



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ESTUDOS COMPLEMENTARES NO ÂMBITO DOS PROCESSOS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADOS COM A UTILIZAÇÃO DA BASE DAS LAJES PELOS EUA

Relatório Final, 2019

Ministério da Defesa Nacional

Lisboa • abril de 2019

I&D CONSELHO DIRETIVO

RELATÓRIO 145/2019 – CD

Título

ESTUDOS COMPLEMENTARES NO ÂMBITO DOS PROCESSOS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADOS COM A UTILIZAÇÃO DA BASE DAS LAJES PELOS EUA

Relatório Final, 2019

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Teresa E. Leitão

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

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

Rogério Mota

Investigador Auxiliar, Núcleo de Geologia de Engenharia e de Ambiente

CONSELHO DIRETIVO

Maria de Lurdes Antunes

Investigadora-Coordenadora, Vogal do Conselho Diretivo

Colaboração

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Maria José Henriques

Técnica Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

Daniel Filipe

Técnico Superior

Carlos Martins

Técnico Superior

Válter Nascimento

Bolseiro de Experimentação, Núcleo de Geologia de Engenharia e de Ambiente

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

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 145/2019

Proc. 0102/121/21350

ESTUDOS COMPLEMENTARES NO ÂMBITO DOS PROCESSOS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADOS COM A UTILIZAÇÃO DA BASE DAS LAJES PELOS EUA

Relatório Final, 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.

Nesse contexto, o LNEC procedeu à caracterização adicional de um conjunto de locais. Neste relatório apresentam-se os trabalhos desenvolvidos e a análise dos resultados obtidos, terminando com um conjunto de conclusões e de recomendações sobre os locais analisados.

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

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

Final Report, 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.

In this context, LNEC has further characterized a set of Sites. This report presents the work developed and the analysis of the results obtained, ending with a set of conclusions and recommendations for each Site.

Keywords: Lajes Base / State analysis / Soil / Groundwater / Recommendations

Índice

1	Introdução	1
2	Metodologias para a avaliação ambiental de solos e águas subterrâneas	5
2.1	Solos	5
2.2	Águas subterrâneas	7
2.3	Geofísica	10
3	Campanhas realizadas e procedimentos de amostragem.....	12
3.1	Solos	12
3.2	Águas subterrâneas	12
3.3	Geofísica	12
4	Locais analisados.....	14
4.1	Site 3001: Main Gate	14
4.1.1	Identificação do local e breve descrição	14
4.1.2	Descrição sumária de estudos anteriores	15
4.1.3	Contextualização da necessidade de novos estudos.....	16
4.1.4	Prospecção geofísica - resultados obtidos.....	16
4.1.5	Conclusões e recomendações	19
4.2	Site 3003: Main Power Plant.....	20
4.2.1	Identificação do local	20
4.2.2	Descrição sumária de estudos anteriores	21
4.2.3	Contextualização da necessidade de novos estudos.....	23
4.2.4	Plano de monitorização de águas	24
4.2.5	Resultados obtidos	24
4.2.6	Conclusões e recomendações	29
4.3	Site 3006: Refuelling Maintenance	30
4.3.1	Identificação do local	30
4.3.2	Descrição sumária de estudos anteriores	30
4.3.3	Contextualização da necessidade de novos estudos.....	32
4.3.4	Plano de monitorização de águas	32
4.3.5	Resultados obtidos	32
4.3.6	Conclusões e recomendações	37
4.4	Site 5001: South Tank Farm	37
4.4.1	Identificação do local e breve descrição	37
4.4.2	Contextualização da necessidade de novos estudos.....	38
4.4.3	Plano de monitorização de solos e de águas	39
4.4.4	Resultados obtidos	39
4.4.5	Conclusões e recomendações	53
4.5	Site 5002: Cinder Pit Fuel Tanks	53
4.5.1	Identificação do local	53
4.5.2	Descrição sumária de estudos anteriores	54
4.5.3	Contextualização da necessidade de novos estudos.....	58
4.5.4	Plano de monitorização de solos e de águas	59
4.5.5	Resultados obtidos	61
4.5.6	Conclusões e recomendações	71
4.6	Site 5003: North Storm Sewer Drainage Outfall	72
4.6.1	Identificação do local	72

