



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

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 2019**

Ministério da Defesa Nacional

Lisboa • dezembro de 2019

I&D CONSELHO DIRETIVO

RELATÓRIO 452/2019 – CD

Título

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 2019

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Teresa E. Leitão

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

CONSELHO DIRETIVO

Maria de Lurdes Antunes

Investigadora-Coordenadora, Conselho Diretivo

Colaboração

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Maria José Henriques

Técnica Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Tiago N. Martins

Bolseiro de Doutoramento

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

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 452/2019

Proc. 0102/121/22166

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 2019

Resumo

O LNEC encontra-se a apoiar o Ministério da Defesa Nacional (MDN) num conjunto de questões técnico-ambientais relacionadas com a presença, nos últimos 60 anos, do contingente da Força Aérea Americana (USAFE) na Base das Lajes, ilha Terceira.

Na sequência das conclusões e recomendações de estudos anteriormente realizados neste contexto, foi efetuada, em outubro de 2019, uma campanha de monitorização e amostragem de águas subterrâneas em locais onde foi identificada a necessidade de acompanhamento complementar da evolução da sua qualidade.

Neste relatório apresenta-se uma análise dos resultados da referida campanha de monitorização de águas subterrâneas, comparam-se os resultados com os das campanhas efetuadas em outubro de 2018 e em fevereiro de 2019, terminando com um conjunto de conclusões e de recomendações sobre os locais analisados.

Palavras-chave: Base das Lajes / Análise do estado / Águas subterrâneas / Recomendações

COMPLEMENTARY STUDIES CONCERNING ENVIRONMENTAL REHABILITATION RELATED TO THE USE OF LAJES BASE BY THE USA

Analysis of the groundwater monitoring results from 2019

Abstract

LNEC is providing technical support to the Ministry of National Defense of Portugal (MDN) in the assessment of environmental issues arising from the presence of the United States Air Force (USAFE) at Lajes Air Base, in Terceira Island, Azores.

Following the findings and recommendations of previous studies, a groundwater monitoring and sampling campaign was conducted in October 2019 in the areas identified as requiring further monitoring of the groundwater quality evolution.

This report presents an analysis of the results of this groundwater monitoring campaign, compares the results obtained with those of the campaigns carried out in October 2018 and February 2019, and ends with a set of conclusions and recommendations on the analyzed sites.

Keywords: Lajes Base / State analysis / Groundwater / Recommendations

Página intencionalmente deixada em branco

Índice

1	Introdução	1
2	Campanha realizada, procedimentos de amostragem e métodos de avaliação utilizados	4
3	Locais analisados	6
3.1	Site 3001: Main Gate	6
3.1.1	Contexto histórico	6
3.1.2	Plano de monitorização	7
3.1.3	Resultados obtidos	8
3.1.4	Conclusões e recomendações	14
3.2	Site 3003: Main Power Plant.....	15
3.2.1	Contexto histórico	15
3.2.2	Plano de monitorização	16
3.2.3	Resultados obtidos	16
3.2.4	Conclusões e recomendações	20
3.3	Site 5001: South Tank Farm	21
3.3.1	Contexto histórico	21
3.3.2	Plano de monitorização	23
3.3.3	Resultados obtidos	23
3.3.4	Conclusões e recomendações	35
3.4	Site 5002: Cinder Pit Fuel Tanks	36
3.4.1	Contexto histórico	36
3.4.2	Plano de monitorização	37
3.4.3	Resultados obtidos	37
3.4.4	Conclusões e recomendações	41
3.5	Site 5003: North Storm Sewer Drainage Outfall	42
3.5.1	Contexto histórico	42
3.5.2	Resultados obtidos	42
3.5.3	Conclusões e recomendações	45
3.6	Site 5008: Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ	45
3.6.1	Contexto histórico	45
3.6.2	Plano de monitorização	47
3.6.3	Resultados obtidos	47
3.6.4	Conclusões e recomendações	51
3.7	Site 5010: Medium Port Command.....	51
3.7.1	Contexto histórico	51
3.7.2	Plano de monitorização	52
3.7.3	Resultados obtidos	53
3.7.4	Conclusões e recomendações	58
3.8	Site 5013: Military Highway Spill.....	59
3.8.1	Contexto histórico	59
3.8.2	Plano de monitorização	60
3.8.3	Resultados obtidos	60
3.8.4	Conclusões e recomendações	63
3.9	Site 5014: Former Running Track.....	63
3.9.1	Contexto histórico	63
3.9.2	Plano de monitorização	64

3.9.3	Resultados obtidos	65
3.9.4	Conclusões e recomendações	71
4	Conclusões e recomendações	73
	Referências bibliográficas	78
	ANEXO Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados	81

Índice de figuras

Figura 1.1 – Mapa dos Sites em análise em 2019.....	3
Figura 3.1 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas do Site 3001	6
Figura 3.2 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente	12
Figura 3.3 – Concentração em BTEX nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente	12
Figura 3.4 – Concentração em COV nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente	13
Figura 3.5 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente	13
Figura 3.6 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 3003	15
Figura 3.7 – Concentração em BTEX nos piezómetros do Site 3003, outubro de 2018	19
Figura 3.8 – Concentração em COV nos piezómetros do Site 3003, outubro de 2018.....	20
Figura 3.9 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5001	22
Figura 3.10 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 5001	27
Figura 3.11 – Concentração em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5001	28
Figura 3.12 – Concentração em BTEX e COV nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001	29
Figura 3.13 – Concentração em COV nas águas subterrâneas do Site 5001	29
Figura 3.14 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5001	30
Figura 3.15 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001	31
Figura 3.16 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5002	36
Figura 3.17 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5003	42
Figura 3.18 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5008	46
Figura 3.19 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5010	52
Figura 3.20 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5010, em outubro de 2019.....	57
Figura 3.21 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5010, em três campanhas.....	58
Figura 3.22 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5013	60
Figura 3.23 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5014	64
Figura 3.24 – Concentrações em HTP nas águas subterrâneas do Site 5014.....	69
Figura 3.25 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5014	70
Figura 3.26 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5014	71

Índice de quadros

Quadro 3.1 – Principais características dos piezómetros e do furo amostrados no Site 3001 e jusante 8	8
Quadro 3.2 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros e furo do Site 3001 e áreas a jusante, outubro de 2019	9
Quadro 3.3 – Principais características dos piezómetros amostrados no Site 3003	16
Quadro 3.4 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 3003, outubro de 2019.....	17
Quadro 3.5 – Principais características dos pontos de água amostrados no Site 5001	23
Quadro 3.6 – Resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas no Site 5001, em outubro de 2019.....	25
Quadro 3.7 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no Paul, a sul do Site 5001	33
Quadro 3.8 – Principais características do piezómetro do Site 5002	37
Quadro 3.9 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no piezómetro 5002-MW03, Site 5002	39
Quadro 3.10 – Resultados das análises químicas de amostras de água de escorrência recolhidas no Site 5003	43
Quadro 3.11 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no furo do Site 5008	49
Quadro 3.12 – Principais características dos piezómetros do Site 5010.....	53
Quadro 3.13 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 5010, em outubro de 2019.....	55
Quadro 3.14 – Principais características dos piezómetros do Site 5013.....	60
Quadro 3.15 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5013	61
Quadro 3.16 – Principais características dos piezómetros e do poço do Site 5014.....	65
Quadro 3.17 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5014, em outubro de 2019.....	67
Quadro 4.1 – Síntese dos parâmetros acima das normas para os Sites monitorizados em outubro de 2019	73
Quadro 4.2 – Resumo das principais conclusões e recomendações relativamente aos locais analisados	75

Agradecimentos

Agradece-se aos Drs. Maria José Henriques e Tiago Martins o trabalho de preparação e de realização da campanha de monitorização. À Dr.^a Maria José Henriques agradece-se, ainda, a cuidada revisão do relatório.

Ao Comando Português da Zona Aérea dos Açores agradece-se todo o apoio dado na preparação e realização da campanha de monitorização, na pessoa do Sr. Tenente-Coronel Paulo Roda, bem como o apoio das Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, através do Eng. Vítor Berbereia.

Glossário

65 ABG – Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, 65th Air Base Group da USAFE ou Força Aérea Americana

AHC – Hidrocarbonetos aromáticos (*Aromatic Hydrocarbon Compounds*)

AST – Reservatório de armazenamento superficial (*Aboveground Storage Tank*)

BTEX – Benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno

CHC – Hidrocarbonetos clorados (*Chlorinated hydrocarbons*)

CHHSL – Níveis Aceitáveis para a Saúde Humana na Califórnia

COV (ou VOC) – Composto Orgânico Volátil

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 (ou PAH) – Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

HTP (ou TPH) – Hidrocarbonetos totais do petróleo

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

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LREC – Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores

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

OWS – Separadores óleo - água (*Oil Water Separator*)

PCB – Bifenilos policlorados

UST – Reservatório de armazenamento subterrâneo (*Underground Storage Tank*)

1 | Introdução

Desde 2015 que o LNEC está a apoiar o Ministério da Defesa Nacional (MDN) nas questões de carácter técnico-ambiental relacionadas com a utilização da Base das Lajes, na ilha Terceira, por parte do contingente da Força Aérea Americana (USAFE). As principais questões ambientais em análise decorrem da contaminação de solos e de águas subterrâneas resultantes do armazenamento e do manuseamento de combustíveis e outras substâncias poluentes, inerentes à operação de atividades passadas da USAFE.

O conjunto de trabalhos realizados pelo LNEC teve a seguinte sequência:

- Em 2015 fez-se um ponto de situação dos estudos existentes à data (quer promovidos pela USAFE, quer pela ERSARA, estes últimos realizados pelo LNEC), com base nos quais se propôs uma metodologia de atuação para apoiar o MDN (Rel. LNEC 140/2015, cf. Leitão e Antunes, 2015).
- Em 2016 fez-se uma análise da situação existente em 41 Sites, dos quais 38 tinham sido identificados como contaminados ou potencialmente contaminados num estudo promovido pela USAFE (CH2MHILL, 2004). A informação analisada compreendeu, para além dos resultados desse estudo, os relatórios de estudos subseqüentes, incluindo relatórios de encerramento, bem como ações de remediação e de monitorização da qualidade das águas subterrâneas. Nesse estudo foram identificados, e devidamente justificados, 23 Sites para os quais o LNEC considerou não haver recomendações adicionais e 18 Sites para os quais o LNEC recomendou a realização de ações adicionais de caracterização ou de reabilitação (Rel. LNEC 375/2016, cf. Antunes, Leitão e Jeremias, 2016). Neste último grupo encontravam-se os dois *pipelines* entretanto inertizados.
- Em 2018, na sequência da concretização de algumas ações de reabilitação entretanto efetivadas pela USAFE, o LNEC apresentou uma reapreciação de mais seis Sites para os quais considerou não haver recomendações adicionais (Rel. LNEC 424/2018, cf. Antunes e Leitão, 2018).
- Em 2019, os restantes 10 Sites que o LNEC considerou necessitarem de caracterização adicional foram alvo de estudos realizados pelo LNEC, em colaboração com o Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores (LREC). Em resultado dessa análise foram recomendadas novas ações de monitorização e de reabilitação (Rel. LNEC 145/2019, cf. Leitão, Mota e Antunes, 2019).
- Em 2017 e em 2019 foram, ainda, apreciados os relatórios de estudos promovidos pela USAFE "Perform remedial action: installation of monitoring wells and groundwater monitoring at Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal Semi-Annual Monitoring Report. November 2017" (Rel. LNEC 452/2017, cf. Leitão e Antunes, 2017) e "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" (Rel. LNEC 397/2019, cf. Leitão e Antunes, 2019), cujos resultados não alteram a situação relativa aos Sites analisados.

Este relatório surge no seguimento dos trabalhos anteriormente referidos e é relativo à monitorização dos 10 Sites "em aberto" realizada em outubro de 2019. Os Sites foram divididos em dois grupos:

- Locais que poderão ser "encerrados" após a realização de "pequenas" ações de reabilitação (remoção de solos superficiais contaminados e / ou impermeabilização de superfícies), os Sites 3003, 5003, 5008, 5010 e 5013, caso os resultados da monitorização das águas subterrâneas confirmem que não há uma deterioração da qualidade da água em quatro campanhas semestrais posteriores a essas ações. Caso haja degradação da qualidade, a situação deverá ser reavaliada.
- Locais onde são necessários estudos adicionais e / ou medidas de reabilitação adicionais: Sites 3001, 5001, 5002 (Zonas 1 e 2), 5009 e 5014.

Neste relatório apresentam-se os resultados da monitorização de águas subterrâneas obtidos para nove Sites analisados (excluiu-se o Site 5009 – Cume da Tacan, ainda em aberto, pois não tem piezómetros e o nível de águas subterrâneas é muito profundo) (cf. Figura 1.1):

- Site 3001: Main Gate;
- Site 3003: Main Power Plant;
- Site 5001: South Tank Farm;
- Site 5002: Cinder Pit Fuel Tanks;
- Site 5003: North Storm Sewer Drainage Outfall;
- Site 5008: Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ;
- Site 5010: Medium Port Command;
- Site 5013: Military Highway Spill;
- Site 5014: Former Running Track.

Esta monitorização visa apresentar uma perspetiva histórica da evolução da qualidade da água e da sua oscilação nos períodos húmido e seco.

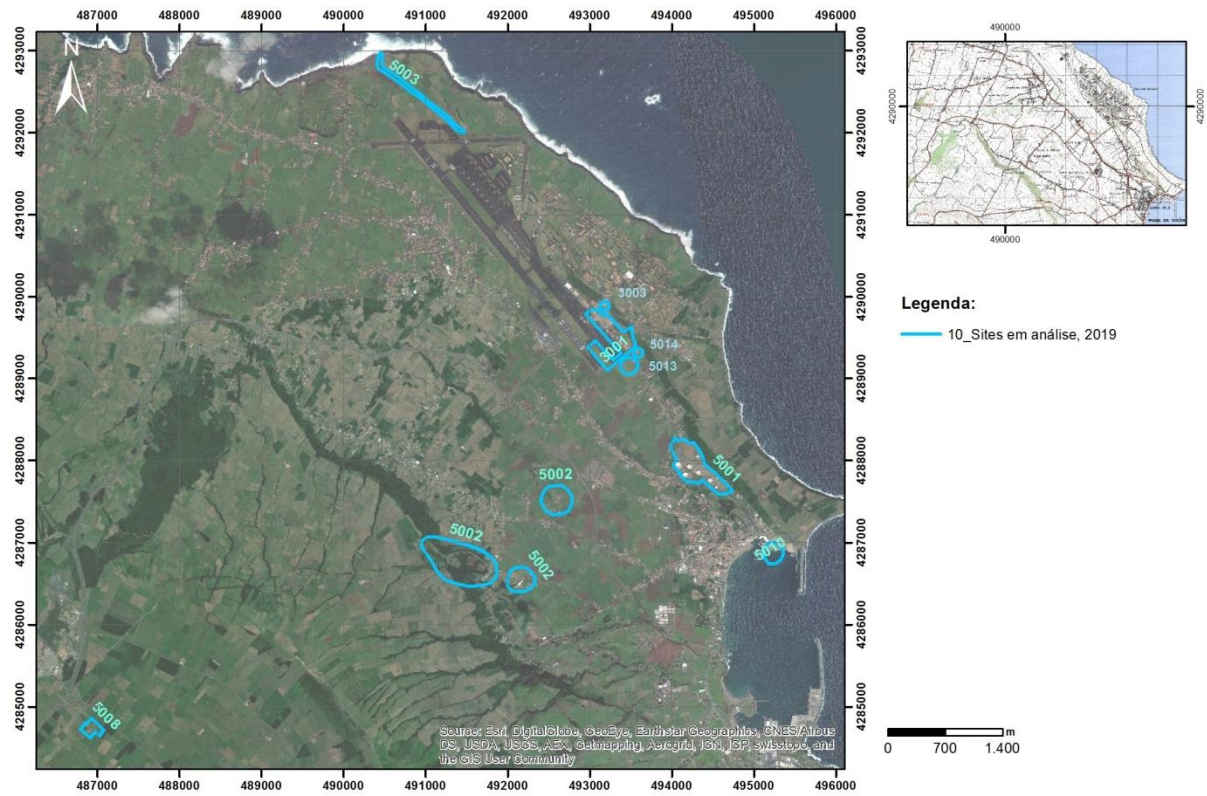


Figura 1.1 – Mapa dos Sites em análise em 2019

2 | Campanha realizada, procedimentos de amostragem e métodos de avaliação utilizados

A campanha de amostragem de águas subterrâneas em análise decorreu entre 2 e 8 de outubro de 2019 e é relativa ao período após o verão.

Os procedimentos de amostragem de águas subterrâneas mantiveram-se idênticos aos das campanhas anteriores e incluíram a recolha de três tipos de amostras de água em cada ponto de amostragem, procurando obter o pior cenário de concentração de contaminantes. Assim, (1) a amostra para análise dos hidrocarbonetos menos densos do que a água (que, quando estão presentes em quantidade, formam *Light Non-Aqueous Phase Liquids*, LNAPL, i.e. HTP, BTEX e COV) foi recolhida junto ao contacto do nível piezométrico; (2) a amostra para analisar os hidrocarbonetos mais densos do que a água (que, quando estão presentes em quantidade, formam *Dense Non-Aqueous Phase Liquid*, DNAPL, i.e. HAP) foi recolhida junto à base do piezómetro e (3) a amostra para analisar os restantes parâmetros foi recolhida no final das amostragens anteriores, após a purga da água no piezómetro confirmada pela estabilização dos valores de temperatura, pH e condutividade elétrica na água extraída.

Foram efetuadas amostras completas de duplicados e de brancos de campo que confirmaram a fiabilidade dos resultados obtidos. A amostra duplicada foi realizada no piezómetro 3001-MW05R tendo apresentado resultados idênticos. O branco de campo foi realizado no mesmo local e apresentou valores acima do limite de quantificação para o etilbenzeno (0,1 µg/L), tolueno (0,07 µg/L), clorofórmio (0,1 µg/L), diclorometano (1 µg/L) e naftaleno (0,013 µg/L) denotando potencial contaminação atmosférica das amostras neste local durante a amostragem. Contudo, o único destes parâmetros com valores acima do limite de quantificação na amostra 3001-MW05R e seu duplicado foi o naftaleno, com 0,1 e 0,083 µg/L, respetivamente.

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 apresenta-se uma síntese das normas utilizadas.

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

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

- LQ - Limiares de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008, e 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).

3 | Locais analisados

3.1 Site 3001: Main Gate

3.1.1 Contexto histórico

O Site 3001 tem cerca de 19 hectares e localiza-se entre a Porta de Armas e o edifício T-715, ao longo da Avenida do Império e, do lado sul e oeste, ao longo da vedação incluindo a área "Apron A" e a antiga área de "5 Hydrants" (Figura 3.1).

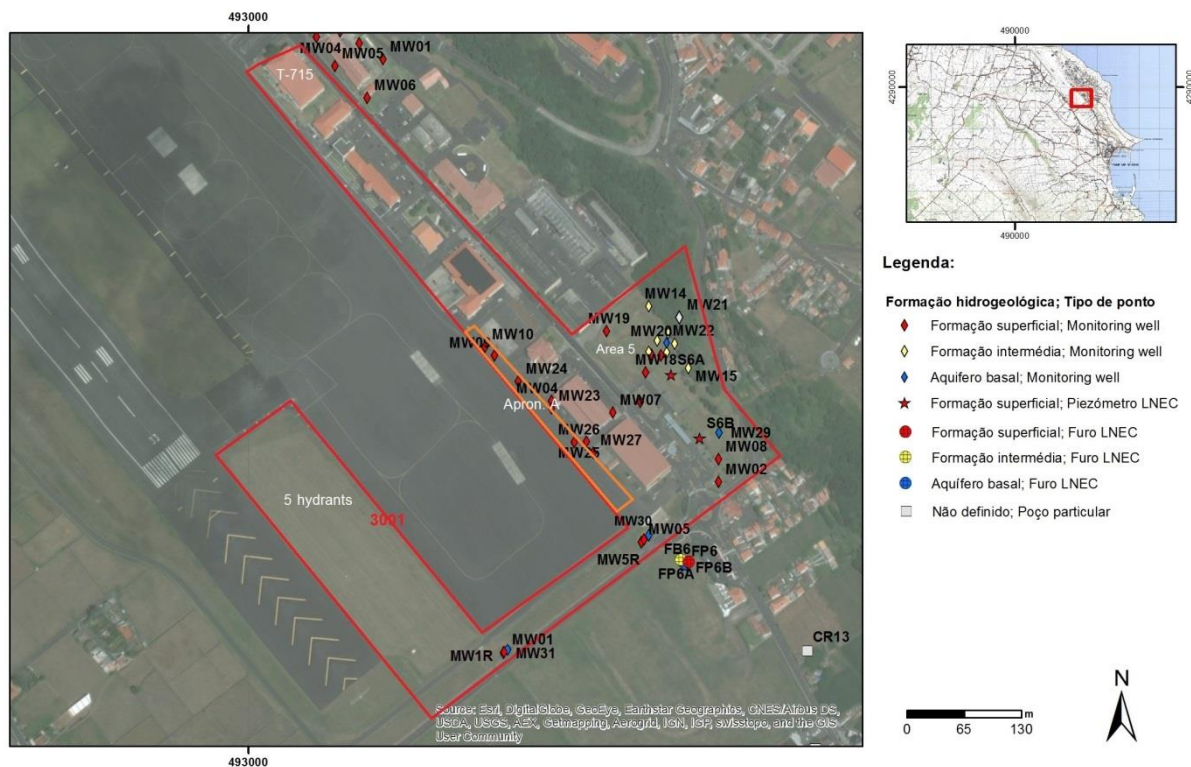


Figura 3.1 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas do Site 3001

As principais questões ambientais em causa neste Site relacionam-se com a presença de hidrocarbonetos nos solos e nas águas subterrâneas em diversos locais, como resultado de fugas de combustível em depósitos e *pipelines* ao longo de diversos anos. Os principais focos são os depósitos de combustível localizados na Area 5 e na zona Apron A, para além da ligação a diferentes sistemas de *pipelines* vindos da *South Tank Farm* (Site 5001) e dos antigos tanques da Cova das Cinzas (Site 5002) e do Cabrito (Site 5007). Acresce a ligação ao sistema de reabastecimento abandonado dos 5 *Hydrants* (1950s a 1993). Pese embora os *pipelines* antigos estarem desativados e esvaziados (com os últimos trabalhos relativos aos *pipelines* do Cabrito e da Cova das Cinzas terminados em 2016), mantendo-se apenas a ligação à *South Tank Farm*, muitas destas infraestruturas tiveram diversas fugas de combustíveis ao longo dos anos, algumas delas já em 2016, junto aos piezómetros 3001-MW01 e 3001-MW31.

O Site 3001 tem vindo a ser alvo, desde 2012, de um conjunto de ações de reabilitação pela USAFE que se podem sintetizar em três fases: (1) a remoção das fontes de contaminação existentes (*e.g. pipelines*); (2) remoção da contaminação principal, i.e. os hidrocarbonetos que sobrenadam o nível piezométrico ou LNAPL (*Light Non-Aqueous Phase Liquid*) e (3) remoção dos contaminantes presentes nos solos e dissolvidos nas águas subterrâneas.

A primeira fase considera-se concluída, de acordo com as fontes de contaminação que se conhecem. A segunda fase julgava-se terminada, contudo, os recentes trabalhos apreciados em Leitão e Antunes (2019), mostram ter havido um ressurgimento de LNAPL, indicando que a anomalia geofísica de baixa resistividade identificada em Leitão, Mota e Antunes (2019) se deve à ocorrência de hidrocarbonetos. Acresce o aparecimento de hidrocarbonetos no novo piezómetro 3001-MW30, que capta o aquífero basal.

3.1.2 Plano de monitorização

As ações de monitorização, realizadas desde 1995, e de reabilitação, desde 2012, têm vindo a ser acompanhadas pelo LNEC através de diversos protocolos de colaboração com a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) visando a "Análise e o acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória". Através desse trabalho, o LNEC tem vindo a realizar ações de monitorização através da recolha semestral de amostras de água para análises químicas, com pontos dentro e junto ao Site 3001, nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia, complementares à informação recolhida no aquífero basal pela Praiambiente, cujos dados também são analisados pelo LNEC.

Atendendo às alterações reportadas em TETRA TECH, INC. (2019, 2019a e 2019b) decidiu-se incorporar a monitorização do Site 3001 nos trabalhos em curso para o MDN, complementando assim a monitorização que vem sendo feita em oito piezómetros para a ERSARA, incluindo piezómetros e furos que estão a captar as formações hidrogeológicas, superficial e intermédia, e o aquífero basal.

Apresentam-se os resultados da monitorização do Site 3001 feita em outubro de 2019, que incluiu a análise da qualidade das águas subterrâneas em piezómetros localizados dentro do Site e que captam a formação hidrogeológica superficial, bem como do furo FB6 nas proximidades do Site que capta o aquífero basal (Quadro 3.3). Os piezómetros 3001-MW04 e 3001-MW23 não foram amostrados por conterem LNAPL, com uma espessura de 0,31 e 0,81 m, respetivamente.

Quadro 3.1 – Principais características dos piezómetros e do furo amostrados no Site 3001 e jusante

Ponto	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)
3001-MW5R	493448,58	4289285,49	52,83	5,50	1,5	5,5
3001-MW07	493413,46	4289429,29	52,36	11,00	3,0	9,0
3001-MW08	493533,60	4289376,49	53,96	10,00	3,0	8,0
3001-MW18	493450,60	4289475,10	54,71	10,00	4,0	10,0
3001-MW25	493383,70	4289396,80	52,11	9,00	2,0	9,0
3001-MW27	493391,20	4289383,70	52,21	10,00	1,0	10,0
FB6	493495,00	4289258,00	53,56	65,00	56,0	60,0

3.1.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.2 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros e no furo do Site 3001 e áreas a jusante, em outubro de 2019.

