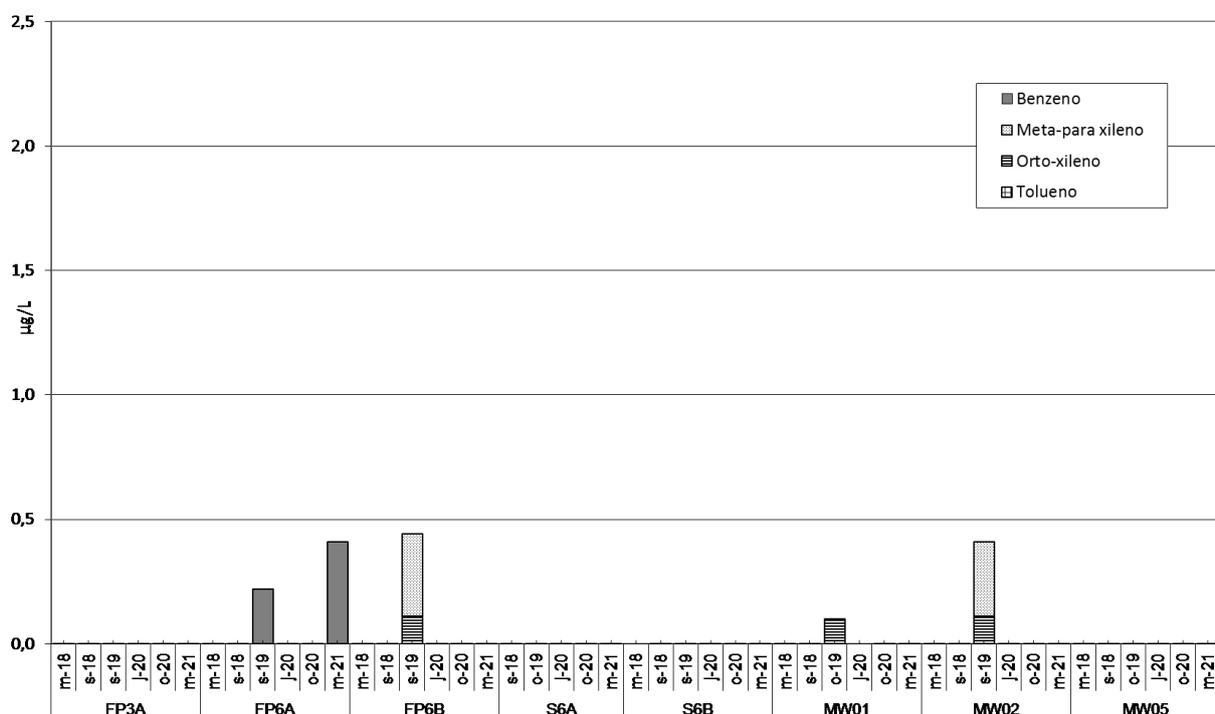


Figura 4.3 – Concentração em BTEX em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2018 e 2021

Em 2021 não se registaram COV nas águas subterrâneas analisadas. A sua presença é mais provável em locais próximos das fontes de emissão, uma vez que este grupo de compostos facilmente volatiliza. Em 2020, observaram-se COV no piezómetro S6A e no piezómetro FP6A (cf. Figura 4.4). A presença de tert-butil álcool (um intensificador das octanas no combustível) 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. Leitão e Antunes (2020) referem a presença de diversos COV noutros piezómetros no interior do Site 3001. Já a presença de PCE no FP6A (instalado na formação hidrogeológica intermédia), mas não detetada no FP6B (instalado no mesmo local, mas captando a formação hidrogeológica superficial), pode dever-se a entrada e

migração de TCE (entretanto transformado em PCE) durante o processo de furação do MW30, em 2019, uma vez que também ocorreu no furo FB6 (no aquífero basal). A sua ausência em 2021 poderá resultar da operação de purga levada a cabo em outubro de 2020 no MW30, aspeto que será analisado em face dos resultados da campanha realizada para o MDN em julho de 2021. O surgimento, de forma intermitente, de COV nas análises deverá resultar da desadsorção e solubilização deste composto das partículas do solo e posterior lenta lixiviação para as águas subterrâneas após eventos de precipitação.

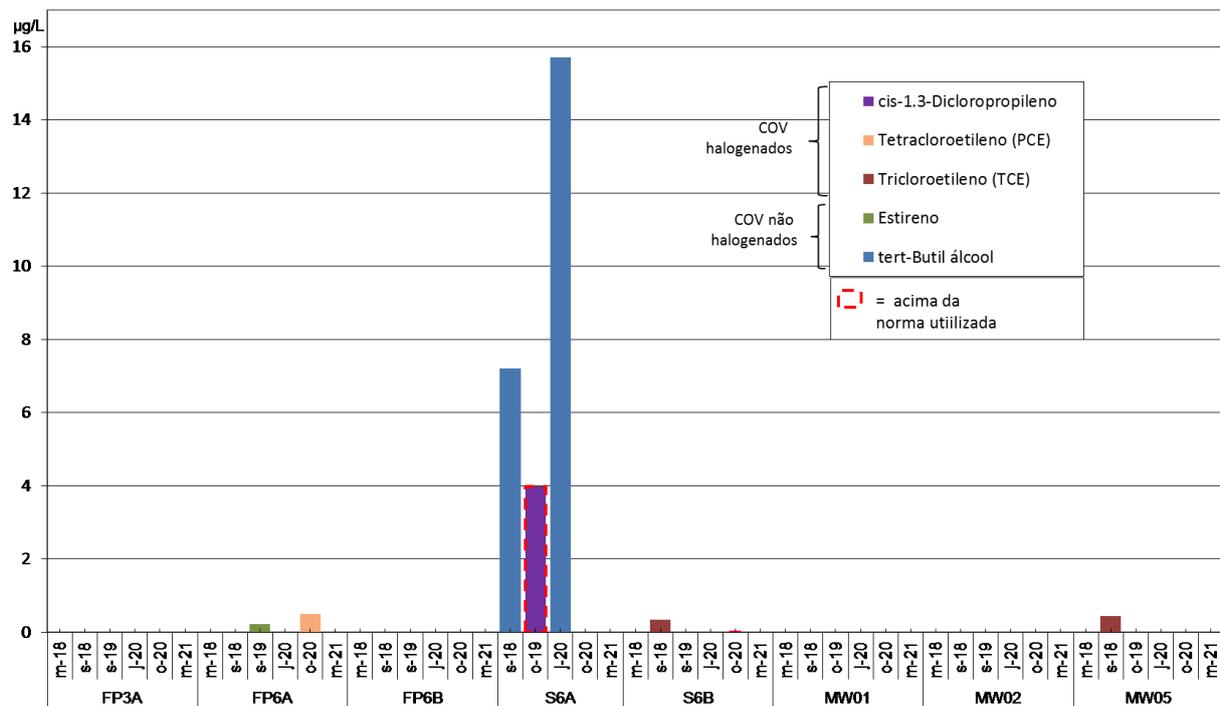


Figura 4.4 – Concentração em COV em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2018 e 2021

Em relação aos HAP, que são os hidrocarbonetos menos voláteis ou solúveis e mais adsorvidos às partículas dos solos, em 2021 apenas foi registado benzo(a)antraceno no piezómetro S6A, mantendo a tendência para se observarem valores inferiores a campanhas anteriores já registada em 2020 (Figura 4.5).

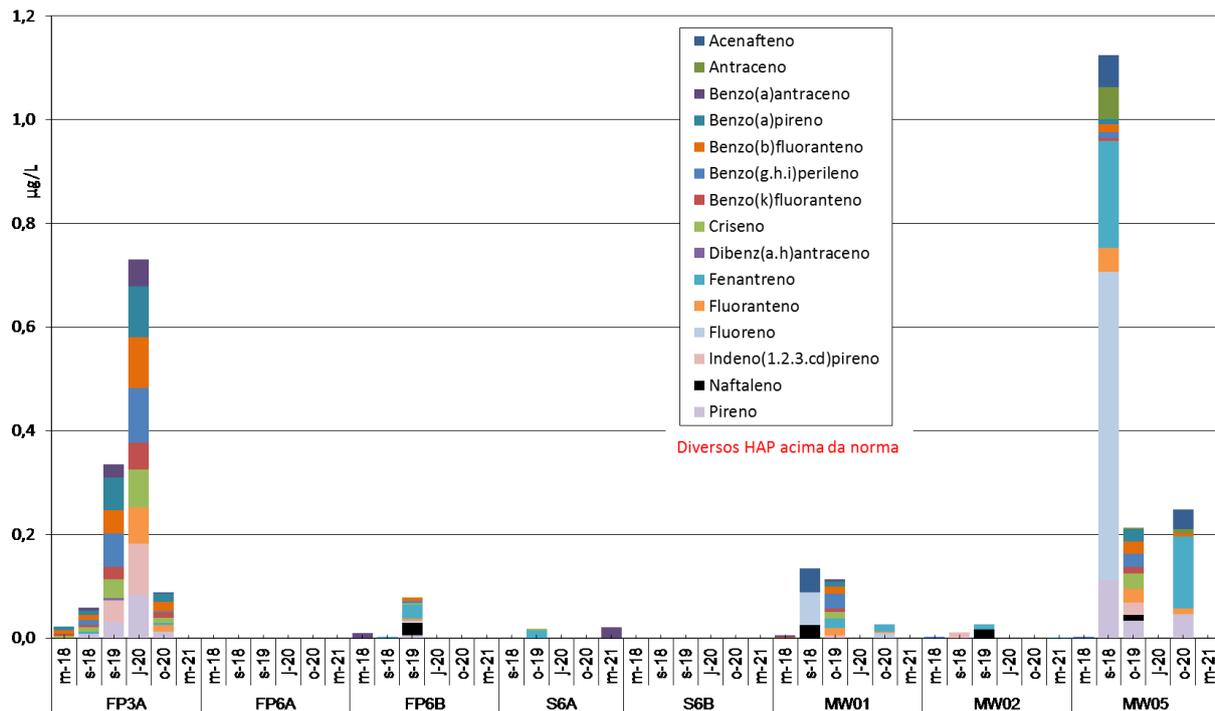


Figura 4.5 – Concentração em HAP em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2018 e 2021

A Figura 4.6 à Figura 4.9 mostram as concentrações médias obtidas para o conjunto das amostras de água recolhidas ao longo de mais de uma década, entre 2010 e 2021, para os principais grupos de hidrocarbonetos. Nos casos em que o valor era inferior ao limite de quantificação, usou-se metade do valor desse limite (considerou-se o LQ mais baixo quando havia mais do que um valor). Os mapas apresentam valores médios de vários parâmetros e de vários anos, pelo que não permitem ter uma perspetiva evolutiva ou individualizada de um dado parâmetro, permitindo apenas dar uma ideia dos locais mais afetados e dos pontos de amostragem onde as normas foram ultrapassadas em alguma ocasião.

A concentração em metais pesados mantém-se coerente com os valores observados nos anos anteriores, com concentrações acima das normas para Al, Fe, Mn, Ni e V, estando a sua origem ligada à natureza vulcânica da ilha.

