



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 do ano 2020



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 do ano 2020

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

Lisboa • dezembro 2020

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 439/2020 – **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 do ano 2020

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

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

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 439/2020

Proc. 0605/121/22161

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 do ano 2020

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 ano 2020, pelo que inclui a informação apresentada no relatório semestral (Leitão e Henriques, 2020). Como vem sendo prática, e para dar resposta ao disposto na assessoria, 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; (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 2020. 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

Report of the year 2020

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 year 2020. As has been the practice, and in order to respond to the contract, the report presents the results of: (1) 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, EM. It also presents a summary of the meetings held in 2020 concerning environmental issues. The report ends with a summary 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	7
4.3.1	Porta de Armas (Main Gate, Site 3001)	7
4.3.2	South Tank Farm (Site 5001/AOC-1)	14
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	28
6	Participação em reuniões	33
7	Síntese, conclusões e recomendações	35
	Referências bibliográficas	39
	Anexos	41
	ANEXO I Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados	43
	ANEXO II Parâmetros medidos on site nos pontos de águas subterrâneas durante as campanhas de 2020	49

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 BTEX em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2016 e 2020	11
Figura 4.3 – Concentração em COV em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2016 e 2020	12
Figura 4.4 – Concentração em HAP em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2016 e 2020	13
Figura 4.5 – Concentração em HTP em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2016 e 2020	13
Figura 4.6 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas a sul do Site 5001	14
Figura 4.7 – Fotografia do piezómetro S5B, a sul do Site 5001	15
Figura 4.8 – Concentrações em BTEX em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2016 e 2020	16
Figura 4.9 – Concentrações em COV em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2016 e 2020	19
Figura 4.10 – Concentrações em HAP em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2016 e 2020	19
Figura 5.1 – Localização dos furos monitorizados pela Praia Ambiente	21
Figura 5.2 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2018 e 2020, para amostras pontuais	22
Figura 5.3 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Juncal 1 entre 2010 e 2020, para amostras pontuais.....	25
Figura 5.4 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Fontinhas-Barreiro entre 2010 e 2020, para amostras pontuais	25
Figura 5.5 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo da Canada das Covas entre 2010 e 2020, para amostras pontuais	26
Figura 5.6 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Pico Celeiro entre 2010 e 2020, para amostras pontuais.....	26
Figura 5.7 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Areeiro-Fontinhas entre 2010 e 2020, para amostras pontuais	27
Figura 5.8 – Diagrama box-plot das concentrações em vanádio, entre 2010 e 2020, nas captações para consumo humano do concelho de Praia da Vitória, para amostras pontuais	28
Figura 5.9 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2017 e 2020, para amostragem contínua	29
Figura 5.10 – Principais propriedades de 16 HAP (segundo Mackay <i>et al.</i> , 1992)	30

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Características dos piezómetros e dos furos monitorizados	6
Quadro 4.2 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem dentro e fora do Site 3001, em junho de 2020	9
Quadro 4.3 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem dentro e fora do Site 3001, em outubro de 2020	10
Quadro 4.4 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem a sul do Site 5001, em junho de 2020	17
Quadro 4.5 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem a sul do Site 5001, em outubro de 2020	18
Quadro 5.1 – Plano de Monitorização Especial dos Furos para o ano 2020 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 2020	23
Quadro 5.3 – Resultados de análises químicas de amostras contínuas de água recolhida nos furos de captação em abril/maio de 2020	31
Quadro 5.4 – Resultados de análises químicas de amostras contínuas de água recolhida nos furos de captação em setembro/outubro de 2020	32

Agradecimentos

Agradece-se todo o apoio do Comando Português da Zona Aérea dos Açores para a realização deste trabalho, na pessoa do Senhor Major César Fernandes, 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 e realização 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. Agradece-se, ainda, o trabalho de reabilitação da cabeça do piezómetro S5B, junto ao Paul da Praia.

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 do ano 2020.

Este relatório é relativo aos trabalhos de monitorização desenvolvidos pelo LNEC neste ano, apresentando ainda a análise de outros trabalhos em curso na área em estudo, nomeadamente dos 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, 2020). Este relatório anual integra os resultados apresentados no relatório de progresso (Leitão e Henriques, 2020).

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

Em 2020, a 65 ABG não reportou a realização de ações de reabilitação ou de monitorização dos Sites 3001 ou 5001.

Foi elaborado um "Medical Report - Substantial Impact to Human Health and Safety (SIHS) – Lajes Field Remediation Sites 3001 and 5001", apresentado em três documentos temáticos: Determination of Substantial Impact to Human Health and Safety - Lajes Field; Review of SIHS Lajes Field Remediation Sites 3001 and 5001 e Lajes SIHS High Level Overview (cf. Department of the Air Force de Ohio, 2019; USAFE, 2020 e Department of the Air Force de Washington DC, 2020). O LNEC emitiu um parecer sobre o mesmo no âmbito do contrato com o Ministério da Defesa Nacional (MDN) (cf. Leitão e Antunes, 2020) apresentando-se aqui uma breve síntese desse parecer.

O objetivo do trabalho foi reapreciar os Sites 3001 e 5001, no sentido de avaliar se estes apresentam um "impacto substancial para a saúde e segurança humana, SIHS", com base nos resultados da monitorização anual de águas subterrâneas efetuada pela USAFE em 2018 e em 2019 (23 piezómetros no Site 3001 e 8 piezómetros no 5001) e na análise de risco, efetuada em 2008 para ambos os locais.

A reapreciação apresentada foi feita ao abrigo das instruções do Departamento de Defesa dos EUA (DoDI 4715.08, de 31 de agosto de 2018) relativas a procedimentos de reabilitação da contaminação ambiental fora dos Estados Unidos e das instruções da USAFE (AFI 32-7091, de 18 de março de 2016) para procedimentos de gestão da contaminação ambiental fora dos Estados Unidos. Nestas instruções considera-se que existe um impacto substancial para a saúde e segurança humana se houver um nível de exposição em curso, ou iminente nos próximos 3 a 5 anos, que exceda padrões estabelecidos e publicados pelos EUA para trabalhadores dentro dos perímetros militares.

Os três documentos analisados apresentam conclusões equivalentes, i.e. consideram que a contaminação das águas subterrâneas e solos nos Sites 3001 e 5001 não representa um impacto substancial para a saúde e segurança humana atendendo à exposição de trabalhadores nesses locais. Contudo, a análise do risco efetuada deixa de fora o risco potencialmente existente fora das áreas militares. Nesse contexto não abrange os interesses de proteção da saúde pública da ilha Terceira como um todo.

O parecer do LNEC apresenta quatro razões principais que, independentemente de na análise do risco se ter considerado não haver impacto substancial dentro das áreas militares, fundamentam a necessidade de dar continuidade à reabilitação dos Sites, visando minimizar o risco de contaminação das águas subterrâneas no concelho de Praia da Vitória. Apresenta-se, ainda, um conjunto de nove recomendações que elencam diversas ações concretas a realizar a curto e médio prazo (cf. Leitão e Antunes, 2020).

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 oito anos pelo LNEC para a ERSARA para os Sites 3001 e 5001. À semelhança da última campanha, o piezómetro MW01 foi substituído pelo MW01R, instalado no mesmo local e com características idênticas. A primeira campanha, inicialmente prevista para meados de março, foi adiada para 22 e 23 de junho de 2020 devido à pandemia, e a segunda teve lugar a 12 e 13 de outubro de 2020.

Estas campanhas permitiram monitorizar e complementar os dados recolhidos pelo LNEC para o Ministério da Defesa Nacional (MDN) (Leitão e Antunes, 2020) relativamente à: (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).

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

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 2020. Estes locais mantêm-se os mesmos desde 2013 e incluem piezómetros nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia.

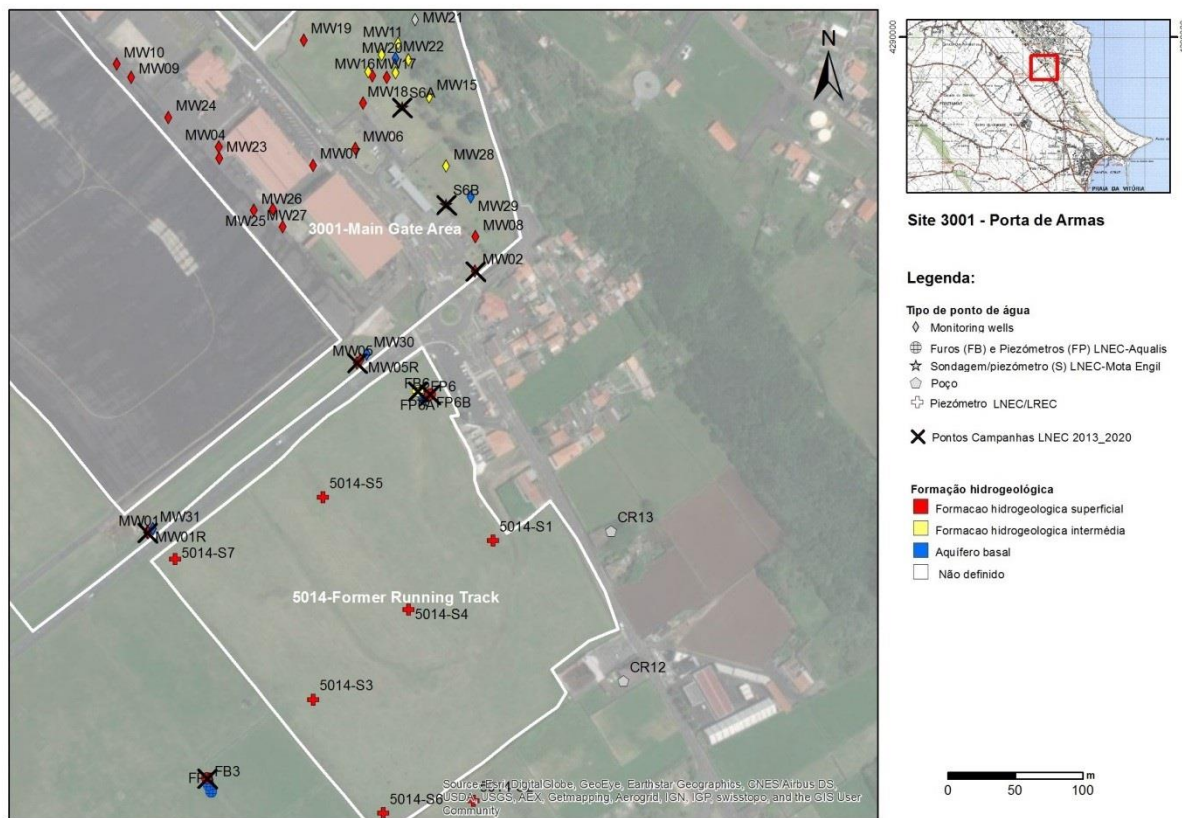


Figura 4.1 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001

Como foi referido em relatórios anteriores, o objetivo desta monitorização de longo prazo da qualidade das águas subterrâneas, em piezómetros localizados na periferia do Site 3001, era complementar as análises que vinham sendo feitas pela 65 ABG dentro daquele Site e, assim, analisar os impactes resultantes dos processos de reabilitação implementados naquele Site. Assim, a seleção de piezómetros a jusante do escoamento subterrâneo visava detetar atempadamente a presença de potenciais contaminantes que pudessem 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 (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 poderá 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, além do acompanhamento e análise de diversos outros aspetos do qual se destaca a purga do furo 3001-MW30 dada a sua implicação nos resultados agora apresentados.