Página intencionalmente deixada em branco

Os resultados que se apresentam não incluem os piezómetros 3001-MW04 nem o 3001-MW23 uma vez que ambos apresentavam LNAPL, sendo pontos poluídos por hidrocarbonetos.

Os resultados obtidos para os restantes piezómetros permitem verificar que, apesar de existirem concentrações assinaláveis de HTP e de BTEX, em nenhum piezómetro estes valores ultrapassaram as normas de qualidade (Quadro 3.2, Figura 3.2 e

Figura 3.3). Apesar desta situação ser favorável para os piezómetros dentro do Site 3001, o aparecimento de BTEX no furo FB6, que capta o aquífero basal, constitui uma situação inédita e preocupante. No furo FB6 foi, ainda, registada a presença de dois COV, o cis-1,2-Dicloroetano e o Tricloroetileno (TCE), este último em concentrações acima da norma de qualidade em águas subterrâneas (0,65 µg/L) (cf. Figura 3.4), embora abaixo do Valor Paramétrico da água para consumo humano (DL 152/2017, de 10 µg/L). Estes dois COV já tinham sido observados no FB6 em julho de 2019 (com as concentrações de 0,17 e 0,8 µg/L, respetivamente), contrariamente aos BTEX, numa análise expedita mandada fazer em agosto de 2019 após terem surgido hidrocarbonetos no furo MW30 (novo furo construído pela USAFE no aquífero basal). Estes dois COV também apresentaram concentrações muito superiores às respetivas normas no furo MW30 podendo ser a origem da contaminação observada no FB6. A análise dos resultados obtidos em furos no aquífero basal será aprofundada após o tratamento dos resultados da campanha realizada em outubro de 2019 para a ERSARA.

Os restantes COV encontrados nos piezómetros amostrados estão representados na Figura 3.4. Nenhum deles tem norma de qualidade associada (Quadro 3.2).

Em relação aos HAP existem diversos parâmetros com valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (Quadro 3.2), designadamente no FB6, mas abaixo das restantes normas de outros países (Canadá e Holanda). Na análise anteriormente efetuada no FB6, em agosto de 2019, apenas tinha surgido o fenantreno (0,0022 µg/L) e no MW30 não tinham sido registados HAP.

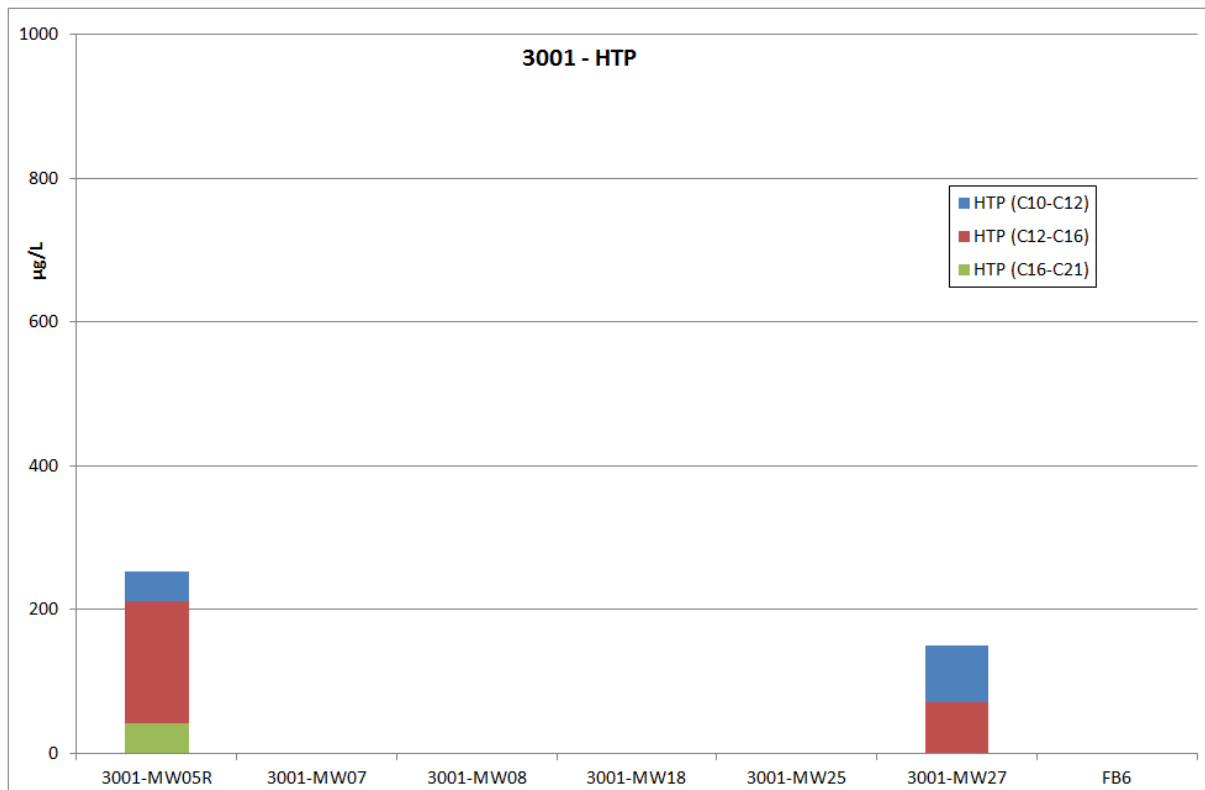


Figura 3.2 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

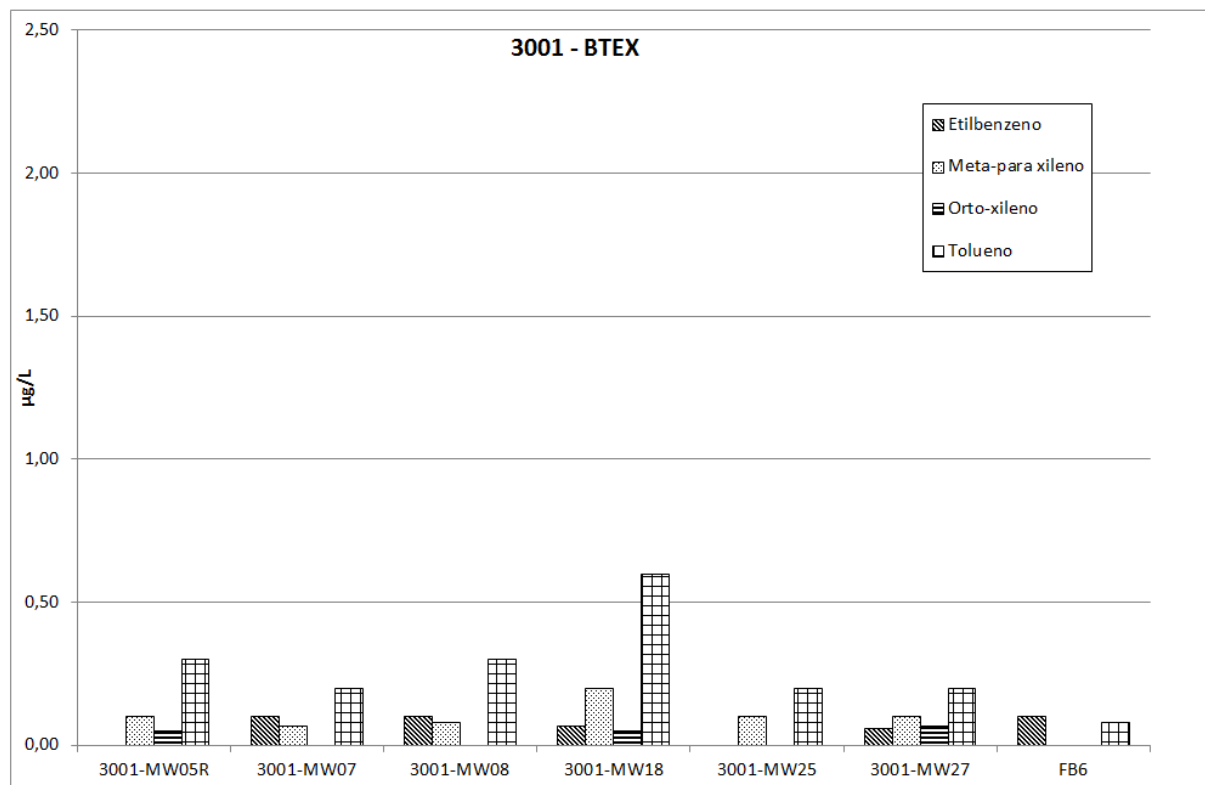


Figura 3.3 – Concentração em BTEX nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

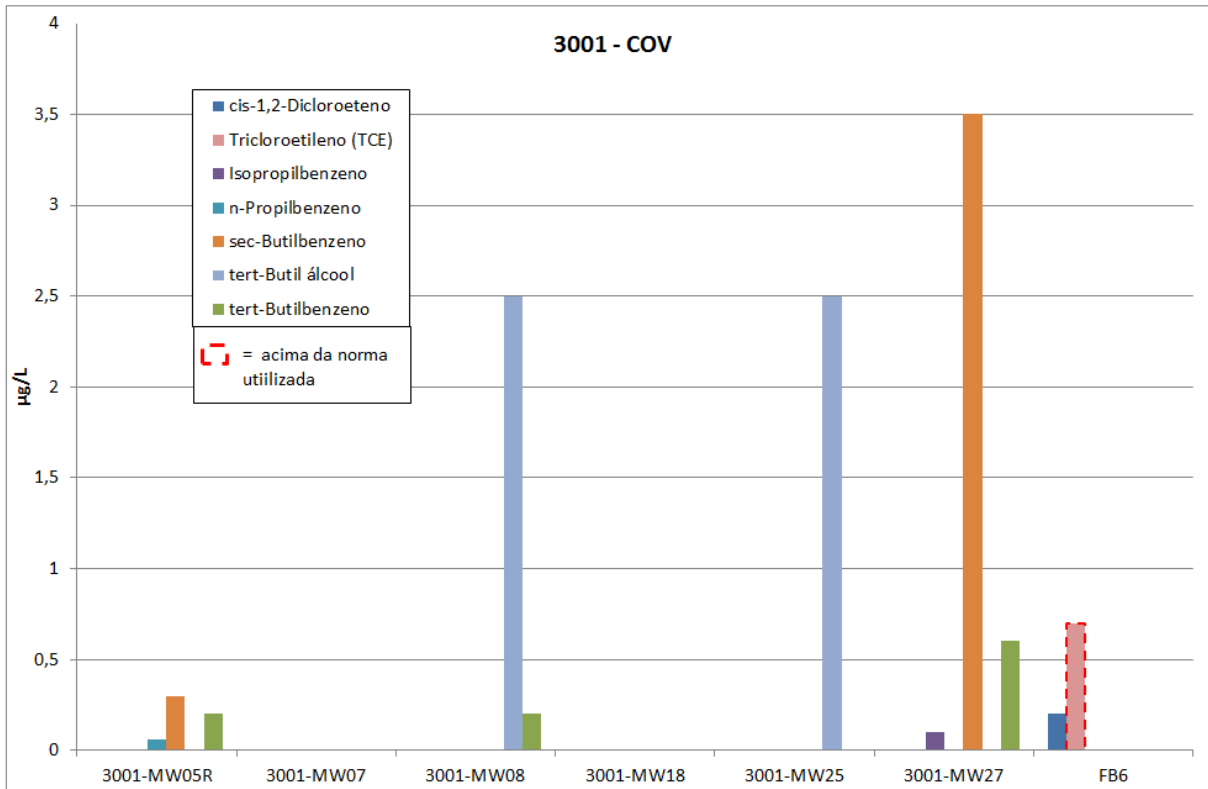


Figura 3.4 – Concentração em COV nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

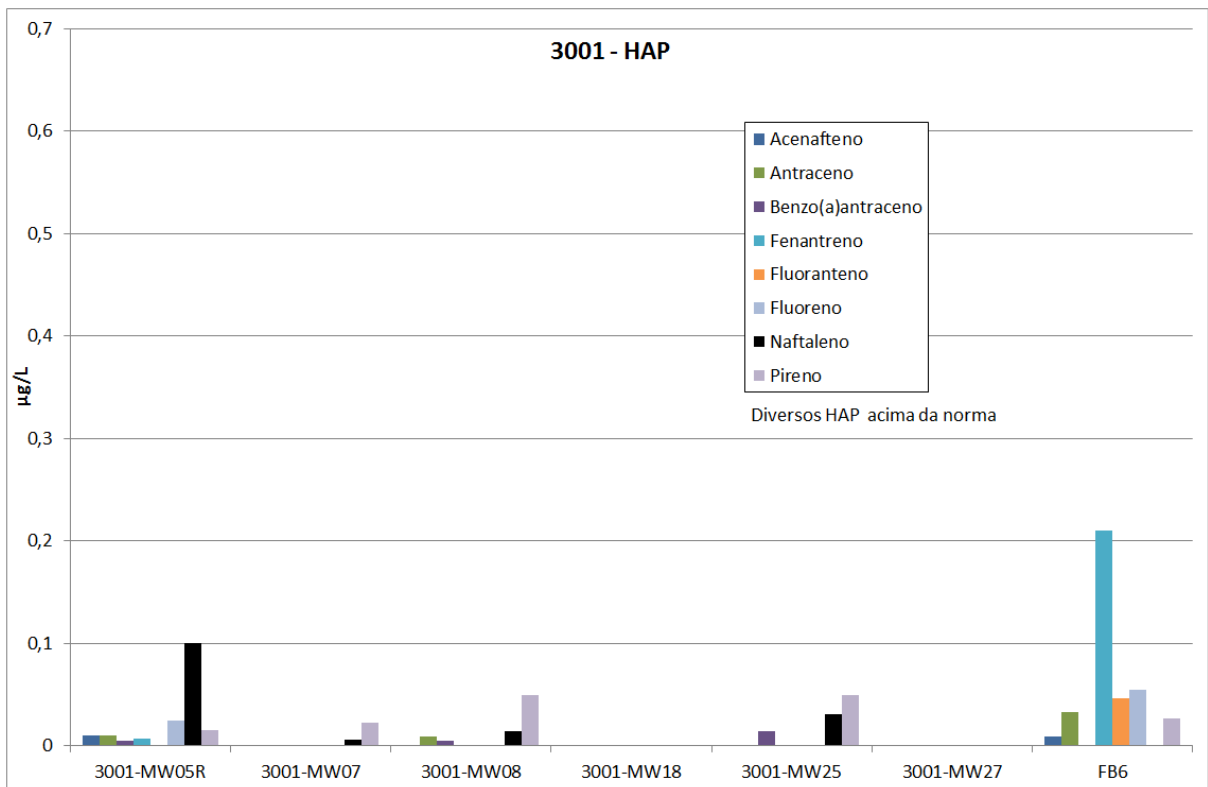


Figura 3.5 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

3.1.4 Conclusões e recomendações

No seguimento da análise 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" (Leitão e Antunes, 2019), onde foram medidos hidrocarbonetos em novos furos instalados no aquífero basal, entendeu-se passar a incluir nas campanhas semestrais para o MDN a monitorização do Site 3001, alargando assim a área que vem sendo monitorizada para a ERSARA desde 2012.

Os resultados obtidos permitem constatar o reaparecimento de LNAPL nos piezómetros 3001-MW04 e 3001-MW23 (0,31 e 0,81 m, respetivamente) ambos a captarem as formações hidrogeológicas superficiais, facto que regista um retrocesso no processo de reabilitação do Site 3001. A presença de LNAPL está em consonância com os resultados obtidos nos perfis geofísicos apresentados em Leitão, Mota e Antunes (2019), que observaram na área a sul e a sudeste da Apron A (cf. Figura 3.1) anomalias geofísicas que se podem associar à presença de hidrocarbonetos.

Nas restantes áreas do Site 3001, os seis piezómetros e um furo amostrados apresentaram concentrações em HTP, BTEX e COV acima dos limites de quantificação mas abaixo das normas utilizadas, com a exceção de um furo que capta água no aquífero basal, FB6 (com TCE acima do limiar de qualidade para águas subterrâneas estabelecido pela APA). Cinco dos sete pontos amostrados, designadamente o furo FB6, apresentaram concentrações de HAP acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA, incluindo os seguintes parâmetros: acenafteno, benzo(a)antraceno, fenantreno, fluoreno e pireno. Contudo estes valores são inferiores às normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda).

Importa retomar a reabilitação deste Site de forma continuada e eficaz para evitar o alastramento de LNAPL e para reabilitar a qualidade dos solos que ainda contêm hidrocarbonetos que vão sendo lixiviados para horizontes inferiores após episódios de precipitação.

Atendendo a que foram encontradas concentrações acima do limite de quantificação no furo FB6 para hidrocarbonetos totais do petróleo, BTEX (etilbenzeno e tolueno), COV (cis-1.2-Dicloroeteno e o Tricloroetileno) e seis hidrocarbonetos aromáticos polinucleares, julga-se prudente minimizar a utilização da água do Juncal 1 para abastecimento público, uma vez que esta captação se localiza a jusante dos furos 3001-MW30 e FB6. Embora nenhum dos parâmetros acima referidos ultrapasse o Valor Paramétrico estabelecido na legislação da água para consumo humano (DL 152/2017), há cinco concentrações (tricloroetileno, acenafteno, fenantreno, fluoreno e pireno) que ultrapassam os Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA em 2009.

3.2 Site 3003: Main Power Plant

3.2.1 Contexto histórico

O Site 3003, representado na Figura 3.6, situa-se na Base das Lajes na interseção da avenida do Império com a rua Salazar. Este local foi classificado como potencialmente contaminado de maior risco no estudo de reconhecimento (DISCO study) realizado em 2004 (CH2MHILL, 2004).

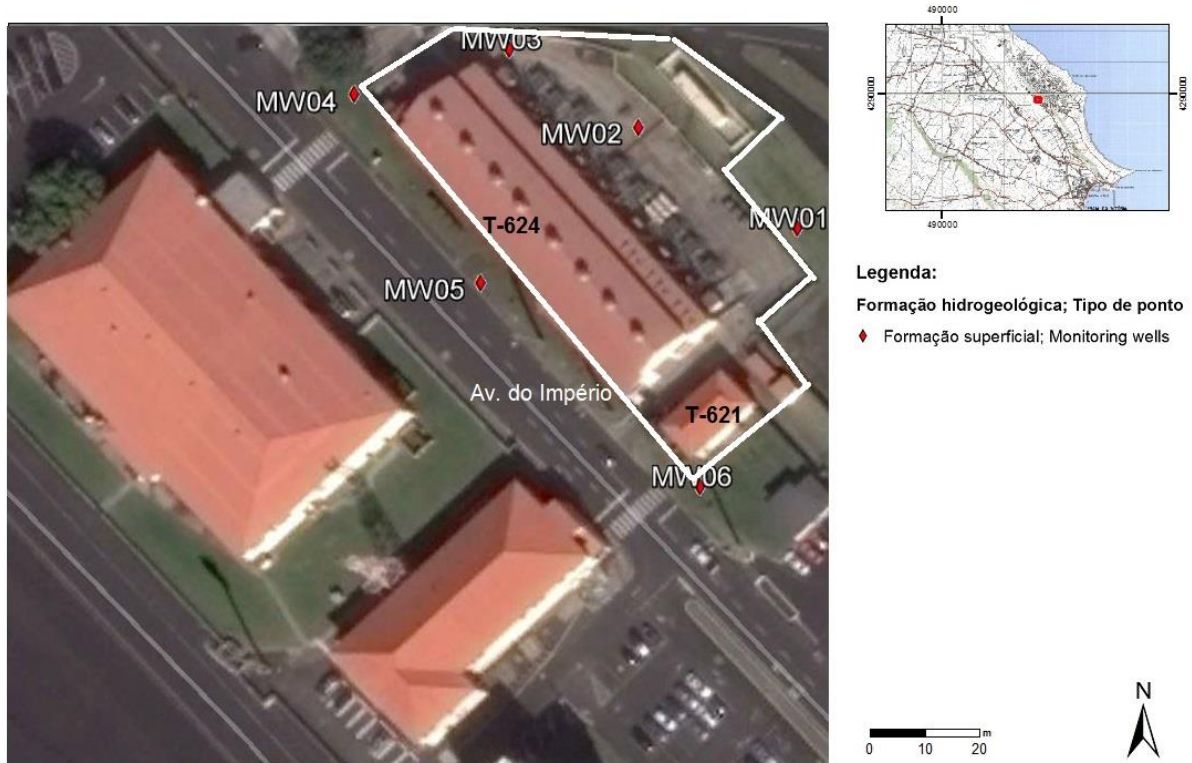


Figura 3.6 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 3003

Os resultados dos estudos de caracterização disponibilizados em AMEC (2010a) evidenciavam que os solos do Site 3003 se encontravam contaminados por HTP, designadamente nas áreas associadas aos locais de implantação dos AST e ao longo das tubagens de ligação, interessando a contaminação até profundidades em regra não superiores a 1 m. Foram, ainda, registadas concentrações elevadas de metais pesados, designadamente de chumbo e zinco, nas sondagens localizadas nas proximidades dos AST e de xilenos nas sondagens realizadas no traçado das tubagens de ligação. Os resultados dos trabalhos realizados em 2011 e 2014 evidenciaram concentrações dos contaminantes com valores inferiores aos limites definidos na legislação holandesa.

Em 2014 foram realizadas análises das águas subterrâneas dos piezómetros instalados no Site 3003 (BHATE, 2014), não tendo sido detetados HTP, BTEX e tendo sido detetados naftaleno (HAP) e outros hidrocarbonetos abaixo dos valores limites do Canadá (Tabela 3 para condições de água não potável).

A análise de risco concluiu que este local não constituía um risco potencial para os grupos recetores públicos, ocupacionais e visitantes através do contato dérmico, inalação e ingestão, devido à cobertura da superfície por pavimentos em betão e à inexistência de captações nas proximidades. No entanto,

esta cobertura apresenta fendas não inibindo totalmente a progressão dos contaminantes em profundidade, podendo a qualidade da água da formação hidrogeológica superficial ser afetada.

Em 2019, o LNEC fez um conjunto de análises à qualidade das águas subterrâneas. À data, observou-se a presença de naftaleno em quase todas as amostras de água (com concentrações abaixo da norma), além da presença esporádica de outros HAP e de COV que, na campanha de fevereiro de 2019, apresentaram concentrações acima da norma utilizada para quatro compostos. Alguns dos COV encontrados já haviam sido reportados nas campanhas anteriores (BHATE, 2014) e apresentam concentrações dentro da mesma ordem de grandeza, mas inferiores. Há outros COV que apenas agora são reportados (e.g. TCE, PCE). No estudo agora efetuado, as concentrações em hidrocarbonetos são superiores na campanha efetuada no período húmido, possivelmente como resultado da lixiviação de contaminantes ainda presentes no solo. Os metais pesados relacionados com a atividade do local (Pb e Zn) apresentam valores inferiores às normas.

Neste relatório apresentam-se os resultados das análises químicas para os mesmos seis piezómetros que estão a ser monitorizados.

3.2.2 Plano de monitorização

A monitorização do Site 3003 consistiu na análise da qualidade das águas subterrâneas nos seis piezómetros que têm vindo a ser monitorizados e que captam água da formação hidrogeológica superficial (Quadro 3.3).

Quadro 3.3 – Principais características dos piezómetros amostrados no Site 3003

Piezómetro	M	P	Cota (m)	Prof. (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)	Ano
3003-MW01	493153	4289830	56,02	12,0	3	12	2011
3003-MW02	493126	4289848	53,94	10,0	3	10	2011
3003-MW03	493104	4289862	53,99	10,0	3	10	2011
3003-MW04	493077	4289855	53,76	10,0	3	10	2011
3003-MW05	493098	4289822	53,36	9,0	2,5	8,5	2011
3003-MW06	493135	4289786	53,72	10,0	3	10	2011

3.2.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.4 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos seis piezómetros do Site 3003, em outubro de 2019.

Quadro 3.4 - Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 3003, outubro de 2019

Table with 12 columns: Designação local, Data amostragem, 3003-MW01 to 3003-MW06, Norma, Valor, N.º ocorrências acima da norma, N.º ocorrências acima do limite de quantificação. Rows include parameters like pH, Conductividade eléctrica, Metais em solução, Hidrocarbonetos Totais do Petróleo, BTEX, Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados, and Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados.

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 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano
Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)

- " significa "<"
A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada
A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página intencionalmente deixada em branco

Os resultados obtidos apresentam algumas diferenças relativamente a campanhas anteriores (BHATE, 2014 e Leitão, Mota e Antunes, 2019). Assim, se por um lado se mantém a ausência de HTP observada nas campanhas anteriores, surgem pela primeira vez BTEX, inclusive com o meta-para xileno acima das normas utilizadas (cf. Quadro 3.4 e Figura 3.7) e estão ausentes HAP que tinham sido observados em campanhas anteriores.