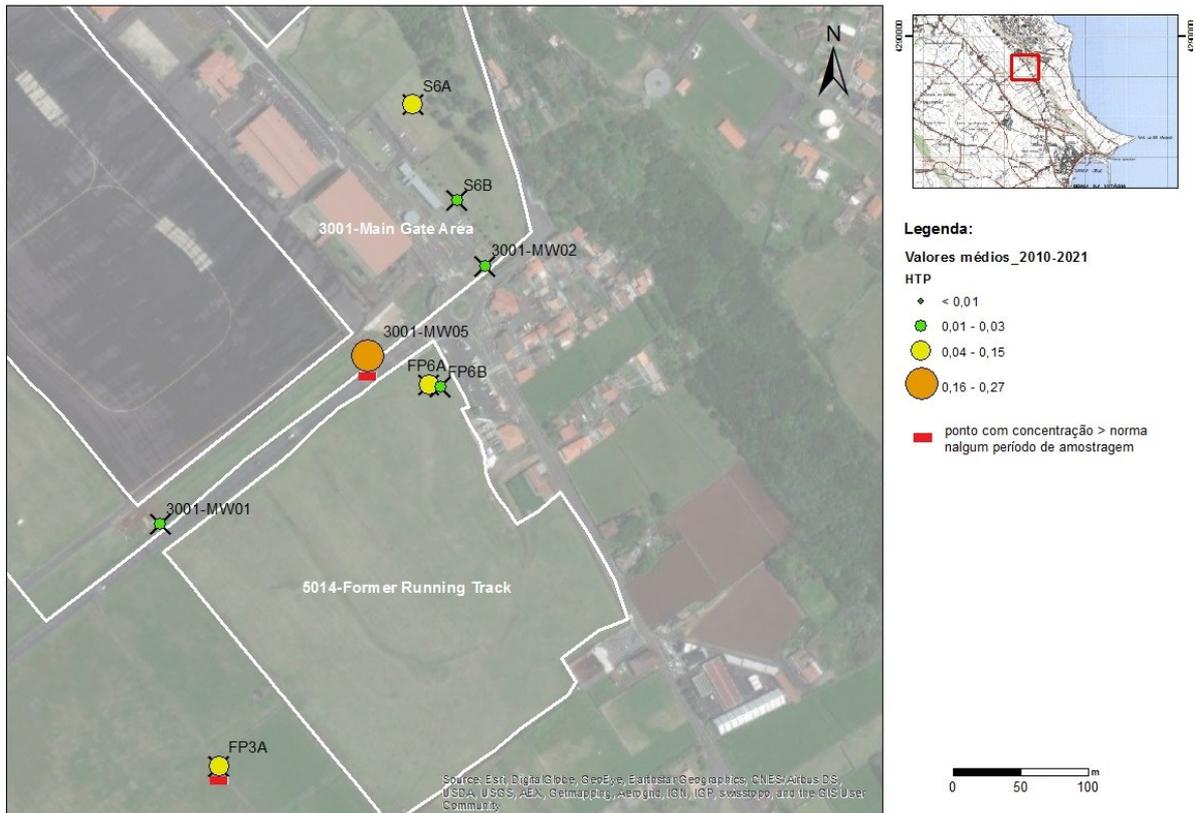


Figura 4.6 – Valores médios de HTP nas águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2021

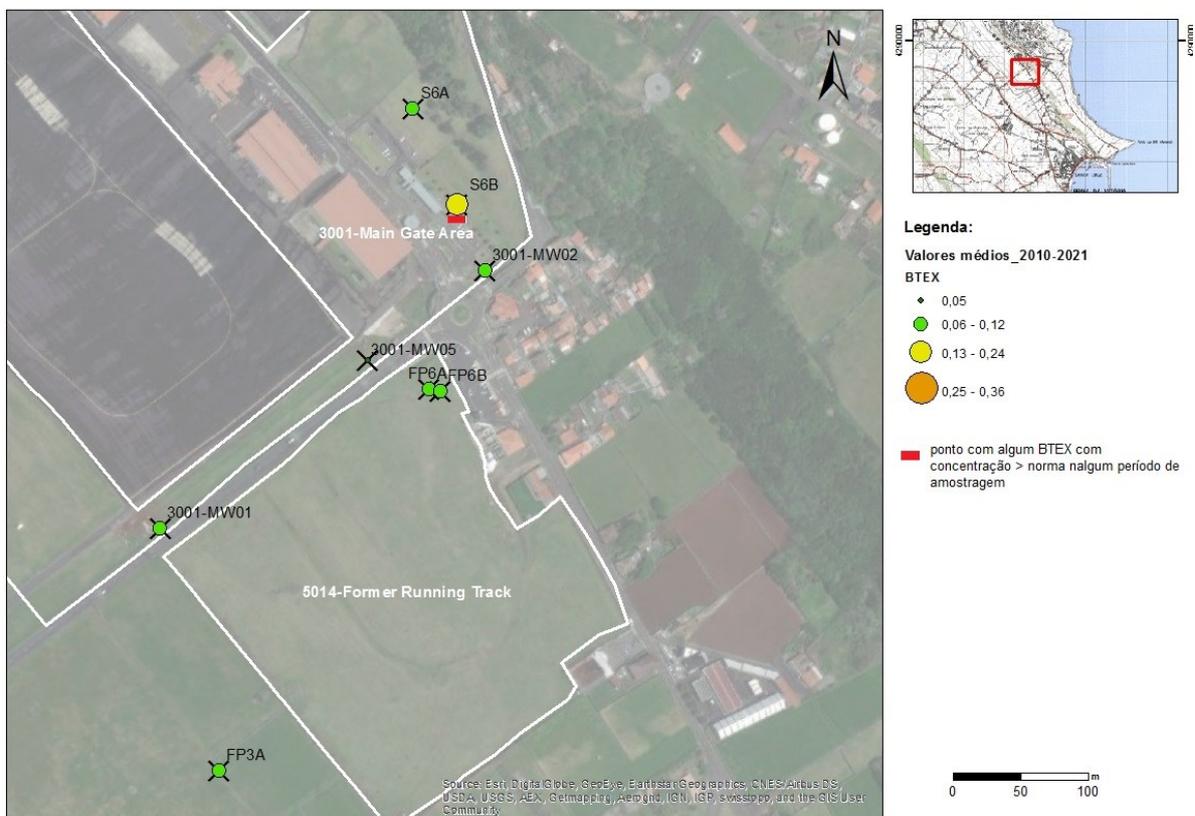


Figura 4.7 – Valores médios de BTEX nas águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2021

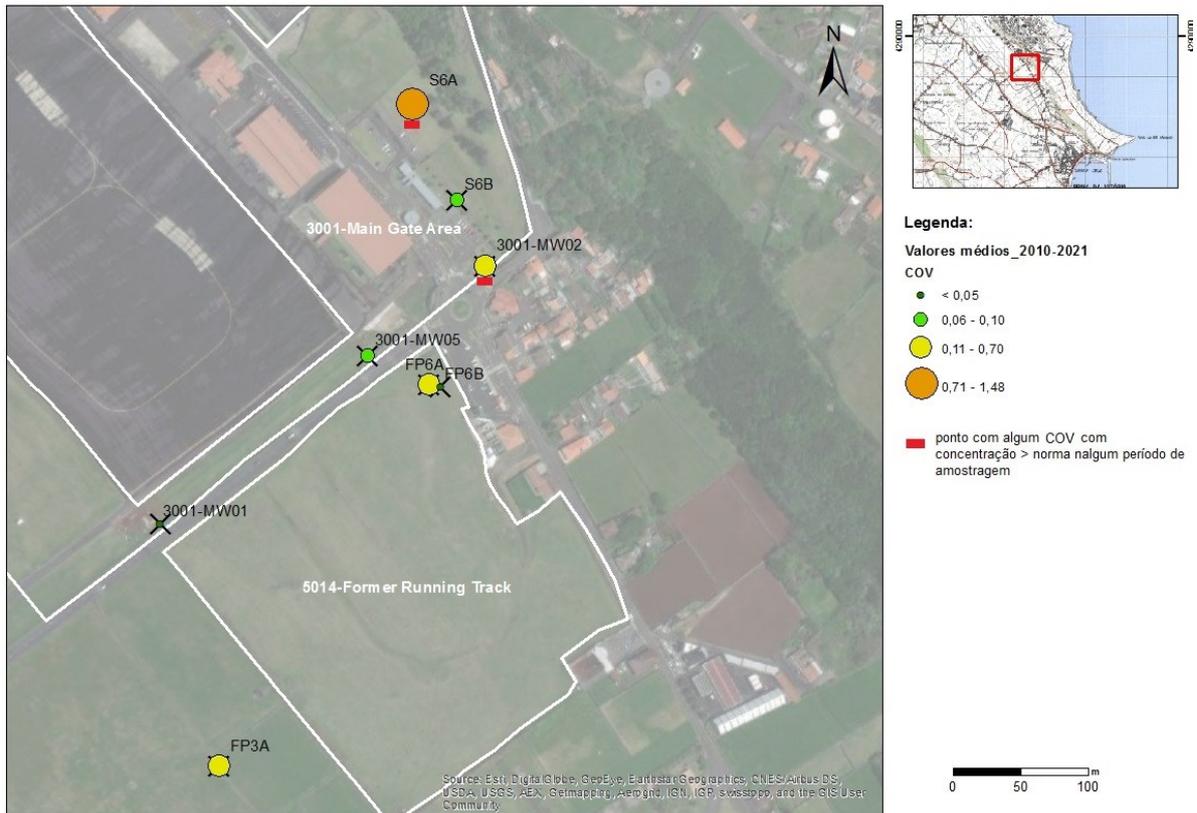


Figura 4.8 – Valores médios de COV nas águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2021

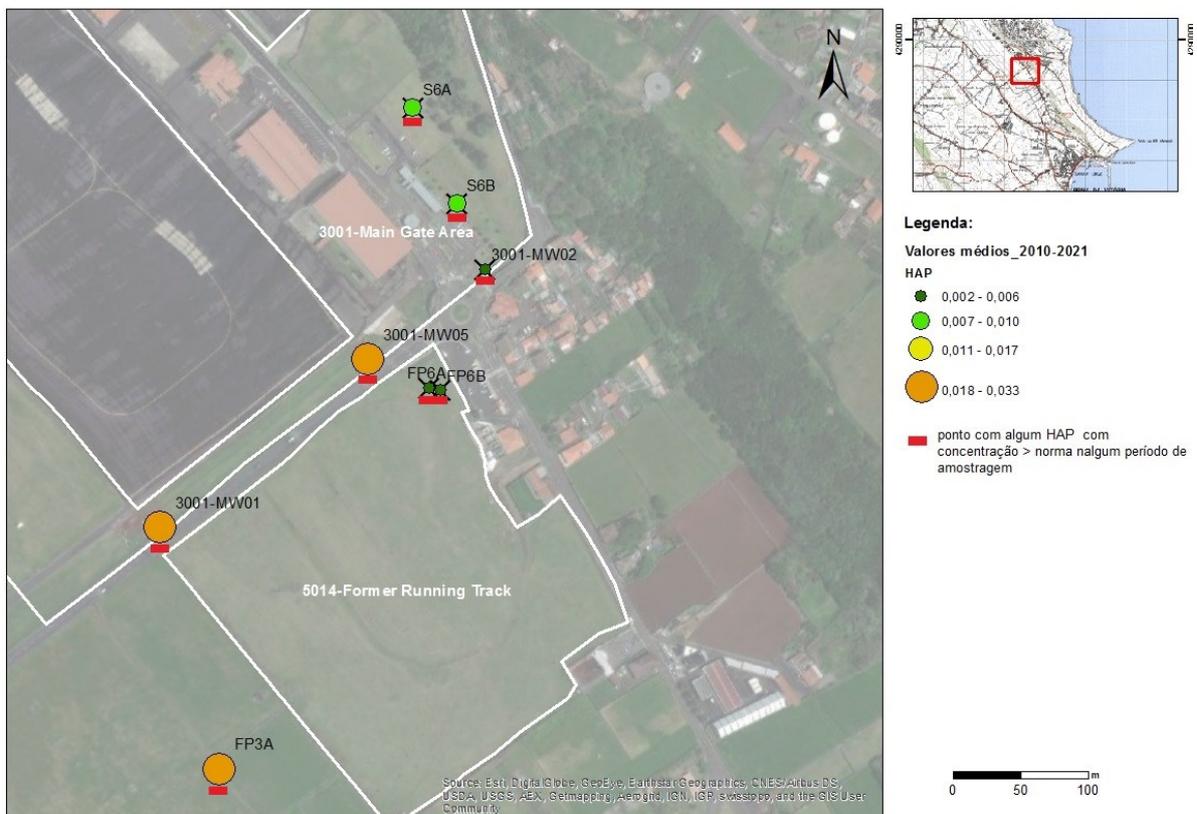


Figura 4.9 – Valores médios de HAP nas águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2021

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

A Figura 4.10 apresenta os locais de recolha de amostras de águas subterrâneas para análise química em 2021, também correspondentes aos mesmos dois piezómetros que, desde 2013, foram seleccionados para avaliar a evolução da situação a jusante do Site 5001. Todos os pontos de amostragem localizam-se no aquífero basal, uma vez que apenas há formação hidrogeológica superficial na área norte do Site 5001.