Os resultados das análises químicas das amostras de água analisadas para a ERSARA em junho de 2020 são apresentados no Quadro 4.2, estando no Quadro 4.3 os resultados relativos a outubro de 2020. Em ambos os quadros 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* para as campanhas de 2020.

Como se pode observar no Quadro 4.2 e no Quadro 4.3, em 2020 não foi registada a presença de BTEX em nenhum dos piezómetros amostrados. Os resultados de campanhas anteriores (cf. Figura 4.2) mostram a presença de BTEX, essencialmente em piezómetros dentro do Site 3001 (MW01, MW02, S6A e S6B), em concentrações da mesma ordem de grandeza das observadas nas campanhas realizadas noutros piezómetros dentro do Site para o mesmo período (Leitão e Antunes, 2020), mas que surgem mais esporadicamente, estando quase ausentes nos últimos anos. Desse quadro geral destaca-se a única situação em que se mediram BTEX acima das normas, registada no piezómetro S6A em setembro de 2017 para o tolueno. Em relação aos piezómetros localizados fora do Site 3001 (os FP) observou-se, nas campanhas de março de 2016 (FP6B) e de setembro de 2019 (FP6A e FP6B), a presença de BTEX nestes dois pontos, facto que não se voltou a verificar. Leitão e Antunes (2020) referem a presença de etilbenzeno noutros pontos fora do Site 3001 (designadamente diversos furos que captam o aquífero basal) mas, dada a sua presença também no branco de campo, referem poder tratar-se de contaminação atmosférica, facto que terá que ser esclarecido em campanhas posteriores.

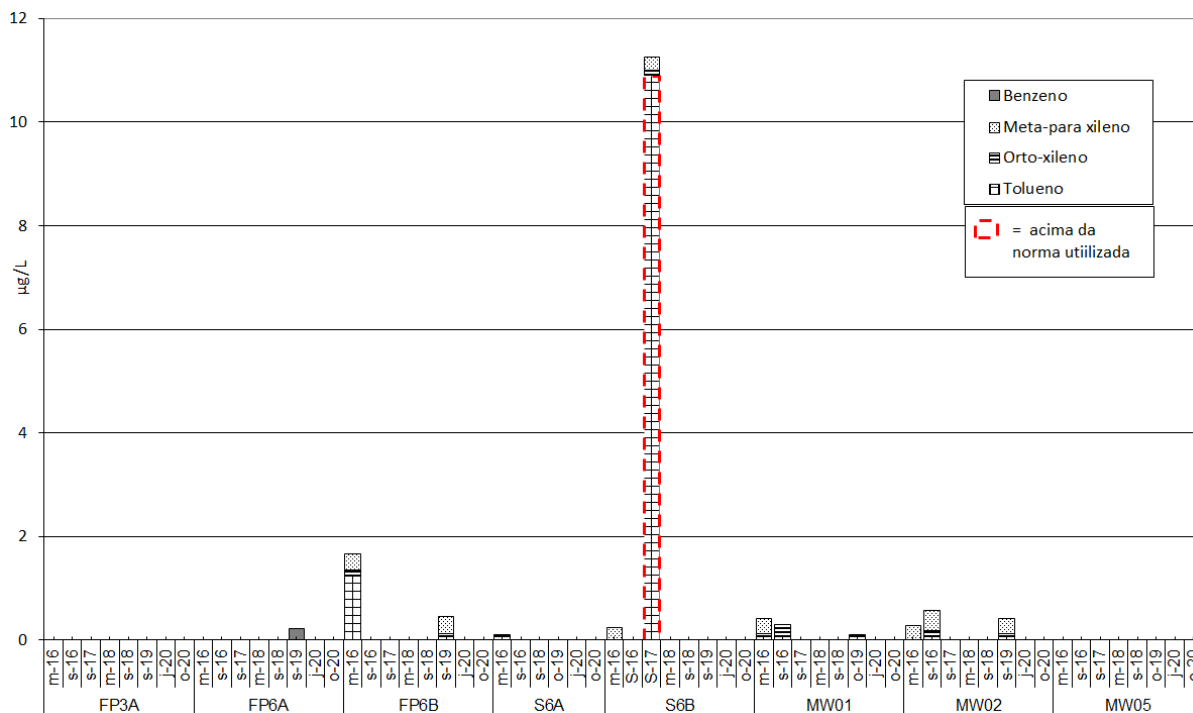


Figura 4.2 – Concentração em BTEX em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2016 e 2020

A presença de COV nas águas subterrâneas é menos frequente uma vez que este grupo de compostos facilmente escapam para a atmosfera, sendo mais frequente a sua presença em locais próximos das fontes de emissão. Em 2020 apenas há dois registos de COV: no piezómetro S6A (dentro Site 3001, cf. Figura 4.1), onde se registou a presença de tert-butil álcool (composto sem norma definida, cf. Anexo I) em junho, e no piezómetro FP6A, onde se registou PCE em outubro (cf. Figura 4.3). A presença de tert-butil álcool no S6A já se havia observado em setembro de 2018 (7,2 µg/L) e, em outubro de 2019, observou-se 3,99 µg/L de clorofórmio (que poderá ser um produto de reação do tert-butil álcool) acima da norma do Canadá (2,4 µg/L).

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. Este composto foi observado em diversos outros piezómetros no interior do Site 3001 (cf. Leitão e Antunes, 2020).

Leitão e Antunes (2020) também referem a presença de TCE e outros VOC muito acima das normas no furo 3001-MW30, facto que levou o LNEC a recomendar a purga desse furo com a extração de 10 000 L de água (operação encomendada pelo MDN e realizada nos dias 14 e 15 de outubro de 2020 pela firma João Paulino, Lda.). É possível que a presença de PCE agora detetada no FP6A (instalado na formação hidrogeológica intermédia), mas não detetada no FP6B (instalado no mesmo local, mas captando a formação hidrogeológica superficial) se deva 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), embora não se descarte a possibilidade de poder haver outras fontes contaminantes ativas (cf. Leitão e Antunes, 2020).

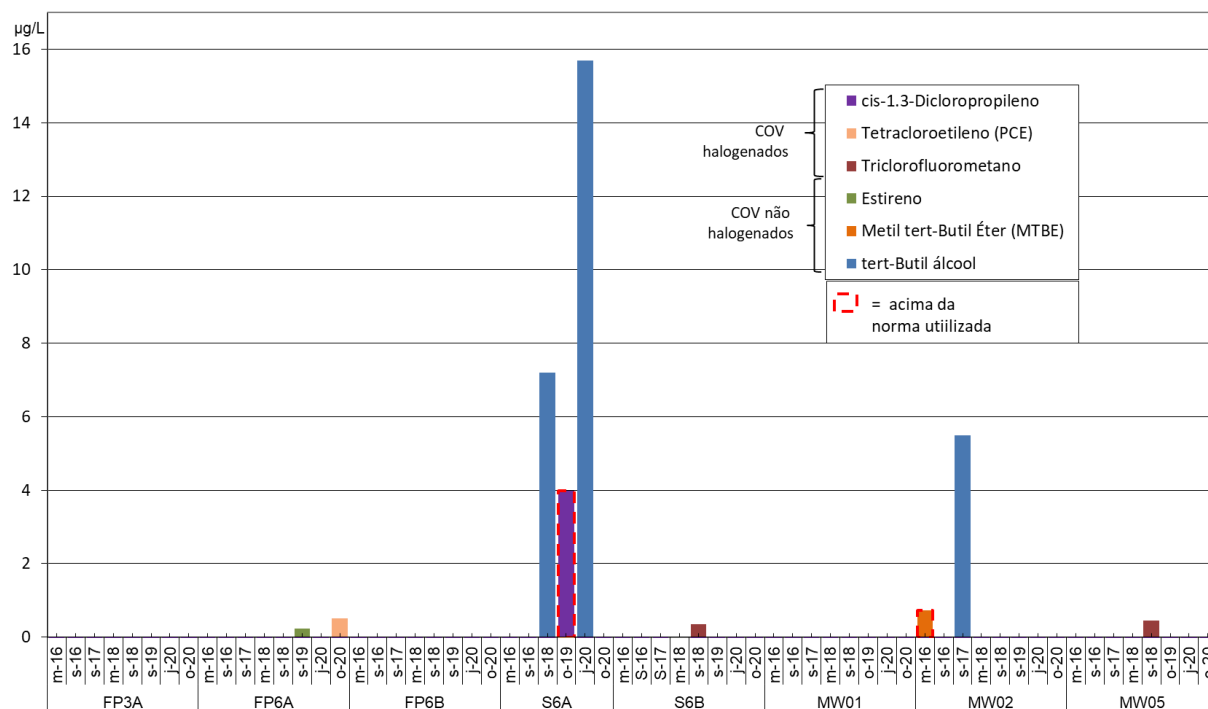


Figura 4.3 – Concentração em COV em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2016 e 2020

Em relação aos HAP, as campanhas de 2020 apresentam em geral valores inferiores às campanhas anteriores. Nos piezómetros a jusante do Site 3001, apenas o piezómetro FP3A apresenta diversos parâmetros com valores acima dos limites de quantificação e também acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (Quadro 4.2, Quadro 4.3 e Figura 4.4), embora quase todos com concentrações inferiores às das normas de outros países (Canadá e Holanda), sendo a exceção o benzo(a)pireno, em ambas as campanhas.

Relativamente aos HTP, que de alguma forma descrevem o conjunto de várias centenas de compostos químicos originados do petróleo bruto, observam-se concentrações acima do limite de quantificação em diversos pontos em 2020 (Quadro 4.2 e Quadro 4.3) de forma idêntica ao que se havia observado em campanhas anteriores (Figura 4.5). O piezómetro 3001-MW05 é o único onde surgem em concentrações superiores à norma do Canadá (0,75 mg/L). A evolução de HTP no piezómetro S6A parece indicar um crescimento desde 2019, consistente com a paragem da reabilitação das águas subterrâneas a montante daquele piezómetro. As oscilações observadas entre campanhas estarão relacionadas com a lixiviação de contaminantes presentes nos solos para horizontes mais profundos durante episódios de precipitação.