4.6.2	Descrição sumária de estudos anteriores	72
4.6.3	Contextualização da necessidade de novos estudos.....	74
4.6.4	Plano de monitorização de solos e de águas	74
4.6.5	Resultados obtidos	75
4.6.6	Conclusões e recomendações	83
4.7	Site 5008: Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ	84
4.7.1	Identificação do local	84
4.7.2	Descrição sumária de estudos anteriores	85
4.7.3	Contextualização da necessidade de novos estudos.....	85
4.7.4	Plano de monitorização de solos e de águas	86
4.7.5	Resultados obtidos	87
4.7.6	Conclusões e recomendações	95
4.8	Site 5009: Cume da TACAN Annex Number EYNH.....	95
4.8.1	Identificação do local	95
4.8.2	Descrição sumária de estudos anteriores	96
4.8.3	Contextualização da necessidade de novos estudos.....	97
4.8.4	Plano de monitorização de solos.....	97
4.8.5	Resultados obtidos	98
4.8.6	Síntese e recomendações	102
4.9	Site 5010: Medium Port Command.....	103
4.9.1	Identificação do local	103
4.9.2	Descrição sumária de estudos anteriores	103
4.9.3	Contextualização da necessidade de novos estudos.....	104
4.9.4	Plano de monitorização de solos e de águas	105
4.9.5	Resultados obtidos	106
4.9.6	Conclusões e recomendações	115
4.10	Site 5013: Military Highway Spill.....	115
4.10.1	Identificação do local	115
4.10.2	Descrição sumária de estudos anteriores	116
4.10.3	Contextualização da necessidade de novos estudos.....	116
4.10.4	Plano de monitorização de solos e de águas	117
4.10.5	Resultados obtidos	117
4.10.6	Conclusões e recomendações	125
4.11	Site 5014: Former Running Track.....	125
4.11.1	Identificação do local	125
4.11.2	Descrição sumária de estudos anteriores	126
4.11.3	Contextualização da necessidade de novos estudos.....	127
4.11.4	Prospecção geofísica. Resultados obtidos.....	128
4.11.5	Plano de monitorização de solos e de águas	135
4.11.6	Resultados obtidos	136
4.11.7	Conclusões e recomendações	150
5	Conclusões e recomendações.....	151
	Referências bibliográficas	160
	ANEXO Especificações técnicas das análises químicas de solos e de águas.....	163

Índice de figuras

Figura 1.1 – Mapa com a localização dos 41 Sites analisados	1
Figura 1.2 – Mapa com a localização dos 23 Sites sem recomendações adicionais	2
Figura 1.3 – Mapa com a localização dos 18 Sites para os quais foi recomendada a realização de ações adicionais de caracterização ou de reabilitação	2
Figura 1.4 – Mapa com a localização dos Sites caracterizados neste relatório e dos Sites sem recomendações adicionais (cf. Rel. 424/2018).....	3
Figura 2.1 – Esquema da sequência de injeções de corrente (A e B, ou C1 e C2) e de leitura de potenciais (M1, N1, ..., ou P1 e P2) do dispositivo dipolo-dipolo, e correspondentes posições teóricas em profundidade, utilizadas para a representação 2D dos dados (pseudo-seção), a partir da movimentação do dispositivo ao longo do alinhamento materializado no terreno por uma série de elétrodos (esquema da direita)	11
Figura 3.1 – Localização dos trabalhos de prospeção geofísica executados (2018 - traços a cor de laranja clara; 2009 – traços a cor de laranja)	13
Figura 4.1 – Localização do Site 3001 e de alguns pontos de amostragem de águas subterrâneas ...	14
Figura 4.2 – Esquerda: extrato da Figura 3.1, com implantação dos perfis realizados pelo LNEC na campanha de 2018 (a cor de laranja). Direita: Extrato da Figura 1A constante no relatório da Aestus (AMEC, 2009)	16
Figura 4.3 – Resultados obtidos no Site 3001 com a prospeção geofísica. Topo – Perfis MGA-15 a MGA-18, obtidos pela Aestus, em maio de 2009 (AMEC, 2009); Centro – Perfil 2018-1; Baixo – Perfil 2018-2.....	17
Figura 4.4 – Site 3001: delimitação das anomalias geofísicas de baixa resistividade (a cor azul) (provavelmente devidas à presença de LNAPL) e de alta resistividade (a cor vermelha).	19
Figura 4.5 – Mapa do Site 3003	20
Figura 4.6 – Foto dos piezômetros 3003-MW01 (à esquerda) e 3003-MW03 (à direita), Site 3003	24
Figura 4.7 – Concentração em COV e HAP nos piezômetros do Site 3003, outubro de 2018	27
Figura 4.8 – Concentração em COV nos piezômetros do Site 3003, fevereiro de 2019	28
Figura 4.9 – Concentração em HAP nos piezômetros do Site 3003, fevereiro de 2019	28
Figura 4.10 – Mapa do Site 3006	30
Figura 4.11 – Diagrama de Piper com a fácies hidrogeoquímica das águas subterrâneas com análise dos iões maiores	35
Figura 4.12 – Diagrama de box-plot das concentrações em cloreto nas águas subterrâneas do concelho de Praia da Vitória, ilha Terceira (extraído de Quadros <i>et al.</i> , 2018).....	36
Figura 4.13 – Mapa do Site 5001	38
Figura 4.14 – Concentração em HTP nos solos a sul do Site 5001	43
Figura 4.15 – Concentração em HAP nos solos a sul do Site 5001	44
Figura 4.16 – Concentração em lítio nas águas amostradas no concelho de Praia da Vitória	47
Figura 4.17 – Valores de potencial de oxidação-redução (Eh) nas águas amostradas no concelho de Praia da Vitória	51
Figura 4.18 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5001, em fevereiro de 2019 ...	52
Figura 4.19 – Concentração em BTEX e COV nas águas subterrâneas do Site 5001, em fevereiro de 2019	52
Figura 4.20 – Mapa do Site 5002	54
Figura 4.21 – Locais de amostragem de solos por diversas entidades no Site 5002	58
Figura 4.22 – Locais das sondagens LREC/LNEC, piezômetros e furos no Site 5002	59
Figura 4.23 – Concentrações em HTP nos solos das sondagens do Site 5002.....	65
Figura 4.24 – Concentrações em HAP nos solos das sondagens do Site 5002	66
Figura 4.25 – Concentrações em HAP nos solos de algumas sondagens (exclui a sondagem S1) no Site 5002	67