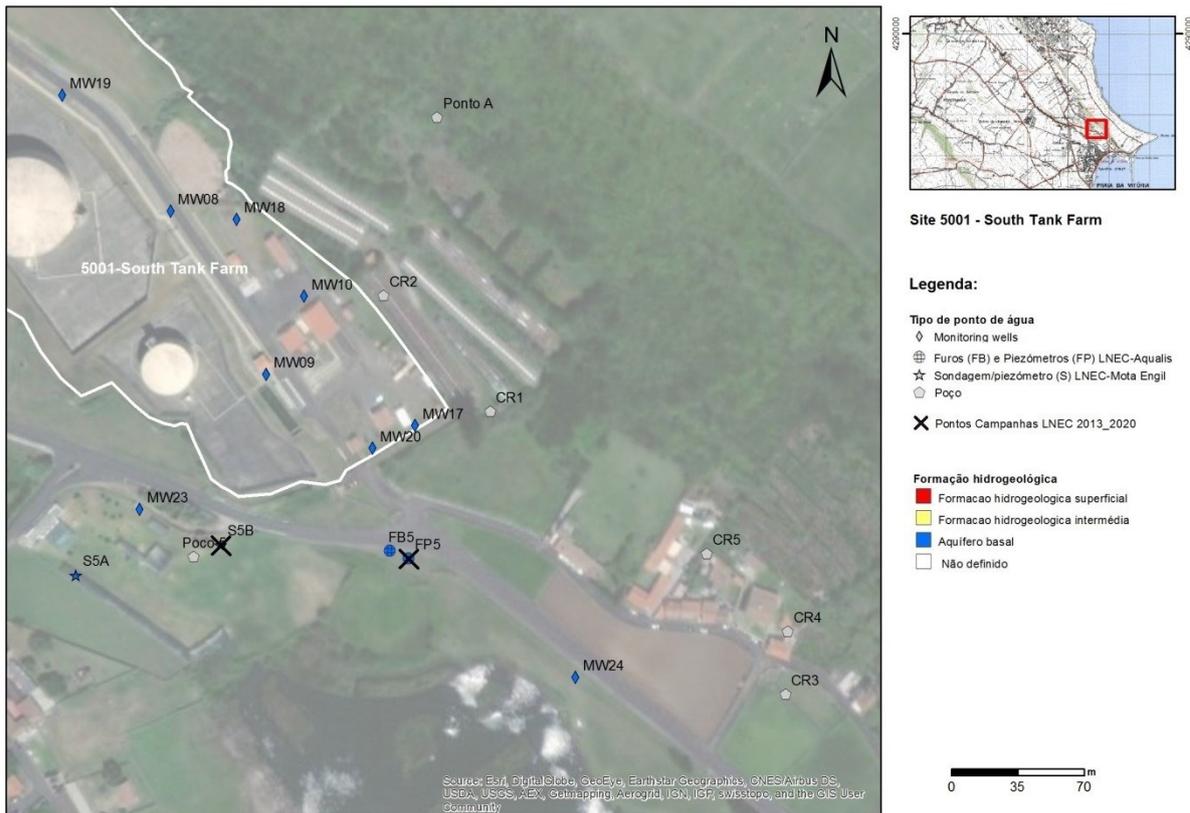


Figura 4.10 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas a sul do Site 5001

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 (também referidos por "norma", de acordo com a metodologia que é apresentada na secção 4.2), 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 2021.

Mantiveram-se os pontos de amostragem, os procedimentos de recolha, as profundidades de amostragem e as análises efetuadas em campanhas anteriores. Além destes dados, o LNEC procede semestralmente à análise da maioria dos piezómetros e poços indicados na Figura 4.10, além de duas análises da água do Paul, estudo que é elaborado para o MDN na sequência da 65 ABG ter deixado de realizar a habitual monitorização semestral dentro do Site.

Quadro 4.3 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem a sul do Site 5001, em maio de 2021

Parâmetro	Unidade	Data amostragem		Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
		24-05-2021	24-05-2021				
Parâmetros agregados							
In situ							
Temperatura	oC	18,8	19,2	-	-	-	-
pH	Sorensen	7,9	7,9	LQ e L	5,5; 9	0	-
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	930	1641	LQ e L	2500	0	-
Potencial redox (Eh)	mV	-174,3	115,4	-	-	-	-
Índice de fenóis	mg/L	-0,005	-0,005	Canadá	0,89	0	-
Inorgénicos não metálicos							
Cloratos	mg/L	34	407	LQ e L	250	1	-
Nitratos	mg/L	0,8	22,0	NQ	50	0	-
Sulfatos	mg/L	1,4	51,0	LQ e L	250	0	-
Metais em solução / Cátions maiores							
Alumínio - Al	mg/L	0,326	0,024	VP	0,2	1	-
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	-
Arsénio - As	mg/L	0,008	0,001	LQ e L	0,01	0	-
Bário - Ba	mg/L	0,34	0,04	Canadá	1	0	-
Bélio - Be	mg/L	0,0004	-0,0004	Canadá	0,004	0	-
Boro - B	mg/L	0,1	0,08	Canadá	5	0	-
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	0	-
Cálcio - Ca	mg/L	90	28	-	-	0	-
Chumbo - Pb	mg/L	0,014	-0,003	LQ e L	0,01	1	-
Cobalto - Co	mg/L	-0,002	-0,002	Canadá	0,0038	0	-
Cobre - Cu	mg/L	0,017	-0,002	VP	2	0	-
Crómio - Cr	mg/L	0,002	0,009	VP	0,05	0	-
Ferro - Fe	mg/L	110	0,032	VP	0,2	1	-
Fósforo - P	mg/L	7,8	0,09	-	-	0	-
Lítio - Li	mg/L	-0,1	-0,1	-	-	0	-
Magnésio - Mg	mg/L	24	31	-	-	0	-
Manganés - Mn	mg/L	5	-0,005	VP	0,05	1	-
Mercurio - Hg	µg/L	-0,015	-0,015	LQ e L	1	0	-
Molibdeno - Mo	mg/L	0,005	0,005	Canadá	0,07	0	-
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	0,042	VP	0,02	1	-
Potássio - K	mg/L	9	12	-	-	0	-
Prata - Ag	mg/L	0,0014	-0,001	Canadá	0,0015	0	-
Selénio - Se	mg/L	-0,003	0,003	VP	0,01	0	-
Sódio - Na	mg/L	90	240	VP	200	1	-
Vanádio - V	mg/L	0,033	0,006	Canadá	0,0062	1	-
Zinco - Zn	mg/L	0,042	-0,01	Canadá	1,1	0	-
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP							
HTP	mg/L	-0,02	-0,02	Canadá	0,75	0	0
BTEX							
Benzeno	µg/L	-0,2	-0,2	VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	L	1,3	0	0
Meta-para-xileno	µg/L	-0,2	-0,2	L	1,3	0	0
Orto-xileno	µg/L	-0,1	-0,1	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	-1,0	-1,0	L	1,3	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados							
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	0	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroeteno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	59	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L	-2,0	-2,0	-	-	0	0
Bromodichlorometano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	16	0	0
Bromofórmio	µg/L	-0,2	-0,2	Canadá	25	0	0
Bromometano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroeteno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,5	0	0
Cloro de vinil	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0
Cloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Clorofórmio	µg/L	-0,3	-0,3	Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L	-10,0	-10,0	-	-	0	0
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Diclorodifluorometano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	590	0	0
Diclorometano	µg/L	-6,0	-6,0	-	-	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	-0,20	-0,20	L	0,65	0	0
Tetraclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	0	0
trans-1,2-Dicloroeteno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,5	0	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Triclorofluorometano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	150	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados							
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Estireno	µg/L	-0,2	-0,2	Canadá	5,4	0	0
Isopropilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L	-0,2	-0,2	L	0,65	0	0
n-Butilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
n-Propilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
p-Isopropiltolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
sec-Butilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
tert-Butil álcool	µg/L	-5,0	-5,0	-	-	0	0
tert-Butilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH)							
Acenafteño	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Acenafileno	µg/L	-0,010	-0,010	L	0,013	0	0
Antraceno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,020	-0,002	L	0,0065	1	0
Benzo(a)pireno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,01	0	0
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Criseno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Fenantreno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Fluoranteno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Fluoreno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Naftaleno	µg/L	-0,01	-0,01	L	2,4	0	0
Pireno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,003	0	0
Soma de 4 PAH (DL 306/2007)	µg/L			VP	0,1	0	0

NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008
 LQ - Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009) e L - Limiares definidos nos PGRH
 VP - Valor Paramétrico, DL 306/2007 e 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano
 Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)
 "-" significa "<", com exceção do valor do Eh
A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada
A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página propositadamente deixada em branco

As concentrações em HTP em 2021 foram inferiores ao limite de quantificação. Em junho de 2020, a concentração estava acima da norma estabelecida pelo Canadá para o S5B (cf. Figura 4.11). Este piezómetro tem apresentado oscilação na concentração em hidrocarbonetos, tendo havido outra ocasião com valores acima da norma em setembro de 2017.

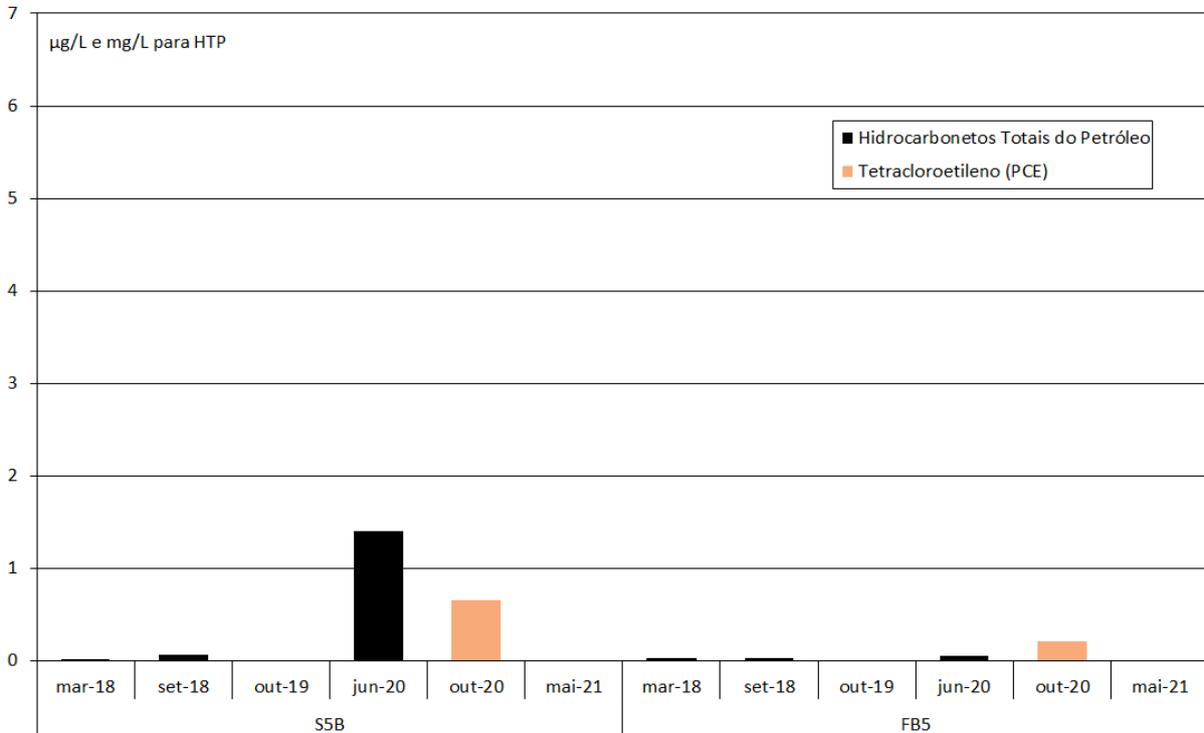


Figura 4.11 – Concentrações em COV em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2021

Relativamente à presença de COV não se registaram valores acima dos limites de quantificação em 2021. Embora em 2020 se tenha registado PCE em ambos os piezómetros, na campanha de outubro, esta situação foi ímpar (cf. Figura 4.11), devendo continuar a ser acompanhada em campanhas posteriores.