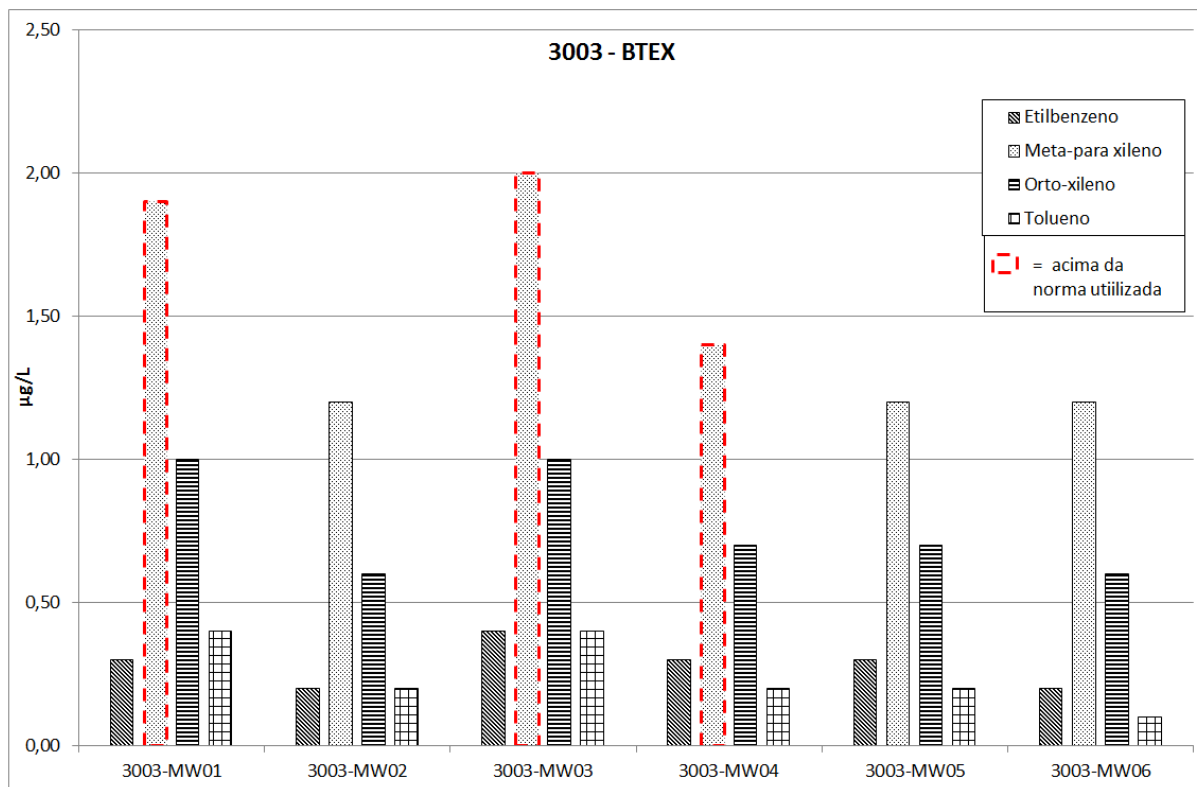


Figura 3.7 – Concentração em BTEX nos piezómetros do Site 3003, outubro de 2018

Por outro lado, aos seis COV observados em campanhas anteriores (primeiros seis parâmetros da legenda da Figura 3.8), juntam-se outros sete. Na campanha de fevereiro de 2019 observaram-se TCE e PCE acima das normas utilizadas no piezómetro 3003-MW05; nesta campanha apenas o PCE esteve nessas condições mas para os piezómetros 3003-MW05 e 3003-MW06 (Figura 3.8 e Quadro 3.4).

A observação anteriormente feita de os piezómetros localizados mais a sul (3003-MW01 e 3003-MW06) apresentarem contaminação mais baixa, não é verificada nesta campanha.

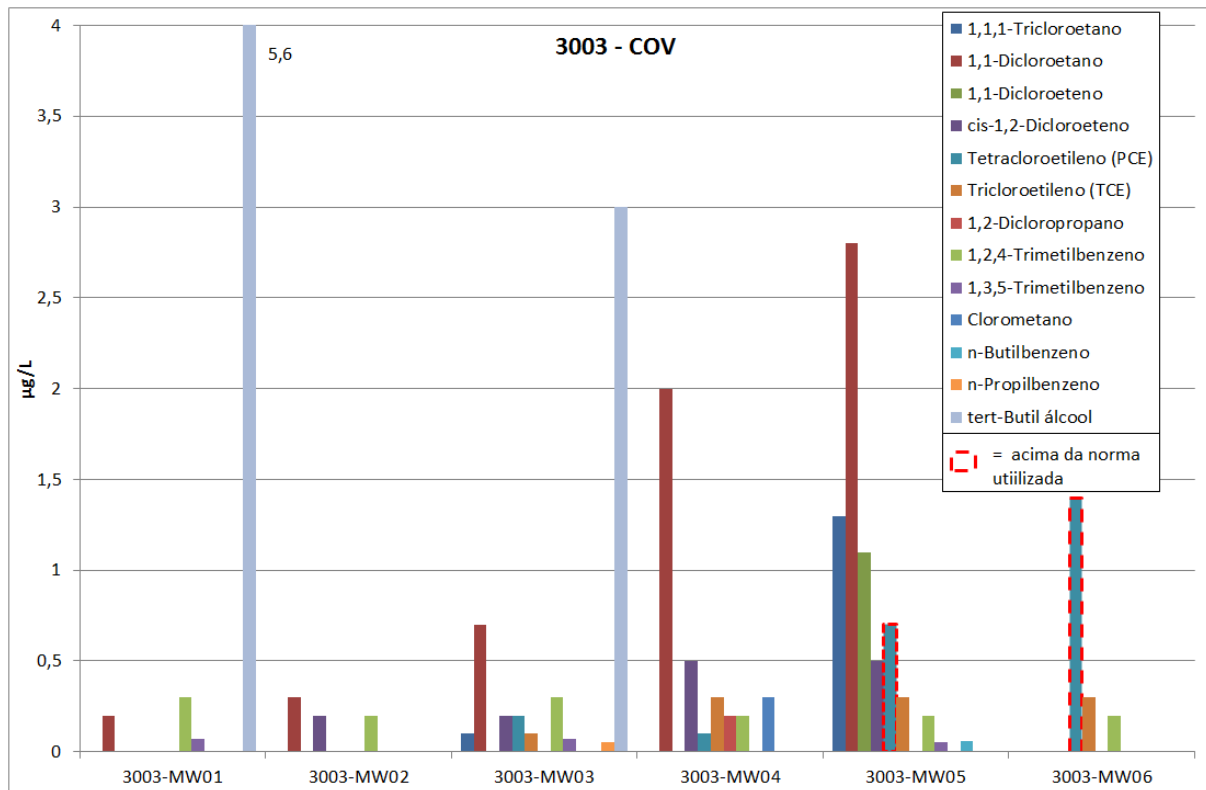


Figura 3.8 – Concentração em COV nos piezómetros do Site 3003, outubro de 2018

Relativamente aos metais pesados mantêm-se as observações feitas em Leitão, Mota e Antunes (2019), i.e. observa-se que a concentração em ferro, manganês e alumínio excede o valor paramétrico da água para consumo humano na maioria dos piezómetros. O cádmio e o cobalto também ultrapassam a norma no piezómetro 3003-MW04. Contudo, crê-se que a origem destes elementos é de natureza geológica (Leitão e Henriques, 2018) e se deve ao facto de as águas subterrâneas circularem em solos ricos em minerais permitindo assim adquirir maior mineralização, também em função de outras características do meio como o pH e potencial oxidação-redução. Assim, é espectável que solos vulcânicos possam dar origem a águas mais mineralizadas em metais e metalóides. Os metais pesados associados às atividades contaminantes do local, designadamente o chumbo e o zinco, apresentaram valores inferiores à respetiva norma que, no caso do chumbo foi mesmo inferior ao limite de quantificação.

3.2.4 Conclusões e recomendações

Os resultados obtidos apresentam algumas diferenças relativamente a campanhas anteriores (BHATE, 2014 e Leitão, Mota e Antunes, 2019). Assim, se por um lado se mantém a ausência de HTP observada nas campanhas anteriores, surgem pela primeira vez BTEX, inclusive com o meta-para xileno acima do Limiar de Qualidade estabelecido pela APA, mas inferior às normas utilizadas noutros países (cf. Quadro 3.4 e Figura 3.7), e estão ausentes HAP que tinham sido observados em campanhas anteriores.

Os resultados das análises efetuadas nas últimas três campanhas semestrais mostram não ter havido quaisquer hidrocarbonetos com valores acima das normas na primeira campanha, ter havido quatro

hidrocarbonetos com valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA na segunda campanha (PCE, TCE, acenafteno e fluoreno) e agora dois hidrocarbonetos nessas condições (PCE e meta-para xileno), embora inferiores às normas utilizadas noutros países.

Atendendo a que os valores de hidrocarbonetos acima das normas ao longo das últimas campanhas (PCE, TCE, acenafteno, fluoreno e meta-para xileno) excedem-nas ligeiramente, espera-se que a recente desativação do armazenamento e das tubagens de abastecimento dos AST, juntamente com a efetivação, esperada para 2020, do conjunto de medidas propostas por Simões (2012a) (designadamente a impermeabilização/fechamento com asfalto e/ou betão das juntas e fendas existentes nas superfícies pavimentadas da área), bem como a repavimentação da área em torno dos piezómetros sugerida em Leitão, Mota e Antunes (2019, para evitar a acumulação de água em torno dos mesmos), possam ser suficientes para melhorar a qualidade das águas subterrâneas deste local, encarregando-se os microrganismos naturalmente presentes no solo de biodegradar os hidrocarbonetos ainda aí presentes em pequenas quantidades. Essa expectativa deverá ser confirmada através da monitorização continuada das águas subterrâneas neste Site.

3.3 Site 5001: South Tank Farm

3.3.1 Contexto histórico

O Site 5001 está localizado entre as docas da Praia da Vitória, onde o combustível que abastece a Base chega através de petroleiros, e a Base Aérea n.º 4. O Site localiza-se junto à encosta da Serra de Santiago, numa área com uma falha geológica e densa vegetação natural, e tem a sul a lagoa do Paul da Praia que corresponde ao afloramento do aquífero basal (Figura 3.9).

A principal questão ambiental que se coloca neste Site decorre da contaminação por hidrocarbonetos resultante do facto de esta área conter depósitos de combustíveis (diversas vezes substituídos devido a fugas) com capacidade para armazenar 242 milhões de litros de combustível o que, segundo CH2MHILL (2004), o torna no maior espaço de armazenamento de combustível da Força Aérea dos EUA. Segundo os mesmos autores, o local foi identificado como contaminado em 1996/97.

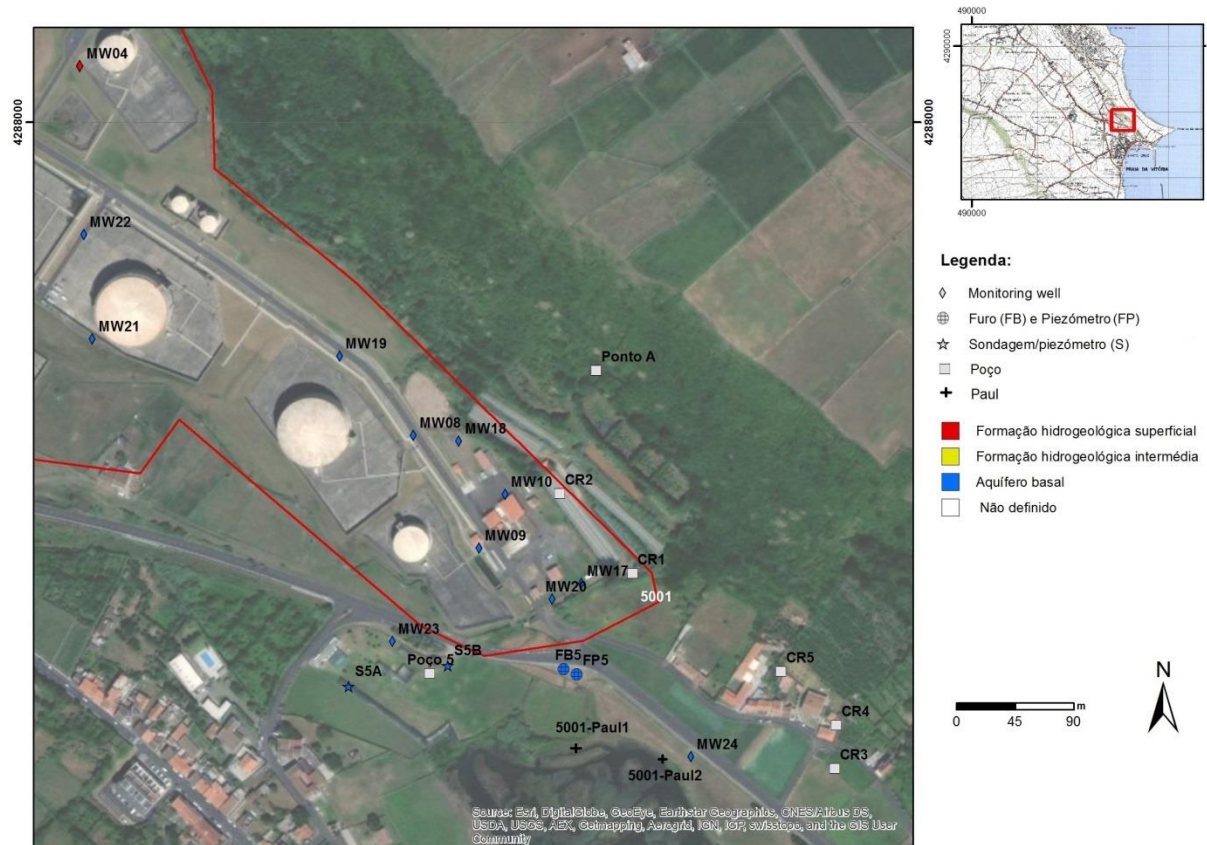


Figura 3.9 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5001

Neste local existem atualmente 12 tanques de combustível de dimensões variáveis, todos eles assentes em plataformas de betão e com um contentor secundário capaz de reter eventuais fugas de combustível. De referir, a estrutura dos reservatórios foi completamente mudada entre 1982 e 1986, tendo os solos removidos sido depositados no Site 5014. A antiga estrutura era composta por 18 tanques de combustível diretamente colocados no solo e sem estruturas de contenção. Historicamente era prática comum enterrar a lama que era gerada durante a limpeza de tanques, sendo este um dos motivos da contaminação do Site, juntamente com inúmeros derrames identificados desde 1984.

O LNEC, através de diversos protocolos de colaboração com a ERSARA, tem vindo a acompanhar as ações de monitorização e de reabilitação realizadas pela USAFE e tem vindo a realizar uma monitorização complementar através da recolha semestral de amostras de água para análises químicas em dois piezómetros localizados a sul do Site. Dada a suspeita de a contaminação deste Site se poder estender mais para jusante foram propostas análises complementares aos trabalhos de monitorização, que incluem a análise de águas subterrâneas dentro e fora do Site, incluindo ainda poços e as águas do Paul da Praia.

Os resultados apresentados por Leitão, Mota e Antunes (2019) referem que as ações de reabilitação realizadas até à data não foram suficientes para assegurar a qualidade das águas de jusante (nomeadamente as águas subterrâneas e as do Paul) pelo que deverão ser equacionadas novas

medidas visando a reabilitação deste Site, além da monitorização da qualidade das águas subterrâneas.

3.3.2 Plano de monitorização

Os dois piezómetros que têm vindo a ser monitorizados pelo LNEC para a ERSARA nos últimos anos são o furo FB5 e o piezómetro S5A (Figura 3.9), a jusante do Site 5001. O número de poços e de piezómetros analisados neste local para o MDN foi aumentando da primeira para a terceira campanha, uma vez que houve necessidade de se perceber a extensão da contaminação face aos resultados que se foram obtendo. De referir que a escolha de locais de amostragem excluiu diversos pontos de amostragem que foram destruídos ou que não foram encontrados (S5B, poço 5, CR1, CR2, Ponto A, cf. Figura 3.9).

A monitorização do Site 5001 para este estudo incluiu a continuação da análise da qualidade das águas do Paul e de águas subterrâneas em diversos piezómetros dentro e fora do Site, juntamente com os poços presentes na vizinhança (Quadro 3.5).

Quadro 3.5 – Principais características dos pontos de água amostrados no Site 5001

Ponto	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)
5001-CR3	494868,39	4287503,13	1,05	1,85	-	-
5001-CR4	494869,62	4287536,39	0,71	1,61	-	-
5001-CR5	494826,99	4287577,67	5,74	6,90	-	-
5001-MW04	494288,19	4288043,63	30,37	12,28	8,02	11,06
5001-MW08	494544,76	4287759,16	4,99	5,79	2,71	5,77
5001-MW09	494595,09	4287672,50	2,49	4,57	1,43	4,48
5001-MW10	494615,07	4287713,893	3,42	6,35	2,41	5,46
5001-MW17	494674,39	4287645,24	2,26	5,48	1,83	4,88
5001-MW18	494579,59	4287754,79	8,33	12,5	8,8	11,9
5001-MW19	494487,82	4287820,55	8,21	10,5	7,5	10,5
5001-MW20	494651,13	4287633,39	2,11	5,5	2,5	5,5
5001-MW24	494758,00	4287512,00	2,73	17,0	2	17

3.3.3 Resultados obtidos

3.3.3.1 Águas subterrâneas

O Quadro 3.6 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas em outubro de 2019.

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 3.6 – Resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas no Site 5001, em outubro de 2019

Designação local	5001-CR3	5001-CR4	5001-CR5	5001-MW04	5001-MW08	5001-MW09	5001-MW10	5001-MW17	5001-MW18	5001-MW19	5001-MW20	5001-MW24				
Data amostragem	04-10-2019	01-10-2019	01-10-2019	07-10-2019	07-10-2019	07-10-2019	07-10-2019	07-10-2019	07-10-2019	07-10-2019	07-10-2019	01-10-2019				
Parâmetro	Unidade												Norma	Valor	N.º ocorrências acima da norma	N.º ocorrências acima do limite de quantificação
In situ																
Temperatura	°C												-	-	-	-
pH	Sorensen												LQ e L	5,5; 9	0	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)												LQ e L	2500	1	1
Potencial redox (Eh)	mV												-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L												-	-	-	-
Parâmetros agregados																
Índice de fenóis	mg/L												Canadá	0,89	0	9
Iões maiores																
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L												-	-	-	0
Carbonato - CO ₃	mg/L												-	-	-	0
Cloro - Cl	mg/L												LQ e L	250	1	1
Nitrato - NO ₃	mg/L												NQ	50	2	2
Sulfato - SO ₄	mg/L												LQ e L	250	1	1
Cálcio - Ca	mg/L												-	-	-	0
Magnésio - Mg	mg/L												-	-	-	0
Potássio - K	mg/L												-	-	-	0
Sódio - Na	mg/L												VP	200	1	1
Metais em solução																
Alumínio - Al	mg/L												VP	0,2	5	5
Antimónio - Sb	mg/L												VP	0,005	0	0
Arsénio - As	mg/L												LQ e L	0,01	1	1
Bário - Ba	mg/L												Canadá	1	0	0
Bérblio - Be	mg/L												Canadá	0,004	0	0
Boro - B	mg/L												Canadá	5	0	0
Cádmio - Cd	mg/L												LQ e L	0,005	0	0
Chumbo - Pb	mg/L												LQ e L	0,01	2	2
Cobalto - Co	mg/L												Canadá	0,0038	0	0
Cobre - Cu	mg/L												VP	2	0	0
Crómio - Cr	mg/L												VP	0,05	0	0
Ferro - Fe	mg/L												VP	0,2	9	9
Fluoreto - F	mg/L												VP	1,5	1	1
Fosfato - PO ₄	mg/L												-	-	-	0
Lítio - Li	mg/L												-	-	-	0
Manganês - Mn	mg/L												VP	0,05	10	10
Mercúrio - Hg	mg/L												LQ e L	1	1	1
Molibdeno - Mo	mg/L												Canadá	0,07	0	0
Níquel - Ni	mg/L												VP	0,02	0	0
Selénio - Se	mg/L												VP	0,01	0	0
Tálio - Tl	mg/L												Canadá	0,002	0	0
Vanádio - V	mg/L												Canadá	0,0062	3	3
Zinco - Zn	mg/L												Canadá	1,1	0	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP																
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L												Canadá	750	1	4
HTP (C10-C12)	µg/L												-	-	-	4
HTP (C12-C16)	µg/L												-	-	-	4
HTP (C16-C21)	µg/L												-	-	-	3
HTP (C21-C30)	µg/L												-	-	-	2
HTP (C30-C35)	µg/L												-	-	-	0
HTP (C35-C40)	µg/L												-	-	-	0
BTEX																
Benzeno	µg/L												VP e L	1	0	1
Etilbenzeno	µg/L												L	1,3	2	6
Meta-para xileno	µg/L												L	1,3	1	9
Orto-xileno	µg/L												L	1,3	0	5
Tolueno	µg/L												L	1,3	0	9
Soma BTEX	µg/L												-	-	-	9
Soma xileno	µg/L												-	-	-	9
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados																
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L												Canadá	1,1	0	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L												Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L												Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L												Canadá	4,7	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L												Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroeteno	µg/L												Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L												-	-	-	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L												-	-	-	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L												-	-	-	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L												Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L												-	-	-	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L												-	-	-	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L												Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L												VP	3	0	1
1,2-Dicloropropano	µg/L												-	-	-	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L												-	-	-	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L												-	-	-	0
1,3-Dicloropropano	µg/L												-	-	-	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L												Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L												-	-	-	0
2-Clorotolueno	µg/L												-	-	-	0
4-Clorotolueno	µg/L												-	-	-	0
Bromobenzeno	µg/L												-	-	-	0
Bromoclorometano	µg/L												-	-	-	0
Bromodiorometano	µg/L												Canadá	16	0	0
Bromometano	µg/L												Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroeteno	µg/L												Canadá	1,6	0	1
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L												Canadá	0,5	0	0
Cloro de vinilo	µg/L												Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L												Canadá	30	0	1
Cloroetano	µg/L												-	-	-	0
Clorofórmio (ou Triclorometano)	µg/L												Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L												-	-	-	0
Dibromoclorometano	µg/L												Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L												-	-	-	0
Diclorometano	µg/L												-	-	-	0
Hexaclorobutadieno	µg/L												Canadá	0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L												L	0,65	0	0
Tetraclorometano	µg/L												-	-	-	0
trans-1,2-Dicloroeteno	µg/L												Canadá	1,6	0	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L												Canadá	0,5	0	0
Triclorometano (ou bromofórmio)	µg/L												-	-	-	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L												L	0,65	0	0
Triclorofluorometano	µg/L												Canadá	150	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados																
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L												-	-	-	5
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L												-	-	-	0
Estireno	µg/L												Canadá	5,4	0	1
Isopropilbenzeno	µg/L												-	-	-	4
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L												L	0,65	0	0
n-Butilbenzeno	µg/L												-	-	-	0
n-Propilbenzeno	µg/L												-	-	-	4
p-Isopropiltolueno	µg/L												-	-	-	10
sec-Butilbenzeno	µg/L												-	-	-	3
tert-Butil álcool	µg/L												-	-	-	1
tert-Butilbenzeno	µg/L												-	-	-	3
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP)																
Acenafeno	µg/L												L	0,0065	5	5
Acenafileno	µg/L												L	0,013	3	5
Antraceno	µg/L												L	0,1	0	1
Benzo(a)antraceno	µg/L												L	0,0065	1	2
Benzo(a)pireno	µg/L												L	0,01	0	0
Benzo(b)fluoranteno	µg/L												L	0,1	0	0
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L												L	0,1	0	0
Benzo(k)fluoranteno	µg/L												L	0,1	0	0
Criseno	µg/L												L	0,0065	1	1
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L												L	0,0065	0	0
Fenantreno	µg/L												L	0,0065	5	5
Fluoranteno	µg/L												L	0,1	0	2
Fluoreno	µg/L												L	0,0065	5	5
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L												L	0,1	0	0
Naftaleno	µg/L												L	2,4	1	5
Pireno	µg/L												L	0,003	4	4
Soma de 4 HAP (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 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano
Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)
"-," significa "<"

A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada
A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página intencionalmente deixada em branco

Os resultados apresentados no Quadro 3.6 permitem observar a presença de hidrocarbonetos totais do petróleo nos piezómetros amostrados dentro do Site 5001, presença essa que é evidenciada nas duas campanhas realizadas em 2019 (Figura 3.10), em especial nos piezómetros localizados mais a sul (cf. Figura 3.9). O valor mais alto encontrado foi 4900 µg/L, no 5001-MW08, sendo este o único valor acima de várias normas (750 µg/L). Também os valores de BTEX aparecem em concentrações acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA para o etilbenzeno (5001-MW08 e 5001-MW17) e para o meta-para xileno (5001-MW04) (cf. Figura 3.11), no caso do etilbenzeno também acima da norma do Canadá (cf. Anexo).