Figura 4.26 – Concentrações em metais pesados e metaloides nos solos das sondagens do Site 5002	68
Figura 4.27 – Localização do Site 5003 e pontos de amostragem de solos	72
Figura 4.28 – Concentrações em HTP nos sedimentos e solos do Site 5003.....	79
Figura 4.29 – Concentrações em HAP nos sedimentos e solos do Site 5003	80
Figura 4.30 – Local de amostragem da água de escorrência da pista à saída do sistema de drenagem, Site 5003.....	83
Figura 4.31 – Mapa do Site 5008	84
Figura 4.32 – Concentrações em HTP nos solos das sondagens do Site 5008.....	91
Figura 4.33 – Concentrações em HAP nos solos das sondagens do Site 5008	92
Figura 4.34 – Mapa do Site 5009	96
Figura 4.35 – Concentrações em HTP nos solos das sondagens do Site 5009.....	101
Figura 4.36 – Concentrações em HAP nos solos das sondagens do Site 5009	102
Figura 4.37 – Mapa do Site 5010	103
Figura 4.38 – Concentrações em HTP nos solos do Site 5010	109
Figura 4.39 – Concentrações em HAP nos solos do Site 5010	110
Figura 4.40 – Concentrações em HAP e COV nas águas subterrâneas do Site 5010, em outubro de 2018	113
Figura 4.41 – Cotas piezométricas nas águas subterrâneas dos Sites 5001 e 5010, em outubro de 2018	114
Figura 4.42 – Cotas piezométricas nas águas subterrâneas Sites 5001 e 5010, em fevereiro de 2019	114
Figura 4.43 – Mapa do Site 5013	116
Figura 4.44 – Concentrações em HAP nos solos do Site 5013	121
Figura 4.45 – Mapa do Site 5014	126
Figura 4.46 – Enquadramento dos trabalhos de geofísica executados no Site 5014, em 2009 (alinhamentos de cor laranja) e em 2018 (alinhamentos de cor laranja claro)	128
Figura 4.47 – Conjunto dos modelos obtidos, segundo a direção SO-NE, representados considerando que o observador se encontra junto ao perfil 2018-6, virado na direção SE-NO, e apresentados à mesma escala entre si, e na real posição face à vedação da zona do aterro.....	129
Figura 4.48 – Conjunto dos modelos obtidos segundo a direção NO-SE, representados considerando que o observador se encontra junto ao perfil 2018-9, virado na direção SO-NE, e apresentados à mesma escala entre si	130
Figura 4.49 – Implantação aproximada de todos os modelos de resistividade obtidos na planta de localização dos trabalhos realizados no Site 5014.....	131
Figura 4.50 – Delimitação espacial das principais regiões de baixa resistividade elétrica considerando-se haver alguma probabilidade de esta anomalia estar relacionada com uma pluma de hidrocarbonetos, com destaque a cor azul escura da área de mais baixa resistividade elétrica identificada no perfil 2018-7	134
Figura 4.51 – Concentrações em HTP nos solos do Site 5014	141
Figura 4.52 – Concentrações em HAP nos solos do Site 5014	141
Figura 4.53 – Concentrações em HTP nas águas subterrâneas do Site 5014, em outubro de 2018 ..	145
Figura 4.54 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5014, em outubro de 2018 ..	146
Figura 4.55 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5014, em fevereiro de 2019 ..	146
Figura 4.56 – Concentrações em BTEX e COV nas águas subterrâneas do Site 5014, em outubro de 2018	147
Figura 4.57 – Concentrações em BTEX e COV nas águas subterrâneas do Site 5014, em fevereiro de 2019	148
Figura 4.58 – Cotas piezométricas nas águas subterrâneas dos Sites 5013 e 5014, em outubro de 2018	149