Em 2021 não se registaram BTEX nas águas subterrâneas dos dois pontos amostrados. Os resultados de 2020 apenas mostram a presença de um BTEX (tolueno, com 1,48 µg/L) no piezómetro S5B, em concentrações acima do limiar estabelecido pela APA (1,3 µg/L), embora abaixo da norma do Canadá (24 µg/L). Nos últimos quatro anos, esta foi a única ocorrência.

Em 2021 apenas se observou concentração acima do limite de quantificação para o HAP benzo(a)antraceno (Quadro 4.3 e Figura 4.12). É possível que os valores observados em outubro de 2020 possam ter resultado do facto de este piezómetro ter estado aberto durante algum tempo, portanto sujeito a contaminação atmosférica direta. Nas últimas campanhas têm-se observado valores muito baixos ou inexistentes em HAP.

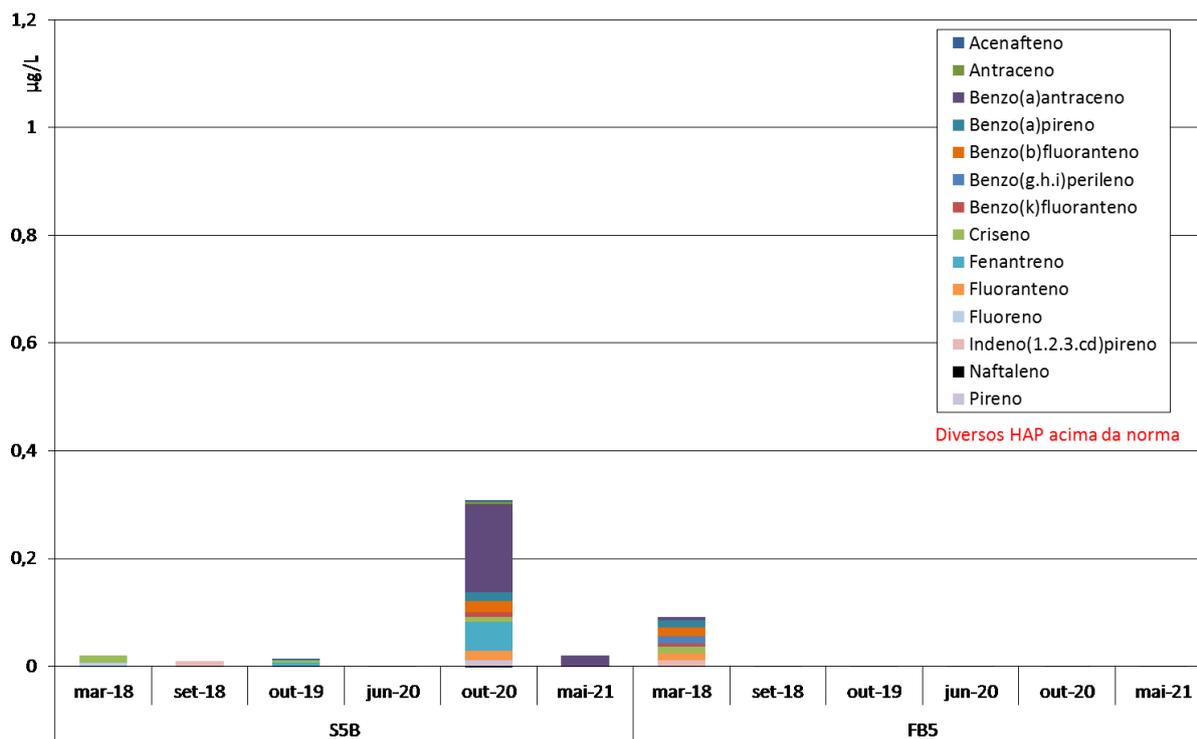


Figura 4.12 – Concentrações em HAP em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2021

A Figura 4.13 à Figura 4.16 apresentam os mapas dos valores médios de vários parâmetros e de vários anos que, como já referido anteriormente, permitem dar uma ideia dos locais mais afetados e os pontos de amostragem onde as normas foram ultrapassadas em alguma ocasião, e não uma perspetiva evolutiva ou individualizada de um dado parâmetro.

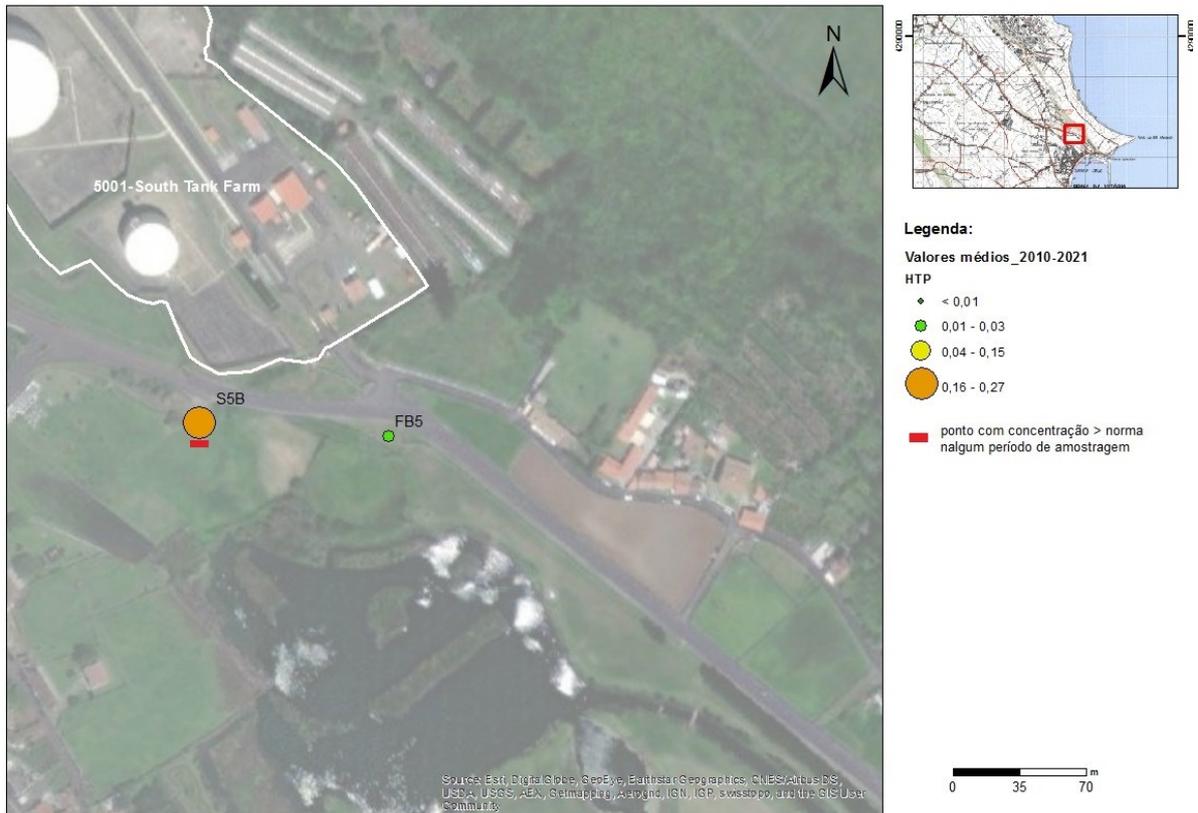


Figura 4.13 – Valores médios de HTP nas águas subterrâneas junto ao Site 5001, entre 2010 e 2021



Figura 4.14 – Valores médios de BTEX nas águas subterrâneas junto ao Site 5001, entre 2010 e 2021



Figura 4.15 – Valores médios de COV nas águas subterrâneas junto ao Site 5001, entre 2010 e 2021

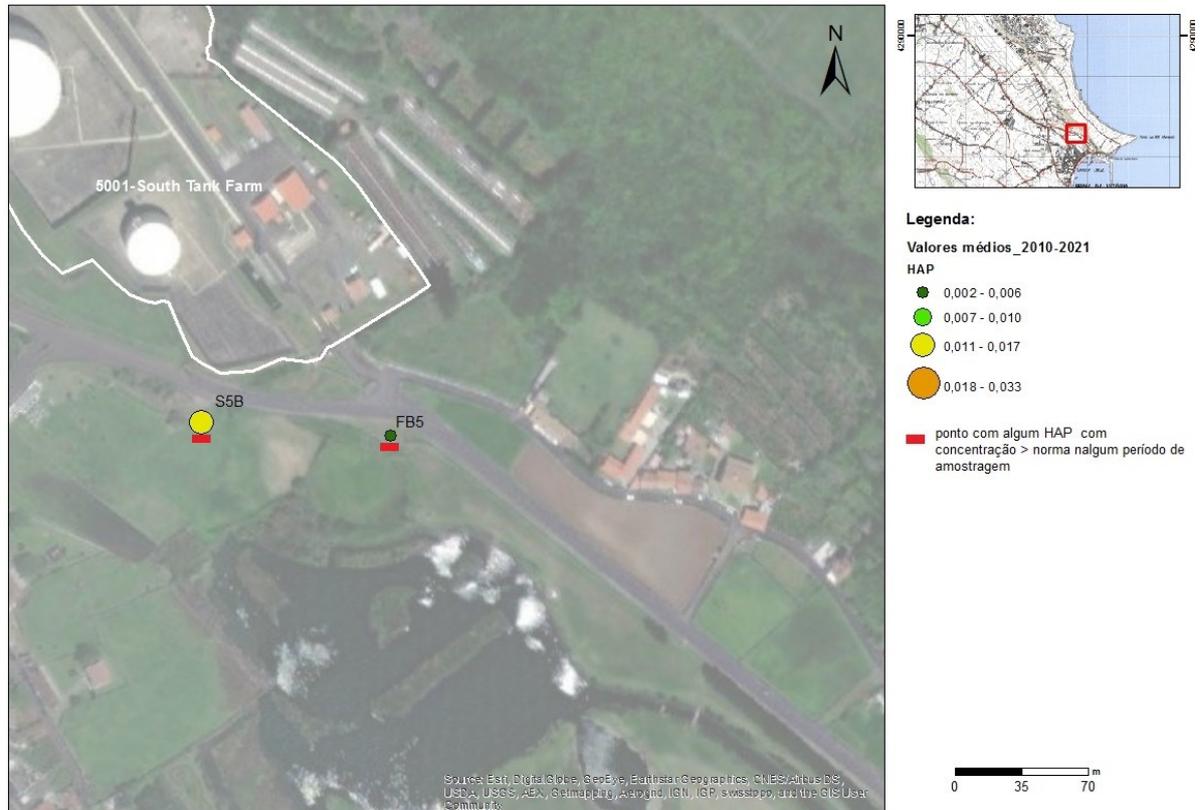


Figura 4.16 – Valores médios de HAP nas águas subterrâneas junto ao Site 5001, entre 2010 e 2021

Embora não se observem alterações relevantes na contaminação destes dois piezómetros de controlo, a presença de uma pequena espessura de LNAPL no 5001-MW09 e os restantes resultados obtidos para a qualidade das águas subterrâneas dentro do Site 5001 em 2020 mostram que este apresenta diversas áreas com águas subterrâneas contaminadas em BTEX (etilbenzeno acima da norma), COV (MTBE acima da norma e diversos outros parâmetros com valores elevados, embora sem norma definida) e HAP (diversos compostos acima da norma, em especial naftaleno, fluoreno e fenantreno) (cf. Leitão e Antunes, 2020).