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

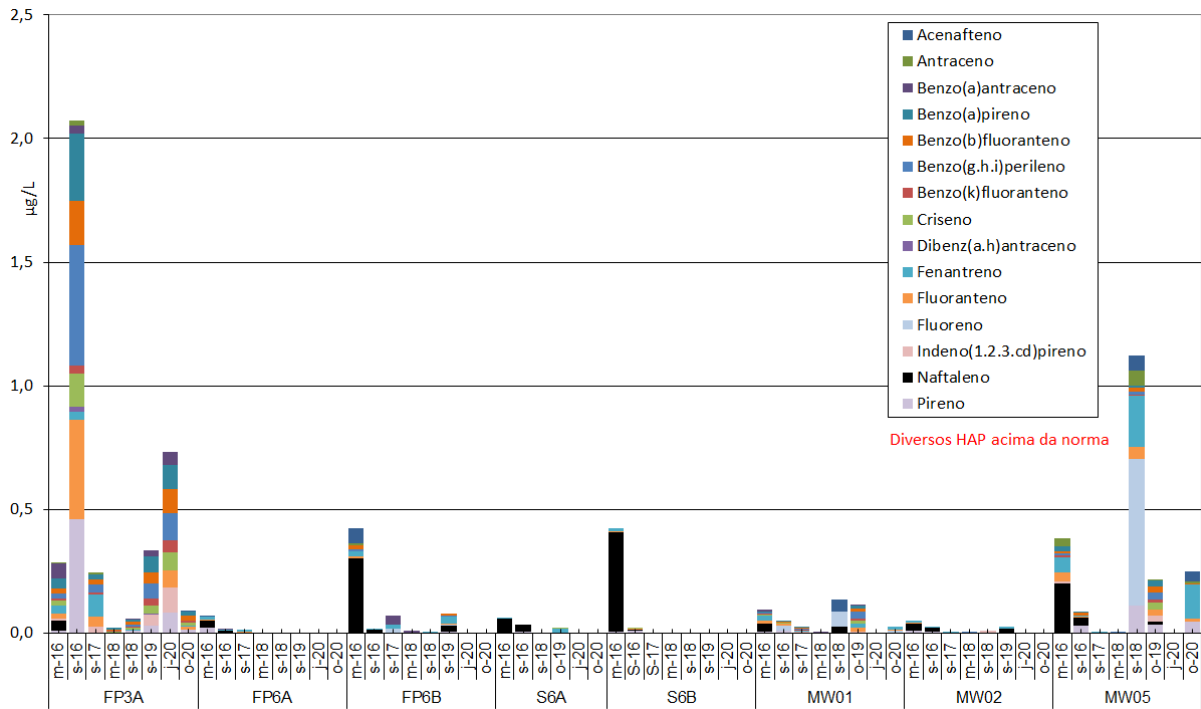


Figura 4.4 – Concentração em HAP em piezômetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2016 e 2020

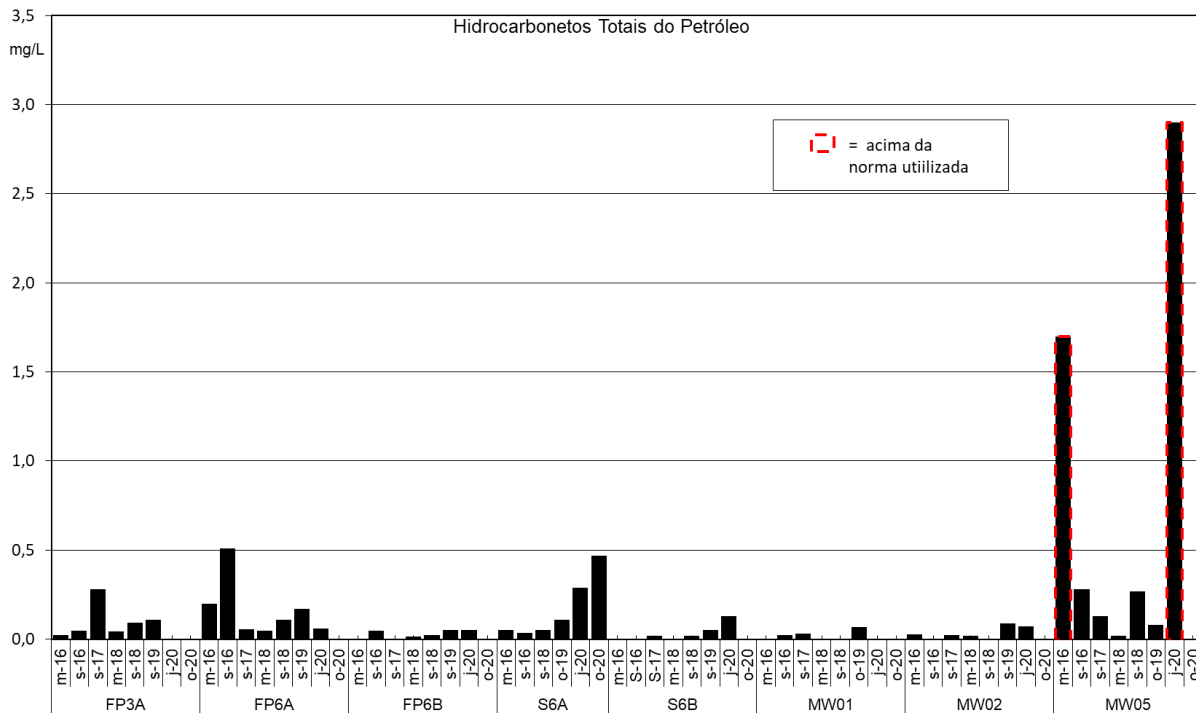


Figura 4.5 – Concentração em HTP em piezômetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2016 e 2020

Embora os resultados obtidos em 2020 não apresentem evidências de maior degradação da qualidade das águas subterrâneas a jusante do Site 3001, há alguns sinais de maior degradação dentro do Site

3001, o que, juntamente com o reaparecimento de uma assinalável espessura 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. As oscilações observadas nas concentrações resultam dos diferentes processos físicos de infiltração e recarga da água da chuva, com o concomitante arraste de contaminantes presentes no solo, bem como de processos químicos e biológicos de volatilização, adsorção, solubilidade e biodegradação que vão permitindo a lenta degradação natural dos hidrocarbonetos. Face a estes resultados, importa que sejam retomados e melhorados os processos de reabilitação do Site 3001.

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

A Figura 4.6 apresenta os locais de recolha de amostras de águas subterrâneas para análise química em 2020, também correspondentes aos mesmos dois piezómetros que, desde 2013, foram selecionados 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.

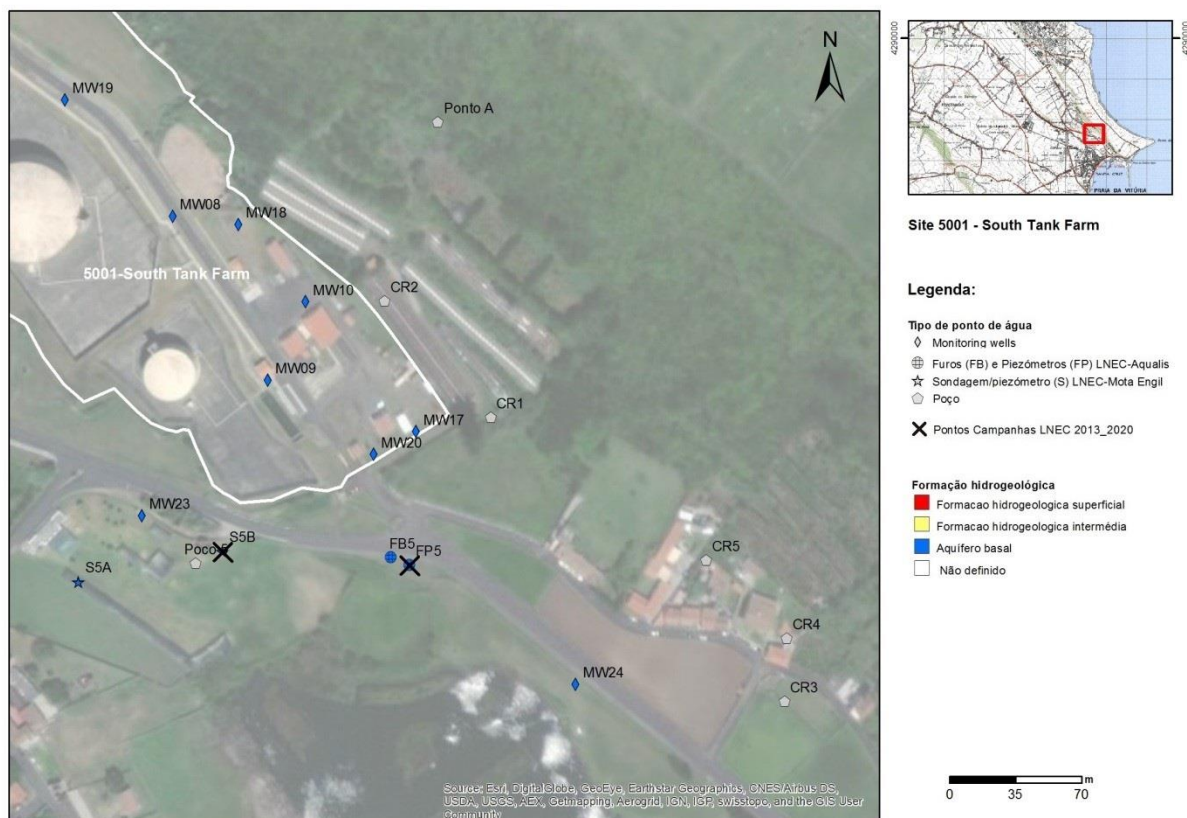


Figura 4.6 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas a sul do Site 5001

De forma semelhante ao que aconteceu para o Site 3001, também no Site 5001 a 65 ABG deixou de realizar a habitual monitorização semestral dentro do Site, assim como a reabilitação. Por este motivo, e ainda pelo facto de terem surgido em, 2016 e 2017, indícios de contaminação nestes dois piezómetros de controlo analisados pelo LNEC para a ERSARA, o MDN solicitou ao LNEC a realização da monitorização dentro do Site 5001 e a jusante do mesmo, cobrindo a maioria dos piezómetros e poços indicados na Figura 4.6, além de uma análise geofísica e da qualidade dos solos à saída do Site 5001 (cf. Leitão, Mota e Antunes, 2020). Os dados agora obtidos são também analisados atendendo aos resultados desses estudos.

Os resultados das análises químicas realizadas para a ERSARA são apresentados no Quadro 4.4 e Quadro 4.5, 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 2020.

Mantiveram-se os procedimentos de recolha, as profundidades de amostragem e as análises efetuadas em campanhas anteriores. O piezómetro S5B foi recuperado graças à ajuda de técnicos da Praia Ambiente, a quem se agradece, que limparam o mesmo e fizeram um pequeno maciço de betão para sua proteção (cf. Figura 4.7).



Figura 4.7 – Fotografia do piezómetro S5B, a sul do Site 5001

Os resultados obtidos sobre a concentração em BTEX nas águas subterrâneas amostradas em 2020 apenas mostram a presença de um BTEX (tolueno, com 1,48 $\mu\text{g/L}$) no piezómetro S5B, em concentrações acima do limiar estabelecido pela APA (1,3 $\mu\text{g/L}$), embora abaixo da norma do Canadá (24 $\mu\text{g/L}$). Nos últimos três anos, esta foi a única ocorrência, embora a presença de tolueno se tenha registado em datas anteriores, no FB5 (cf. Figura 4.8).