Figura 4.59 – Cotas piezométricas nas águas subterrâneas Sites 3001, 5013 e 5014, em fevereiro de 2019	149
Figura 4.60 – Aspeto da acumulação da água de precipitação junto ao piezómetro 5014-S5	150
Figura 5.1 – Síntese qualitativa da concentração máxima em hidrocarbonetos em solos e sedimentos.....	153
Figura 5.2 – Síntese qualitativa da concentração máxima em metais pesados em solos e sedimentos.....	154
Figura 5.3 – Síntese qualitativa da concentração máxima em hidrocarbonetos em águas	155
Figura 5.4 – Síntese qualitativa da concentração máxima em metais pesados em águas	156

Índice de quadros

Quadro 2.1 – Valores de referência em solos para alguns dos parâmetros analisados (mg/kg)	5
Quadro 2.2 – Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados	7
Quadro 3.1 – Elementos técnicos dos perfis de prospeção geofísica	13
Quadro 4.1 – Principais características dos piezómetros amostrados no Site 3003	24
Quadro 4.2 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 3003, outubro de 2018.....	25
Quadro 4.3 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 3003, fevereiro de 2019.....	26
Quadro 4.4 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no furo AB4, Site 3006	33
Quadro 4.5 – Principais características dos solos amostrados no Site 5001	39
Quadro 4.6 – Principais características dos pontos de água amostrados no Site 5001	39
Quadro 4.7 – Resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas à entrada do Paul, Site 5001	41
Quadro 4.8 – Resultados das análises químicas da amostra de água de água recolhidas no Paul, a sul do Site 5001	45
Quadro 4.9 – Resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas no Site 5001, em outubro de 2018.....	49
Quadro 4.10 – Resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas no Site 5001, em fevereiro de 2019.....	50
Quadro 4.11 – Principais características dos solos amostrados no Site 5002	60
Quadro 4.12 – Principais características dos piezómetros no Site 5002.....	60
Quadro 4.13 – Resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas em dez sondagens, Site 5002	63
Quadro 4.14 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no piezómetro 5002-MW03, Site 5002	69
Quadro 4.15 – Principais características dos solos amostrados no Site 5003	75
Quadro 4.16 – Resultados das análises químicas de amostras de sedimentos e de solos recolhidas à saída do sistema de drenagem da pista, Site 5003	77
Quadro 4.17 – Resultados das análises químicas de amostras de água de escorrência recolhidas no Site 5003	81
Quadro 4.18 – Principais características dos solos amostrados no Site 5008	86
Quadro 4.19 – Resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas em sete sondagens, Site 5008	89
Quadro 4.20 – Resultados das análises químicas da amostra de água recolhida no furo do Site 500893	
Quadro 4.21 – Principais características dos solos amostrados no Site 5009	98
Quadro 4.22 – Resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas em duas sondagens, Site 5009	99
Quadro 4.23 – Principais características dos solos amostrados no Site 5010	105
Quadro 4.24 – Principais características dos piezómetros instalados no Site 5010	105
Quadro 4.25 – Resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas no Site 5010.....	107
Quadro 4.26 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 5010, em outubro de 2018.....	111
Quadro 4.27 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 5010, em fevereiro de 2019.....	112
Quadro 4.28 – Principais características dos solos amostrados no Site 5013	117
Quadro 4.29 – Principais características dos piezómetros e poços instalados no Site 5013.....	117

Quadro 4.30 – Resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas nos três piezómetros do Site 5013	119
Quadro 4.31 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5013, em outubro de 2018	123
Quadro 4.32 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5013, em fevereiro de 2019	124
Quadro 4.33 – Principais características dos solos amostrados no Site 5014	135
Quadro 4.34 – Principais características dos piezómetros instalados no Site 5014	136
Quadro 4.35 – Resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas no Site 5014.....	139
Quadro 4.36 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5014, em outubro de 2018	143
Quadro 4.37 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5014, em fevereiro de 2019	144
Quadro 5.1 – Resumo das principais conclusões e recomendações relativamente aos locais analisados	157

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

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. As principais preocupações ambientais que se têm deparado neste contexto relacionam-se com a contaminação de solos e de águas subterrâneas decorrentes do armazenamento e do manuseamento de reservas de combustíveis e de outras substâncias poluentes e de atividades inerentes à operação da USAFE, tendo em atenção as práticas adotadas no passado.