No contexto do exposto, importa que sejam retomadas 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

A Praia Ambiente E.M., abreviadamente designada por Praia Ambiente, executa anualmente o controlo da qualidade da água na origem de acordo com o programa de controlo da qualidade da água (PCQA) referido no Decreto-Lei n.º 152/2017, de 7 de dezembro. Desenvolve, ainda, um Plano de Monitorização Especial para Controlo da Qualidade da Água (PMECQA) que contempla um vasto conjunto de outros parâmetros relacionados com a contaminação de alguns Sites localizados no concelho de Praia da Vitória.

No primeiro semestre de 2021, período a que se refere este relatório, foram realizadas pela Praia Ambiente as campanhas previstas no PCQA e PMECQA para a água na origem (furos de captação de águas subterrâneas) (cf. Quadro 5.1 e Figura 5.1), embora a amostragem de março/abril tenha sido realizada no início de maio devido a impedimentos resultantes da pandemia. Neste relatório apresentam-se, ainda, os resultados de dezembro de 2020 que não estavam disponíveis à data do último relatório do LNEC de 2020b.

Quadro 5.1 – Plano de Monitorização Especial para Controlo da Qualidade da Água dos Furos para o ano 2021 proposto pela Praia Ambiente

Designação do furo	Março/Abril (final período húmido)	Junho (2.ª quinzena)	Setembro/Outubro (final período seco)	Dezembro (1.ª quinzena)
Areiro-Fontinhas	P/C	PA	P/C	PA
Canada das Covas	P/C	PA	P/C	PA
Fontinhas-Barreiro	P/C	PA	P/C	PA
Juncal 1	P/C	PA	P/C	PA
Pico Celeiro	P/C	PA	P/C	PA
Pico Viana	P/C	PA	P/C	PA

Legenda: 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

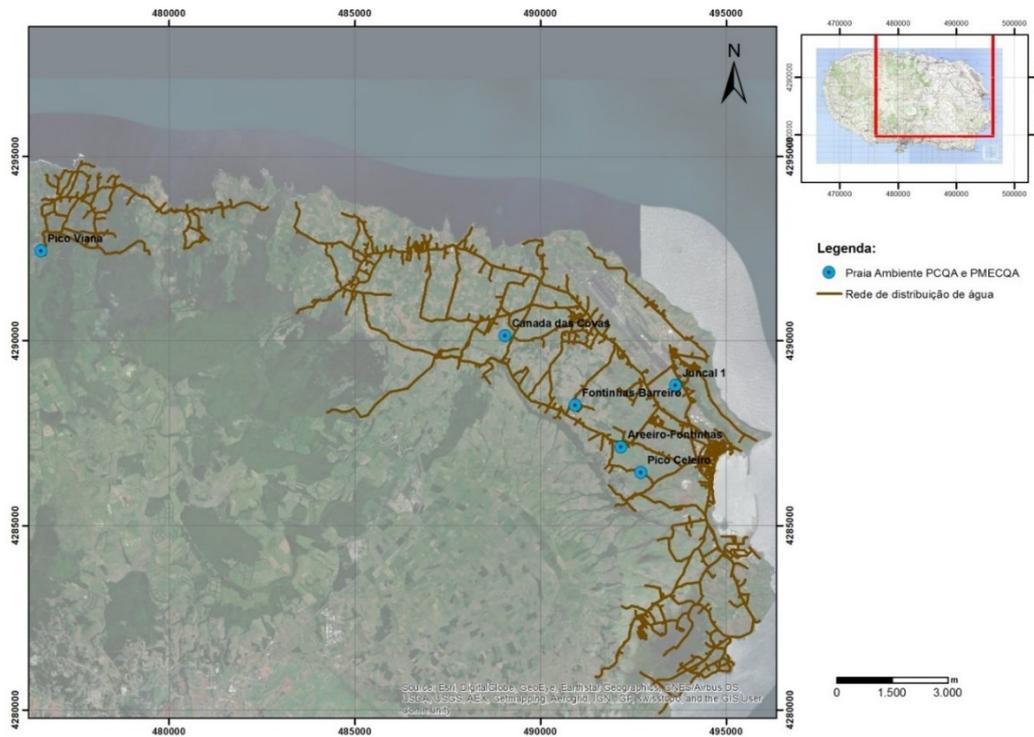


Figura 5.1 – Localização dos furos monitorizados pela Praia Ambiente

A Figura 5.2 apresenta os resultados das concentrações em hidrocarbonetos acima dos limites de quantificação, nos últimos três anos, entre 2019 e 2021.

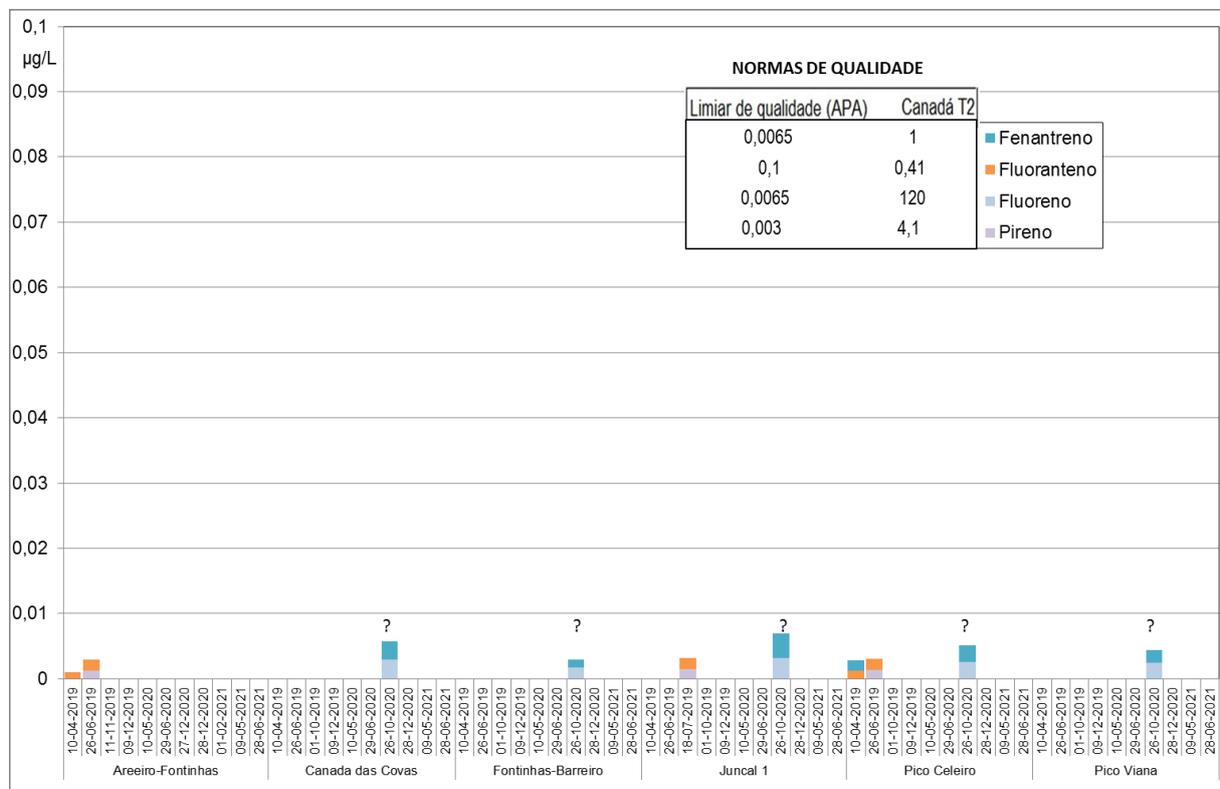


Figura 5.2 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2019 e 2021, para amostras pontuais

Das 5032 análises pontuais a diversos hidrocarbonetos efetuadas naquele período houve 19 análises com valores acima dos limites de quantificação, mas que não excederam as normas utilizadas (cf. Quadro 5.2 para as análises de 2021), mesmo considerando as normas da APA (2015) mais restritivas. No primeiro semestre de 2021, as concentrações em hidrocarbonetos estiveram abaixo dos limites de quantificação.

Das 19 análises com valores acima dos limites de quantificação, 10 referem-se à presença de fenantreno e de fluoreno no mesmo período de outubro de 2020, com concentrações muito equivalentes em todos os furos, incluindo o furo do Pico Viana (utilizado como ponto de referência uma vez que se encontra fora da área potencialmente sujeita a contaminação proveniente da atividade da Base das Lajes). Estes dois hidrocarbonetos não foram detetados nas amostras contínuas recolhidas nos mesmos furos naquele período (cf. Secção 5.2), facto que leva a crer que terá sido um erro laboratorial (p.e. atmosfera contaminada durante as análises). Acresce que nas campanhas seguintes também não foram detetados estes compostos. Por este motivo, mantiveram-se os valores na Figura 5.2, mas colocou-se um ponto de interrogação sobre os resultados daquela data.

Os resultados obtidos para 2021 são semelhantes aos obtidos na última década, permitindo concluir que a qualidade das águas subterrâneas nestes pontos do aquífero basal se mantém estável. Os parâmetros habitualmente acima da norma mantêm-se o cloreto (e por vezes o sódio) nos furos do Juncal 1 e de Fontinhas-Barreiro resultantes da maior salinidade. O furo do Pico Viana, localizado nas formações hidrogeológicas suspensas, é o que apresenta menor salinidade e tem concentrações em fluoreto acima da norma, característica dos aquíferos suspensos da ilha (cf. Quadros *et al.*, 2018). Um outro elemento que geralmente surge acima da norma em todos os furos é o vanádio e deve-se às características próprias das águas subterrâneas que circulam em formações geológicas de origem vulcânica (cf. Leitão e Henriques, 2018c).