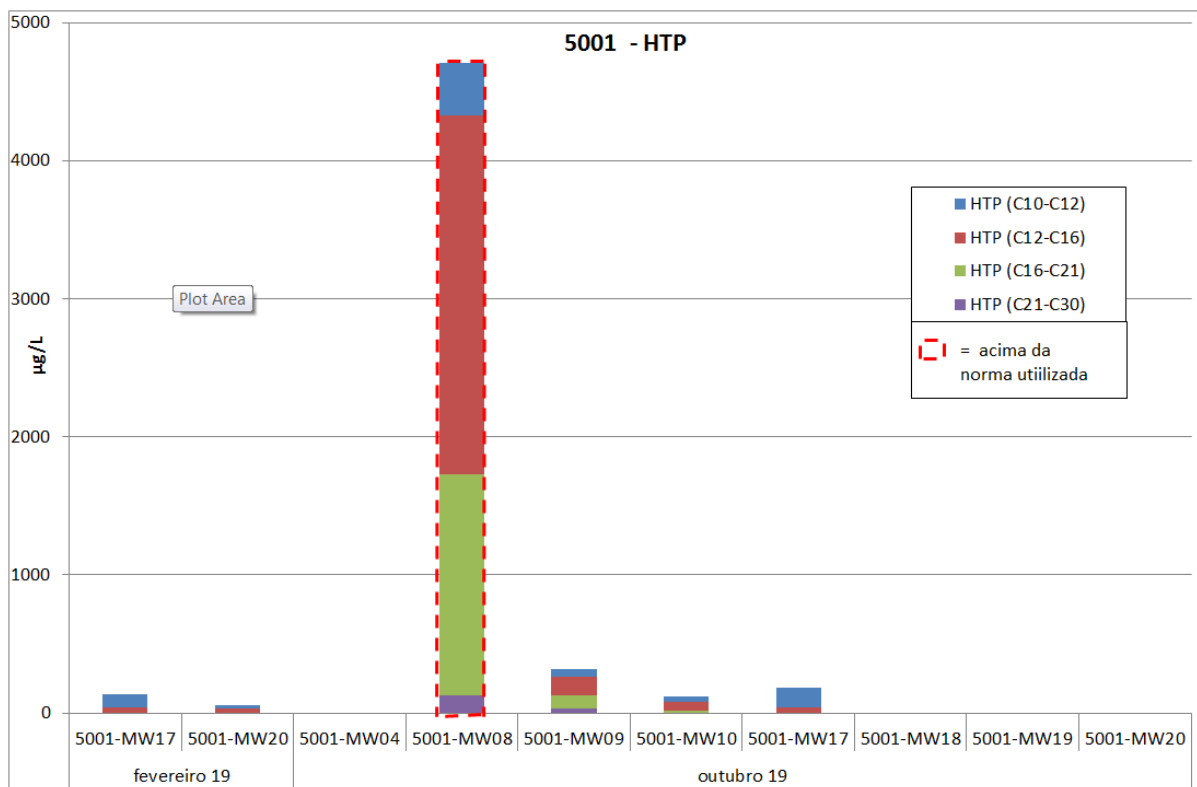


Figura 3.10 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 5001

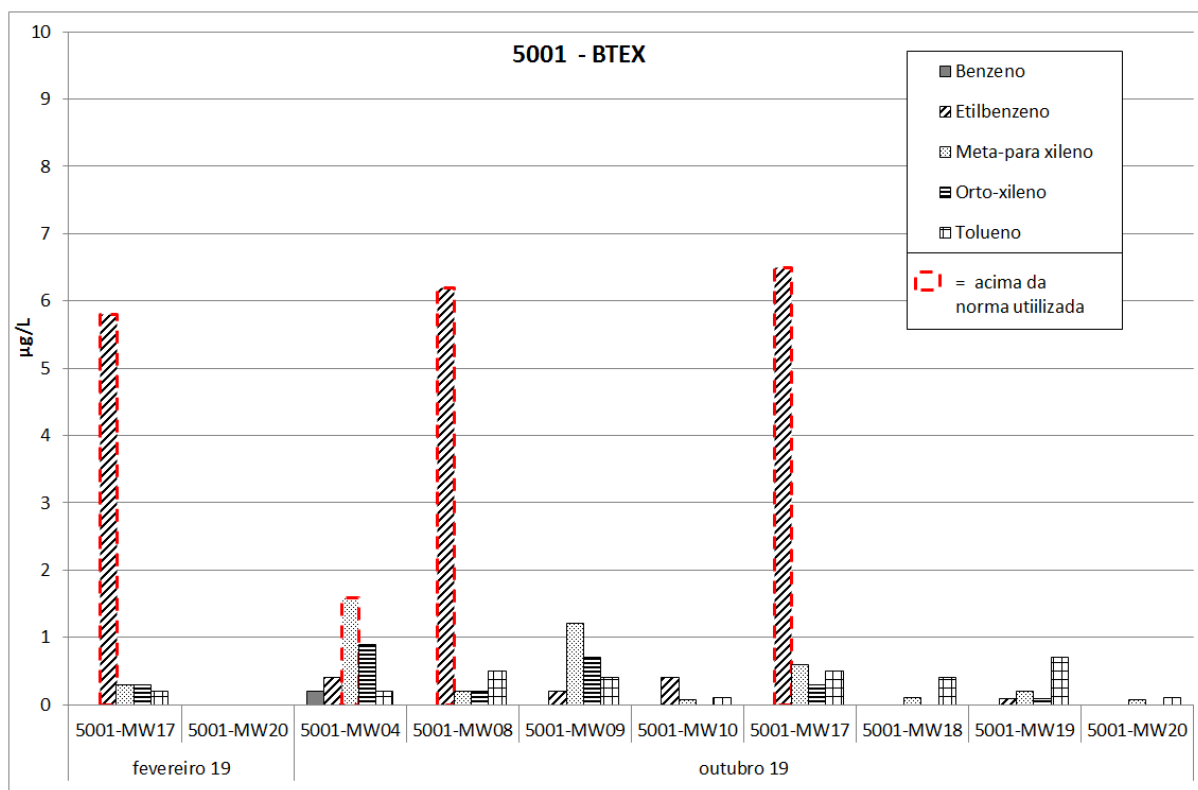


Figura 3.11 – Concentração em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5001

A jusante do Site 5001, nos poços e no piezómetro 5001-MW24 amostrados, as concentrações em HTP apenas estiveram acima do limite de quantificação em outubro de 2018, numa amostra de água do piezómetro 5001-MW24 com 28 µg/L, valor abaixo da norma de qualidade. As concentrações em BTEX também são bastante inferiores às encontradas nos piezómetros dentro do Site, apresentando valores abaixo das normas utilizadas (cf. Figura 3.12).

Nestes mesmos pontos, a presença de COV registou-se para o TCE, no 5001-MW24 em outubro de 2018, e para o p-Isopropiltolueno em todos os pontos em outubro de 2019, com valores abaixo das normas, conforme se pode ver na Figura 3.12 e Quadro 3.6. A concentração em COV nos piezómetros dentro do Site 5001 é bastante superior (Figura 3.13), com diversos parâmetros acima dos limites de quantificação, embora apenas tenha havido um caso acima das normas utilizadas, o Metil tert-Butil Éter, no 5001-MW20, na campanha de fevereiro de 2019, não confirmado na campanha de outubro. O p-Isopropiltolueno aparece em concentrações baixas, equivalentes às encontradas na vizinhança do Site 5001 (Quadro 3.6).

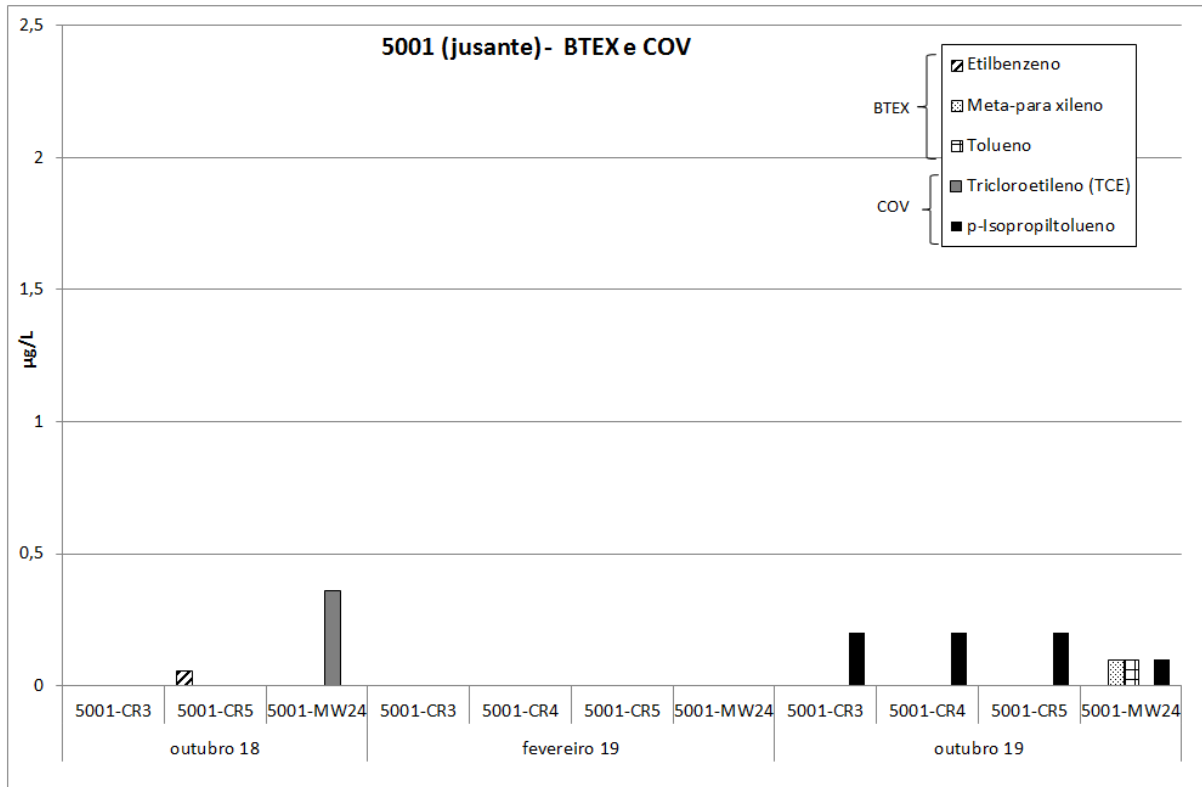


Figura 3.12 – Concentração em BTEX e COV nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001

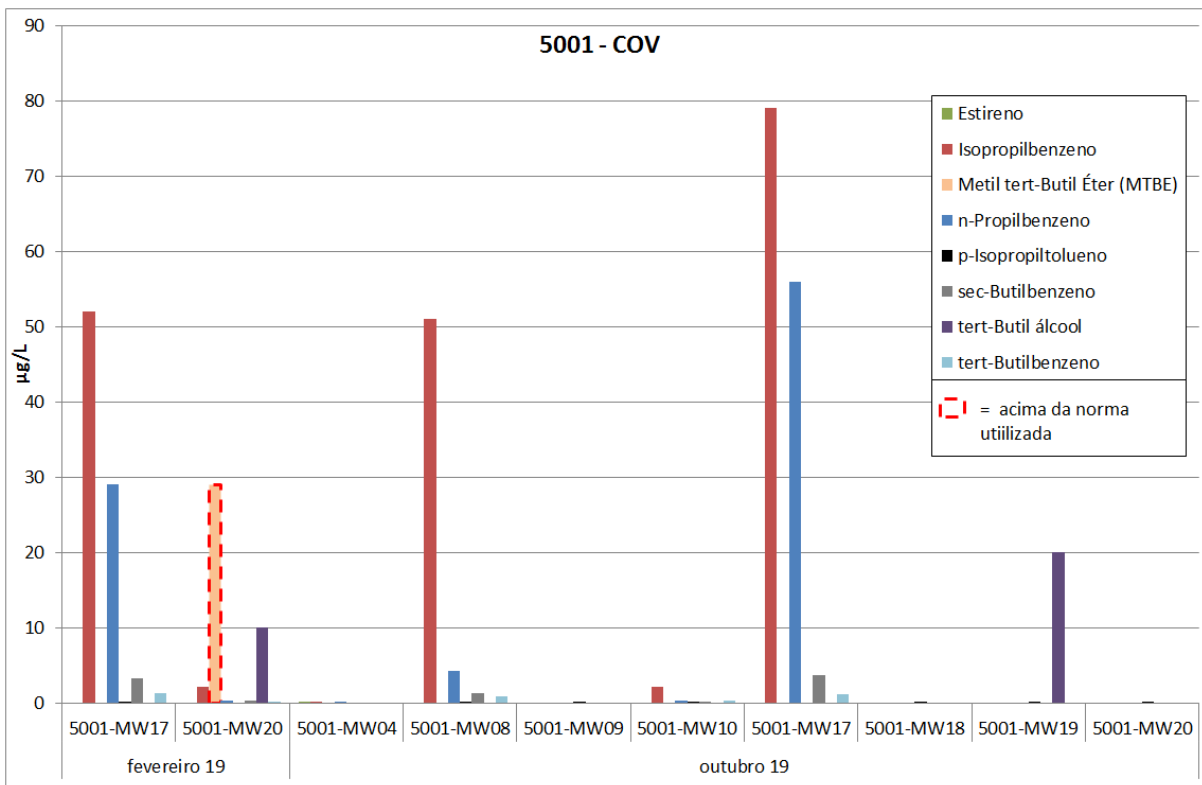


Figura 3.13 – Concentração em COV nas águas subterrâneas do Site 5001

Em relação aos HAP, as Figura 3.14 e Figura 3.15 apresentam os resultados acima do limite de quantificação obtidos para as análises de águas amostradas dentro e fora do Site 5001, respetivamente. Em ambas as situações há diversos HAP acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (apenas o naftaleno acima da norma do Canadá) (Quadro 3.6), embora dentro do Site as concentrações sejam mais elevadas, em especial para o naftaleno, fluoreno e pireno. Os dois piezómetros com dados nas duas campanhas (5001-MW17 e 5001-MW20) apresentam resultados muito idênticos, com concentrações ligeiramente inferiores em outubro de 2019, com exceção do naftaleno cujas concentrações são superiores em outubro, em especial para o 5001-MW17. Para as amostras recolhidas fora do Site 5001, observa-se que os valores das campanhas de outubro são inferiores aos de fevereiro de 2019 (Figura 3.15), altura em que ocorreram diversos HAP acima das normas, embora também nas duas campanhas de outubro o fenantreno e o pireno tenham tido concentrações acima das normas (Quadro 3.6).

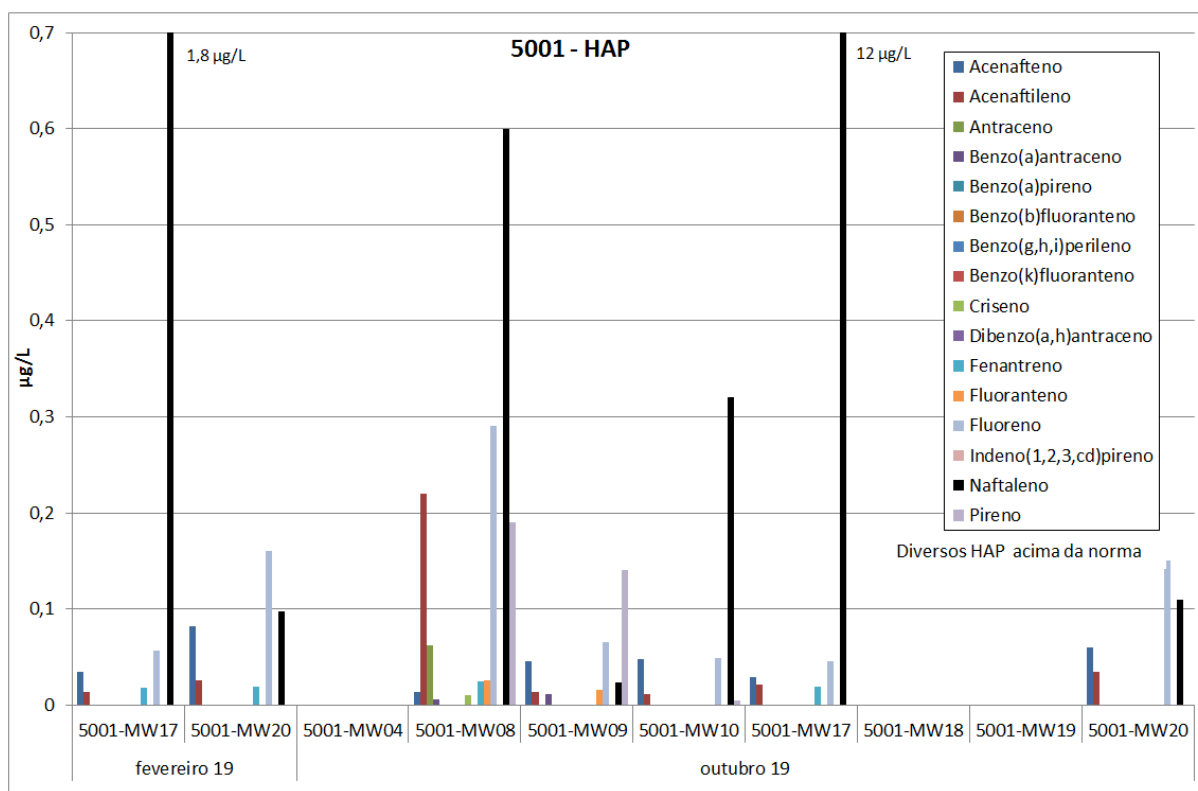


Figura 3.14 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5001

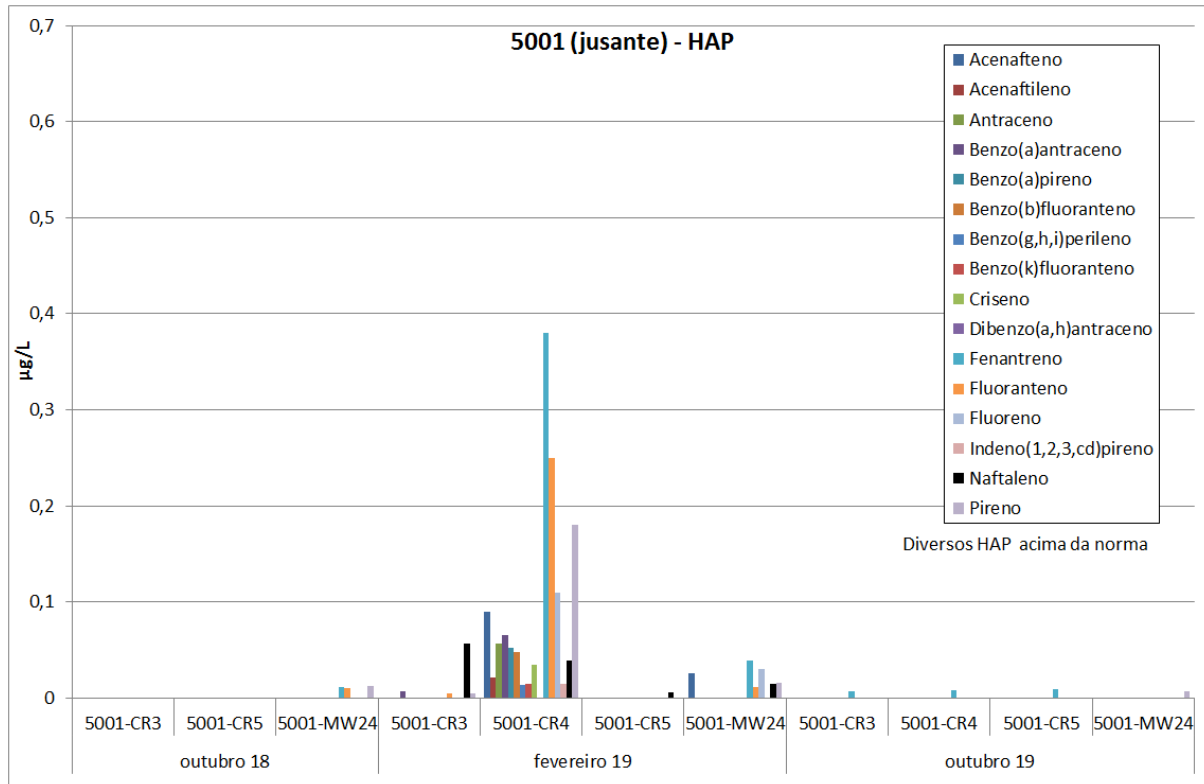


Figura 3.15 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001

As diferenças observadas entre campanhas, quer para os parâmetros observados quer para as suas concentrações, devem-se não só a diferentes graus de biodegradação, mas também a diversas condições originadas pela infiltração da água de precipitação responsável pelo arraste de contaminantes mas também pela sua diluição no aquífero. A ausência de um período demarcado de precipitação na ilha Terceira não facilita uma observação clara do que é uma amostragem após o período húmido (correspondente à campanha de fevereiro/março) e após o período seco (correspondente à campanha de setembro/outubro).

Os piezómetros amostrados no Site 5001 apresentam os valores mais baixos do potencial de oxidação-redução, Eh, possivelmente como resultado do consumo de oxigénio por parte das bactérias que se encontram a degradar os hidrocarbonetos presentes. Apenas os piezómetros 5001-MW04, 5001-MW18 e 5001-MW19 não apresentam valores negativos (Quadro 3.6), em sintonia com as concentrações mais baixas de hidrocarbonetos, sendo esta informação equivalente à obtida em campanhas anteriores. O valor de Eh poderá ser um indicador das áreas onde há hidrocarbonetos em maior quantidade e está a haver biodegradação natural.

Importa prosseguir o trabalho de monitorização da concentração em hidrocarbonetos para melhor compreender a evolução destes resultados e as elevadas variações observadas, nomeadamente no poço 5001-CR4 que contém uma mina que drena para o poço com o nível da água a muito baixa profundidade (< 2 m) (Quadro 3.5).

Os metais pesados com concentrações acima das normas são os habitualmente encontrados neste meio hidrogeológico (Al, Fe, Mn). A presença de Pb apenas dentro do Site 5001 pode ser resultado de contaminação. Destaca-se, ainda, a concentração muito elevada em nitratos (cerca do dobro acima da norma) registada nos poços 5001-CR4 e 5001-CR5, este último amostrado nas duas campanhas, que poderá resultar da eventual entrada direta de dejetos de animais no poço ou excesso de fertilizantes nitrogenados, ou ainda de alguma fossa séptica que possa existir na vizinhança.

3.3.3.2 *Água do Paul da Praia*

O Quadro 3.7 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nas margens do Paul da Praia, a sul do Site 5001 (Figura 3.9).

Página intencionalmente deixada em branco

As águas do Paul recolhidas nos meses de outubro (de 2018 e de 2019) parecem apresentar melhor qualidade que as águas recolhidas na campanha de fevereiro, aspeto que deverá ser confirmado com os resultados das próximas campanhas. De facto, na campanha de outubro de 2018 não se detetaram hidrocarbonetos e na campanha de outubro de 2019 ocorreram dois hidrocarbonetos ligeiramente acima dos limites de quantificação (fenantreno no Paul 1 e p-isopropiltolueno no Paul 2). Contudo, na campanha de fevereiro de 2019 foi encontrado um HTP (C21-C30) na amostra do Paul 1 e diversos HAP (acenafteno, benzo(a)antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, pireno) na amostra do Paul 2, estes últimos com concentrações superiores aos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (aqui usados apenas para termo de comparação) (cf. Quadro 3.7). Como já foi referido (Leitão, Mota e Antunes, 2019), a justificação para esta diferença pode ser encontrada nas características muito distintas da mineralização da água entre as campanhas de outono e da primavera. De facto, nas campanhas de outono a água tem uma forte contribuição da água do mar, com valores da condutividade elétrica muito elevados, concentrações em lítio acima de 0,1 mg/L (típicos da água do mar), bem como menores contribuições de ferro e de manganês (cf. Quadro 3.7), enquanto na campanha de fevereiro de 2019 se observa mais a contribuição continental, vinda da descarga do aquífero basal, com conseqüente diminuição dos valores de CE, aumento de Fe e Mn, bem como de hidrocarbonetos, em especial na zona da amostra Paul 2, que poderá estar próximo de um ponto de descarga principal. Esta tese deverá ser confirmada em monitorizações futuras, sendo necessário manter a monitorização nestes dois pontos do Paul.

3.3.4 Conclusões e recomendações

No Site 5001, em outubro de 2019, registam-se as seguintes concentrações acima dos limiares estabelecidos pela APA: HTP (no 5001-MW08), etilbenzeno (5001-MW08 e 5001-MW17) e meta-para-xileno (5001-MW04), todos em piezómetros dentro do Site. A presença de HAP acima daqueles limiares é registada dentro e fora do Site 5001. Dentro do Site 5001: acenafteno, acenaftileno, benzo(a)antraceno, criseno, fenantreno, fluoreno, naftaleno e pireno). Nos piezómetros e poços fora do Site 5001, o fenantreno e pireno. Nas águas do Paul registou-se a presença de fenantreno ligeiramente acima do limite estabelecido pela APA na amostra Paul 1. Foram ultrapassadas as normas do Canadá para HTP, etilbenzeno e naftaleno.

Apesar destes valores de qualidade, as águas do Paul recolhidas nos meses de outubro parecem apresentar menos hidrocarbonetos quando comparadas com as águas recolhidas na campanha de fevereiro, possivelmente devido a uma forte contribuição da água do mar no Paul. Esta tese é confirmada pelos elevados valores de cloreto, sódio, sulfato e de condutividade elétrica, e pelos baixos teores de ferro e de manganês, quando comparados com as amostras de fevereiro.

Os resultados das campanhas realizadas mostram contaminação dentro do Site 5001, com conseqüências nas águas subterrâneas e no Paul, localizados a jusante do Site. A caracterização da presença de solos contaminados deverá ser mais aprofundada e devem ser tomadas medidas de reabilitação neste local.

Destaca-se, ainda, a concentração muito elevada em nitratos (cerca do dobro do limite estabelecido na norma) registada nos poços 5001-CR4 e 5001-CR5.

3.4 Site 5002: Cinder Pit Fuel Tanks

3.4.1 Contexto histórico

O Site 5002 corresponde ao parque do reservatório da Cova das Cinzas, Zona 3, situada no sopé da encosta da Serra do Cume (Figura 3.16) juntamente com a Zona 1 e Zona 2, onde também existiram tanques de armazenamento de combustível (AST e UST) (USAFE, 2015a). Este local foi classificado como contaminado no estudo de reconhecimento (DISCO study) realizado em 2004 (CH2MHILL, 2004).