Nesse contexto, o LNEC procedeu, em 2016 (Antunes, Leitão e Jeremias, 2016), a uma análise da situação existente em 41 Sites (cf. Figura 1.1), baseada nos resultados reportados pela USAFE referentes à identificação de locais potencialmente contaminados, à prospeção, à caracterização e análises de risco desses locais e às obras de reabilitação ambiental realizadas para responder às questões mais críticas.

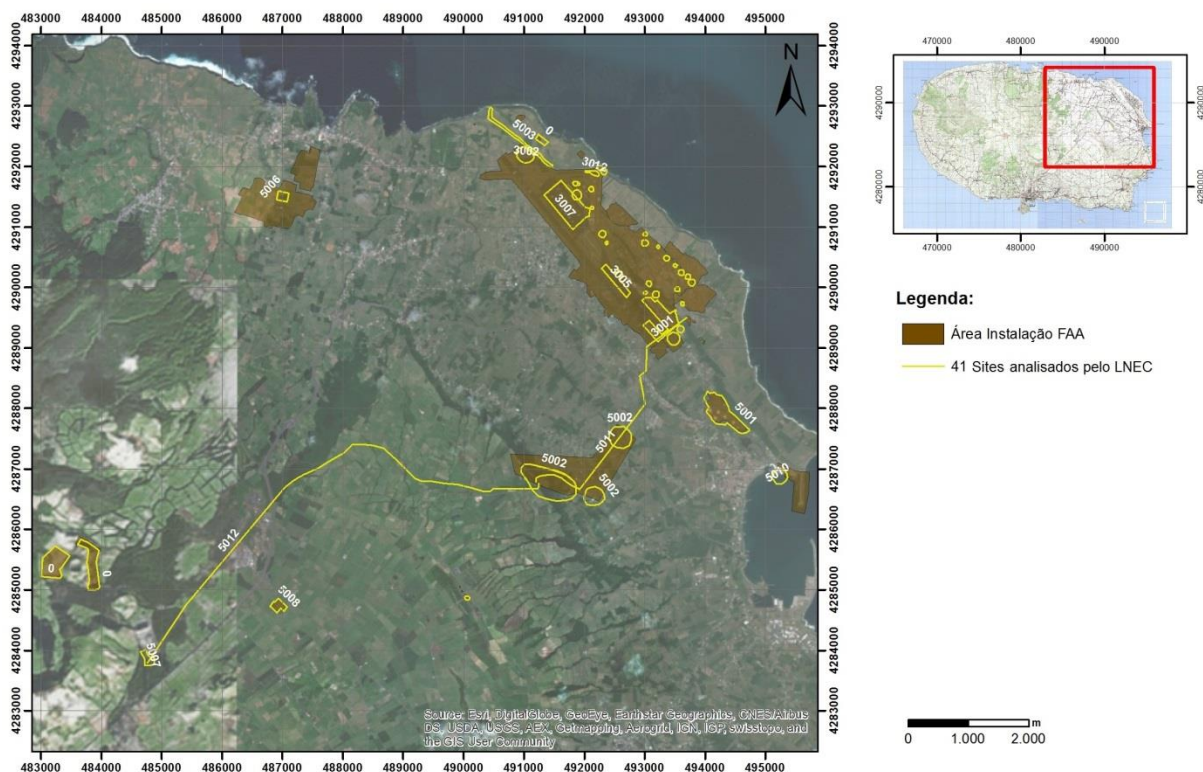


Figura 1.1 – Mapa com a localização dos 41 Sites analisados

No estudo realizado em 2016 foram identificados, e devidamente justificados, 23 Sites (cf. Figura 1.2) para os quais o LNEC considerou não haver recomendações adicionais e 18 Sites (cf. Figura 1.3) para os quais o LNEC recomendou a realização de ações adicionais de caracterização ou de reabilitação. Dois deles são relativos aos locais abrangidos pelos *pipelines* do Cabrito e da Cova das Cinzas, entretanto desativados, limpos e, em algumas situações, removidos.