Quadro 5.2 – Resultados de análises químicas de amostras pontuais recolhidas nos furos de captação para eventual abastecimento público, em 2021

Parâmetro	Unidade	Limite Quantificação	Areiro-Fontinhas		Canada das Covas		Fontinhas-Barreiro		Juncal 1		Pico Celeiro		Pico Viana		Norma	Valor Limite
			09-05-2021	28-06-2021	09-05-2021	28-06-2021	09-05-2021	28-06-2021	09-05-2021	28-06-2021	09-05-2021	28-06-2021	09-05-2021	28-06-2021		
pH	Sorensen	0,05	7,7		7,3		7,6		7,2		7,5		6,4		LQ	5,5; 9
Condutividade eléctrica	µS/cm	-	615		518		1160		1610		688		222		LQ	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	0,866		0,949		1,04		2,66		0,797		1,42		-	-
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		-	-
Cloratos	mg/L	0,15	131		109		288		379		159		15		LQ	250
Dióxido de carbono livre, CO2	mg/L	0,15	2,2		5,85		3,04		15,3		2,73		58,9		-	-
Bicarbonato	mg/L	0	52,8		57,9		63,4		162		48,6		86,7		-	-
Nitratos	mg/L	0,3	25,5		9,13		6,92		19,5		15,8		5,47		NQ	50
Sulfatos	mg/L	0,3	16,2		12,7		35,2		44,5		19,1		-5		LQ	250
Total de dióxido de carbono livre, CO2	mg/L	-	40,3		47,6		48,8		132		37,8		121		-	-
Alumínio - Al	mg/L	0,01	-0,01		-0,01		-0,01		-0,01		-0,01		0,143		VP	0,2
Antimónio - Sb	mg/L	0,01	-0,01		-0,01		-0,01		-0,01		-0,01		-0,01		VP	0,005
Arsénio - As	mg/L	0,005	-0,005		-0,005		-0,005		-0,005		-0,005		-0,005		LQ e L	0,01
Bário - Ba	mg/L	0,0005	0,00186		0,00398		0,00543		0,0119		0,00559		0,00194		Canadá	1
Bélio - Be	mg/L	0,0002	-0,0002		-0,0002		-0,0002		-0,0002		-0,0002		0,00104		Canadá	0,004
Boro - B	mg/L	0,01	0,0311		0,0408		0,033		0,116		0,026		0,021		Canadá	5
Cádmio - Cd	mg/L	0,0004	-0,0004		-0,0004		-0,0004		-0,0004		-0,0004		-0,0004		LQ e L	0,005
Cálcio - Ca	mg/L	0,005	15,2		9,37		25,4		32,7		18		6,1		-	-
Chumbo - Pb	mg/L	0,005	-0,005		-0,005		-0,005		-0,005		-0,005		-0,005		LQ e 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	-0,001		0,0011		-0,001		0,0037		-0,001		0,0034		VP	2
Crómio - Cr	mg/L	0,001	-0,001		-0,001		-0,001		-0,001		-0,001		-0,001		VP	0,05
Ferro - Fe	mg/L	0,002	0,003		0,0025		0,0036		0,0046		0,0034		0,0086		VP	0,2
Fluor - F	mg/L	0,2	-0,2		0,556		-0,2		0,26		-0,2		1,71		VP	1,5
Fósforo - P	mg/L	0,1	0,0857		0,109		0,0863		0,125		0,079		0,175		-	-
Lítio - Li	mg/L	0,001	-0,001		0,0076		0,0011		0,0024		-0,001		0,009		-	-
Magnésio - Mg	mg/L	0,1	12,8		9,67		22		36,1		15		5,47		-	-
Manganês - Mn	mg/L	0,0005	-0,0005		0,00052		-0,0005		-0,0005		-0,0005		0,00154		VP	0,05
Mercúrio - Hg	µg/L	0,01	-0,01		-0,01		-0,01		-0,01		-0,01		-0,01		LQ e L	1
Molibdeno - Mo	mg/L	0,002	-0,002		0,0032		-0,002		0,0022		-0,002		0,0104		Canadá	0,07
Níquel - Ni	mg/L	0,002	-0,002		-0,002		-0,002		-0,002		-0,002		-0,002		VP	0,02
Potássio - K	mg/L	0,01	4,77		6,88		7,5		11,4		5,46		5,73		-	-
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		VP	0,01
Sódio - Na	mg/L	0,03	78,5		77,3		144		215		84		29,5		VP	200
Tálio - Ta	mg/L	0,01	-0,01		-0,01		-0,01		-0,01		-0,01		-0,01		-	-
Vanádio - V	mg/L	0,001	0,0121		0,0096		0,0173		0,0146		0,0103		0,0136		Canadá	0,0062
Zinco - Zn	mg/L	0,002	0,0067		0,0155		0,0197		0,0172		0,0145		0,012		Canadá	1,1
Hidrocarbonetos Totais	mg/L	0,12	-0,05		-0,05		-0,05		-0,05		-0,05		-0,05		Canadá	0,75
BTEX																
Benzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	VP e 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	-0,1	-0,1	L	1,3
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	-0,2	-0,2	L	1,3
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	-0,1	-0,1	L	1,3
Tolueno	µg/L	0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	L	1,3
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	-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	-0,1	-0,1	Canadá	200
1.1.2.2-Tetracloroetano	µg/L	1	-1	-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	-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	-0,1	-0,1	Canadá	5
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	-0,1	-0,1	Canadá	1,6
1.1-Dicloropropileno	µg/L	1	-1	-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	-0,1	-0,1	-	-
1.2.3-Tricloropropano	µg/L	1	-1	-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	-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	-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	-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	-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	-0,1	-0,1	VP	3
1.2-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-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	-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	-0,1	-0,1	Canadá	59
1.3-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-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	-0,1	-0,1	Canadá	1
2.2-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-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	-1	-1	-	-
4-Clorotolueno	µg/L	1	-1	-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	-1	-1	-	-
Bromoclorometano	µg/L	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-	-
Bromodiorometano	µg/L	0,1	-0,1	-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	-0,2	-0,2	-0,2	-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	-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	-0,1	-0,1	Canadá	1,6
cis-1.3-Dicloropropileno	µg/L	1	-1	-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	-0,1	-0,1	Canadá	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	-0,1	-0,1	Canadá	30
Cloroetano	µg/L	1	-1	-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	-0,1	-0,1	Canadá	2,4
Clorometano																

Página propositadamente deixada em branco

5.2 Resultados da amostragem contínua

A amostragem contínua (ou passiva) foi realizada pela empresa AmbiPar Control para a Praia Ambiente, mantendo os mesmos procedimentos desenvolvidos desde 2016 (descritos em Leitão e Henriques, 2016b). Esta amostragem tem como principal objetivo obter informação cumulativa sobre a qualidade da água durante um período de amostragem com cerca de um mês, permitindo dar uma informação mais integrada quando comparada com uma amostra pontual. Para o efeito, foram instalados contentores selados de 80 L que recebem continuamente água bombeada dos furos de captação, com caudal controlado, de modo a que, no final dos 30 dias previstos para a amostragem, e em cada ponto, passem aproximadamente 15 m³ de água.

Os pontos de amostragem foram os mesmos da amostragem pontual (cf. Figura 5.1).

Os resultados obtidos no primeiro semestre de 2021 são apresentados no Quadro 5.3 (abril/maio) e na Figura 5.3, seguindo o Plano referido no Quadro 5.1, embora com um mês de atraso devido à pandemia. A leitura da Figura 5.3 deve ser feita comparando a concentração obtida com o valor obtido no furo do Pico Viana para o mesmo período, uma vez que este serve de branco e o seu valor é adotado para testar o lote de produção e os contaminantes daí resultantes.

Nos diversos períodos de monitorização desde 2016, os únicos hidrocarbonetos acima do limite de quantificação foram HAP. Os valores registados para as concentrações acumuladas durante cerca de um mês são todos bastante inferiores aos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA e mais ainda se comparados com as normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda) (cf. Anexo I). Salienta-se que os limites de quantificação laboratoriais são os mais baixos possíveis, da ordem de picogramas/L = 10⁻⁶ µg/L, sendo que a grande maioria dos parâmetros não se encontra legislada para a água de consumo humano nem em Portugal (DL 152/2017), nem noutros países, por não haver informação suficiente sobre o seu efeito na saúde humana.

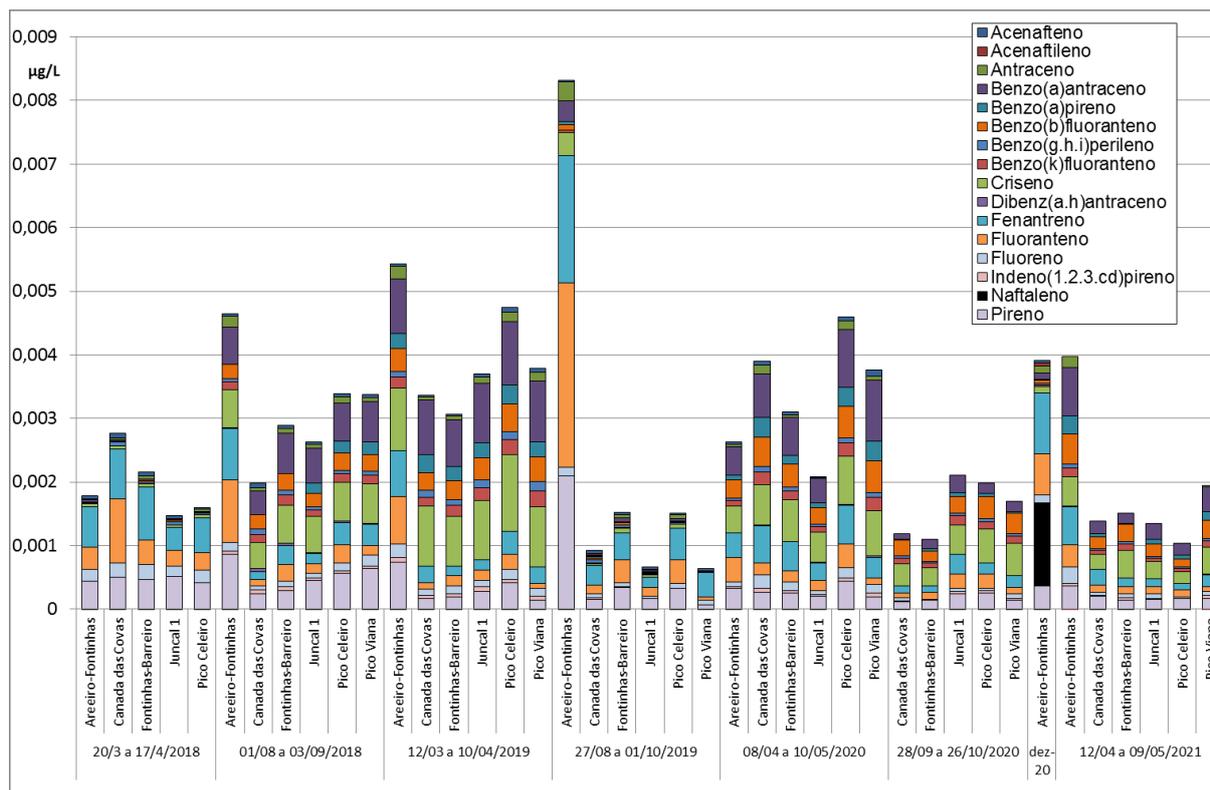


Figura 5.3 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2018 e 2021, para amostragem contínua

Os resultados da amostragem contínua não confirmam as concentrações obtidas na amostragem pontual de outubro de 2020 para o fenantreno e o fluoreno (cf. Figura 5.2).

Em 2020 refere-se que as concentrações obtidas são equivalentes às do furo do Pico Viana (padrão) (cf. Figura 5.3), facto que denota baixa ou nula contaminação. A amostragem feita ao furo do Areeiro em dezembro de 2020 não tem referência, pelo que se torna difícil de interpretar.

Da análise do conjunto de dados apresentados na Figura 5.3 observa-se que o furo que apresenta valores acima do furo do Pico Viana em mais ocasiões é o furo Areeiro-Fontinhas. Os HAP fenantreno e fluoranteno, e por vezes o pireno, são os que apresentam mais frequentemente valores acima do padrão, sendo também estes os hidrocarbonetos que já surgiram acima do limite de quantificação nas amostras pontuais (cf. Figura 5.2). Referimo-nos a valores de análises químicas extremamente baixos e a um padrão que só no final de várias campanhas se começa a destacar, sendo importante manter a amostragem contínua dada a relevância de informação que aporta, em termos da acumulação de contaminantes por um período de cerca de um mês, sendo informação complementar aos resultados da amostragem pontual.

Salienta-se que WHO (2003) refere que os níveis de HAP em águas subterrâneas não contaminadas estão geralmente na faixa inferior ao limite de quantificação a 0,005 µg/L.