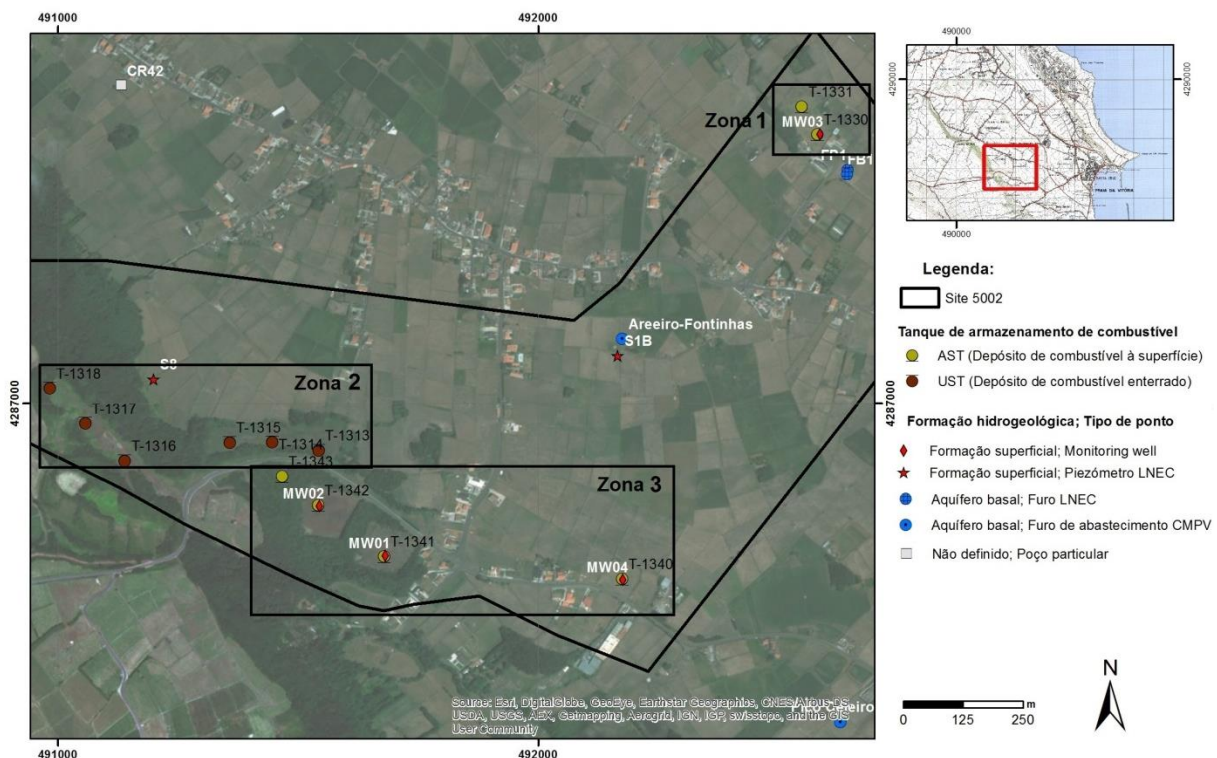


Figura 3.16 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5002

O parque de reservatórios foi construído nos anos 50, tendo sido desativado em 1994. Este parque continha seis AST (T-1330, T-1331, T-1340, T-1341, T-1342 e T-1343, de 152 000 e 55 000 barris cada) e seis UST (55 000 barris cada, cf. AMEC, 2010a), estando ligado à base através do *pipeline* da Cova das Cinzas (Site 5011) entretanto também desativado e inertizado. Os AST e a maioria dos edifícios a eles associados foram demolidos depois da desativação do parque, tendo sido os últimos reservatórios, o T-1341 e T-1342, desmontados entre dezembro de 2008 e maio de 2009.

De acordo com CH2MHILL (2004) ocorreram diversos derrames não registados no parque de reservatórios entre os anos 50 e os anos 70, e nos anos 90, sendo esse o principal motivo de preocupação. Refere-se que os locais de descarga dos resíduos de limpeza dos reservatórios AST estarão contaminados com tetraetil de chumbo e outros metais pesados.

A parte oeste da Zona 3 tem sido a mais estudada, desde a altura em que houve uma amostra superficial de solos, amostrada em 2011, cujo teor em chumbo era muito elevado (AMEC, 2010a e b). Os resultados das análises de solos efetuados pela USAFE nos últimos anos e, mais recentemente em 2018, pela Universidade dos Açores (Pinheiro *et al.*, 2018) e pelo LNEC, mostraram que as concentrações em hidrocarbonetos e em metais pesados estão abaixo das normas, com exceção do vanádio cuja origem é natural. Atendendo ao exposto, e à elevada profundidade ao nível piezométrico nesta área (> 46 m), considerou-se que as operações de desmantelamento dos tanques de combustível e de remoção de solos terão sido eficazes e que as concentrações de hidrocarbonetos remanescentes nos solos não irão afetar as águas subterrâneas e poderão diminuir através de processos de biodegradação natural, pelo que não se recomendaram medidas adicionais para a Zona 3 (Leitão, Mota e Antunes, 2019).

Os resultados obtidos para a qualidade dos solos na única sondagem realizada na Zona 2, 5002-S1, apresentaram valores muito elevados de hidrocarbonetos totais do petróleo e de HAP (superiores às normas do Canadá para solos, Table 2), tendo sido considerado necessário proceder a uma caracterização mais detalhada deste local. Embora com muito menor expressão, também a Zona 1 apresentou valores acima das normas para a qualidade dos solos, com impacte nas águas subterrâneas. Leitão, Mota e Antunes (2019) propõem a reanálise deste local visando justificar os valores encontrados e a sua profundidade de ocorrência. Estes dois aspetos não são contemplados neste relatório. Apresentam-se os resultados obtidos no único piezómetro que não estava seco.

3.4.2 Plano de monitorização

O plano de monitorização do Site 5002 incluiu a análise da qualidade das águas subterrâneas no piezómetro 5002-MW03. Os restantes piezómetros assinalados na Figura 3.16 ou foram destruídos ou estavam sem água, não sendo possível recolher amostras de água.

Quadro 3.8 – Principais características do piezómetro do Site 5002

Piezómetro	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)	Nível piezométrico após perfuração (m)	Ano construção
5002-MW03	492586,8	4287560,3	81,47	11,0	7,0	11,0	-	2011

3.4.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.9 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no piezómetro 5002-MW03 nas três campanhas (outubro de 2018, fevereiro de 2019 e outubro de 2019).

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 3.9 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no piezómetro 5002-MW03, Site 5002

Designação local	5002-MW03	5002-MW03	5002-MW03				
Data amostragem	18-10-2018	21-02-2019	02-10-2019				
Parâmetro	Unidade			Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
In situ							
Temperatura	oC	-	16		22,8	-	-
pH	Sorensen	-	7,16		6,59	0	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	-	560		480	0	0
Potencial redox (Eh)	mV	-	295		297	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L	-	6,92		4,91	-	-
Parâmetros agregados							
Índice de fenóis	mg/L	0,015	0,037	0,250	Canadá	0,89	3
Iões maiores							
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	87	130,0	110	-	-	0
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5,0	-5	-	-	0
Cloreto - Cl	mg/L	110	84,0	130	LQ e L	250	0
Nitrato - NO ₃	mg/L	0,68	3,1	1,6	NQ	50	0
Sulfato - SO ₄	mg/L	61	62,0	43	LQ e L	250	0
Cálcio - Ca	mg/L	-	28,0	28	-	-	0
Magnésio - Mg	mg/L	-	21,0	30	-	-	0
Potássio - K	mg/L	-	5,4	6,6	-	-	0
Sódio - Na	mg/L	-	63,0	56	VP	200	0
Metais em solução							
Alumínio - Al	mg/L	5	0,100	0,21	VP	0,2	2
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,005	0
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0
Bário - Ba	mg/L	0,19	-0,050	-0,05	Canadá	1	0
Berílio - Be	mg/L	0,0048	-0,001	-0,001	Canadá	0,004	1
Boro - B	mg/L	-0,1	0,170	0,29	Canadá	5	0
Cádmio - Cd	mg/L	0,0024	0,000	-0,0004	LQ e L	0,005	0
Chumbo - Pb	mg/L	0,08	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	1
Cobalto - Co	mg/L	0,0085	-0,003	-0,003	Canadá	0,0038	1
Cobre - Cu	mg/L	0,0093	-0,005	-0,005	VP	2	0
Crómio - Cr	mg/L	0,0042	-0,001	-0,001	VP	0,05	0
Ferro - Fe	mg/L	11	0,110	0,21	VP	0,2	2
Fluoreto - F	mg/L	0,21	-	0,26	VP	1,5	0
Fosfato - PO ₄	mg/L	2,3	0,220	0,22	-	-	0
Lítio - Li	mg/L	0,02	0,027	0,01	-	-	0
Manganês - Mn	mg/L	0,37	0,018	0,12	VP	0,05	2
Mercurio - Hg	µg/L	-0,05	-0,050	-0,05	LQ e L	1	0
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	VP	0,02	0
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	0,001	-0,0009	VP	0,01	0
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-	Canadá	0,002	0
Vanádio - V	mg/L	0,0003	-0,005	0,00315	Canadá	0,0062	0
Zinco - Zn	mg/L	3,7	-0,010	0,014	Canadá	1,1	1
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP							
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L	-38	-38	-38	Canadá	750	0
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	-10	-	-	0
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-10	-	-	0
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-	-	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-15	-	-	0
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-	-	0
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-	-	0
BTEX							
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	0,10	L	1,3	1
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0
Tolueno	µg/L	-0,05	0,20	0,20	L	1,3	2
Soma BTEX	µg/L	0,00	0,20	0,30	-	-	2
Soma xilenes	µg/L	0,00	0,00	0,10	-	-	1
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados							
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	200	0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	VP	3	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,05	-0,1	-	-	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
2-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
4-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
Bromobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
Bromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
Bromodichlorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	16	0
Bromometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,89	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0
Cloreto de vinilo	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	0,5	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	30	0
Cloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
Clorofórmio (ou Triclorometano)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	2,4	0
Clorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	25	0
Dibromometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0
Diclorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,44	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0
Tetraclorometano	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0
Tribromometano (ou bromofórmio)	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0
Triclorofluorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	150	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados							
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
Estireno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5,4	0
Isopropilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L	-0,3	-0,3	-0,3	L	0,65	0
n-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
n-Propilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
p-Isopropiltolueno	µg/L	-0,05	-0,05	0,07	-	-	1
sec-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
tert-Butil álcool	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0
tert-Butilbenzeno	µg/L	-	-0,05	-0,05	-	-	0
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)							
Acenafteño	µg/L	-	-0,005	-0,005	L	0,0065	0
Acenafteño	µg/L	-	-0,005	-0,005	L	0,013	0
Antraceno	µg/L	-	-0,005	0,017	L	0,1	1
Benzo(a)antraceno	µg/L	-	-0,005	0,006	L	0,0065	1
Benzo(a)pireno	µg/L	-	-0,005	0,009	L	0,01	1
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	-	-0,005	0,007	L	0,1	1
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	-	-0,005	0,006	L	0,1	1
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	-	-0,005	-0,005	L	0,1	0
Críseno	µg/L	-	-0,005	0,019	L	0,0065	1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	-	-0,005	-0,005	L	0,0065	0
Fenantreno	µg/L	-	-0,005	0,047	L	0,0065	1
Fluoranteno	µg/L	-	-0,005	0,047	L	0,1	1
Fluoreno	µg/L	-	-0,005	0,005	L	0,0065	1
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	-	-0,005	-0,005	L	0,1	0
Naftaleno	µg/L	-	0,011	0,019	L	2,4	2
Pireno	µg/L	-	-0,005	0,047	L	0,003	1
Soma de 4 HAP (DL 306/2007)	µg/L	-	-0,02	0,013	VP	0,1	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 - Limiares definidos nos PGRH
VP - Valor Paramétrico, DL 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano
Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)
"-" significa "c"

A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada
A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página intencionalmente deixada em branco

Os resultados das análises de amostras de água recolhidas em outubro de 2019 apresentam BTEX, HAP e um COV. Há três HAP com concentrações acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (criseno, fenantreno e pireno) (cf. Quadro 3.9), embora com concentrações inferiores às normas de outros países. Estes resultados vêm contrariar os resultados de estudos anteriores (BHATE, 2014, que referem não terem sido detetados HTP, BTEX, CHC e HAP nas amostras do piezómetro MW03) e apresentam pior qualidade que as amostras recolhidas em fevereiro de 2019 quando apareceu tolueno e naftaleno, com concentrações abaixo das respetivas normas (cf. Quadro 3.9). Acresce a presença de um COV (p-isopropiltolueno), sem norma definida.

Quanto aos metais pesados mantem-se a observação de haver resultados muito diferentes entre campanhas. As concentrações na campanha de outubro de 2018 apresentaram Al, Be, Pb, Co, Fe, Mn e Zn acima das normas. Na campanha seguinte, em fevereiro de 2019, todos estes elementos encontravam-se abaixo das normas. Finalmente na última campanha de outubro de 2019 estavam acima das normas o Al, Fe e Mn, típicos destes solos vulcânicos. Estes resultados não são conclusivos, sendo necessário prolongar a monitorização.

3.4.4 Conclusões e recomendações

Os resultados da monitorização que se apresentam resumem-se a um piezómetro localizado na Zona 1, atendendo a que os restantes piezómetros estavam secos. Os resultados obtidos apresentaram, pela primeira vez, valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA para três HAP (criseno, fenantreno e pireno), embora estas concentrações sejam inferiores às normas de outros países. Dada a diferença entre os resultados obtidos nas campanhas, importa manter a monitorização para se compreender a evolução da situação.

Os resultados obtidos para a qualidade dos solos na única sondagem realizada na Zona 2, 5002-S1 realizada em 2018, apresentam valores muito elevados de hidrocarbonetos totais do petróleo e HAP, sendo necessário proceder-se a uma caracterização mais detalhada deste local. Este local deverá ser reanalisado para confirmar os valores encontrados e caracterizar sua extensão e profundidade de ocorrência. Tendo em consideração que o furo de captação para abastecimento público poderá estar a jusante dos fluxos de água subterrânea que intersejam os terrenos do Site 5002, recomenda-se a continuação da monitorização da qualidade das águas subterrâneas a partir de amostras recolhidas nos piezómetros com água. Recomenda-se, ainda, a instalação de novos piezómetros mais profundos na área do 5002-S2.

Na Zona 3 não se recomendaram medidas adicionais por se considerar que as operações de desmantelamento dos tanques de combustível e de remoção de solos foram eficazes e que as concentrações de hidrocarbonetos remanescentes nos solos poderão diminuir através de processos de biodegradação natural.

3.5 Site 5003: North Storm Sewer Drainage Outfall

3.5.1 Contexto histórico

O Site 5003 localiza-se no topo norte da pista de aviação da Base das Lajes (Figura 3.17). Trata-se de uma vala aberta com um comprimento de cerca de 1,4 km, sem impermeabilização, e que recebe a descarga de água da drenagem superficial da pista de aviação, incluindo o aeroporto comercial. Em CH2MHILL (2004) este local foi considerado um Site potencialmente contaminado, de maior risco.

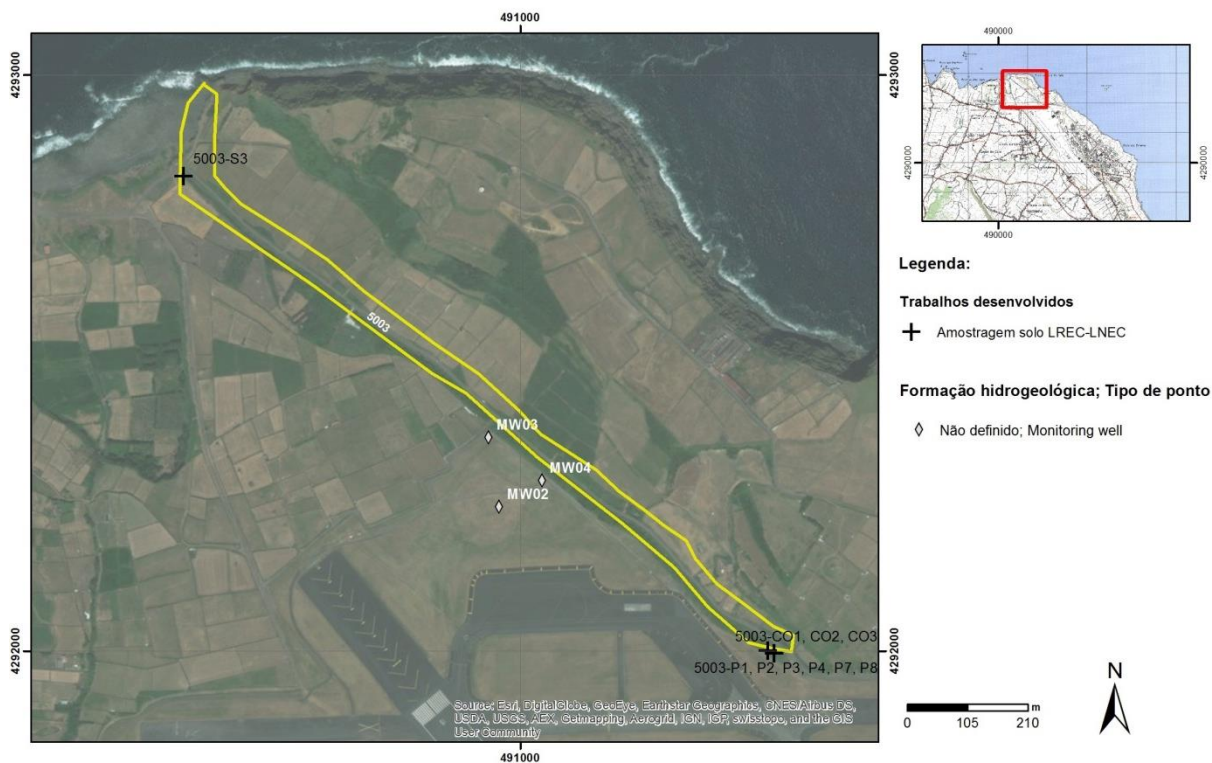


Figura 3.17 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5003

Os solos amostrados no Site 5003 foram considerados contaminados por diversos metais pesados e hidrocarbonetos. A análise do risco concluiu não haver risco, face ao presente uso dos locais potencialmente afetados (solos e águas).

Neste relatório apresenta-se o resultado da análise pontual da água de escorrência.

3.5.2 Resultados obtidos

O Quadro 3.10 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água de escorrência recolhidas à saída do sistema de drenagem da pista no Site 5003, em outubro de 2018, fevereiro de 2019 e outubro de 2019.

Página intencionalmente deixada em branco

A campanha de outubro de 2019, bem como a campanha de fevereiro de 2019, foram efetuadas após dias de elevada precipitação que terão conduzido à lavagem da pista de aviação e subsequente presença de HTP (em fevereiro) e BTEX e um COV (p-isopropiltolueno) (em outubro), bem como de HAP, três dos quais acima da norma para águas subterrâneas (aqui utilizada apenas como referência): benzo(a)antraceno, fenantreno e pireno.

Em outubro de 2018, apenas o naftaleno estava acima do limite de quantificação (0,01 µg/L). Nos dias que antecederam essa campanha não houve precipitação assinalável, pelo que o caudal era baixo, teoricamente contribuindo para aumentar a concentração de contaminantes (por não haver diluição num volume maior de água), mas por outro lado diminuindo a concentração de eventuais contaminantes resultantes da lavagem da pista.

Os metais pesados apresentaram maioritariamente concentrações abaixo dos limites de quantificação e sempre abaixo da norma (utilizando os valores considerados para as águas subterrâneas como termo de comparação) em todas as campanhas.

3.5.3 Conclusões e recomendações

A campanha de outubro de 2019 revelou a presença de três HAP acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA para águas subterrâneas (aqui utilizados apenas como referência): benzo(a)antraceno, fenantreno e pireno. No entanto, os valores encontrados para estas concentrações são muito inferiores às normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda).

Está prevista a remoção dos solos contaminados durante o processo de construção de uma estrutura de receção da água da pista, aspeto que permitirá resolver a questão dos solos contaminados nesse local. Admite-se que a referida estrutura seja projetada de forma a promover uma adequada remoção dos poluentes contidos nas escorrências da pista antes da rejeição das águas para o meio ambiente. Recomenda-se que a eficácia destas ações seja monitorizada ao longo do primeiro ano de funcionamento através da caracterização regular das águas de escorrência lançadas para o meio ambiente.

3.6 Site 5008: Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ

3.6.1 Contexto histórico

O Site 5008 está localizado numa caldeira vulcânica que forma uma depressão entre a serra do Cume e a serra da Ribeirinha e que contém cinco cones vulcânicos secundários (picos). O Site tem uma área aproximada de 43 700 m² (cerca de 190 m por 230 m) (cf. Figura 3.18) e apresenta um ligeiro declive para NE. Na zona envolvente, o uso do solo é predominantemente agrícola, com apenas algumas quintas e casas dispersas.

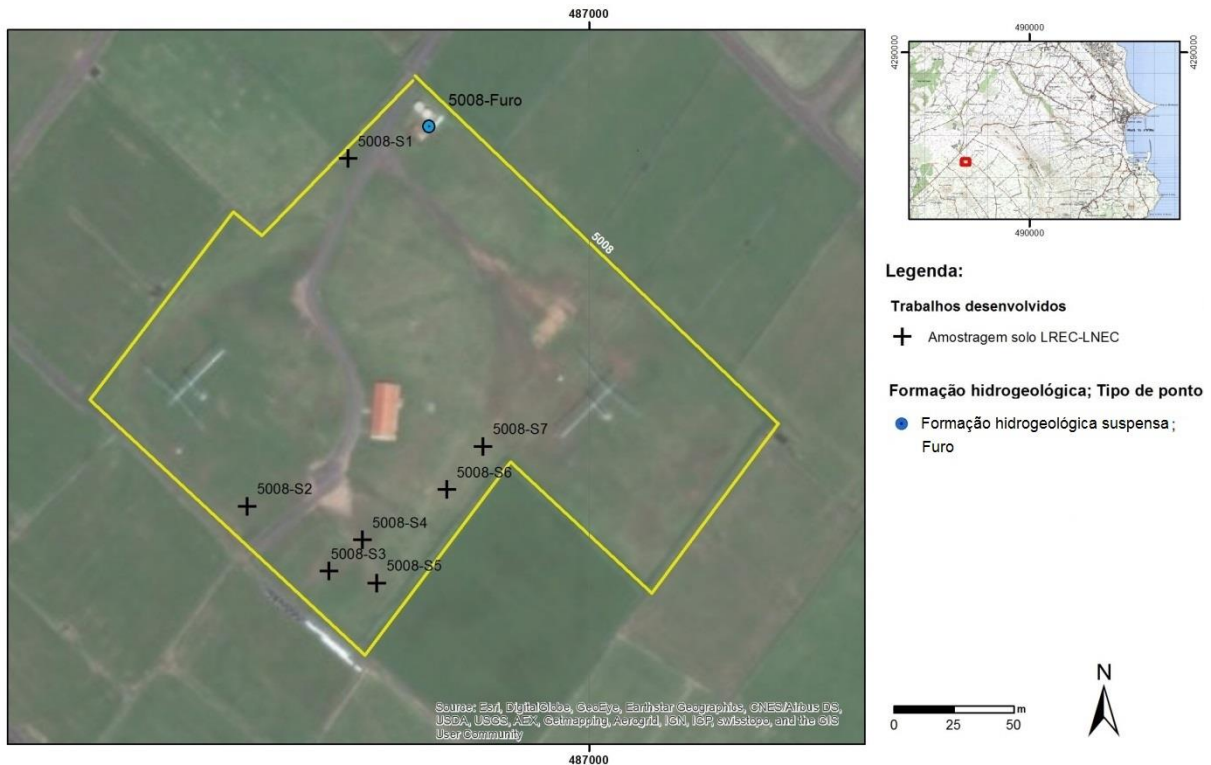


Figura 3.18 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5008

O Site foi construído em meados de 1950 e continha um posto de comunicação de altas frequências, um posto de eletricidade com gerador e transformador, e várias antenas de rádio, além de depósitos de armazenamento de combustível. De acordo com AMEC (2011a) terão ocorrido derrames nos drenos que descarregavam para um sistema de separação óleo/água e nos tanques de combustíveis enterrados, sendo essa a principal questão ambiental analisada.

O Site 5008 apresentou solos considerados contaminados por diversos metais pesados e hidrocarbonetos (AMEC, 2011a). Contudo, a análise do risco concluiu que este era baixo ou nulo, atendendo à cobertura de cerca de 0,3 m com solo não contaminado e ao arrelvamento do local, impedindo o contacto dérmico ou de transporte pelo vento. A profundidade do aquífero basal no local é de cerca de 350 m, com um nível estático a uma profundidade de cerca de 85 m.

Com base nos resultados obtidos por Leitão, Mota e Antunes (2019), sugeriu-se a remoção dos solos contaminados até às profundidades de 0,2 a 0,5 m e a revisão da análise de risco apresentada, atendendo ao uso essencialmente agrícola do local. Recomendou-se manter a monitorização periódica do furo existente no local para confirmar a qualidade da água, que agora se apresenta.

3.6.2 Plano de monitorização

A monitorização do Site 5008 incluiu a análise da qualidade da água no furo existente no local.

3.6.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.11 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no furo do Site 5008, com 92 m de profundidade. Este furo capta numa formação hidrogeológica intermédia.