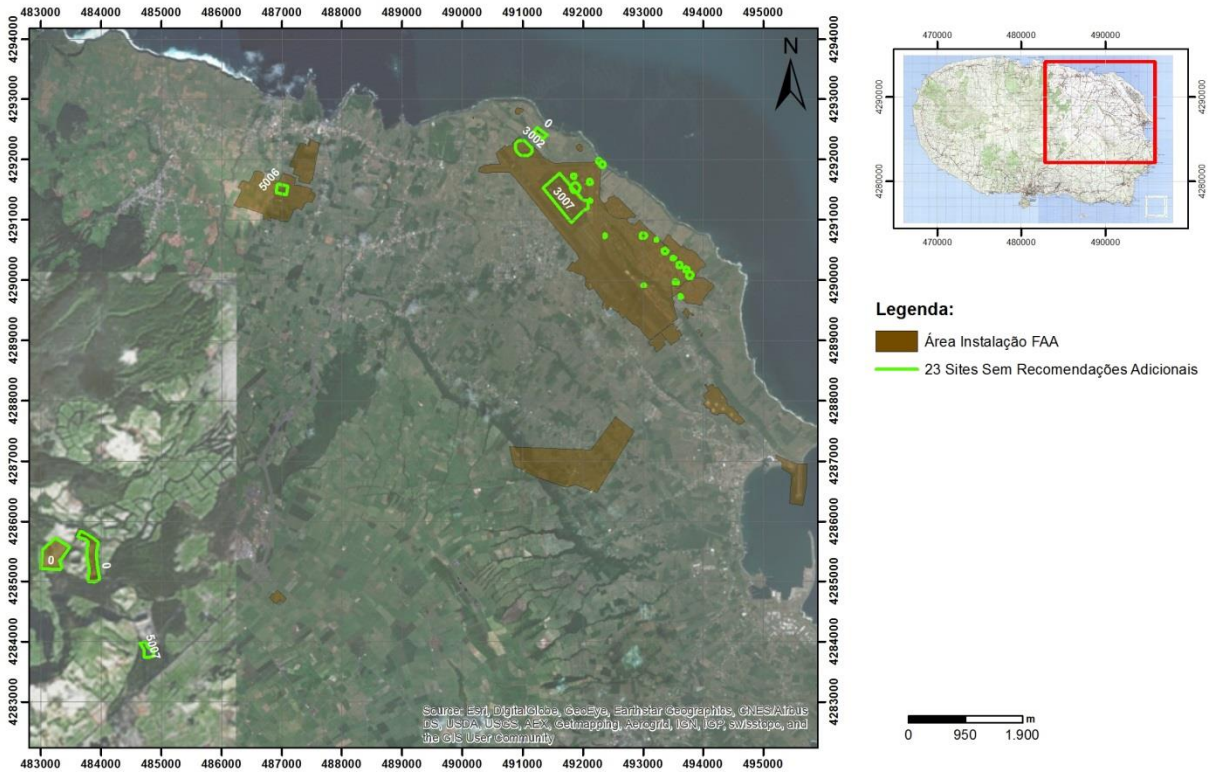


Figura 1.2 – Mapa com a localização dos 23 Sites sem recomendações adicionais

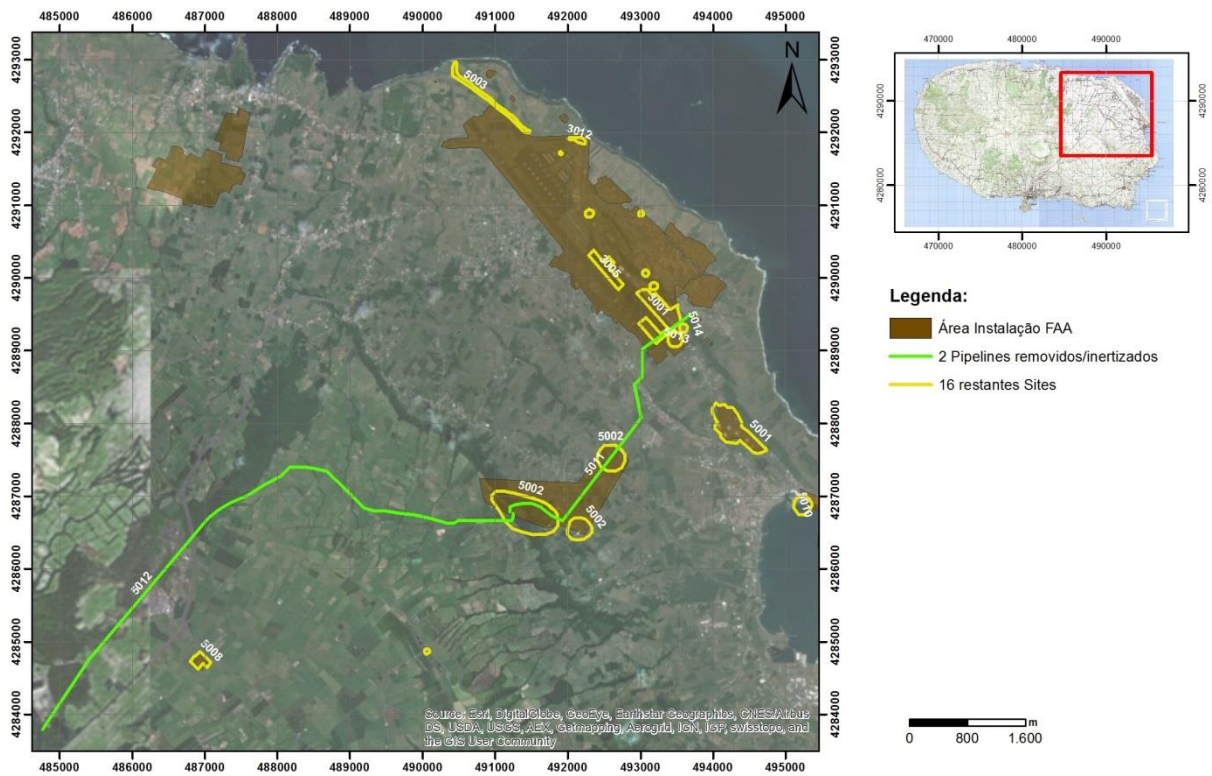


Figura 1.3 – Mapa com a localização dos 18 Sites para os quais foi recomendada a realização de ações adicionais de caracterização ou de reabilitação