Quadro 5.3 – Resultados de análises químicas de amostras contínuas de água recolhida nos furos de captação em dezembro de 2020 e em abril/maio de 2021

Parâmetro	Valor Limite	Norma	Unidade	Método	Limite de quantificação	11/12 a 27/12/2020				12/04 a 09/05/2021			
						Areiro-Fontinhas	Areiro-Fontinhas	Canada das Covas	Fontinhas-Barreiro	Juncal 1	Pico Celeiro	Pico Viana	
Benzeno	1	VP e L	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Etilbenzeno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Meta-para xileno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	
Orto-xileno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Tolueno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	1	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados													
1.1.1.2-Tetracloroetano	1,1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
1.1.1-Tricloroetano	200	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
1.1.2.2-Tetracloroetano	1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1.1.2-Tricloroetano	4,7	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
1.1-Dicloroetano	5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
1.1-Dicloroetano	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
1.1-Dicloropropileno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1.2.3-Triclorobenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
1.2.3-Tricloropropano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1.2.4-Triclorobenzeno	70	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
1.2-Dibromo-3-cloropropano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1.2-Dibromoetano (EDB)	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	
1.2-Diclorobenzeno	3	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
1.2-Dicloroetano	3	VP	µg/L	W-VOCGMS01	1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
1.2-Dicloropropano	5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1.3.5-Triclorobenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
1.3-Diclorobenzeno	59	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
1.3-Dicloropropano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1.4-Diclorobenzeno	1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
2.2-Dicloropropano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
2-Clorotolueno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
4-Clorotolueno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Bromobenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Bromoclorometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	
Bromodichlorometano	16	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Bromofórmio	25	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	
Bromometano	0,89	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
cis-1.2-Dicloroetano	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
cis-1.3-Dicloropropileno	0,5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Cloro de vinilo	0,5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	1	2,66	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Clorobenzeno	30	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Cloroetano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Clorofórmio	2,4	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Clorometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	10	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Dibromoclorometano	25	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Dibromometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Diclorodifluorometano	590	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Diclorometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS01	6	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Hexaclorobutadieno	0,44	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Tetracloroetileno (PCE)	0,65	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Tetraclorometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
trans-1.2-Dicloroetano	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
trans-1.3-Dicloropropano	0,5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Tricloroetileno (TCE)	0,65	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
Triclorofluorometano	150	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados													
1.2.4-Trimetilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1.3.5-Trimetilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Disopropil éter (DIPE)	-	-	-	-	-	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	
Estireno	5,4	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	
Éter etil terciário-butílico (ETBE)	-	-	-	-	-	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	
Isopropilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	0,65	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	0,42	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	
n-Butilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
n-Propilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
p-Isopropiltolueno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
sec-Butilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
TAAE	-	-	-	-	-	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	
TAME	-	-	-	-	-	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	
tert-Butil álcool	-	-	µg/L	W-VOCGMS01	5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	
tert-Butilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)													
Acenafteno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,000048	-0,000026	-0,000016	-0,000014	-0,000012	-0,000021	-0,000024	
Acenaftileno	0,013	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,000039	-0,000022	-0,000016	-0,000015	-0,000015	-0,000018	-0,00002	
Antraceno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00012	0,00017	-0,000098	-0,000085	-0,000082	-0,000076	0,000029	
Benzo(a)antraceno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,000094	0,00076	0,0002	0,00016	0,00026	0,00018	0,00038	
Benzo(a)pireno	0,01	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,000017	0,00029	0,000045	0,000087	0,000073	0,000064	0,00014	
Benzo(b)fluoranteno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00005	0,00047	0,00018	0,00028	0,00019	0,00013	0,00029	
Benzo(g,h,i)perileno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,000025	0,000061	0,000028	0,000033	0,000025	0,00002	0,000035	
Benzo(k)fluoranteno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,000023	0,00014	0,000065	0,000095	0,000059	0,000047	0,000098	
Criseno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,0001	0,00046	0,00024	0,00044	0,00027	0,00019	0,00043	
Dibenz(a,h)antraceno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	-0,000073	0,000014	-0,000081	-0,000065	-0,000061	-0,000054	0,00001	
Fenantreno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00096	0,0006	0,00025	0,00014	0,00012	0,0001	0,00019	
Fluoranteno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00064	0,00034	0,00011	0,00011	0,00012	0,00011	0,000069	
Fluoreno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00013	0,00026	0,000047	0,000061	0,00007	0,000024	0,000059	
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	-0,000057	0,000037	0,000015	0,000038	0,000016	0,000094	0,000048	
Naftaleno	2,4	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,0013	-0,000001	-0,000001	-0,000001	-0,000001	-0,000001	-0,000001	
Pireno	0,003	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00037	0,00037	0,0002	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	
Soma de 4 HAP (DL 306/2007)	0,1	-	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,000098	0,004	0,0014	0,0015	0,0014	0,001	0,002	

NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008

LQ - Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009) e L - Limiares definidos nos PGRH

VP - Valor Paramétrico, DL 306/2007 e 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano

Canadá - *Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)*

"-" significa "<"

A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página propositadamente deixada em branco

6 | Participação em reuniões

No âmbito da análise e do acompanhamento visando a promoção da boa execução dos trabalhos de reabilitação diligenciados pela 65 ABG foram realizadas as seguintes reuniões no primeiro semestre de 2021, igualmente inseridas no apoio prestado pelo LNEC ao MDN:

- A 7 de janeiro realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos dos USA e de Portugal com a presença de elementos da ERSARA (com o Prof. Cota Rodrigues como convidado), do MDN e do LNEC. Foi apresentada pelo LNEC uma síntese dos resultados sobre a qualidade das águas subterrâneas do ano 2020 e das principais ações de reabilitação a considerar.
- A 4 de março realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos dos USA e de Portugal com a presença de elementos da ERSARA (com o Prof. Cota Rodrigues como convidado), do MDN e do LNEC. Foi apresentada pelos USA uma síntese da interpretação do escoamento subterrâneo no aquífero basal, com base em documentos previamente entregues para a reunião, tendo o LNEC levantado algumas questões e o assunto sido novamente debatido. Os peritos dos USA referiram necessitar de mais informação sobre os níveis piezométricos dos furos de captação dos USA e sobre a importância das falhas na definição do sentido do escoamento e, assim, do risco de contaminação para a saúde humana. Esse trabalho seria realizado tão breve quanto possível.
- A 4 de junho realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos dos USA e de Portugal com a presença de elementos do MDN e do LNEC. Foram apresentados pelo LNEC e pelos USA os trabalhos a realizar na semana seguinte, nas Lajes, por forma a compatibilizar e a coordenar as diversas ações de amostragem e monitorização.
- A 30 de junho realizou-se, na Base das Lajes, a 61.ª reunião da Comissão Técnica (CT) onde foi apresentado pelo LNEC uma síntese e enquadramento da situação, bem como um ponto de situação sobre as recomendações para cada Site, de acordo com os relatórios finais de monitorização das águas subterrâneas, feitos para a ERSARA e para o MDN, apresentado pelo LNEC. Salientou-se a urgência de ser retomada a monitorização e reabilitação dos Sites, com particular ênfase para os Sites 3001, 5001 e 5014. Esta reunião foi precedida de uma reunião preparatória realizada na véspera no MDN e por videoconferência onde foi, ainda, feito o enquadramento da situação desde 2004 para os novos elementos presentes nas CT.
- A 6 de julho realizou-se, na Base das Lajes, uma breve reunião de campo onde se fez uma exposição da problemática em torno da situação ambiental no concelho de Praia da Vitória ao Secretário Regional do Ambiente e Alterações Climáticas Eng. Alonso Teixeira Miguel e ao seu Chefe de Gabinete Dr. João Paulo da Silva Carvalho. Na reunião estiveram também presentes o Presidente da ERSARA Eng. Hugo Pacheco e a Dr.ª Teresa Leitão do LNEC.

- A 13 de julho realizou-se, no LNEC, uma reunião onde foi efetuada uma apresentação em *powerpoint* da síntese da situação ambiental no concelho de Praia da Vitória, em especial relativamente à qualidade dos solos e das águas subterrâneas, salientando-se as principais ações recomendadas nos diversos relatórios do LNEC e os Sites onde as ações de reabilitação são mais importantes. Na reunião estiveram presentes o Diretor Regional dos Assuntos Europeus e Cooperação Externa Prof. Carlos Eduardo Pacheco do Amaral, o Presidente da ERSARA Eng. Hugo Pacheco e a Dr.^a Teresa Leitão do LNEC.

7 | Síntese, conclusões e recomendações

Em 2021 deu-se continuidade ao trabalho que vem sendo desenvolvido nos últimos anos relativo (1) à monitorização da qualidade das águas subterrâneas dos Sites 3001 e 5001, através da campanha de monitorização da qualidade das águas subterrâneas desenvolvida pelo LNEC em maio e (2) ao 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:

- Realizou-se a monitorização e amostragem de águas subterrâneas para análise química em maio de 2021, em oito piezómetros e a três profundidades diferentes, tendo sido analisados os resultados obtidos para 112 parâmetros químicos diferentes. Um destes piezómetros localiza-se no centro do Site 3001, mas a maioria dos piezómetros estão na periferia ou a jusante do mesmo, tendo como objetivo analisar o impacte da potencial migração de contaminantes nas águas a jusante.
- HTP: observam-se concentrações acima do limite de quantificação (LQ) em todos os pontos de amostragem na última década, embora haja campanhas onde as concentrações são inferiores ao LQ. Os únicos pontos de amostragem onde surgiram concentrações superiores à norma do Canadá (0,75 mg/L) são os piezómetros 3001-MW05 (em 2016 e 2021) e FP3A (em 2021). No piezómetro S6A parece estar a ocorrer uma subida da concentração em HTP nas suas águas.
- BTEX: em 2021 foi registada a presença de um valor acima do limite de quantificação para as águas subterrâneas do piezómetro FP6A, instalado na formação hidrogeológica intermédia. Na última década houve apenas uma situação em que a concentração em BTEX esteve acima da norma, para o tolueno, no piezómetro S6B, em 2017. Os resultados de campanhas mostram que os BTEX estão ausentes ou apresentam concentrações muito baixas tanto nos piezómetros amostrados dentro do Site 3001 como a jusante deste.
- COV: em 2021 não se registaram COV nas águas subterrâneas analisadas. Na última década houve duas situações em que se registaram valores acima da norma, uma no piezómetro S6A (dentro Site 3001) para cis-1.2-dicloropropileno, em 2019, e outra no piezómetro 3001-MW02 para o metil tert-butil éter (MTBE), em 2016. De referir que diversos destes COV não têm normas definidas.
- HAP: em 2021 apenas se registou a presença de benzo(a)antraceno na água do piezómetro S6A. Na última década este tipo de hidrocarbonetos são os que surgem mais frequentemente nas águas subterrâneas, com todos os pontos de amostragem apresentando algum HAP valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA, pelo menos numa ocasião.

- Embora os resultados obtidos nos últimos anos não apresentem evidências de maior degradação da qualidade das águas subterrâneas a jusante do Site 3001, o reaparecimento de LNAPL nos piezómetros 3001-MW04 e 3001-MW23 (instalados na formação hidrogeológica superficial) e no piezómetro 3001-MW20 (instalado na formação hidrogeológica intermédia) (cf. Leitão e Antunes, 2020) mostram um retrocesso no processo de reabilitação do Site 3001, implicando a manutenção da monitorização da evolução da situação.
- Face a estes resultados, mantêm-se as recomendações apresentadas nos relatórios anteriores. Parte destas ações terá sido iniciada em julho 2021 por peritos da USAFE aguardando-se os resultados e ações futuras:
 - Elaboração de um programa que permita remover, de forma eficaz e continuada no tempo, os contaminantes identificados nas áreas poluídas do Site 3001, em especial as áreas Apron A e Area 5).
 - Registo contínuo dos níveis da água subterrânea em piezómetros mais afastados da falha de Santiago, procurando analisar se as variações nos três níveis hidrogeológicos são equivalentes, ou não, às encontradas nos piezómetros junto à falha (Tetra Tech, Inc, 2019), e identificar a extensão da zona de maior vulnerabilidade à contaminação.
 - Manutenção da monitorização semestral para análise da evolução da situação. No caso das campanhas promovidas pela USAFE importa atender a que os limites de quantificação das análises químicas sejam inferiores aos Limiares de Qualidade propostos pela APA (APA, 2015) (cf. Anexo I).