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 3.11 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no furo do Site 5008

Parâmetro	Unidade	Designação local	5008-Furo	5008-Furo	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
		Data amostragem	18-10-2018	03-10-2019				
in situ								
Temperatura	°C		17,1	16,6	-	-	-	-
pH	Sorensen		7,11	6,86	LQ e L	5,5; 9	0	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)		162,9	149,2	LQ e L	2500	0	0
Potencial redox (Eh)	mV		79	140,9	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/l		-	2,99	-	-	-	-
Parâmetros agregados								
Índice de fenóis	mg/L		0,0025	-0,001	Canadá	0,89	0	1
Iões maiores								
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L		60	51	-	-	0	0
Carbonato - CO ₃	mg/L		-5	-5	-	-	0	0
Clorato - Cl	mg/L		18	17	LQ e L	250	0	0
Nitrato - NO ₃	mg/L		5,9	5,3	NQ	50	0	0
Sulfato - SO ₄	mg/L		5	7,4	LQ e L	250	0	0
Cálcio - Ca	mg/L		5,6	5,1	-	-	0	0
Magnésio - Mg	mg/L		4,2	3,8	-	-	0	0
Potássio - K	mg/L		5,5	5,3	-	-	0	0
Sódio - Na	mg/L		19	19	VP	200	0	0
Metais em solução								
Alumínio - Al	mg/L		-0,1	-0,1	VP	0,2	0	0
Antimónio - Sb	mg/L		-0,001	-0,001	VP	0,005	0	0
Arsénio - As	mg/L		-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	0
Bário - Ba	mg/L		-0,05	-0,05	Canadá	1	0	0
Berílio - Be	mg/L		-0,001	-0,001	Canadá	0,004	0	0
Boro - B	mg/L		-0,1	-0,1	Canadá	5	0	0
Cádmio - Cd	mg/L		-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	0	0
Chumbo - Pb	mg/L		-0,005	0,03	LQ e L	0,01	1	1
Cobalto - Co	mg/L		-0,003	-0,003	Canadá	0,0038	0	0
Cobre - Cu	mg/L		0,01	0,13	VP	2	0	0
Crómio - Cr	mg/L		-0,001	0,0011	VP	0,05	0	0
Ferro - Fe	mg/L		0,73	2,3	VP	0,2	2	2
Fluoreto - F	mg/L		0,27	0,25	VP	1,5	0	0
Fosfato - PO ₄	mg/L		0,24	0,22	-	-	0	0
Lítio - Li	mg/L		0,02	-0,005	-	-	0	0
Manganês - Mn	mg/L		0,036	0,037	VP	0,05	0	0
Mercurio - Hg	µg/L		-0,05	-0,05	LQ e L	1	0	0
Molibdeno - Mo	mg/L		-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0	0
Níquel - Ni	mg/L		-0,005	-0,005	VP	0,02	0	0
Selénio - Se	mg/L		-0,0009	-0,0009	VP	0,01	0	0
Tálio - Tl	mg/L		-	-0,0005	Canadá	0,002	0	0
Vanádio - V	mg/L		0,00426	0,00257	Canadá	0,0062	0	0
Zinco - Zn	mg/L		0,14	1	Canadá	1,1	0	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP								
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L		-38	-38	Canadá	750	0	0
HTP (C10-C12)	µg/L		-10	-10	-	-	0	0
HTP (C12-C16)	µg/L		-10	-10	-	-	0	0
HTP (C16-C21)	µg/L		-10	-10	-	-	0	0
HTP (C21-C30)	µg/L		-15	18	-	-	0	1
HTP (C30-C35)	µg/L		-10	-10	-	-	0	0
HTP (C35-C40)	µg/L		-10	-10	-	-	0	0
BTEX								
Benzeno	µg/L		-0,05	0,10	VP e L	1	0	1
Etilbenzeno	µg/L		-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Meta-para xileno	µg/L		-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Orto-xileno	µg/L		-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L		0,06	0,10	L	1,3	0	2
Soma BTEX	µg/L		0,06	0,20	-	-	0	2
Soma xilenes	µg/L		0,00	0,00	-	-	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
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L		-0,1	-0,1	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-Dicloroetano	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L		-0,2	-0,2	-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L		-0,1	-0,1	VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromodichlorometano	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	16	0	0
Bromometano	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
Clorato de vinilo	µg/L		-0,2	-0,2	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0
Clorotano	µg/L		-0,1	-0,1	-	-	0	0
Clorofórmio (ou Triclorometano)	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L		-0,2	-0,2	-	-	0	0
Dibromoclorometano	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L		-0,2	-0,2	-	-	0	0
Diclorometano	µg/L		-0,2	-0,2	-	-	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L		-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Tetraclorometano	µg/L		-0,05	-0,05	-	-	0	0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
Tribromometano (ou bromofórmio)	µg/L		-0,05	-0,5	-	-	0	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L		-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Triclorofluorometano	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	150	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados								
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L		-0,05	-0,05	-	-	0	0
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L		-0,05	-0,05	-	-	0	0
Estireno	µg/L		-0,1	-0,1	Canadá	5,4	0	0
Isopropilbenzeno	µg/L		-0,05	-0,05	-	-	0	0
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L		-0,3	-0,3	L	0,65	0	0
n-Butilbenzeno	µg/L		-0,05	-0,05	-	-	0	0
n-Propilbenzeno	µg/L		-0,05	-0,05	-	-	0	0
p-Isopropiltolueno	µg/L		-0,05	0,2	-	-	0	1
sec-Butilbenzeno	µg/L		-0,05	-0,05	-	-	0	0
tert-Butil álcool	µg/L		-0,2	-2	-	-	0	0
tert-Butilbenzeno	µg/L		-0,05	-0,05	-	-	0	0
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)								
Acenafteño	µg/L		-0,005	-0,005	L	0,0065	0	0
Acenafteño	µg/L		-0,005	-0,005	L	0,013	0	0
Antraceno	µg/L		-0,005	0,005	L	0,1	0	1
Benzo(a)antraceno	µg/L		-0,005	0,005	L	0,0065	0	1
Benzo(a)pireno	µg/L		-0,005	-0,005	L	0,01	0	0
Benzo(b)fluoranteno	µg/L		-0,005	-0,005	L	0,1	0	0
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L		-0,005	-0,005	L	0,1	0	0
Benzo(k)fluoranteno	µg/L		-0,005	-0,005	L	0,1	0	0
Criseno	µg/L		-0,005	0,005	L	0,0065	0	1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L		-0,005	-0,005	L	0,0065	0	0
Fenantreno	µg/L		-0,005	0,02	L	0,0065	1	1
Fluoranteno	µg/L		-0,005	0,015	L	0,1	0	1
Fluoreno	µg/L		-0,005	-0,005	L	0,0065	0	0
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L		-0,005	-0,005	L	0,1	0	0
Naftaleno	µg/L		-0,005	-0,005	L	2,4	0	0
Pireno	µg/L		-0,005	0,011	L	0,003	1	1
Soma de 4 HAP (DL 306/2007)	µg/L		-0,02	0,000	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 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano
Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)
* - significa "<=;"
A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada
A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página intencionalmente deixada em branco

A análise dos resultados permite confirmar que se trata de uma água muito pouco mineralizada, com valores de cloreto (Cl⁻) e de sódio (Na⁺) muito inferiores aos valores típicos da água do aquífero basal (mediana Cl⁻ = 162,5 mg/L e Na⁺ = 96,2 mg/L, cf. Quadros *et al.*, 2018), confirmando tratar-se de água da formação hidrogeológica suspensa e não ao aquífero basal. A concentração em fluoreto também é típica das formações suspensas.

Os metais pesados cujo valor estava acima da norma foram o ferro e o chumbo, este último acima de mais do que uma norma. Os restantes metais pesados apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação ou valores muito baixos.

Na primeira campanha, os hidrocarbonetos apresentaram valores abaixo dos respetivos limites de quantificação, com exceção do tolueno e do índice de fenóis. Na campanha de outubro de 2019 observam-se alguns hidrocarbonetos (HTP, BTEX, COV e HAP), acima do limite de quantificação e acima dos limiares estabelecidos pela APA, para o caso do fenantreno e do pireno, embora muito abaixo dos valores estabelecidos noutros países. Atendendo a que todos estes hidrocarbonetos existem nos solos analisados (Leitão, Mota e Antunes, 2019) é natural que resultem de processos de lixiviação durante episódios de precipitação.

3.6.4 Conclusões e recomendações

Na campanha de outubro de 2019 observa-se a presença de fenantreno e de pireno acima dos limiares estabelecidos pela APA, embora muito abaixo das normas estabelecidas noutros países. Atendendo a que todos estes hidrocarbonetos existem nos solos analisados (Leitão, Mota e Antunes, 2019) é natural que resultem de processos de lixiviação durante episódios de precipitação

Com base nos resultados obtidos, mantem-se a sugestão de monitorizar a qualidade da água e remover os solos contaminados até às profundidades de 0,2 a 0,5 m e a revisão da análise de risco apresentada, atendendo ao uso essencialmente agrícola do local.

3.7 Site 5010: Medium Port Command

3.7.1 Contexto histórico

O Site 5010 localiza-se nas docas da Praia da Vitória, compreendendo toda a parte NE da baía da Praia, numa área aproximada de 50 000 m² (Figura 3.19). Trata-se do local de apoio à entrada e distribuição de combustível para a ilha através de diversos *pipelines*. As principais fontes potenciais de contaminação estão associadas a fugas de combustível e a atividades de apoio de diferentes edifícios onde poderão ter ocorrido derrames de fluidos de automóveis, tintas e solventes. Em CH2MHILL (2004) este local foi considerado um Site Potencialmente Contaminado.

Apesar de esta área ter apresentado solos contaminados por HTP e HAP em diversos locais, a análise do risco não recomendou nenhuma ação de reabilitação com base no facto de o local se encontrar pavimentado e de a utilização corrente do local ser limitada. No entanto, recomenda que a água do porto adjacente à área dos solos impactados por hidrocarbonetos seja monitorizada periodicamente.



Figura 3.19 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5010

Os solos analisados em 2018 nas três sondagens/piezómetros (Leitão, Mota e Antunes, 2019) revelaram a presença de HTP e HAP, acima dos limites do Canadá para o caso dos HAP em diversas amostras dos piezómetros 5010-S2 e 5010-S3. Não foram detetados COV nem BTEX. As análises às águas subterrâneas apresentaram COV e HAP, mas com concentrações abaixo das normas, sendo as concentrações mais altas encontradas no piezómetro 5010-S2, a jusante dos solos mais contaminados identificados em estudos anteriores.

Neste relatório apresentam-se os resultados da campanha semestral da qualidade das águas subterrâneas.

3.7.2 Plano de monitorização

O plano de monitorização do Site 5010 incluiu a análise da qualidade das águas subterrâneas nos três piezómetros, cujas características são apresentadas no Quadro 3.12. Neste local, o aquífero basal encontra-se apenas a cerca de 2 m de profundidade.

Quadro 3.12 – Principais características dos piezómetros do Site 5010

Piezómetro	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)	Nível piezométrico após perfuração (m)	Ano construção
5010-S1	495217,78	4287040,89	2,37	4,5	1,5	4,5	2,05	2018
5010-S2	495312,12	4287013,60	2,21	3,0	1,0	3,0	1,82	2018
5010-S3	495497,59	4286839,48	2,87	4,5	1,0	4,5	2,70	2018

3.7.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.13 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos três piezómetros do Site 5010, em outubro de 2019.

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 3.13 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 5010, em outubro de 2019

Designação local	5010-S1	5010-S2	5010-S3				
Data amostragem	04-10-2019	04-10-2019	04-10-2019				
Parâmetro	Unidade			Norma	Valor	N.º ocorrências acima da norma	N.º ocorrências acima do limite de quantificação
In situ							
Temperatura	oC	21,4	21,5	21,7	-	-	-
pH	Sorensen	7,95	8,06	7,99	LQ e L	5,5; 9	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	870	545	51840	LQ e L	2500	1
Potencial redox (Eh)	mV	166	185	187,1	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L	1,55	2,01	4,31	-	-	-
Parâmetros agregados							
Índice de fenóis	mg/L	0,14	0,076	0,087	Canadá	0,89	0
Iões maiores							
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	340	260	150	-	-	0
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-	-	0
Cloro - Cl	mg/L	70	45	22000	LQ e L	250	1
Nitrato - NO ₃	mg/L	6,7	6,5	-10	NQ	50	0
Sulfato - SO ₄	mg/L	30	13	2900	LQ e L	250	1
Cálcio - Ca	mg/L	48	51	410	-	-	0
Magnésio - Mg	mg/L	31	22	1300	-	-	0
Potássio - K	mg/L	15	9,2	420	-	-	0
Sódio - Na	mg/L	66	34	11000	VP	200	1
Metais em solução							
Alumínio - Al	mg/L	0,27	0,5	0,11	VP	0,2	2
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	0,0015	-0,001	VP	0,005	0
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0
Bário - Ba	mg/L	-0,05	-0,05	-0,05	Canadá	1	0
Bérblio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	Canadá	0,004	0
Boro - B	mg/L	0,33	0,19	4,7	Canadá	5	0
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	0
Chumbo - Pb	mg/L	0,024	0,028	-0,05	LQ e L	0,01	2
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	Canadá	0,0038	0
Cobre - Cu	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	VP	2	0
Crómio - Cr	mg/L	-0,001	0,011	-0,001	VP	0,05	0
Ferro - Fe	mg/L	0,38	0,86	0,13	VP	0,2	2
Fluoreto - F	mg/L	0,59	0,56	1,4	VP	1,5	0
Fosfato - PO ₄	mg/L	0,33	0,67	-0,15	-	-	0
Lítio - Li	mg/L	0,01	0,01	0,4	-	-	0
Manganês - Mn	mg/L	0,2	0,087	-0,01	VP	0,05	2
Mercurio - Hg	µg/L	-0,05	-0,05	-0,5	LQ e L	1	0
Molibdeno - Mo	mg/L	0,0055	-0,005	0,012	Canadá	0,07	0
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	VP	0,02	0
Selénio - Se	mg/L	0,0018	0,00099	-0,0009	VP	0,01	0
Tálio - Tl	mg/L	-0,0005	-0,0005	-0,0005	Canadá	0,002	0
Vandádio - V	mg/L	-0,0002	-0,0002	-0,0002	Canadá	0,0062	0
Zinco - Zn	mg/L	0,011	-0,01	-0,01	Canadá	1,1	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP							
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L	-38	-38	-38	Canadá	750	0
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	-10	-	-	0
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-10	-	-	0
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-	-	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-15	-	-	0
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-	-	0
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-	-	0
BTEX							
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0
Etilbenzeno	µg/L	0,30	0,30	0,40	L	1,3	3
Meta-para-xileno	µg/L	1,30	1,50	2,10	L	1,3	3
Orto-xileno	µg/L	0,60	0,80	1,10	L	1,3	3
Tolueno	µg/L	0,20	0,30	0,40	L	1,3	3
Soma BTEX	µg/L	2,40	2,90	4,00	-	-	0
Soma xilenes	µg/L	1,90	2,30	3,20	-	-	0
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados							
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	200	0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0
1,1-Dicloroeteno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	VP	3	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
2-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
4-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
Bromobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
Bromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
Bromodichlorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	16	0
Bromometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,89	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0
Cloro de vinilo	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	0,5	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	30	0
Cloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0
Clorofórmio (ou Triclorometano)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	2,4	0
Clorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	25	0
Dibromometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0
Diclorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,44	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0
Tetraclorometano	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0
Tribromometano (ou bromofórmio)	µg/L	-0,5	-0,5	-0,5	-	-	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0
Triclorofluorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	150	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados							
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	0,1	0,2	0,3	-	-	0
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	0,05	0,06	-	-	0
Estireno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5,4	0
Isopropilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L	-0,3	-0,3	-0,3	L	0,65	0
n-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
n-Propilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
p-Isopropiltolueno	µg/L	-0,05	0,2	-0,05	-	-	1
sec-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
tert-Butil álcool	µg/L	-2	-2	-2	-	-	0
tert-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)							
Acenafteno	µg/L	-0,005	-0,005	0,007	L	0,0065	1
Acenaftileno	µg/L	-0,005	-0,005	0,087	L	0,013	1
Antraceno	µg/L	0,016	0,017	0,96	L	0,1	3
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,007	-0,005	0,15	L	0,0065	2
Benzo(a)pireno	µg/L	-0,005	0,007	0,3	L	0,01	1
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	-0,005	0,007	0,16	L	0,1	2
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	-0,005	-0,005	0,2	L	0,1	1
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	-0,005	-0,005	0,095	L	0,1	0
Criseno	µg/L	0,008	0,007	0,35	L	0,0065	3
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	-0,005	-0,005	0,019	L	0,0065	1
Fenantreno	µg/L	0,041	0,03	1,5	L	0,0065	3
Fluoranteno	µg/L	0,031	0,017	0,81	L	0,1	1
Fluoreno	µg/L	-0,005	-0,005	0,21	L	0,0065	1
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	-0,005	-0,005	0,12	L	0,1	1
Naftaleno	µg/L	-0,005	0,01	0,013	L	2,4	2
Pireno	µg/L	0,15	0,014	0,77	L	0,003	3
Soma de 4 HAP (DL 306/2007)	µg/L	0,000	0,007	0,575	VP	0,1	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 - Limiares definidos nos PGRH
VP - Valor Paramétrico, DL 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano
Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)
"-" significa "<"

A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada

A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página intencionalmente deixada em branco

Os resultados obtidos para as águas subterrâneas do Site 5010 apresentam um agravamento da contaminação. Embora os HTP continuem ausentes, surgem pela primeira vez BTEX nas águas dos três piezómetros, com valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA para o caso do meta-para xileno (Figura 3.20). Além da presença de COV não halogenados nos três piezómetros (1,2,4-trimetilbenzeno, 1,3,5-trimetilbenzeno e p-isopropiltolueno, cf. Quadro 3.13), que substituem outros três COV halogenados que apareceram com concentrações acima do limite de quantificação (estes parâmetros não têm normas definidas) em outubro de 2018, observa-se a presença de diversos HAP acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA que, em diversos casos, também estão acima dos limites estabelecidos noutros países (Canadá e Holanda), sendo o piezómetro 5010-S3 o que apresenta as maiores concentrações, com quase todos os HAP acima das normas (cf. Figura 3.21).

A deterioração da qualidade nos três piezómetros nesta campanha poderá estar relacionada com a elevada precipitação ocorrida no período anterior à campanha e subsequente lixiviação dos contaminantes no solo até atingir as águas subterrâneas que, neste local, se encontram apenas a cerca de 2 m de profundidade. No dia da amostragem, a 4/10/2019, foi observada a presença de uma barreira absorvente a flutuar sobre a água do mar junto ao piezómetro 5010-S3, durante operações de manutenção do *pipeline*, desconhecendo-se se a sua intensão era preventiva e se terá havido algum derrame que justificasse os hidrocarbonetos encontrados. Os valores muito elevados de cloreto, sódio, sulfatos, lítio e de condutividade elétrica no piezómetro 5013-S3 confirmam a influência da água do mar neste ponto próximo da linha de costa.

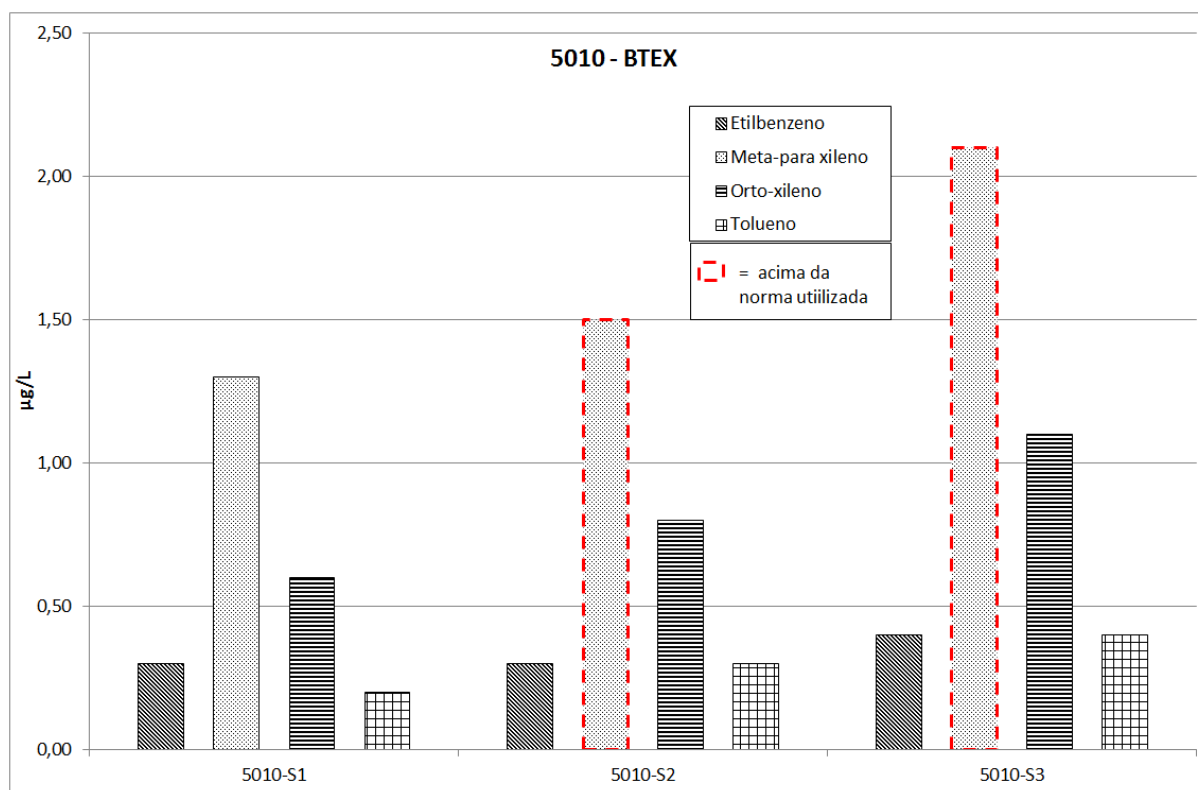


Figura 3.20 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5010, em outubro de 2019

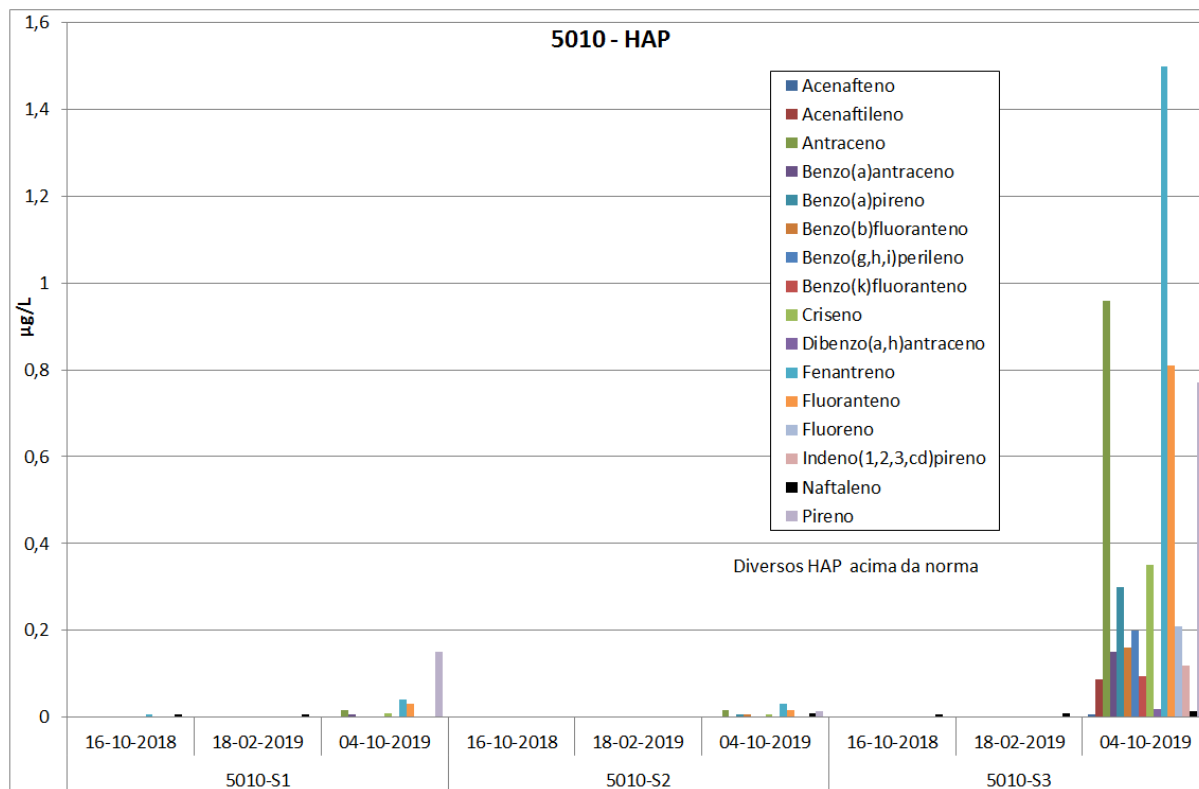


Figura 3.21 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5010, em três campanhas

Os metais pesados que se encontram acima da norma mantêm-se idênticos aos das campanhas anteriores (Al, Pb, Fe, Mn e V), onde apenas o chumbo deverá ter origem na contaminação de solos sendo os restantes resultados atribuídos à natureza vulcânica dos solos. Os metais pesados acima da norma para os solos (e.g. As, Cu e Zn) apresentaram valores baixos ou inferiores ao limite de quantificação nas águas subterrâneas.

3.7.4 Conclusões e recomendações

Os resultados obtidos para as águas subterrâneas do Site 5010 apresentam um agravamento da contaminação quando comparados com as campanhas anteriores. Embora os HTP continuem ausentes, surgem pela primeira vez BTEX nas águas dos três piezómetros, com o meta-para xileno acima dos limites de qualidade estabelecidos pela APA (piezómetros 5010-S2 e 5010-S3). Existem diversos HAP acima dos limites estabelecidos pela APA (acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3,cd)pireno e pireno) e, nalguns casos, acima dos limites adotados pela Canadá, sendo o piezómetro 5010-S3 aquele que apresenta pior qualidade.

O Site 5010 é uma área sensível em função da sua proximidade ao porto e à praia, bem como a sua localização dentro da cidade de Praia de Vitória. Os solos amostrados revelaram a presença de HTP e HAP, acima dos limites do Canadá para o caso dos HAP em diversas amostras. Embora os resultados das análises das águas subterrâneas para as duas primeiras campanhas tenham apresentado COV e

HAP, mas com concentrações abaixo das normas, nesta campanha foram medidos diversos HAP acima de diversas normas, além do meta-para xileno acima do limiar estabelecido pela APA. Este facto vem reforçar a recomendação apresentada pelo LNEC abaixo transcrita.