Na sequência da realização de algumas ações entretanto efetivadas pela USAFE em 2018, o LNEC apresentou uma reapreciação de seis Sites (cf. Figura 1.4) para os quais considerou não haver recomendações adicionais (Antunes e Leitão, 2018).

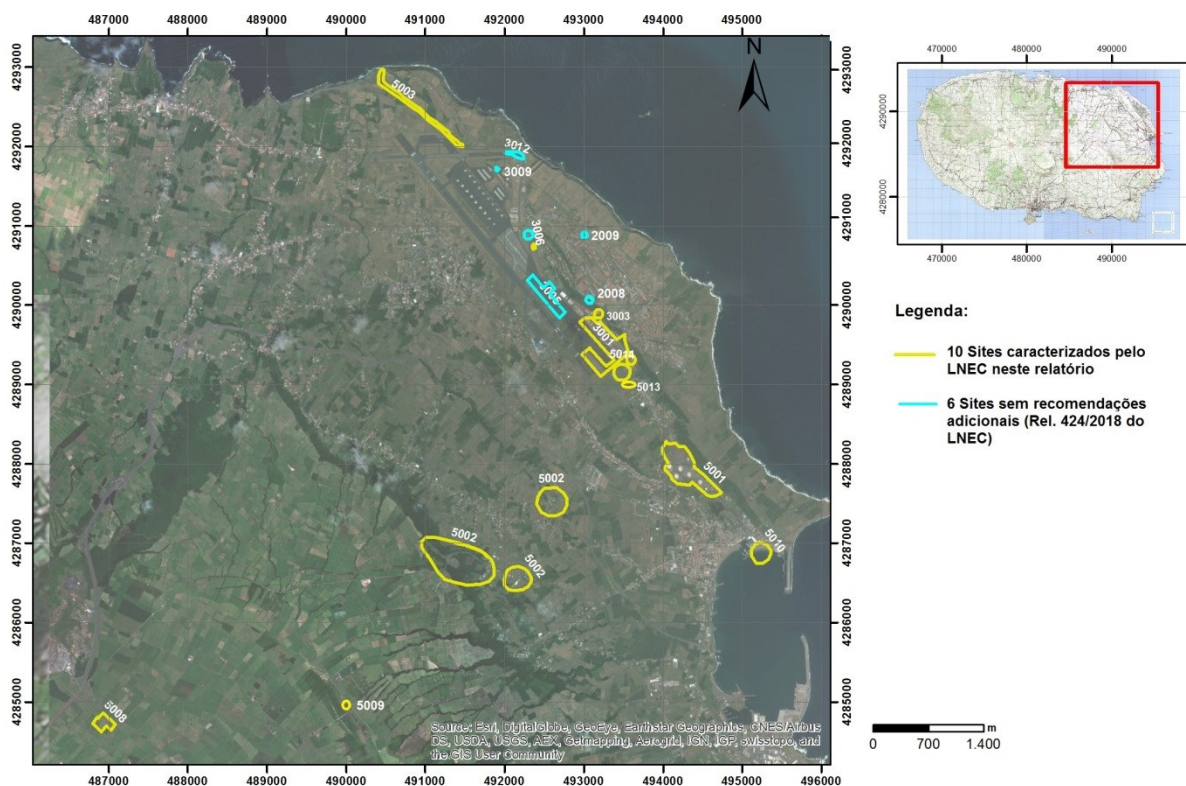


Figura 1.4 – Mapa com a localização dos Sites caracterizados neste relatório e dos Sites sem recomendações adicionais (cf. Rel. 424/2018)