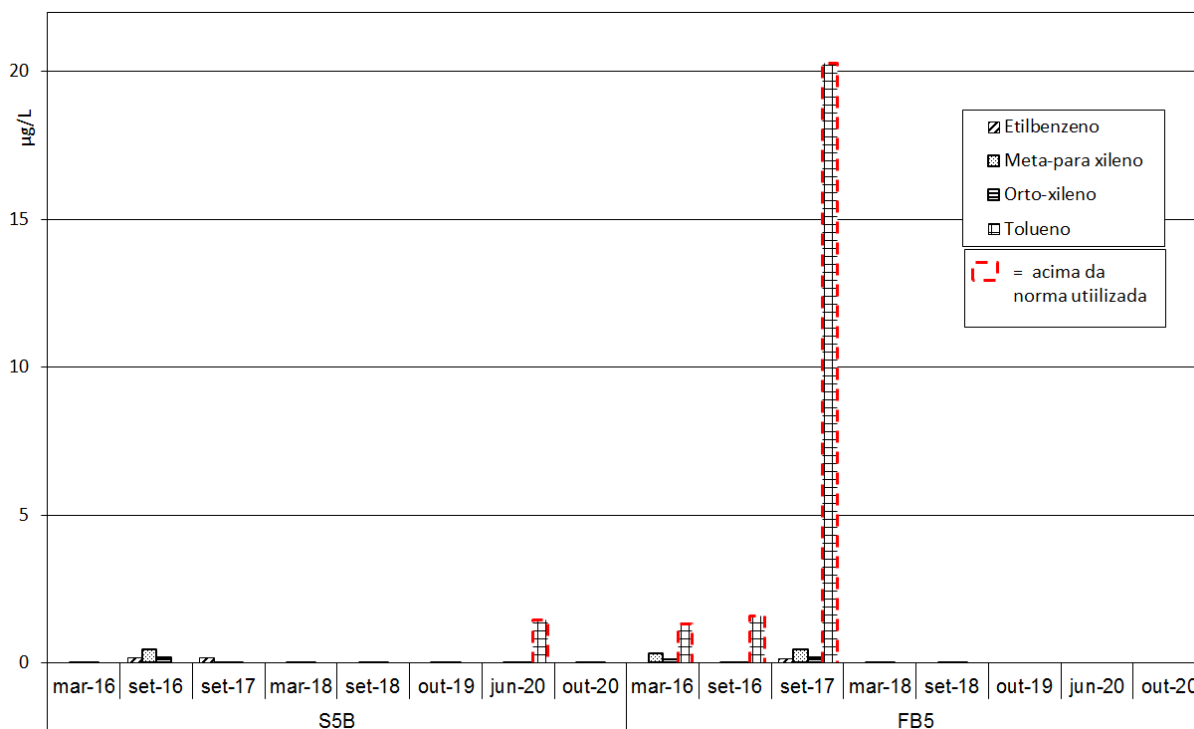


Figura 4.8 – Concentrações em BTEX em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2016 e 2020

As concentrações em HTP em 2020 apresentaram diferenças entre as duas campanhas, atendendo a que em outubro os valores foram inferiores ao limite de quantificação e em junho estavam acima da norma estabelecida pelo Canadá para o S5B (cf. Figura 4.9).

Relativamente à presença de COV, o único composto com concentrações acima dos limites de quantificação foi o PCE, em ambos os piezómetros e na campanha de outubro. Esta situação é inédita face aos resultados de campanhas anteriores (cf. Figura 4.9), pelo que deve ser acompanhada em campanhas posteriores.

Não se observaram concentrações acima do limite de quantificação para os HAP na campanha de junho (Quadro 4.4), mas na campanha de outubro (Quadro 4.5) observaram-se diversos HAP no S5B, acima das normas da APA mas abaixo de outras normas (cf. Anexo II) (cf. Figura 4.10). Nas últimas campanhas têm-se observado valores muito baixos ou inexistentes, pelo que talvez esta presença possa resultar do facto deste piezómetro ter estado aberto durante algum tempo, portanto sujeito a contaminação atmosférica direta. Na campanha seguinte será realizada a purga deste piezómetro antes da amostragem para verificar se os valores se mantêm.

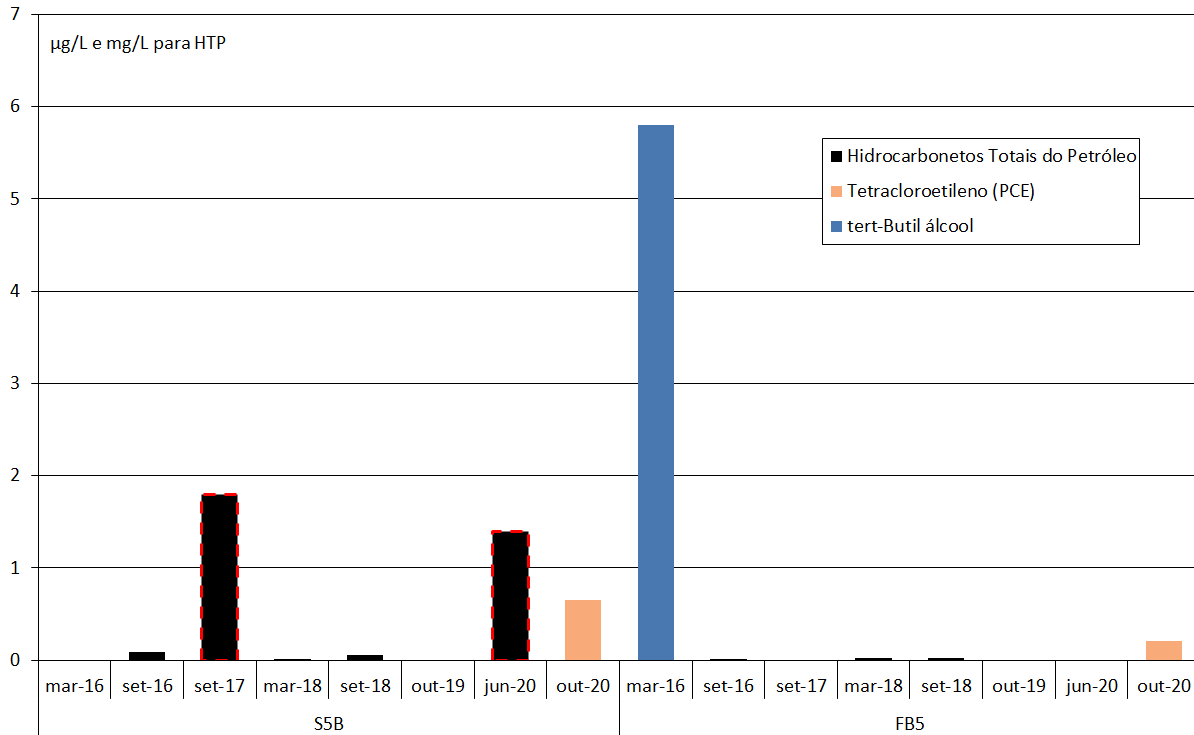


Figura 4.9 – Concentrações em COV em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2016 e 2020

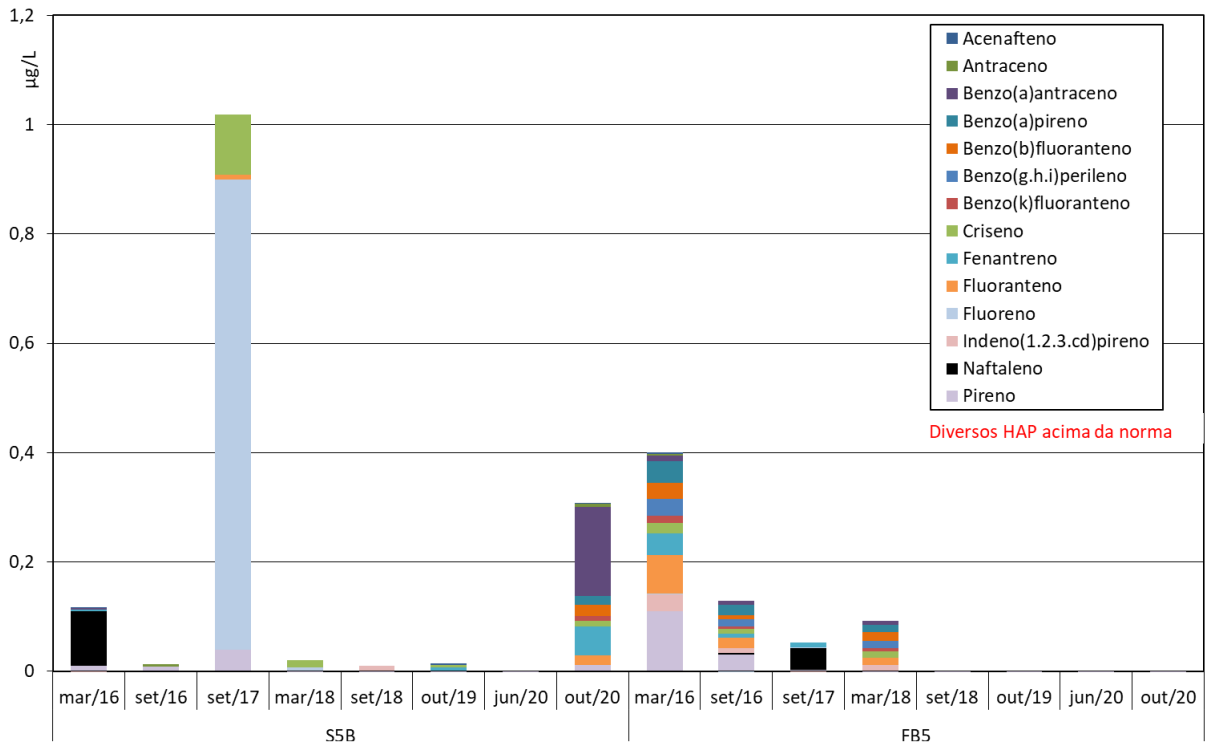


Figura 4.10 – Concentrações em HAP em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2016 e 2020

Os resultados obtidos para a qualidade das águas subterrâneas dentro do Site 5001 mostram que este apresenta diversas áreas com águas subterrâneas contaminadas (cf. Leitão e Antunes, 2020) em BTEX

(etilbenzeno acima da norma), COV (MTBE acima da norma e diversos outros parâmetros 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 do mesmo.

Apesar da análise da geofísica realizada pelo LNEC para o MDN em 2020, a SE deste Site, não ter permitido identificar nenhum sinal evidente que correspondesse à presença de hidrocarbonetos, atendendo aos elevados valores de salinidade das águas neste local (Leitão, Mota e Antunes, 2020), a qualidade dos solos recolhidos até profundidades de 2 m apresentaram, nalguns casos, concentrações de HTP e HAP acima dos limites de quantificação e observam-se, por vezes, concentrações nas águas subterrâneas com HTP e HAP acima das normas.

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

No ano 2020 foram realizadas pela Praia Ambiente as quatro campanhas previstas no Plano de Monitorização Especial dos Furos para os meses de março/abril, junho, setembro/outubro e dezembro (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. Os resultados de dezembro ainda não estão disponíveis, pelo que serão analisados no próximo relatório. A água do furo Areeiro-Fontinhas não foi amostrada em setembro/outubro por ter havido uma avaria durante a amostragem.