Na área a jusante do Site 5001:

- Realizou-se a monitorização e amostragem de águas subterrâneas para análise química em 2021, em dois piezómetros e a três profundidades diferentes, tendo sido analisados os resultados obtidos para 112 parâmetros químicos diferentes.
- HTP: em 2021 as concentrações em HTP foram inferiores ao limite de quantificação. Na última década as concentrações em HTP estiveram acima do limite de quantificação em diversas ocasiões, embora a norma estabelecida pelo Canadá (0,75 mg/L) só tenha sido ultrapassada no piezómetro S5B em duas ocasiões, uma em 2017 e outra em 2020.
- BTEX: em 2021 não se registaram BTEX nas águas subterrâneas dos dois pontos amostrados. Na última década observou-se a presença de BTEX em várias ocasiões nestes dois pontos de amostragem, com a norma a ser ultrapassada para o tolueno no S5B, em 2020, e no FB5, em 2016 e 2017.

- COV: em 2021 não se registou a presença de nenhum COV nas águas dos dois piezómetros analisados. Na última década nunca se registaram concentrações acima das normas para COV, sendo rara a presença destes compostos na água.
- HAP: em 2021 apenas se observou concentração acima do limite de quantificação para o benzo(a)antraceno. Na última década foram diversas as ocasiões em que se registaram valores acima das normas em ambos os pontos de amostragem, embora nas últimas campanhas estes valores se tenham apresentado mais baixos ou inexistentes (com exceção da campanha de outubro de 2020 para o S5B, mas que se poderá dever a contaminação atmosférica).
- Os resultados obtidos para a qualidade das águas subterrâneas dentro do Site 5001 (cf. Leitão e Antunes, 2020) mostram que este apresenta diversas áreas com águas subterrâneas contaminadas por BTEX (etilbenzeno acima da norma), COV (MTBE acima da norma e diversos outros parâmetros com valores elevados, embora sem norma definida) e HAP (diversos compostos acima da norma, em especial naftaleno, fluoreno e fenantreno) que poderão ser responsáveis pelos contaminantes observados a jusante, embora apenas tenha havido concentrações acima das normas para HAP e uma amostra de HTP.
- No contexto do exposto, mantêm-se as recomendações apresentadas no relatório anterior, tendo as mesmas sido apresentadas e discutidas em reuniões havidas com os peritos da USAFE:
 - Elaboração de um programa que permita remover, de forma eficaz e continuada no tempo, os contaminantes identificados nas áreas poluídas do Site 5001.
 - Continuação da monitorização semestral do Site 5001 e áreas a jusante.

Nos furos de abastecimento de água:

- Analisaram-se os resultados das análises químicas de amostras pontuais de água em seis furos de captação, recolhidas nos meses de maio e junho de 2021.
- Analisaram-se os resultados das análises químicas de amostras passivas em seis furos de captação, recolhidas durante os meses de abril/maio.
- As análises das amostras pontuais não excedem as normas utilizadas para nenhum hidrocarboneto.
- As análises das amostragens contínuas (relativas a um período de 30 dias de amostragem, durante o qual se terá filtrado um volume de cerca de 15 m³ de água, dependendo dos furos) apresentam concentrações em hidrocarbonetos extremamente baixas, da ordem de picogramas/L (1000000 x abaixo de µg/L).

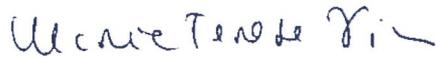
- Os restantes resultados das análises de monitorização da qualidade da água evidenciaram que todos os parâmetros se encontram em conformidade com as normas, com exceção dos parâmetros cloreto, sódio e vanádio. Estes elementos são de origem natural ou devem-se a processos de sobreexploração do aquífero de base, mas nenhum deles constitui um risco para a saúde pública.
- Os resultados obtidos para 2021 são semelhantes aos obtidos na última década, permitindo concluir que a qualidade das águas subterrâneas se mantém estável, com cloreto, sódio e vanádio por vezes com valores acima das normas, e com duas amostras com hidrocarbonetos acima da norma nos anos 2011 e 2014.
- Recomenda-se a manutenção do Plano de Monitorização Especial de Controlo da Qualidade da Água (PMECQA) previsto para 2021 pela Praia Ambiente, E.M..

Mantém-se importante o acompanhamento do Estado Português dos processos de monitorização e de reabilitação em curso até que novas ações conduzam à efetiva reabilitação dos locais contaminados.

Lisboa, LNEC, julho de 2021

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e
Estruturas Hidráulicas



Teresa Viseu

AUTORIA



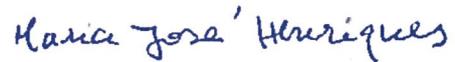
Teresa E. Leitão

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.
- Department of the Air Force de Ohio, 2019 – **Review of SIHS Lajes Field Remediation Sites 3001 and 5001**. Memorandum USAFSAM/OE, novembro de 2019.
- Department of the Air Force de Washington DC, 2020 – **Determination of Substantial Impact to Human Health and Safety - Lajes Field**. Memorandum SAF/IEE, março 2020.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2016a – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolverte aos Fucos 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 Envolverte aos Fucos 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 Envolverte aos Fucos 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 Envolverte aos Fucos 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 Envolverte aos Fucos 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 Envolverte aos Fucos 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., 2020a – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolverte aos Fucos 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., 2020b – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolverte aos Fucos de**

- Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório do Ano 2020.**
LNEC - Proc. 0605/121/22161. Relatório 439/2020 – 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 Envolverte 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 Envolverte 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. Prospeção geofísica e caracterização da qualidade dos solos junto ao Site 5001.** LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 143/2020 – CD.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2019 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Apreciação Sumária do Relatório "Perform Remedial Action: Installation of Monitoring Wells and Groundwater Monitoring at Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal. Annual groundwater monitoring report. August 2019".** LNEC - Proc. 0102/121/22166. Relatório 397/2019 – CD.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2020 – **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.
- MACKAY D.; SHIU W.Y.; MA K.C., 1992 – **Illustrated Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals: Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, Polychlorinated Dioxins and Dibenzofurans.** Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, USA.
- 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. 0605/121/2068601. 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
Ordering 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	LQ e L	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			
Antimônio - Sb	mg/L			0,005			0,02
Arsénio - As	mg/L		0,01	0,01	0,025	1,9	0,06
Bário - Ba	mg/L				1	29	0,625
Berílio - Be	mg/L				0,004	0,067	0,015
Boro - B	mg/L			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	0,81	0,03
Cobalto - Co	mg/L				0,0038	0,066	0,1
Cobre - Cu	mg/L			2	0,087	0,087	0,075
Ferro - Fe	mg/L			0,2			
fluoretos - F	mg/L			1,5			
Lítio - Li	mg/L						
Magnésio - Mg	mg/L						
Manganês - Mn	mg/L			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	0,1	0,49	0,075
Fósforo - P	mg/L						
Potássio - K	mg/L						
Selénio - Se	mg/L			0,01	0,01	0,063	0,16
Prata - Ag	mg/L				0,0015	0,0015	0,04
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				1,1	1,1	0,8
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	mg/L				0,75	0,75	
BTEX:							
Benzeno	μg/L		1	1	5	44	30
Etilbenzeno	μg/L		1,3		2,4	2300	150
Meta-para xileno	μg/L		1,3		300	4200	70
Orto-xileno	μg/L		1,3		300	4200	70
Tolueno	μg/L		1,3		24	18000	1000

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
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-Dicloroeteno	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	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						
Bromodichlorometano	µg/L				16	85000	
Bromofórmio	µg/L				25	380	
Bromometano	µg/L				0,89	5,6	
cis-1.2-Dicloroeteno	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	5
Clorobenzeno	µg/L				30	630	180
Cloroetano	µg/L						
Clorofórmio	µg/L				2,4	2,4	400
Clorometano	µg/L						
Dibromoclorometano	µg/L				25	82000	
Dibromometano	µg/L						
Diclorodifluorometano	µg/L				590	4400	
Diclorometano	µg/L						1000
Hexaclorobutadieno	µg/L				0,44	0,44	
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L		0,65	10	1,6	1,6	40
Tetraclorometano	µg/L						10
trans-1.2-Dicloroeteno	µg/L				1,6	1,6	
trans-1.3-Dicloropropeno	µg/L				0,5		

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Tricloroetileno (TCE)	µg/L		0,65	10	1,6	1,6	500
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		0,0065		4,1	600	
Acenaftileno	µg/L		0,013		1	1,8	
Antraceno	µg/L		0,1		2,4	2,4	5
Benzo(a)antraceno	µg/L		0,0065		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		0,1	0,75	0,05
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L		0,1		0,2	0,2	0,05
Benzo(k)fluoranteno	µg/L		0,1		0,1	0,4	
Criseno	µg/L		0,0065		0,1	1	0,2
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L		0,0065		0,2	0,52	
Fluoranteno	µg/L		0,1		0,41	130	1
Fluoreno	µg/L		0,0065		120	400	
Indeno(1.2.3.cd)pireno	µg/L		0,1		0,2	0,2	0,05
Naftaleno	µg/L		2,4		11	1400	70
Fenantreno	µg/L		0,0065		1	580	5
Pireno	µg/L		0,003		4,1	68	
Soma de 4 HAP (DL 306/2007)	µg/L			0,1			

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

LQ - Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009) e L - Limiar definido nos PGRH

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 as campanhas de 2021

Junho de 2021

Desig.	Data	Hora	Equip. de amostragem	Prof. Recolha S (m)	Prof. Recolha F (m)	Prof. Recolha M (m)	Nível Piez. (m)	Prof. (m)	T(°C)	C.E. (uS/cm)	pH	Eh (mV)	O2 Diss (mg/L)
				VOC(3vialsx20ml); TPH(1L); Fenóis(100 ml)	PAHs (1x500ml)	Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml); Fosf(1x125ml); Inor(1x150ml)							
3001-MW01R	25/5/2021	9:32	Bomba peristáltica de baixo fluxo	4	7,5	7,5	3,72	7,73	18,7	667	7,22	186,5	2,66
3001-MW02	25/5/2021	12:58	Bomba peristáltica de baixo fluxo	2,59-3,0	7,5	6	2,59	7,8	19,2	656	6,79	107,5	2,29
3001-MW05	25/5/2021	9:49	Bomba peristáltica de baixo fluxo	1,85-2,0	5,9	4	1,85	5,9	18,6	918	7,65	-108	1,34
S6A	25/5/2021	10:30	Amostrador bailer	7,52	11	9	6,52	11	19,2	742	7,44	50,2	2,02
S6B	25/5/2021	12:00	Bomba peristáltica de baixo fluxo	3,13-4	8,64	6	3,13	8,64	19,2	622	7,14	-22,2	1,68
FP3A	25/5/2021	11:15	Amostrador bailer	15,9	15,9	15,9	14,87	16,06	18,1	480,8	7,61	85,1	4,09
FP6A	24/5/2021	17:10	Amostrador bailer	16,9	16,9	16,9	15,5	37,31	18,7	426	7,98	55,7	1,85
FP6B	24/5/2021	16:32	Bomba peristáltica de baixo fluxo	2,51-3	6,02	3,5	2,51	6,02	18,4	971	7,45	-5,6	1,36
FB5	24/5/2021	18:10	Bomba peristáltica de baixo fluxo	1,45	9,5	6,5	1,45	9,5	19,2	1641	7,85	115,4	3,65
S5B	24/5/2021	17:45	Bomba peristáltica de baixo fluxo	0,83	4,7	3	0,83	5,3	18,8	930	7,93	-174,3	2,07
Duplicado (ERSARA)-M88; FB5	24/5/2021												
Branco de Campo (ERSARA)-M90; FB5	24/5/2021												



www.lnec.pt/

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL
tel. (+351) 21 844 30 00 • fax (+351) 21 844 30 11
lnec@lnec.pt www.lnec.pt