Atendendo ao facto de parte da área pavimentada estar em más condições, permitindo infiltração da água da chuva e arraste de contaminantes, e considerando a presença de águas subterrâneas do aquífero baso a poucos metros de profundidade e a proximidade do mar, sugere-se que as medidas indicadas na análise do risco apenas para o caso de mudança do uso do local sejam, desde já, postas em prática. Nelas se incluem a remoção do solo nos locais contaminados (< 0,3 m) para local de tratamento, e a posterior repavimentação das zonas não pavimentadas ou com pavimento danificado, por forma a evitar o contacto dérmico, a inalação, ou a ingestão acidental de solo contaminado, bem como para evitar a infiltração de água de superfície que pode mobilizar contaminantes para as águas subterrâneas ou para as águas do porto.

A evolução da qualidade das águas subterrâneas deve ser monitorizada para averiguar se as medidas são suficientes para haver uma melhoria da qualidade das águas.

3.8 Site 5013: Military Highway Spill

3.8.1 Contexto histórico

O Site 5013 localiza-se numa bifurcação da estrada (também conhecida por estrada militar, Figura 3.22) que liga o Site 5001, *South Tank Farm*, à Base das Lajes. Trata-se de uma propriedade habitualmente utilizada para a pastorícia, localizada junto a dois furos de captação, Juncal 1 e Juncal 2.

Neste local encontra-se enterrado um *pipeline* antigo, entretanto desativado, e que foi usado para transporte de combustível. Atualmente passa junto a este local um *pipeline* em funcionamento. A contaminação referida para este Site deveu-se a um grande derrame ocorrido em 1984, onde foram vertidos cerca de 56 000 litros (15 000 galões), motivo que o levou a ser considerado um Site Potencialmente Contaminado, de maior risco (CH2MHILL, 2004). Após ter sido paga uma indemnização ao proprietário deste terreno, o Site foi considerado pelos EUA encerrado (65 CES/CEAN, 2010).

Apesar do Site 5013 ter sido considerado contaminado, o único estudo que se conhece foi feito em 2018/19 (Leitão, Mota e Antunes, 2019), onde se efetuou uma análise dos solos e das águas subterrâneas na zona do derrame, através de três sondagens/piezómetros (Figura 3.22).

As concentrações nos solos são inferiores aos limites de quantificação para BTEX e COV (com exceção do diclorometano que aparece em todas as sondagens, embora em concentrações muito inferiores ao valor de intervenção das normas da Holanda). Relativamente aos HAP, observam-se valores acima dos limites de quantificação em todos os solos mais superficiais, com valores acima dos limites do Canadá na amostra até 0,2 m recolhida na sondagem 5013-S2.

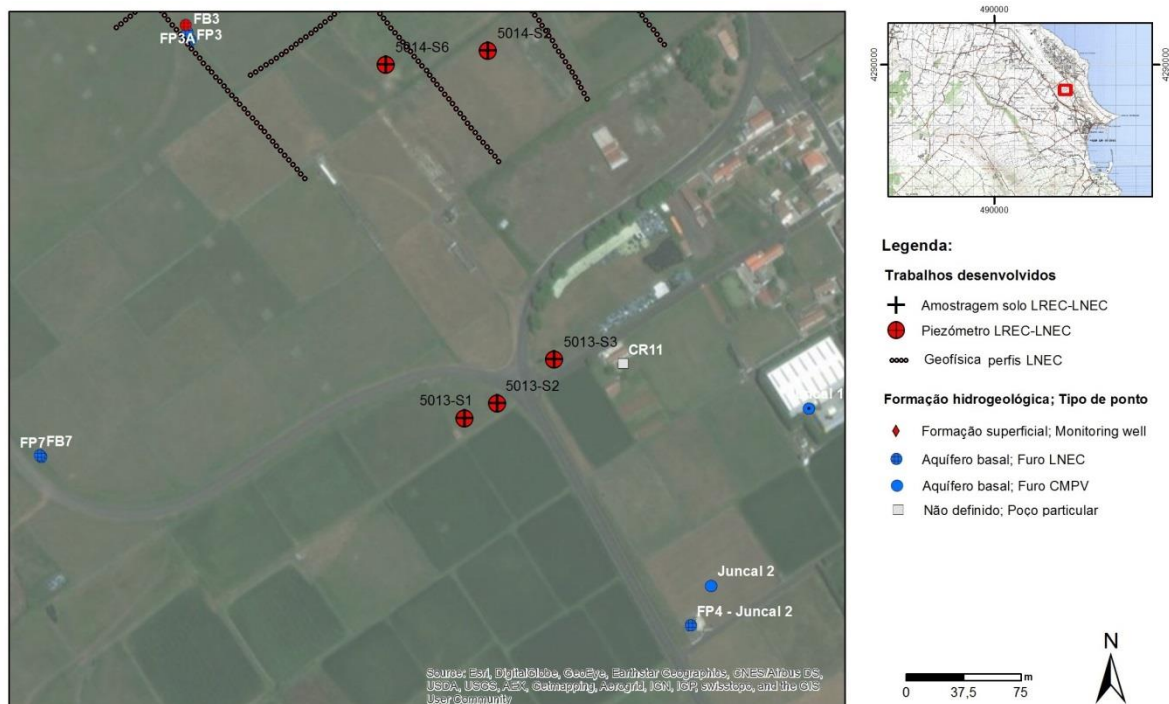


Figura 3.22 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5013

3.8.2 Plano de monitorização

O plano de monitorização do Site 5013 integrou a análise da qualidade das águas subterrâneas nos três piezômetros, cujas características são apresentadas no Quadro 3.14. O piezómetro 5013-S2 nunca teve água. Em outubro de 2019 apenas o 5013-S3 tinha água. Crê-se que este local corresponde à parte terminal da formação hidrogeológica superficial.

Quadro 3.14 – Principais características dos piezómetros do Site 5013

Piezómetro	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)	Nível piezométrico após perfuração (m)	Ano construção
5013-S1	493516,74	4288719,30	56,92	14,3	10,3	14,3	13,45	2018
5013-S2	493537,27	4288729,22	56,40	7,3	5,3	7,3	n.d.	2018
5013-S3	493574,98	4288757,92	55,60	9	7,9	9,0	6,65	2018

Nota: n.d. - não detetado

3.8.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.15 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de águas recolhidas nos piezómetros 5013-S1 e 5013-S3 nas diversas campanhas.

Página intencionalmente deixada em branco

O piezómetro 5013-S3 apresentou, na campanha de outubro de 2019, etilbenzeno, clorometano e tetracloroetileno (PCE) acima do limite de quantificação, além de cinco HAP, três dos quais acima dos limites estabelecidos pela APA, mas bastante inferiores aos limites estabelecidos noutros países. Em campanhas anteriores, o único hidrocarboneto acima do limite de quantificação tinha sido o naftaleno. Recomenda-se que seja mantida a monitorização para avaliar a evolução desta situação.

Nas duas campanhas em que houve água no piezómetro 5013-S1, apenas se encontrou etilbenzeno (BTEX) e naftaleno ligeiramente acima dos respetivos limites de quantificação.

Os metais e metalóides identificados nesta última campanha são idênticos aos das campanhas anteriores. É possível que o chumbo tenha a sua origem em processos de contaminação.

3.8.4 Conclusões e recomendações

As concentrações de hidrocarbonetos nas águas subterrâneas foram superiores às das campanhas anteriores, com valores de três HAP acima dos limites estabelecidos pela APA, mas bastante inferiores aos limites estabelecidos noutros países (criseno, fenantreno e pireno) no único piezómetro com água, o 5013-S3. Importa manter a monitorização semestral das águas subterrâneas para avaliar a evolução da situação.

Atendendo ao uso do solo para pastagem e aos valores agora medidos nas águas subterrâneas, mantém-se a sugestão de remover os primeiros 0,2 m dos solos na área envolvente ao 5013-S2.

3.9 Site 5014: Former Running Track

3.9.1 Contexto histórico

O Site 5014 começou por ser uma área com vários armazéns nos anos 1950 e início dos anos 1960. Nos anos 1960, a área foi utilizada como pista de corridas e campo de basebol e, posteriormente, entre 1982 e 1986, para a deposição dos solos removidos durante a reconstrução da *South Tank Farm* (Site 5001). O Site 5014 ocupa uma área com cerca de 67 200 m².

A principal questão ambiental deste Site é a potencial contaminação dos solos com combustível, quer resultante da transferência dos solos do Site 5001 quer resultante da passagem de *pipelines* vindo do Site 5001 para o Site 3001, bem como por diversos tipos de materiais depositados, cuja natureza se desconhece.

A Figura 3.23 apresenta a localização do Site 5014 com os piezómetros e os perfis de geofísica realizados pelo LNEC em 2018 (Leitão, Mota e Antunes, 2019). Em CH2MHILL (2004) este local foi considerado um Site Potencialmente Contaminado.

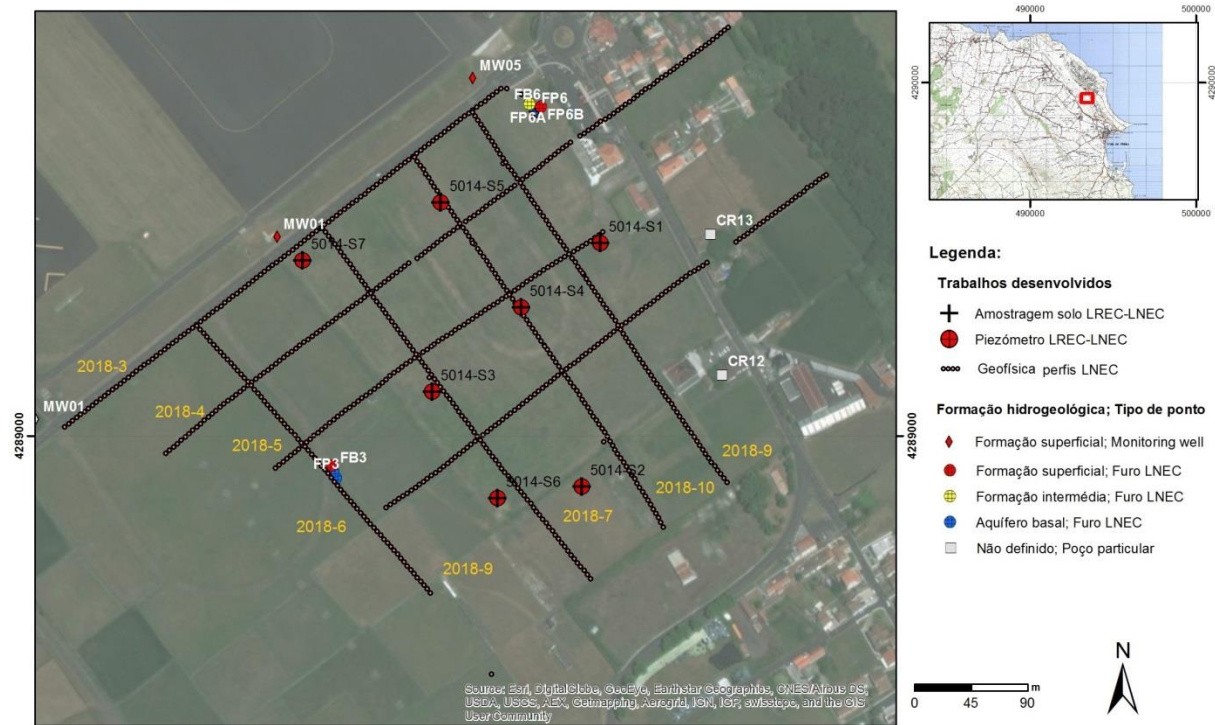


Figura 3.23 – Mapa dos pontos de amostragem do Site 5014

Os resultados obtidos em estudos anteriores (AMEC, 2011a) revelaram a presença de hidrocarbonetos essencialmente nas camadas mais profundas do solo analisado, sugerindo processos de lixiviação para camadas inferiores ou perdas junto ao *pipeline* antigo. Em 2016 houve um novo derrame de combustível a montante desta área, junto ao MW01. Os resultados apresentados em Leitão, Mota e Antunes (2019) referem a presença de diversos hidrocarbonetos nos solos e nas águas subterrâneas acima das normas, concluindo ser necessária a caracterização do Site 5014 com maior detalhe para delinear um programa visando a sua rápida reabilitação, nomeadamente da aparente fuga de combustível pode estar a ocorrer junto ao piezómetro 5014-S3.

3.9.2 Plano de monitorização

O plano de monitorização do Site 5014 consistiu na análise da evolução da qualidade das águas subterrâneas nos piezómetros instalados na área, além de um poço localizado na vizinhança, cujas características são apresentadas no Quadro 3.16.

Quadro 3.16 – Principais características dos piezómetros e do poço do Site 5014

Piezómetro	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)	Nível piezométrico após perfuração (m)	Ano construção
5014-S1	493546,51	4289151,93	53,58	6,0	2,0	6,0	2,70	2018
5014-S2	493532,00	4288959,48	54,829	6,0	4,0	6,0	4,45	2018
5014-S3	493413,70	4289034,41	56,475	6,8	1,8	6,8	5,80	2018
5014-S4	493484,04	4289101,03	54,861	7,4	2,4	7,4	4,77	2018
5014-S5	493420,63	4289184,02	54,357	7,6	2,6	7,6	3,92	2018
5014-S6	493465,31	4288950,32	56,907	6,0	3,0	6,0	n.d.	2018
5014-S7	493311,41	4289138,13	55,13	8,6	3,6	8,6	3,95	2018
5014-CR12	493643,0	4289048,0	54,04	6,56	-	-	-	Desconhecido

3.9.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.17 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 5014, em outubro de 2019.

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 3.17 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5014, em outubro de 2019

Designação local	5014-S1	5014-S2	5014-S3	5014-S4	5014-S5	5014-S6	5014-S7	5014-CR12				
Data amostragem	05-10-2019	05-10-2019	03-10-2019	05-10-2019	05-10-2019	03-10-2019	03-10-2019	02-10-2019				
Parâmetro	Unidade								Norma	Valor	N.º ocorrências acima da norma	N.º ocorrências acima do limite de quantificação
In situ												
Temperatura	oC								-	-	-	-
pH	Sorensen								-	-	-	-
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)								LQ e L	5,5; 9	0	0
Potencial redox (Eh)	mV								-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L								-	-	-	-
Parâmetros agregados												
Índice de fenóis	mg/L								Canadá	0,89	0	7
Iões maiores												
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L								-	-	0	0
Carbonato - CO ₃	mg/L								-	-	0	0
Cloreto - Cl	mg/L								LQ e L	250	0	0
Nitrato - NO ₃	mg/L								NQ	50	0	0
Sulfato - SO ₄	mg/L								LQ e L	250	0	0
Cálcio - Ca	mg/L								-	-	0	0
Magnésio - Mg	mg/L								-	-	0	0
Potássio - K	mg/L								-	-	0	0
Sódio - Na	mg/L								VP	200	0	0
Metais em solução												
Alumínio - Al	mg/L								VP	0,2	6	6
Antimónio - Sb	mg/L								VP	0,005	0	0
Arsénio - As	mg/L								LQ e L	0,01	0	0
Bário - Ba	mg/L								Canadá	1	0	0
Bérblio - Be	mg/L								Canadá	0,004	0	0
Boro - B	mg/L								Canadá	5	0	0
Cádmio - Cd	mg/L								LQ e L	0,005	0	0
Chumbo - Pb	mg/L								LQ e L	0,01	6	6
Cobalto - Co	mg/L								Canadá	0,0038	0	0
Cobre - Cu	mg/L								VP	2	0	0
Crómio - Cr	mg/L								VP	0,05	0	0
Ferro - Fe	mg/L								VP	0,2	6	6
Fluoreto - F	mg/L								VP	1,5	0	0
Fosfato - PO ₄	mg/L								-	-	0	0
Lítio - Li	mg/L								-	-	0	0
Manganês - Mn	mg/L								VP	0,05	7	7
Mercurio - Hg	µg/L								LQ e L	1	0	0
Molibdeno - Mo	mg/L								Canadá	0,07	0	0
Níquel - Ni	mg/L								VP	0,02	0	0
Selénio - Se	mg/L								VP	0,01	0	0
Tálio - Tl	mg/L								Canadá	0,002	0	0
Vanádio - V	mg/L								Canadá	0,0062	1	1
Zinco - Zn	mg/L								Canadá	1,1	0	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP												
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L								Canadá	750	0	2
HTP (C10-C12)	µg/L								-	-	1	1
HTP (C12-C16)	µg/L								-	-	2	2
HTP (C16-C21)	µg/L								-	-	1	1
HTP (C21-C30)	µg/L								-	-	0	0
HTP (C30-C35)	µg/L								-	-	1	1
HTP (C35-C40)	µg/L								-	-	0	0
BTEX												
Benzeno	µg/L								VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L								L	1,3	0	5
Meta-para-xileno	µg/L								L	1,3	3	7
Orto-xileno	µg/L								L	1,3	0	6
Tolueno	µg/L								L	1,3	0	6
Soma BTEX	µg/L								-	-	0	7
Soma xilenos	µg/L								-	-	0	7
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados												
1,1,1,2-Tetracloretoano	µg/L								Canadá	1,1	0	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L								Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloretoano	µg/L								Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L								Canadá	4,7	0	1
1,1-Dicloroetano	µg/L								Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L								Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L								-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L								-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L								-	-	0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L								Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L								-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L								-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L								Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L								VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L								-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L								-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L								-	-	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L								-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L								Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L								-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L								-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L								-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L								-	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L								-	-	0	0
Bromodichlorometano	µg/L								Canadá	16	0	0
Bromometano	µg/L								Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L								Canadá	1,6	1	3
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L								Canadá	0,5	0	0
Cloreto de vinilo	µg/L								Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L								Canadá	30	0	0
Cloroetano	µg/L								-	-	0	0
Clorofórmio (ou Triclorometano)	µg/L								Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L								-	-	0	0
Dibromoclorometano	µg/L								Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L								-	-	0	0
Diclorometano	µg/L								-	-	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L								Canadá	0,44	0	0
Tetracloretoileno (PCE)	µg/L								L	0,65	0	1
Tetraclorometano	µg/L								-	-	0	0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L								Canadá	1,6	0	0
trans-1,3-Dicloropropano	µg/L								Canadá	0,5	0	0
Tribromometano (ou bromofórmio)	µg/L								-	-	0	0
Tricloroetano (TCE)	µg/L								L	0,65	1	3
Triclorofluorometano	µg/L								Canadá	150	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados												
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L								-	-	0	6
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L								-	-	0	2
Estireno	µg/L								Canadá	5,4	0	0
Isopropilbenzeno	µg/L								-	-	0	0
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L								L	0,65	0	0
n-Butilbenzeno	µg/L								-	-	0	0
n-Propilbenzeno	µg/L								-	-	0	0
p-Isopropiltolueno	µg/L								-	-	0	1
sec-Butilbenzeno	µg/L								-	-	0	0
tert-Butil álcool	µg/L								-	-	0	4
tert-Butilbenzeno	µg/L								-	-	0	3
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)												
Acenafteno	µg/L								L	0,0065	1	1
Acenaftileno	µg/L								L	0,013	0	1
Antraceno	µg/L								L	0,1	0	1
Benzo(a)antraceno	µg/L								L	0,0065	0	1
Benzo(a)pireno	µg/L								L	0,1	0	1
Benzo(b)fluoranteno	µg/L								L	0,1	0	1
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L								L	0,1	0	1
Benzo(k)fluoranteno	µg/L								L	0,1	0	0
Criseno	µg/L								L	0,0065	1	1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L								L	0,0065	0	0
Fenantreno	µg/L								L	0,0065	1	2
Fluoranteno	µg/L								L	0,1	0	1
Fluoreno	µg/L								L	0,0065	1	1
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L								L	0,1	0	0
Naftaleno	µg/L								L	2,4	0	7
Pireno	µg/L								L	0,003	2	2
Somá de 4 HAP (DL 306/2007)	µg/L								VP	0,1	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 - Limiares definidos nos PGRH
VP - Valor Paramétrico, DL 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano
Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)
"-." significa "<

A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada
A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página intencionalmente deixada em branco

A Figura 3.24 apresenta os resultados obtidos para a concentração em HTP nas três campanhas efetuadas. Nem sempre foram amostrados todos os piezómetros por se apresentarem secos ou ainda não estarem concluídos (caso do 5014-S7). São os piezómetros 5014-S3 e 5014-S6 os que apresentam maiores concentrações em HTP, embora com oscilações assinaláveis entre as campanhas. As concentrações apenas ultrapassaram as normas (apenas definidas para a soma de HTP, 750 µg/L) do Canadá no piezómetro 5014-S3, na campanha de outubro de 2018. As águas destes dois locais são as únicas que apresentam Eh (potencial oxidação-redução) negativo (cf. Quadro 3.17), típico de ambientes redutores resultantes do consumo de oxigénio pelos microrganismos que degradam os hidrocarbonetos. As oscilações das concentrações verificadas entre campanhas devem resultar da lixiviação dos contaminantes presentes no solo ou da migração lateral destes contaminantes, induzida pelos processos de recarga após eventos de precipitação.

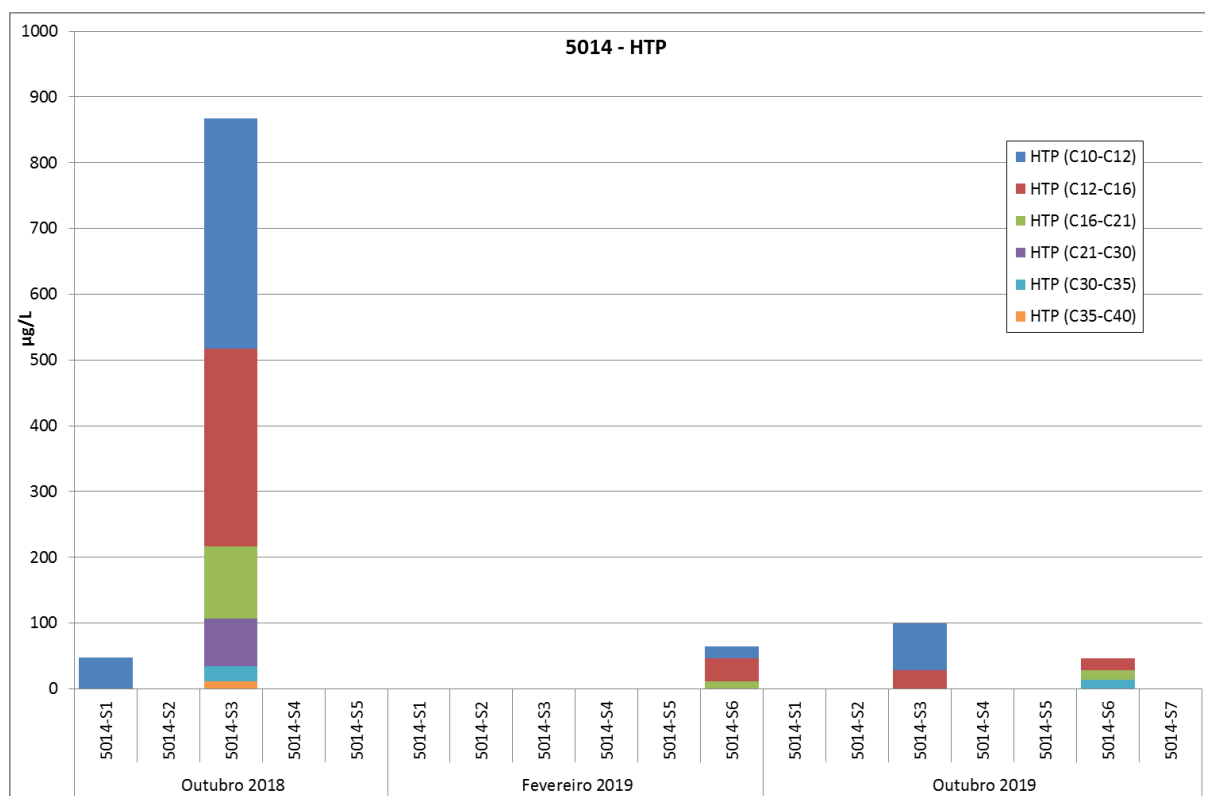


Figura 3.24 – Concentrações em HTP nas águas subterrâneas do Site 5014

O piezómetro 5014-S3 também tem correspondido ao ponto com maior concentração em diversos HAP, embora essa análise não seja tão evidente na campanha de outubro de 2019 (Figura 3.25). Em outubro de 2019, os HAP acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (Quadro 3.17) foram o acenafeno (5014-S3), o criseno (5014-S1), o fenantreno (5014-S1), o fluoreno (5014-S3) e o pireno (5014-S1 e 5014-S6). Os piezómetros 5014-S1, 5014-S3 e 5014-S6 também são os que apresentam mais resultados acima Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA. No entanto, os valores encontrados são muito inferiores às normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda).