Quadro 5.1 – Plano de Monitorização Especial dos Furos para o ano 2020 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)
Juncal 1	P/C	PA	P/C	PA
Pico Celeiro	P/C	PA	P/C	PA
Fontinhas-Barreiro	P/C	PA	P/C	PA
Areeiro-Fontinhas	P/C	PA	P/C	PA
Canada das Covas	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

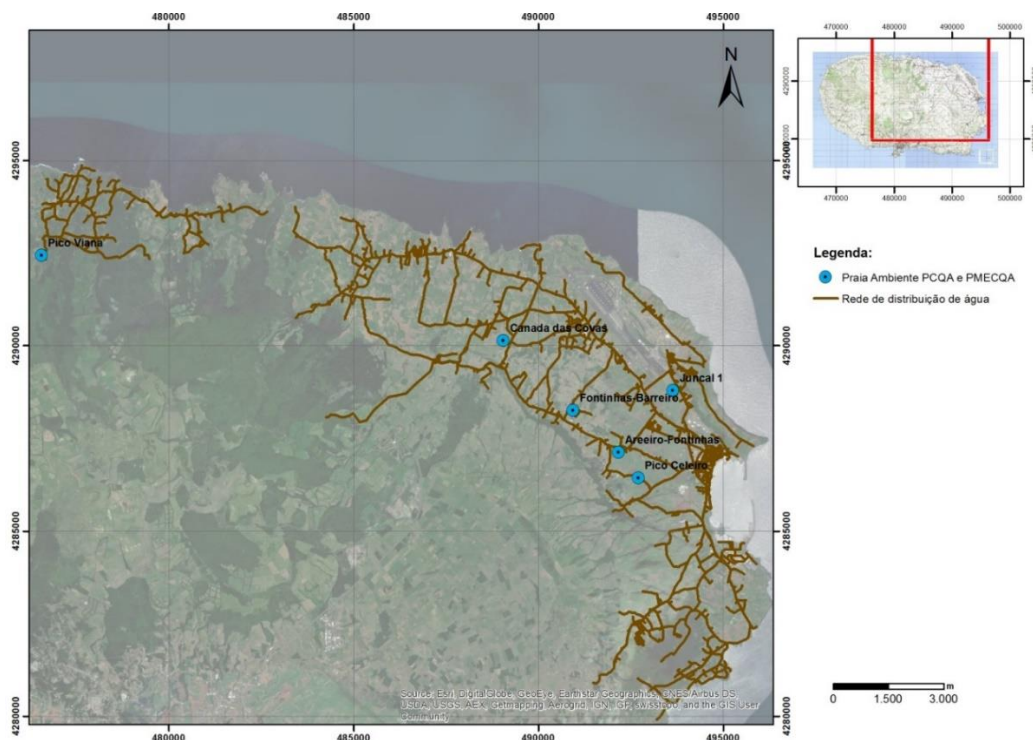


Figura 5.1 – Localização dos furos monitorizados pela Praia Ambiente

A Figura 5.2 apresenta os resultados das concentrações em hidrocarbonetos acima dos limites de quantificação, nos últimos três anos, entre 2018 e 2020. Das 5529 análises a hidrocarbonetos efetuadas naquele período houve 20 casos com valores positivos, mas que não excederam as normas utilizadas (cf. Quadro 5.2). Nas últimas cinco campanhas, os valores de hidrocarbonetos apenas estiveram acima dos limites de quantificação, mas abaixo das normas, na campanha de outubro de 2020 para o fenantreno e fluoreno (Figura 5.2).

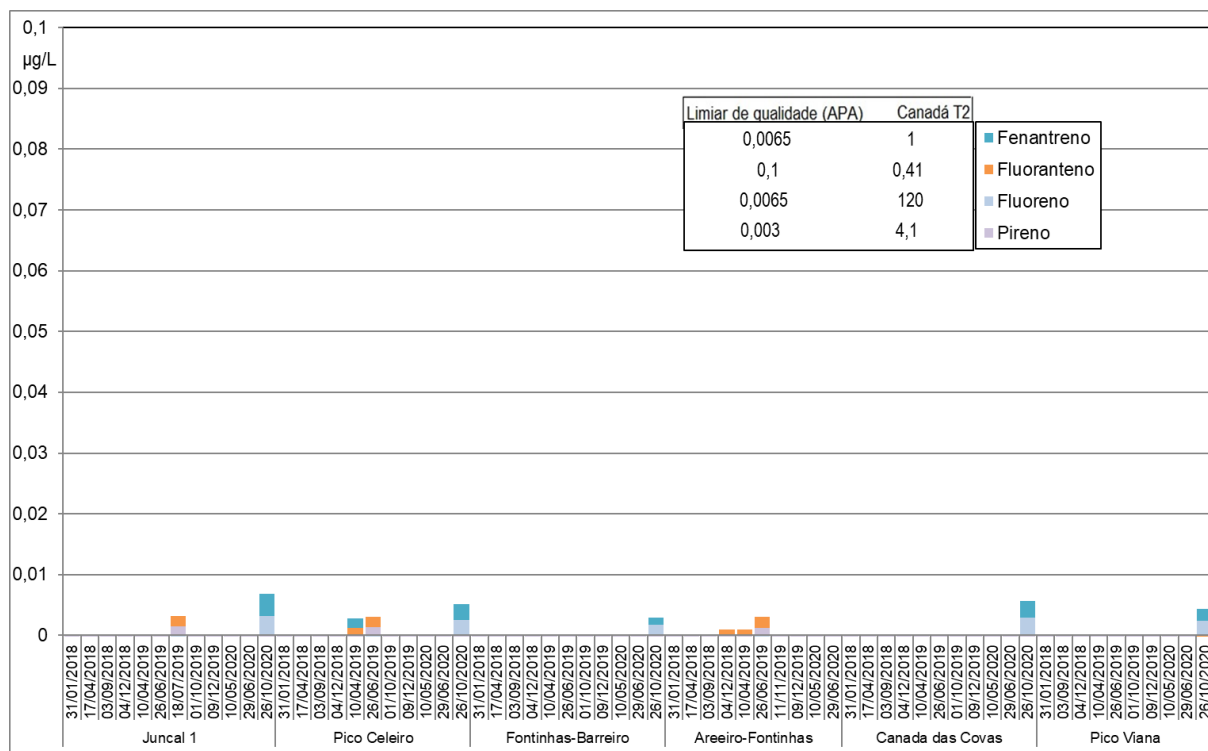


Figura 5.2 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2018 e 2020, para amostras pontuais

A presença de fenantreno e de fluoreno em 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), acrescida da não confirmação destas concentrações nas amostras contínuas recolhidas nos mesmos furos naquele período (cf. Secção 5.2) leva a crer que se trate de um erro laboratorial (p.e atmosfera contaminada durante as análises). Este aspeto terá que ser confirmado através dos resultados de campanhas posteriores.

No Quadro 5.2 pode observar-se que os furos do Juncal 1 e de Fontinhas-Barreiro são os que apresentam maior salinidade (cloreto e o sódio), habitualmente com cloreto acima da norma, e o furo do Pico Viana, localizado nas formações hidrogeológicas suspensas, a menor salinidade, mantendo o já comentado em relatórios anteriores. O furo do Pico Viana apresenta fluoreto acima da norma, característica dos aquíferos suspensos da ilha (cf. Quadros *et al.*, 2018). Um outro elemento que surge acima da norma 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).

Fazendo um balanço da última década (2010 a 2020), observa-se que as características gerais da qualidade dos furos para iões maiores se mantiveram relativamente estáveis (cf. Figura 5.3 à Figura 5.9), embora com situações pontuais de variação (e.g. Canada das Covas, em março de 2018) e com um ligeiro aumento da concentração em cloretos nos últimos anos no furo do Pico Celeiro. Esta estabilidade é importante pois mostra haver um equilíbrio entre a recarga anual e a extração de água, ou seja, uma situação sustentável. Caso a extração fosse superior à recarga, seria de esperar que houvesse um rebaixamento do nível piezométrico e a consequente extração de água de níveis inferiores, mais salinizados.

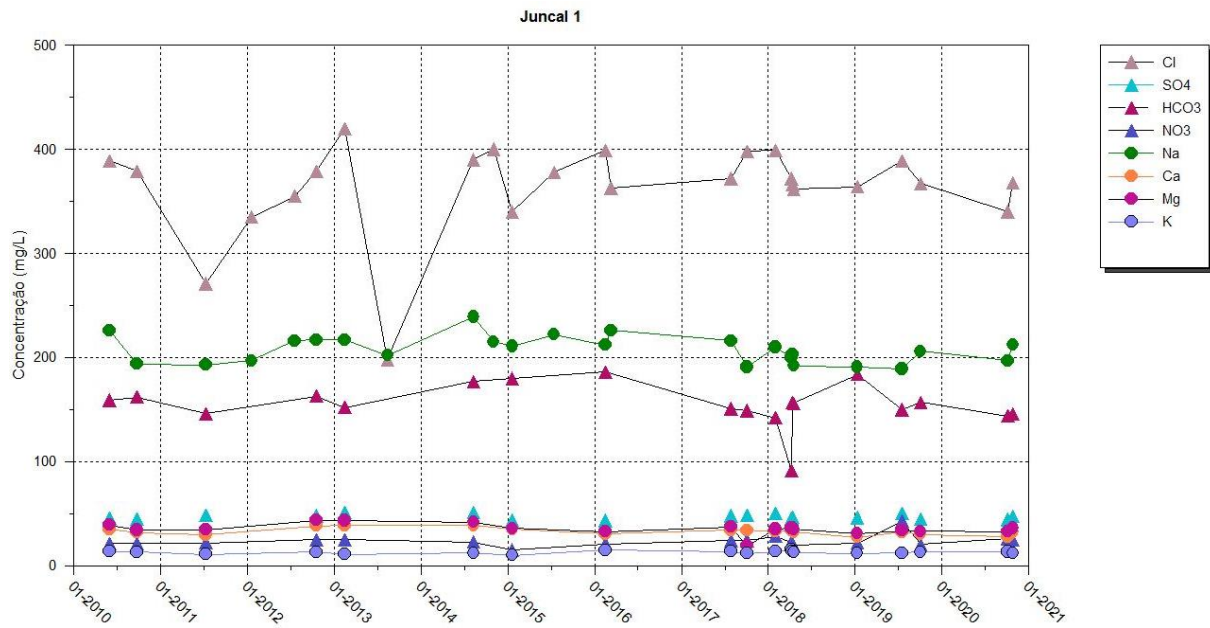


Figura 5.3 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Juncal 1 entre 2010 e 2020, para amostras pontuais

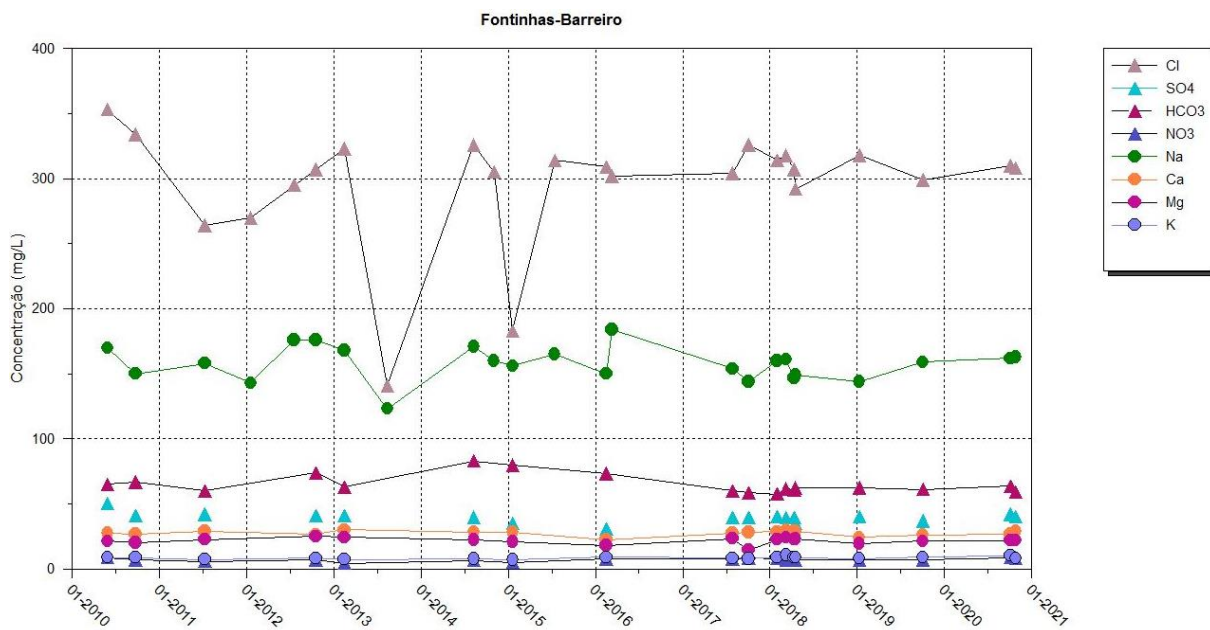


Figura 5.4 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Fontinhas-Barreiro entre 2010 e 2020, para amostras pontuais

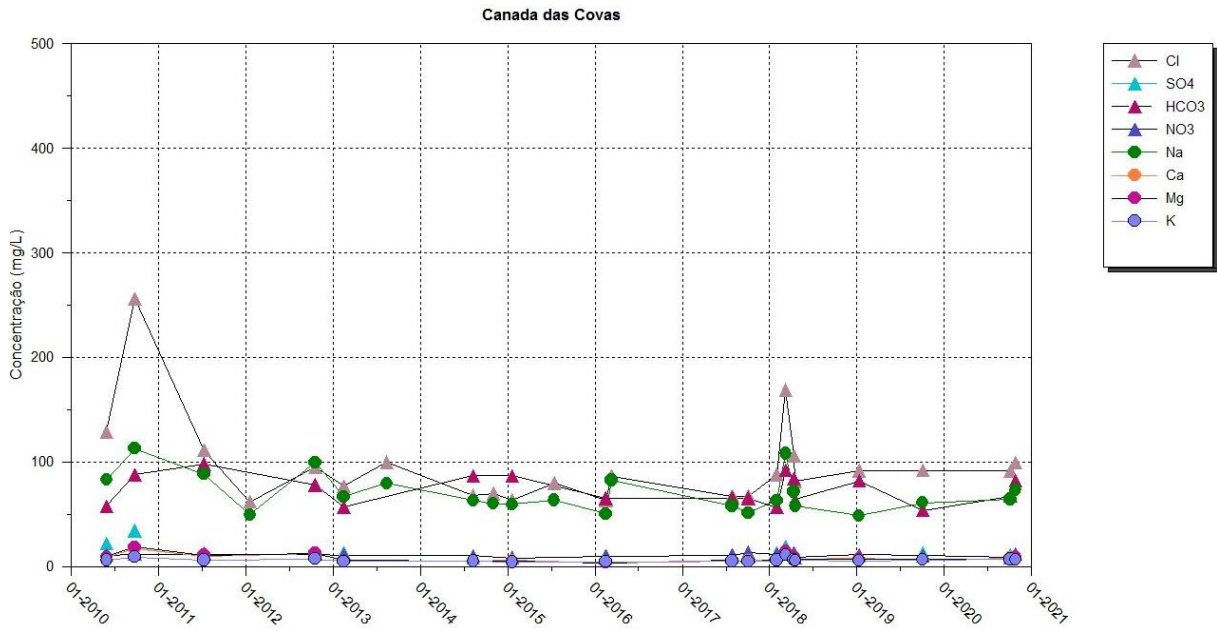


Figura 5.5 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo da Canada das Covas entre 2010 e 2020, para amostras pontuais

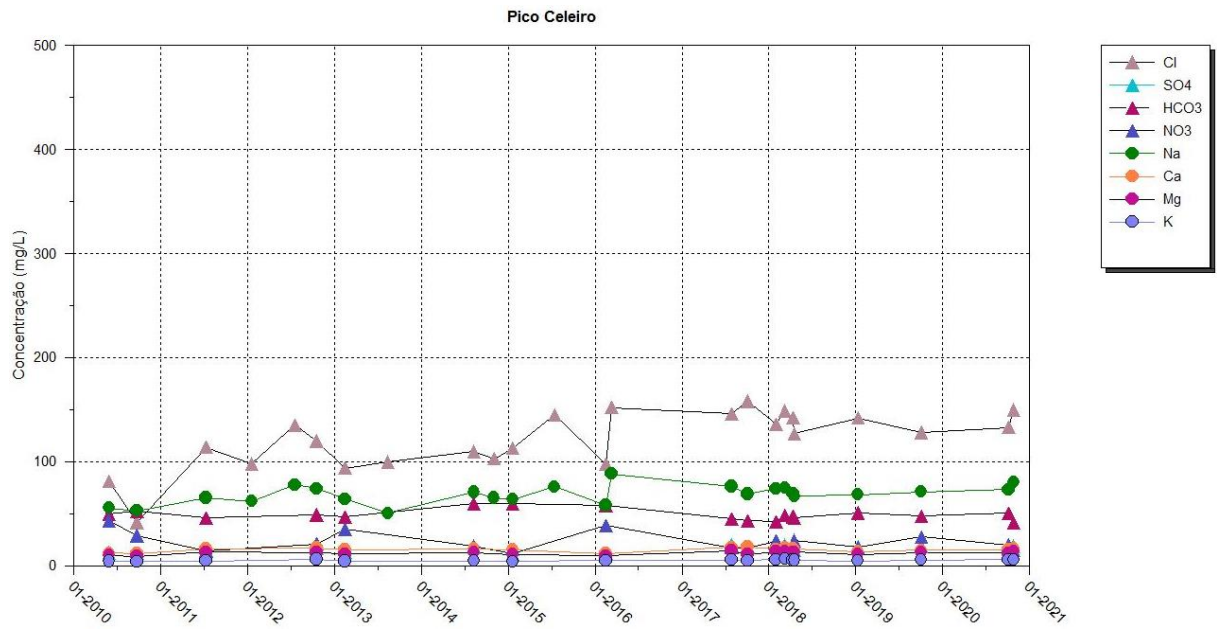


Figura 5.6 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Pico Celeiro entre 2010 e 2020, para amostras pontuais

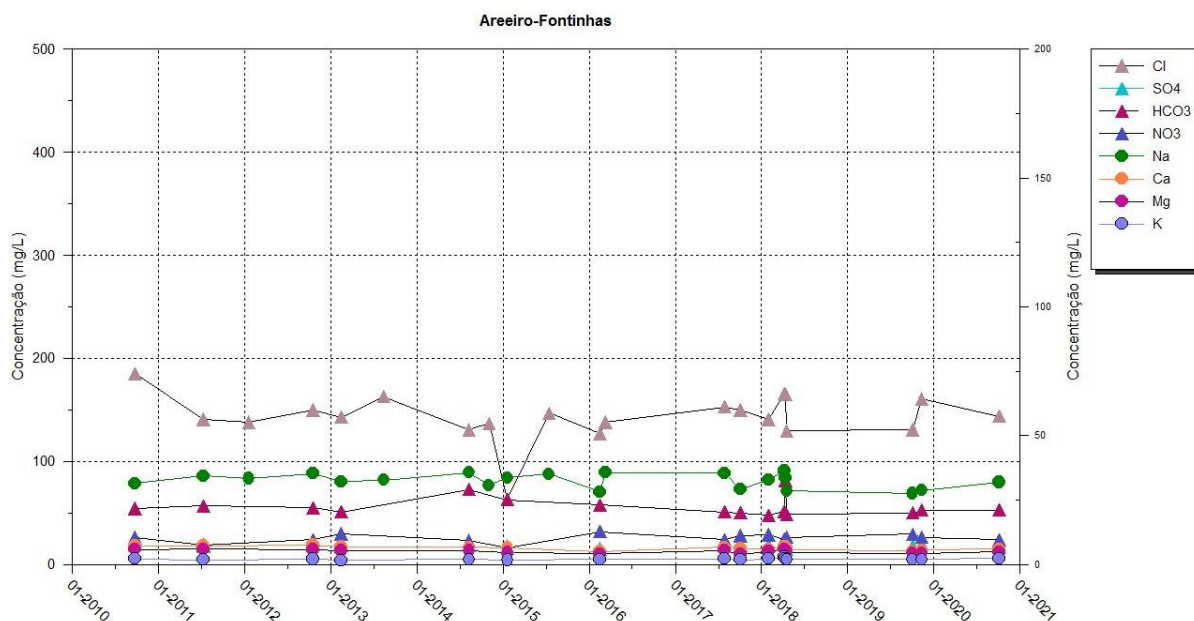


Figura 5.7 – Concentrações em íões maiores nas águas do furo Areiro-Fontinhas entre 2010 e 2020, para amostras pontuais

Dos furos utilizados para abastecimento são o cloreto e, por vezes, o sódio, os elementos que apresentam valores acima da norma nos furos do Juncal 1 e Fontinhas-Barreiro. Além do cloreto e do sódio, observa-se ainda a presença de vanádio acima dos valores definidos para água potável pela legislação do Canadá (cf. Figura 5.8). Destaca-se que não há consenso a nível mundial da perigosidade deste metal para a saúde, motivo pelo qual este metal está ausente da lista da Organização Mundial da Saúde (OMS), entre outras entidades. A sua génese está associada à origem vulcânica da ilha (cf. Leitão e Henriques, 2018c).

Relativamente à presença de hidrocarbonetos nas águas subterrâneas nos últimos 10 anos, constata-se que houve duas situações, de entre os milhares de análises efetuadas nos seis furos, com valores de hidrocarbonetos acima das normas de qualidade: 1) furo do Areiro, a 08/09/2014, para HTP (com 2,4 mg/L, sendo a norma do Canadá 0,75 mg/L) e 2) furo da Canada das Covas, a 07/11/2011, para o fenantreno (com 0,02 µg/L, sendo o valor estabelecido pela APA 0,0065 µg/L e a norma do Canadá para condições de águas subterrâneas potáveis 1 µg/L). Nesta década houve 36 ocasiões em que a concentração de hidrocarbonetos foi superior ao limite de quantificação, motivo pelo qual se considera relevante manter o Plano de Monitorização Especial dos Furos previsto pela Praia Ambiente para 2021, que foi analisado e com o qual se concorda.