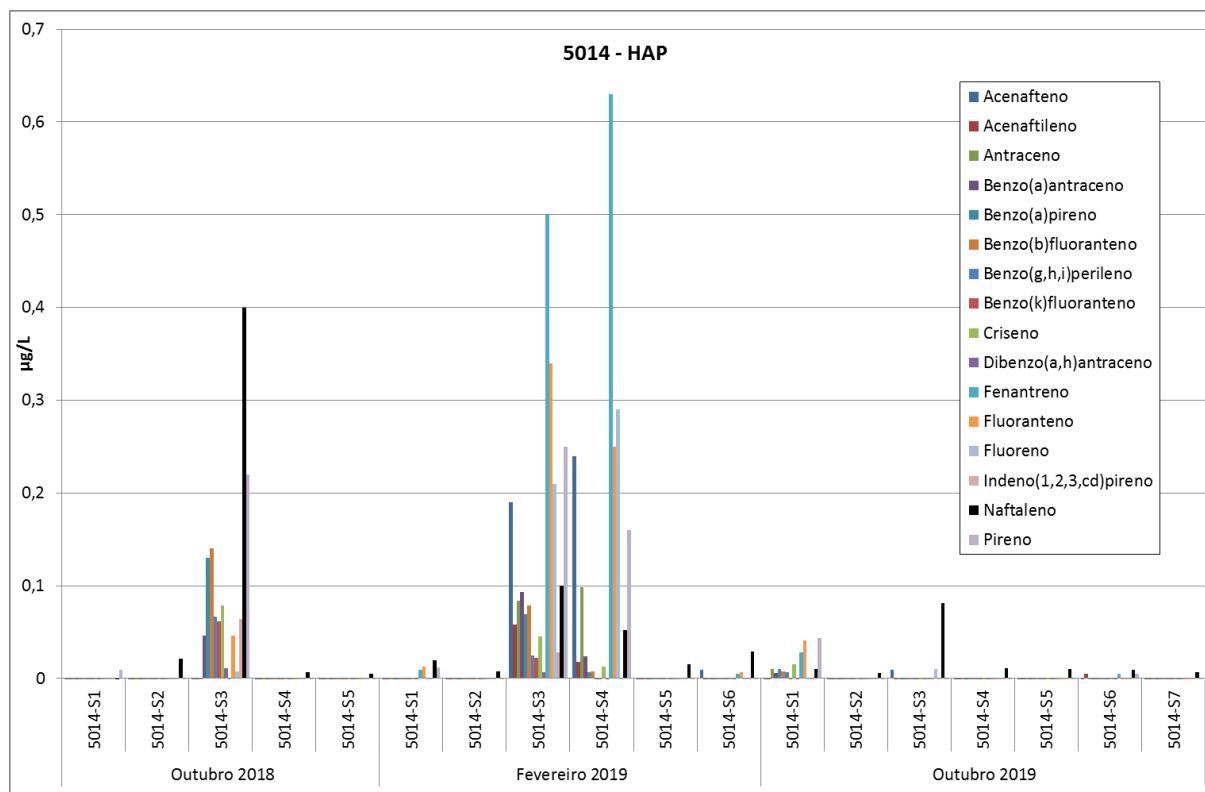


Figura 3.25 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5014

As concentrações em BTEX na campanha de outubro de 2019 apresentam um claro aumento relativamente a campanhas anteriores (Figura 3.26). O Meta-para xileno é o hidrocarboneto que surge acima do Limiar de Qualidade estabelecido pela APA, nos piezómetros 5014-S2, 5014-S4 e 5014-S5 (que são os piezómetros com menos HTP e HAP), embora em concentrações muito abaixo do valor das normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda).

Nas campanhas de outubro (de 2018 e de 2019) foram ainda encontrados COV em todos os piezómetros, com valores acima das normas do Canadá no piezómetro 5014-S2 para o cis-1,2-dicloroetano e acima do Limiar de Qualidade estabelecido pela APA para o TCE no mesmo piezómetro (Quadro 3.17).

O poço CR12, à semelhança das campanhas anteriores, não apresentou nenhum hidrocarboneto acima dos limites de quantificação. A única exceção a esse facto foi a presença de naftaleno na campanha de outubro de 2018.

O desconhecimento dos fenómenos que poderão estar a ocorrer neste Site ainda é grande, mas parece haver um alinhamento entre os resultados dos pontos 5014-S3 e 5014-S6, não só para as águas subterrâneas mas também para os solos, junto ao antigo *pipeline* que poderá conter ainda combustível.

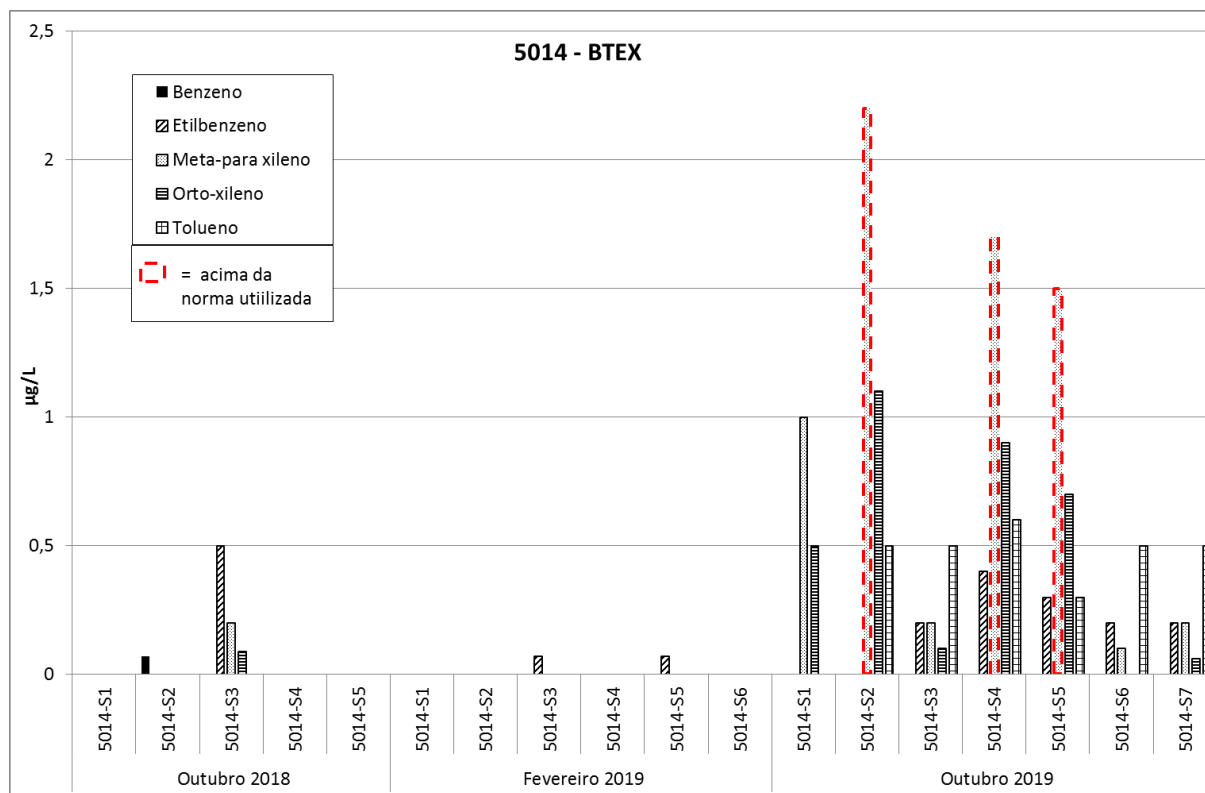


Figura 3.26 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5014

Os metais em solução que se encontram acima da norma foram o Al, Pb, Fe e Mn, de forma idêntica às campanhas anteriores (outubro de 2018: Al, Be, Pb, Co, Fe, Mn, Ni e V; fevereiro de 2019: Al, Pb, Fe, Mn). Apenas o chumbo deverá ser resultado da contaminação sendo os restantes decorrentes da natureza vulcânica dos solos.

3.9.4 Conclusões e recomendações

O Site 5014 apresenta contaminação por HAP, com valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA em diversos piezómetros [acenafteno (5014-S3), criseno (5014-S1), fenantreno (5014-S1), fluoreno (5014-S3), pireno (5014-S1 e 5014-S6)], além de COV (cis-1,2-Dicloroeteno e TCE no 5014-S2) e do BTEX meta-para xileno. Contudo, as concentrações nestes hidrocarbonetos são muito inferiores às normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda), com exceção da concentração em cis-1,2-dicloroeteno que excede as normas do Canadá no piezómetro 5014-S2. São os piezómetros 5014-S3, 5014-S6 e 5014-S1 os que apresentam maiores concentrações em hidrocarbonetos, embora com oscilações assinaláveis entre as campanhas.

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se que os processos de contaminação do Site 5014 sejam caracterizados com maior detalhe e que seja delineado um programa visando a sua rápida reabilitação. Importa conter rapidamente a aparente fuga de combustível que aparenta estar a ocorrer junto ao piezómetro 5014-S3. O facto desta área poder ser uma área de recarga preferencial, atendendo à acumulação da água de precipitação junto das diversas depressões de terreno existentes

neste local, favorece a infiltração de água através de solos poluídos, pelo que se sugere que sejam tomadas medidas para minimizar esse efeito.

4 | Conclusões e recomendações

Neste relatório apresenta-se uma análise dos resultados obtidos na campanha de monitorização da qualidade das águas subterrâneas efetuada em outubro de 2019, comparando os resultados obtidos com os das campanhas anteriores. No final de cada subsecção é apresentada uma síntese das conclusões e das recomendações para cada um dos Sites.

O Quadro 4.1 apresenta uma síntese dos valores acima de uma ou mais normas (Portugal, Canadá ou Holanda) (cf. Anexo) encontrados nas águas analisadas, amostradas na campanha de outubro de 2019.

Quadro 4.1 – Síntese dos parâmetros acima das normas para os Sites monitorizados em outubro de 2019

Site	3001 ^a	3003	5001	5002	5003	5008	5010	5013	5014
Íons maiores									
Cloreto - Cl ⁻	-	-	X	-	-	-	X	-	-
Sulfato - SO ₄ ²⁻	-	-	X	-	-	-	X	-	-
Sódio - Na ⁺	-	-	X	-	-	-	X	-	-
Nitrato - NO ₃ ⁻	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Metais em solução									
Alumínio - Al	X	X	X	X	-	-	X	X	X
Arsénio - As	-	X	X	-	-	-	-	-	-
Berílio - Be	-	-	-	-	-	-	-	X	-
Cádmio - Cd	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Chumbo - Pb	-	-	X	-	-	X	X	X	X
Cobalto - Co	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Ferro - Fe	X	X	X	X	-	X	X	X	X
Fluoreto - F	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Manganês - Mn	X	X	X	X	-	-	X	X	X
Mercurio - Hg	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Níquel - Ni	-	-	-	-	-	-	-	X	-
Vanádio - V	X	X	X	-	-	-	-	X	X
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo – HTP									
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	-	-	X	-	-	-	-	-	-
BTEX									
Etilbenzeno	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Meta-para xileno	-	X	X	-	-	-	X	-	X
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados									
cis-1,2-Dicloroeteno	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Tetracloroetileno (PCE)	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Tricloroetileno (TCE)	X	-	-	-	-	-	-	-	X
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)									
Acenafteno	X	-	X	-	-	-	X	-	X
Acenaftileno	-	-	X	-	-	-	X	-	-
Antraceno	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Benzo(a)antraceno	X	-	X	-	X	-	X	-	-
Benzo(a)pireno	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Benzo(b)fluoranteno	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Benzo(g,h,i)perileno	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Criseno	-	-	X	X	-	-	X	X	X
Dibenzo(a,h)antraceno	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Fenantreno	X	-	X	X	X	X	X	X	X
Fluoranteno	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Fluoreno	X	-	X	-	-	-	X	-	X
Indeno(1,2,3,cd)pireno	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Naftaleno	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Pireno	X	-	X	X	X	X	X	X	X

Nota: ^a – Neste Site há piezómetros não monitorizados por estarem contaminados com LNAPL

X – acima do limiar de qualidade estabelecido pela APA para águas subterrâneas ou de um limite estabelecido noutra norma

X – acima dos limiares estabelecidos por mais de uma norma (cf. anexo)

A análise dos resultados obtidos para os parâmetros acima das normas, considerando não só esta campanha mas também as anteriores, bem como os hidrocarbonetos acima dos limiares de quantificação permite confirmar a contaminação de parte dos Sites. Salienta-se a importância de manter a monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos Sites visando a avaliar a evolução da situação de qualidade e, posteriormente, a eficácia das medidas de reabilitação a implementar.

No Quadro 4.2 apresentam-se de forma resumida as conclusões e recomendações relativas aos locais analisados, decorrentes dos resultados da monitorização e análise apresentados ao longo deste relatório. Relativamente aos metais pesados em solução, faz-se referência especial à presença de chumbo, por se considerar que esta presença pode ter origem na contaminação de solos.

No resumo apresentado no Quadro 4.2 inclui-se, para além dos locais onde foram efetuadas campanhas de monitorização de águas, o Site 5009, no qual não existe qualquer piezómetro instalado, por forma a que o Quadro forneça um ponto de situação completo em relação a todos os sites “em aberto”.

Quadro 4.2 – Resumo das principais conclusões e recomendações relativamente aos locais analisados

Identificação do Local		Classificação DISCO (CH2MHILL, 2004)	Antecedentes	Principais resultados da campanha	Recomendações
Ref.	Designação				
3001	Main Gate Area	Contaminado	<p>LNEC tinha detetado anomalias geofísicas que se podem associar à presença de hidrocarbonetos.</p> <p>USAFE detetou Hidrocarbonetos no novo piezómetro 001-MW30, que capta o aquífero basal, e ressurgimento de LNAPL em formações superficiais.</p>	<p>Confirma-se reaparecimento de LNAPL em dois piezómetros das formações superficiais</p> <p>Encontrados HAP em concentrações superiores aos limiares de qualidade da APA, mas inferiores aos limites estabelecidos noutros países (Canadá e Holanda), em alguns piezómetros, incluindo o furo FB6 que capta o aquífero basal. Neste furo foram também registadas concentrações de TCE acima do limiar de qualidade da APA.</p>	<p>Prosseguir / reforçar medidas para avaliar/reabilitar os solos e as águas subterrâneas e assegurar a sua continuidade.</p> <p>Prosseguir a monitorização da qualidade das águas subterrâneas (incluindo a jusante do Site 3001) para avaliar a eficácia das medidas de reabilitação.</p>
3003	Main Power Plant	Potencialmente contaminado de maior risco	<p>LNEC tinha recomendado medidas de impermeabilização das superfícies, manutenção / substituição de tubagens de abastecimento dos tanques AST e monitorização de águas subterrâneas.</p> <p>Foram recentemente desativados o armazenamento e as tubagens de abastecimento dos AST.</p> <p>Espera-se obras de impermeabilização das superfícies para 2020.</p>	<p>Mantém-se a ausência de HTP, mas surgem BTEX, em particular o metaparaxileno em concentrações superiores aos limiares de qualidade da APA, mas inferiores aos limites estabelecidos noutros países (Canadá e Holanda), em 3 piezómetros.</p>	<p>Monitorização para verificação da eficácia das medidas já realizadas e a realizar.</p>
5001	South Tank Farm	Contaminado	<p>LNEC tinha recomendado o estudo e realização de medidas para reabilitar solos e águas subterrâneas e a monitorização da qualidade das águas subterrâneas (incluindo a jusante do Site 5001) para avaliar a eficácia das medidas de reabilitação.</p>	<p>Foram ultrapassados os valores máximos estabelecidos pela APA e nas normas do Canadá para o chumbo.</p> <p>Foram encontrados valores de HTP, BTEX e HAP acima dos respetivos limiares estabelecidos pela APA em alguns pontos dentro e fora do Site 5001.</p> <p>Pontualmente foram ultrapassadas as normas do Canadá para HTP, etilbenzeno e naftaleno.</p>	<p>Aprofundamento da caracterização da presença de solos contaminados e realização de medidas de reabilitação neste local.</p> <p>Prosseguimento da monitorização da qualidade das águas subterrâneas (incluindo a jusante do Site 5001).</p>
5002	Cinder Pit Fuel Tanks	Contaminado	<p>Face aos valores elevados de HTP e de HAP encontrados numa amostra de solo na Zona 2 e também, embora com menor expressão, na Zona 1 tinha-se recomendado uma reanálise deste local visando justificar os valores encontrados e a sua profundidade de ocorrência.</p>	<p>Apenas um piezómetro localizado na Zona 1, tinha água.</p> <p>Foram encontrados valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA para três HAP (criseno, fenantreno e pireno), embora inferiores às normas de outros países.</p>	<p>Reanálise da situação dos solos nas Zonas 1 e 2.</p> <p>Prosseguimento da monitorização da qualidade das águas subterrâneas a partir de amostras recolhidas nos piezómetros com água.</p> <p>Instalação de novos piezómetros mais profundos na área do 5002-S2.</p>
5003	North Storm Sewer Drainage Outfall	Potencialmente contaminado de maior risco	<p>LNEC tinha recomendado remoção do solo superficial nos locais contaminados, minimizar a carga poluente e caracterizar a qualidade das águas de escorrência durante um ano.</p> <p>Está prevista a construção de uma estrutura de receção da água da pista, que permitirá resolver a questão dos solos contaminados nesse local.</p>	<p>Detetada presença de três HAP acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA para águas subterrâneas, mas abaixo das normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda) nas águas de escorrência.</p>	<p>Monitorizar águas de escorrência durante um ano depois da conclusão das obras.</p>

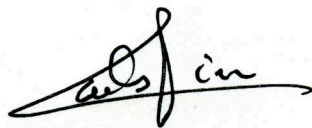
Identificação do Local		Classificação DISCO	Antecedentes	Principais resultados da campanha	Recomendações
Ref.	Designação	(CH2MHILL, 2004)			
5008	Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ	Potencialmente contaminado de maior risco	LNEC tinha recomendado remoção do solo superficial até 0,5 m de profundidade nos locais contaminados numa área limitada (S2, S3 e S4), tendo em atenção o uso agrícola do local.	Foram ultrapassados os valores máximos estabelecidos pela APA e nas normas do Canadá para o chumbo. Detetada presença de fenantreno e de pireno acima dos limiares estabelecidos pela APA, embora muito abaixo das normas estabelecidas noutros países, num furo que capta formação hidrogeológica suspensa, que se julga resultarem de processos de lixiviação durante precipitação.	Remoção de solos superficiais contaminados. Prosseguimento da monitorização da qualidade das águas.
5009	Cume Da Tacan Annex No. EYNH	Potencialmente contaminado de maior risco	LNEC tinha recomendado estudar/efetivar medidas para avaliar/reabilitar os solos (área com cerca de 10 m por 5 m, mas com profundidade de contaminação desconhecida) por forma a evitar a continuada perda de hidrocarbonetos para níveis mais profundos dos solos.	Não há furos para monitorização da qualidade das águas.	Mantém-se as recomendações anteriores.
5010	Medium Port Command	Potencialmente contaminado	LNEC tinha recomendado remoção de solo superficial nos locais contaminados com HAP acima da norma e posterior repavimentação das zonas com pavimento degradado ou não pavimentadas, bem como monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos 3 piezómetros instalados.	Foram ultrapassados os valores máximos estabelecidos pela APA e nas normas do Canadá para o chumbo. Constata-se um agravamento da contaminação, em comparação com as campanhas anteriores. Surgem pela primeira vez BTEX, com o meta-para xileno acima dos limites estabelecidos pela APA em 2 piezómetros. Surgem ainda HAP acima das normas de qualidade da APA e, nalguns casos, acima das normas estabelecidos no Canadá.	Remover os solos superficiais contaminados e repavimentar a área. Prosseguir a monitorização da qualidade das águas.
5013	Military Highway Spill	Potencialmente contaminado de maior risco	LNEC tinha recomendado remoção do solo superficial na área envolvente ao 5013-S2 e monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos 3 piezómetros instalados.	Foram ultrapassados os valores máximos estabelecidos pela APA e nas normas do Canadá para o chumbo. As concentrações de hidrocarbonetos nas águas subterrâneas foram superiores às das campanhas anteriores, com valores de três HAP acima dos limites estabelecidos pela APA, mas bastante inferiores aos limites estabelecidos noutros países (criseno, fenantreno e pireno) no único piezómetro com água.	Remover o solo superficial na área envolvente ao 5013-S2. Prosseguir a monitorização da qualidade das águas..
5014	Former Running Track	Potencialmente contaminado	LNEC tinha nomeadamente contaminação em solos em profundidade e detetado eventual fuga de combustível. Foi recomendado o aprofundamento da análise dos problemas identificados, em especial no solo junto ao 5014-S3, a realização de medidas de reabilitação e a monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos 7 piezómetros instalados.	Foram ultrapassados os valores máximos estabelecidos pela APA e nas normas do Canadá para o chumbo. Encontrados valores de HAP acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA em diversos piezómetros, além de COV (cis-1,2-Dicloroetano e TCE no 5014-S2) e do BTEX meta-para xileno. Contudo, as concentrações são muito inferiores às normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda), com exceção da concentração em cis-1,2-dicloroetano que excede as normas do Canadá no piezómetro 5014-S2.	Aprofundar a análise dos problemas identificados, em especial junto ao 5014-S3, e estudar/efetivar medidas para reabilitar o Site. Realizar a monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos 7 piezómetros instalados para avaliar a eficácia das medidas de reabilitação.

Legenda:

AST – Tanques de armazenamento superficial de combustível
EBS – *Environmental Baseline Survey*
MW – Piezómetro (*Monitoring well*)
n.a. – Não analisado
HAP – Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos
SRA – Sem recomendação adicional
HTP – Hidrocarbonetos totais do petróleo
COV – Compostos orgânicos voláteis

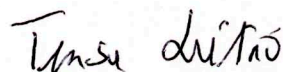
Lisboa, LNEC, dezembro de 2019

VISTO




O Conselho Diretivo

AUTORIA



Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação



Maria de Lurdes Antunes

Investigadora-Coordenadora

Referências bibliográficas

- AMEC, 2010a – **Site Characterization at Lajes Field, Azores, Portugal. Final Report Site Characterization** (também disponibilizado em versão portuguesa intitulada “Caracterizações do Local na Base das Lajes (65 ABW), Açores, Portugal. Relatório Final de Caracterizações do Local.”) Kaiserslautern, Outubro de 2010.
- AMEC, 2010b – **Perform Site Characterization at Lajes Field, Azores, Portugal. Groundwater Monitoring** - Kaiserslautern, October, 2010.
- AMEC, 2011a – **Site Investigation Activities and Site Characterizations at Lajes Field, Azores. Final Report.** Kaiserslautern, November 2011.
- ANTUNES, M.L.; LEITÃO T.E.; JEREMIAS, T., 2016 – **Assessoria Técnica aos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA.** Proc. 0102/121/20098. Relatório 375/2016 – CD.
- ANTUNES, M.L.; LEITÃO T.E., 2018 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Situação dos “Sites” 2008, 2009, 3005, 3006, 3009 e 3012, em Outubro de 2018.** LNEC - Proc. 0102/121/21350. Relatório 424/2018 – CD.
- 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.
- BHATE, 2014 – **Long term monitoring report at Lajes Field, Azores, Portugal.** Birmingham, Alabama, June 2014.
- CH2MHILL, 2004 – **Discovery of Suspected and Contaminated Sites Study (DISCO-Study), Lajes Field, Azores, Portugal.** Março de 2004.
- LEITÃO, T.E.; ANTUNES, M.L., 2015 – **Assessoria Técnica aos Processos de Reabilitação Ambiental e de Devolução dos Terrenos Utilizados pela Força Aérea Americana nas Lajes, Ilha Terceira, Açores. Ponto de Situação e Proposta de Metodologia de Atuação.** LNEC - Proc. 0102/121/20098. Relatório 140/2015 – CD.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2017 - **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. Semi-Annual Monitoring Report. November 2017.** LNEC - Proc. 0102/121/21116. Relatório 452/2017 – CD.
- LEITÃO, T.E.; HENRIQUES, 2018 – **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.; 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.; 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.
- ME, 2011 – **Groundwater and Sediment Standards for Use Under Part XV.1 of the Environmental Protection Act.** Ministry of the Environment April 15, 2011.
- PINHEIRO, J.F.; MADRUGA, J.S.; RODRIGUES, F.C.; GARCIA, C.O.; MATOS, M.L.; BRITO, M.G.; CAETANO, P.C.S.; CALDEIRA, M.J.; COSTA, C.N.; VENDAS, D.; MANUEL, R.; CAMELO, A., 2018 – **Análise da Situação relativa à Contaminação da Base das Lajes – Terceira, Açores.** IITAA – Instituto de Investigação e Tecnologias Agrárias e do Ambiente da Faculdade de Ciências Agrárias e do Ambiente da Universidade dos Açores e GeoBioTec, Universidade Nova de Lisboa.
- 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.
- TETRA TECH, INC., 2019 – **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, 40 pp.
- TETRA TECH, INC., 2019a – **Perform Remedial Action: Installation of Monitoring Wells and Groundwater Monitoring at Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal. Annual Groundwater Monitoring Report. Appendices A to G,** 206 pp.
- TETRA TECH, INC., 2019b – **Perform Remedial Action: Installation of Monitoring Wells and Groundwater Monitoring at Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal. Annual Groundwater Monitoring Report. Attachment A - Groundwater well installation summary - Drilling of Six New Wells. Appendix 1 to 5.** August 2019, 91 pp.
- USAFE, 2015a – **Environmental Baseline Survey. Cova das Cinzas Petroleum Products Storage Annex (EPXA). GSU of Lajes Field, Azores, Portugal. Final Report.** Prepared for AFCEC/CFEE, June 2015.
- VROM, 2000 – **Dutch Target and Intervention Values.** Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 2000.

Página intencionalmente deixada em branco

ANEXO

Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros
analisados

Página intencionalmente deixada em branco

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			
Antimónio - 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

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
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
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						
Bromodiclorometano	µg/L				16	85000	
Bromofórmio	µg/L				25	380	
Bromometano	µg/L				0,89	5,6	
cis-1.2-Dicloroetano	µg/L				1,6	1,6	20
cis-1.3-Dicloropropileno	µg/L				0,5		
Cloreto de vinilo	µg/L			0,5	0,5	0,5	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

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Tetraclorometano	µg/L						10
trans-1.2-Dicloroeteno	µg/L				1,6	1,6	
trans-1.3-Dicloropropeno	µg/L				0,5		
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*