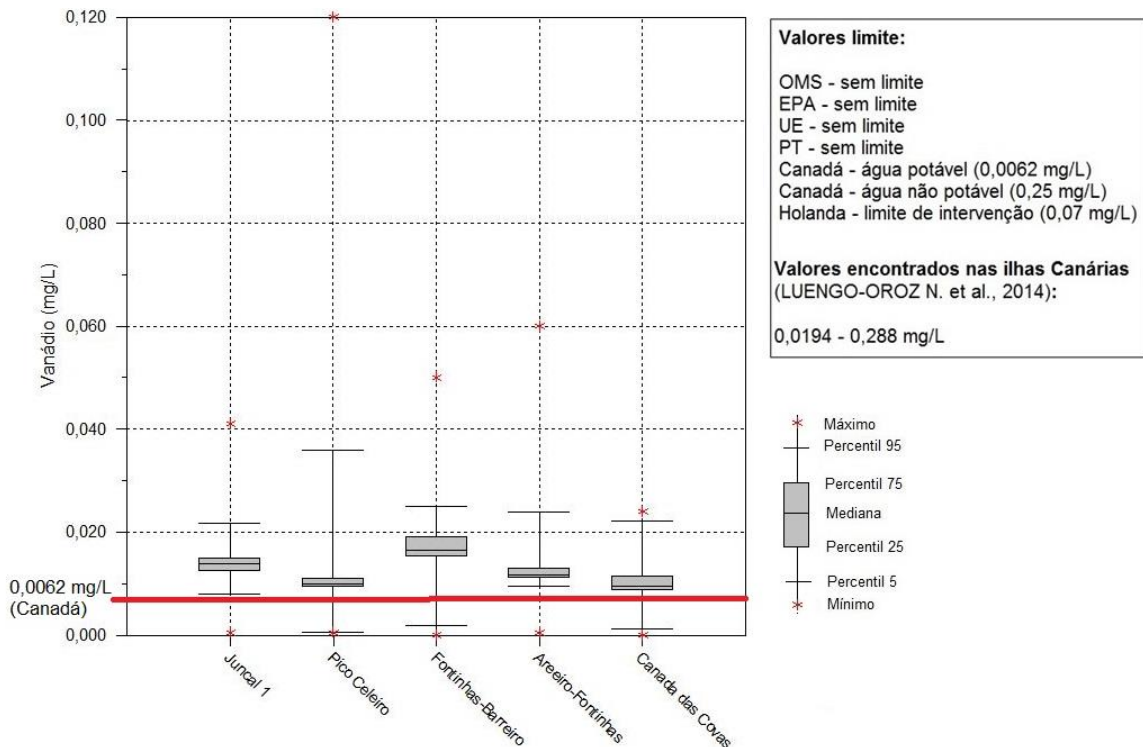


Figura 5.8 – Diagrama box-plot das concentrações em vanádio, entre 2010 e 2020, nas captações para consumo humano do concelho de Praia da Vitória, para amostras pontuais

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

Os resultados obtidos em 2020 para o conjunto de amostragens contínuas são apresentados no Quadro 5.3 (abril/maio) e Quadro 5.4 (setembro/outubro) e na Figura 5.9, seguindo o Plano referido no Quadro 5.1, embora a primeira campanha com um mês de atraso devido à pandemia. A leitura da Figura 5.9 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 serve para testar o lote de produção e os contaminantes daí resultantes.

Nos diversos períodos de monitorização desde 2016, incluindo no ano de 2020, 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.

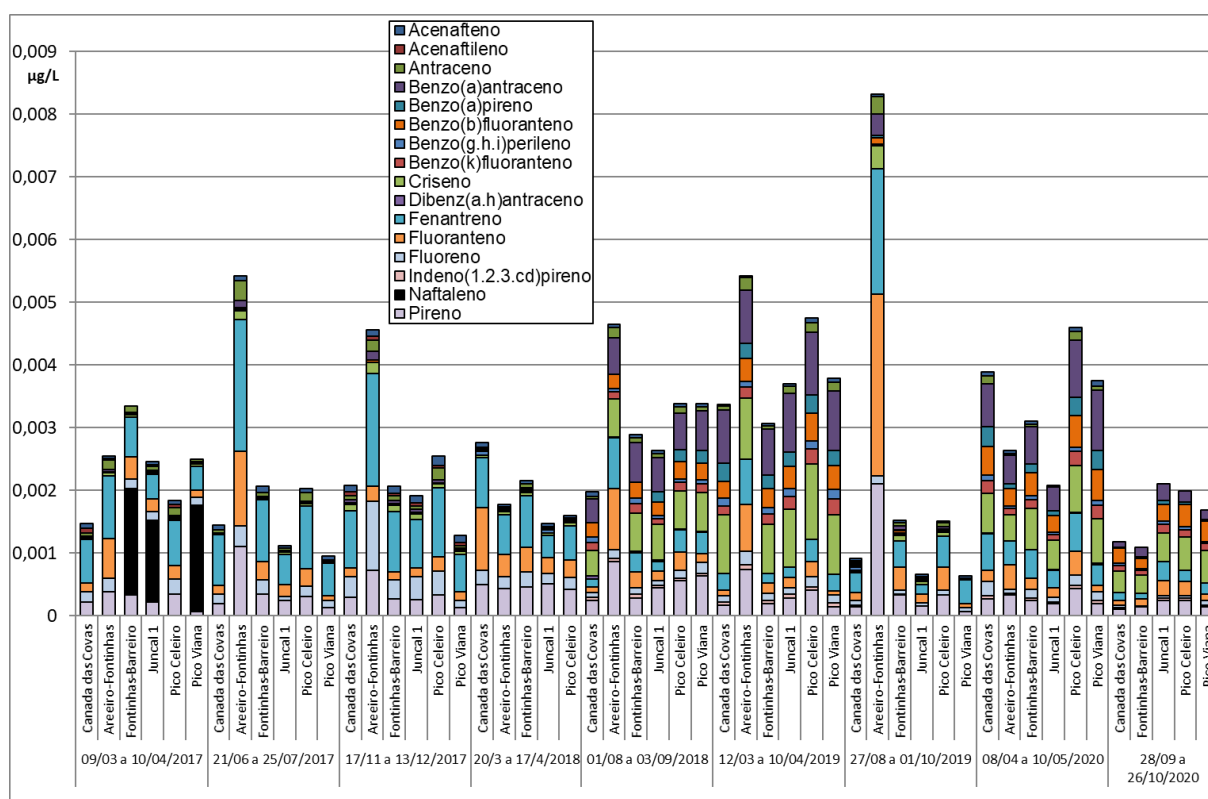


Figura 5.9 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2017 e 2020, para amostragem contínua

Nas duas amostragens de 2020, as concentrações obtidas são equivalentes às do furo do Pico Viana (padrão) (cf. Figura 5.9), facto que denota baixa ou nula contaminação. Conforme atrás referido, 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).

Desde 2010 que o fenantreno, o fluoranteno e o pireno serão os HAP que apresentam valores ligeiramente acima do padrão (e.g. Pico Celeiro), sendo também estes os hidrocarbonetos que já surgiram acima do limite de quantificação nas amostras pontuais anteriores a 2020 (cf. Figura 5.2). Pelo contrário, o naftaleno e o acenaftileno são os dois HAP mais raramente detetados (e.g. Quadro 5.3 para os dados de 2020). Mesmo sendo estes dois elementos os mais solúveis em água é natural que a sua

ausência se deva à elevada pressão de vapor apresentada por estes HAP (cf. Figura 5.10), quando comparados com os restantes, propriedade que lhes confere uma elevada volatilidade.

WHO (2003) referem que os níveis de HAP em águas subterrâneas não contaminadas estão geralmente na faixa de inferior ao limite de quantificação a 0,005 µg/L e que a sua presença resulta da adsorção dos compostos das partículas do ar durante a deposição húmida e posterior recarga. Os mesmos autores referem que, na água potável, os HAP detetados em concentrações mais altas são o fluoranteno, o fenantreno, o pireno e o antraceno, sendo o fluoranteno o único HAP detetado de forma significativa. Esta informação está em sintonia com o observado nos últimos anos para as águas para consumo humano nos furos analisados.

Properties of the 16 US-EPA PAHs					
	Number of rings	Molecular weight	Aqueous solubility (mg/l)	Vapor press. (Pa)	Log K_{ow}
Naphthalene	2	128	31	1.0×10^2	3.37
Acenaphthylene	3	152	16	9.0×10^{-1}	4.00
Acenaphthene	3	154	3.8	3.0×10^{-1}	3.92
Fluorene	3	166	1.9	9.0×10^{-2}	4.18
Phenanthrene	3	178	1.1	2.0×10^{-2}	4.57
Anthracene	3	178	0.045	1.0×10^{-3}	4.54
Pyrene	4	202	0.13	6.0×10^{-4}	5.18
Fluoranthene	4	202	0.26	1.2×10^{-3}	5.22
Benzo[<i>a</i>]anthracene	4	228	0.011	2.8×10^{-5}	5.91
Chrysene	4	228	0.006	5.7×10^{-7}	5.91
Benzo[<i>b</i>]fluoranthene	5	252	0.0015	-	5.80
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	5	252	0.0008	5.2×10^{-8}	6.00
Benzo[<i>a</i>]pyrene	5	252	0.0038	7.0×10^{-7}	5.91
Dibenzo[<i>a,b</i>]anthracene	6	278	0.0006	3.7×10^{-10}	6.75
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	6	276	0.00019	-	6.50
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	6	276	0.00026	1.4×10^{-8}	6.50

Figura 5.10 – Principais propriedades de 16 HAP (segundo Mackay *et al.*, 1992)

Mantém-se a observação feita em relatórios anteriores de que a amostragem contínua deverá ser mantida 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.

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 em 2020, igualmente inseridas no apoio prestado pelo LNEC ao MDN:

- A 18 de junho realizou-se, no MDN e por videoconferência, a 59.^a reunião da Comissão Técnica onde foram apresentados e analisados os conteúdos bem como discutidas as novas ações a desenvolver de acordo com a informação dos Relatórios 452/2019 e 462/2019 do LNEC, relativos aos resultados da monitorização das águas subterrâneas em 2019 nos dez locais em aberto (3001, 3003, 5001, 5002, 5003, 5008, 5009, 5010, 5013 e 5014) e do Medical Report (cf. secção 3 |). Esta reunião foi precedida de uma reunião preparatória realizada na véspera no MDN e por videoconferência.
- A 13 de julho realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos dos USA e de Portugal com a presença de elementos do MDN, Governo Regional dos Açores (GRA), ERSARA, Universidade dos Açores e LNEC. Foram apresentados pelo LNEC os principais aspetos que, na sua perspetiva, podem influenciar a situação ambiental bem como as abordagens mais adequadas para a reabilitação das áreas contaminadas, nomeadamente em relação (1) ao modelo hidrogeológico conceptual; (2) à situação de contaminação; (3) às possibilidades de reabilitação e (4) à monitorização de longo prazo da qualidade das águas subterrâneas.
- A 24 de setembro realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos dos USA e de Portugal com a presença de elementos do MDN, ERSARA e LNEC. Foi apresentado pelos USA uma visão geral do esforço colaborativo necessário para determinar o escoamento de águas subterrâneas no aquífero basal. Foram apresentados, a esse respeito, as incoerências entre os estudos e a necessidade de efetuar uma análise precisa da cota da boca dos furos e uma análise simultânea dos níveis piezométricos. Combinou-se passar a haver reuniões mensais de peritos dos dois países, tendo ficado definido que o dia seria a primeira quinta-feira de cada mês.
- A 5 de novembro 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: (1) a síntese do trabalho desenvolvido pelo LNEC em outubro de 2020 (i.e. campanhas realizadas); (2) os resultados da determinação do fluxo de água subterrânea no aquífero basal, decorrentes de medições conjuntas entre o LNEC e USA e (3) uma síntese das ações futuras necessárias.
- A 19 de novembro realizou-se, por videoconferência, a 60.^a reunião da Comissão Técnica onde foram apresentados pelo LNEC uma síntese dos aspetos analisados nas diversas reuniões de peritos, bem como os trabalhos desenvolvidos pelo LNEC durante o ano 2020 relativos a: (1)

aconselhamento sobre o programa de monitorização do abastecimento de água; (2) aconselhamento sobre materiais para sistemas de abastecimento de água e identificação de pontos críticos; (3) nivelamento geométrico da boca dos furos e reanálise do escoamento das águas subterrâneas no aquífero basal; (4) extração de água no poço 3001-MW30 e análise dos resultados da qualidade da água; (5) levantamento geofísico e posterior caracterização do solo nas proximidades do Site 5001 e (6) monitorização da qualidade das águas subterrâneas. 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.

7 | Síntese, conclusões e recomendações

Em 2020, 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 campanha de monitorização da qualidade das águas subterrâneas desenvolvida pelo LNEC em junho e em outubro 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:

- Realizou-se a monitorização e amostragem de águas subterrâneas para análise química em 2020, em oito piezómetros e a três profundidades diferentes, tendo sido analisados os resultados obtidos para 112 parâmetros químicos diferentes.
- BTEX: não foi registada a sua presença nas águas subterrâneas das campanhas 2020, ao contrário do que havia sucedido nalgumas campanhas anteriores. Nos últimos cinco anos apenas houve uma situação em que a concentração em BTEX esteve acima da norma e que ocorreu para o tolueno, no piezómetro S6A, em setembro de 2017.
- COV: registou-se a presença de tert-butil álcool em junho de 2020 no piezómetro S6A (dentro Site 3001) e de PCE em outubro de 2020 no piezómetro FP6A. O tert-butil álcool não tem norma definida e o PCE esteve abaixo da norma.
- HAP: observou-se a presença de diversos HAP nos piezómetros FP3A, MW01 e MW05, com diversos parâmetros com valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA, embora apenas benzo(a)pireno acima das normas do Canadá.
- HTP: observaram-se concentrações com algumas oscilações entre campanhas anteriores. No caso do piezómetro 3001-MW05 (dentro Site 3001) os valores excederam a norma do Canadá em junho e estiveram abaixo do limite de quantificação em outubro (o último registo com valores acima daquela norma havia sido em maio de 2016). No S6A parece estar a ocorrer uma subida da concentração em HTP nas suas águas.
- Embora os resultados obtidos em 2020 não apresentem evidências de maior degradação da qualidade das águas subterrâneas a jusante do Site 3001, há alguns sinais de maior degradação dentro do Site 3001 (cf. Piezómetro S6A), o que, juntamente com o reaparecimento de uma assinalável espessura 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.

- Face a estes resultados, mantêm-se as recomendações apresentadas no relatório anterior (já tendo, entretanto, sido feita a purga do furo 3001-MW30 através da contratação feita pelo MDN a uma firma dos Açores), 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 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 2020, em dois piezómetros e a três profundidades diferentes, tendo sido analisados os resultados obtidos para 112 parâmetros químicos diferentes.
- BTEX: observou-se a presença de tolueno, no piezómetro S5B, em concentrações acima do limiar estabelecido pela APA embora abaixo da norma do Canadá. Os restantes resultados obtidos nesta campanha são equivalentes aos das campanhas nos últimos dois anos onde não se tinham registado outros BTEX.
- COV: o único composto com concentrações acima dos limites de quantificação foi o PCE, em ambos os piezómetros e na campanha de outubro. É rara a presença de COV nestes piezómetros e importa analisar se esta situação de repete em futuras campanhas.
- HAP: observaram concentrações em diversos HAP no S5B, em outubro. Nas últimas campanhas estes valores têm-se apresentado muito baixos ou inexistentes.
- HTP: as concentrações estiveram acima da norma estabelecida pelo Canadá para o S5B, em junho.
- 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 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 do mesmo.

- 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, junho e outubro.
- Analisaram-se os resultados das análises químicas de amostras passivas em seis furos de captação, recolhidas durante os meses de abril/maio e setembro/outubro.
- 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.
- O balanço da qualidade da água na origem nos últimos 10 anos mostra haver uma estabilidade na qualidade da água, 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. Este facto mostra estar a haver uma exploração sustentável das águas subterrâneas (com extração não superior à recarga).
- 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, dezembro de 2020

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 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 Envolverte 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 Envolverte 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 Envolverte 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 Envolverte 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 Envolverte 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 Envolverte 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.; 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., 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 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	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			
Merúrio - 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-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	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-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	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-Dicloroetano	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 2020

Junho de 2020

Ref.	Amostrador	Parâmetro	Data	Prof. Colheita (m)	NA (m)	Prof. (m)	T (°C)	pH	CE (uS/cm 25°C)	Eh (mv)	O2 (mg/l)	Hboca (m)	
3001-MW01R, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	5-5.5	4,97	7,73						0	
3001-MW01R, F		PAHs (1x500ml)		7,5									
3001-MW01R, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml)); Fós(1x125ml);Inor(1x150ml)		7,5			23,3	6,68	556	-60,7	1,12		
3001-MW02, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	2.48-3	2,48	7,8						-0,055	
3001-MW02, F		PAHs (1x500ml)		7.8-7.50									
3001-MW02, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml)); Fós(1x125ml);Inor(1x150ml)		6			20,7	6,47	602	120,3	3,18		
3001-MW05, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	23/06/2020	1.88-2.10	1,88	5,9							
3001-MW05, F		PAHs (1x500ml)		5,9									
3001-MW05, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml)); Fós(1x125ml);Inor(1x150ml)		4			19,7	6,63	939	-125	1,63	-0,05	
S6A, S	Amostrador manual	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	7-8	6,8	11						0	
S6A, F		PAHs (1x500ml)		11									
S6A, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml)); Fós(1x125ml);Inor(1x150ml)		9			21	6,53	703	-66,8	2,18		
S6B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)		3.67-4.5	3,67	8,64						-0,075	Água com sedimentos acastanhados
S6B, F		PAHs (1x500ml)		8,64									
S6B, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml)); Fós(1x125ml);Inor(1x150ml)		6			21,4	6,45	604	57,8	2,28		
FP3A, S	Amostrador manual	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	23/06/2020	15	12,78	16,06						0,18	A boca original foi cortada
FP3A, F		PAHs (1x500ml)		15									
FP3A, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml)); Fós(1x125ml);Inor(1x150ml)		15			20,6	6,32	447	30,03	6,01		
FP6A, S	Amostrador	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	16	15,23	37,31						0,5	
FP6A, F		PAHs (1x500ml)		16									
FP6A, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml)); Fós(1x125ml);Inor(1x150ml)		16			20	6,86	394,6	-33,6	2,55		
FP6B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	2.65-3	2,65	6,02						0,5	
FP6B, F		PAHs (1x500ml)		6,02									
FP6B, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml)); Fós(1x125ml);Inor(1x150ml)		3,5			20,9	7,09	907	-68	1,47		
FB5, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	1,4	1,4	9,5						0,5	
FB5, F		PAHs (1x500ml)		9,5									
FB5, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml)); Fós(1x125ml);Inor(1x150ml)		6,5			20,7	6,63	1498	134	3,78		
SSB, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	23/06/2020	0.9-2	0,9	5,3						-0,08	Boca destruída e parcialmente obstruído
SSB, F		PAHs (1x500ml)		4,7									
SSB, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml)); Fós(1x125ml);Inor(1x150ml)		3			21,1	6,97	700	-183	2,28		
Duplicado (ERSARA)-M88; FB5			22-06-2020										
Branco de Campo (ERSARA)-M90; 3001-MW05			23-06-2020										

Outubro de 2020

Desig.	Data	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)	Alt. Boca (m)	OBS
			VOC(3viatsx20ml); TPH(1L); Fenóis(100 ml)	PAHs (1x500ml)	Metais(1x250ml+Hg (1shotx50ml); Fós(1x125ml); Inor(1x150 ml)									
3001-MW01R	12/10/2020	Bomba peristáltica de baixo fluxo	5.56-7	7,5	7,5	5,56	7,73	21,2	532	7,14	-123,7	2,25	0	Aquifero superficial
3001-MW02	12/10/2020	Bomba peristáltica de baixo fluxo	3.12-3.3	7.8-7.50	6	3,12	7,8	20,8	526	6,96	152	2,04	-0,055	Aquifero superficial
3001-MW05	12/10/2020	Bomba peristáltica de baixo fluxo	2-2.20	5,9	4	1,92	5,9	19,8	906	6,99	-139,7	1,41	0	Aquifero superficial
S6A	12/10/2020	Amostrador baller	8,20	11	9	8,08	11	20	611	7,4	136,6	2,26	0	Aquifero superficial
S6B	12/10/2020	Bomba peristáltica de baixo fluxo	4.02-5	8,5	6	4,02	8,64	20,6	713	6,88	-178,1	1,62	-0,075	Aquifero superficial
FP3A	12/10/2020	Amostrador baller	15	15	15	14,9	16,06	19,7	415,8	6,51	160,5	3,18	0,18	Aquifero superficial; A boca foi cortada passou de 0.5 m de altura para 0.18 m
FP6A	12/10/2020	Amostrador baller	16	16	16	15,85	37,31	18,7	376,5	7,12	53,2	2,1	0,5	Aquifero intermédio
FP6B	12/10/2020	Bomba peristáltica de baixo fluxo	3,5	6	4	3,09	6,02	19,7	876	6,98	19,2	1,22	0,5	Aquifero superficial
FBS	13/10/2020	Bomba peristáltica de baixo fluxo	1,47	6	6,5	1,47	9,5	20	1509	7,25	107,3	3,23	0,5	Aquifero basal
S5B	13/10/2020	Bomba peristáltica de baixo fluxo	1.09.9-2	2	2	1,09	5,3	20,1	899	7,06	-134,6	3,02	-0,08	Aquifero basal; O tubo ficou retido aos 2 m de profundidade
Duplicado (ERSARA)-M88; 3001-MW05	12/10/2020													
Branco de Campo (ERSARA)-M90; 3001-MW05	12/10/2020													Não se observaram aviões a aterrar, chuva fraca durante a amostragem



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