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), cujos resultados são apresentados neste relatório. Os Sites a que se refere o presente estudo são os seguintes (cf. Figura 1.4):

- Site 3001: Main Gate;
- Site 3003: Main Power Plant;
- Site 3006: Refuelling Maintenance;
- 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 5009: Cume da TACAN Annex Number EYNH;
- Site 5010: Medium Port Command;

- Site 5013: Military Highway Spill;
- Site 5014: Former Running Track, descrito no documento da DRA sob "Posto #1" como "deposição de solos contaminados com lamas químicas na área agrícola do Posto #1".

As ações desenvolvidas no presente estudo consistiram na realização das sondagens (realizadas pelo LREC), na monitorização e amostragem de águas subterrâneas, na recolha de solos, na realização de análises aos solos e águas tendo em vista a deteção contaminantes e na análise de resultados e elaboração de recomendações, face às conclusões obtidas. As análises de solos e águas foram realizadas, de acordo com especificações preparadas pelo LNEC, num laboratório contratado pelo MDN.

Tendo em vista apoiar a delimitação de áreas contaminadas em zonas onde tinham sido reportados derrames de combustível, em particular nos locais "Avenida do Infante entre os edifícios T-701 e T-709" (Site 3001), *Former Running Track* (Site 5014) e *Military Highway Spill* (Site 5013), foram ainda executados trabalhos de prospeção geofísica complementar.

O Site 3006 foi entretanto já considerado como não suscitando recomendações adicionais num relatório publicado em 2018 (Antunes e Leitão, 2018). No entanto é incluído neste relatório uma vez que os resultados obtidos nas respetivas análises ainda não tinham sido reportados.

2 | Metodologias para a avaliação ambiental de solos e águas subterrâneas

2.1 Solos

Em Portugal não existem valores de referência para a qualidade dos solos na origem, i.e. valores relativos a solos não contaminados. Situação idêntica acontece a nível da União Europeia, onde está a ser preparada uma Diretiva-Quadro de Solos, estando o processo em análise há vários anos por um grupo de trabalho (http://ec.europa.eu/environment/soil/index_en.htm).

Neste contexto foram utilizados os valores de referência habitualmente mais consultados: a legislação do Canadá (também conhecida por normas do Ontário) e a legislação da Holanda. A legislação do Canadá (ME, 2011) tem os valores padrão (*standard*) definidos em função do uso do solo (agricultura, industrial e residencial) e do uso das águas subterrâneas no local. A legislação da Holanda define um valor máximo a partir do qual considera que deve haver intervenção. As normas do Canadá utilizadas neste estudo foram publicadas em 2011 (Quadro 2.1), em particular a *Table 2: Full Depth Generic Site Condition Standards in a Potable Ground Water Condition* e *Table 3: Full Depth Generic Site Condition Standards in a Non-Potable Ground Water Condition*; esta última visa permitir a comparação entre as duas situações e também cobrir os locais onde não se justifica utilizar a primeira. Os valores da legislação da Holanda (VROM, 2010) também foram utilizados não só como comparação com as normas do Canadá, mas também para incluir parâmetros não legislados (http://www.esdat.com.au/Environmental%20Standards/Dutch/annexS_I2000Dutch%20Environmental%20Standards.pdf). No Quadro 2.1 resumem-se os valores de referência adotados nestes dois países.

Quadro 2.1 – Valores de referência em solos para alguns dos parâmetros analisados (mg/kg)

Elemento	Canadá		Holanda
	Table 2*	Table 3**	IV***
Arsénio - As		11; <u>18</u> ; 18	55
Antimónio - Sb		7,5; <u>7,5</u> ; 40-50	15
Bário - Ba		390; <u>390</u> ; 670	625
Berílio - Be		4-5; <u>4-5</u> ; 8-10	30
Boro - B		120; <u>120</u> ; 120	-
Cádmio - Cd		1; <u>1,2</u> ; 1,9	12
Cobalto - Co		22; <u>22</u> ; 80-100	240
Cobre - Cu		140-180; <u>140-180</u> ; 230-300	190
Chumbo - Pb		45; <u>120</u> ; 120	530
Crómio - Cr		160; <u>160</u> ; 160	380
Níquel - Ni		100-130; <u>100-130</u> ; 270-340	210
Molibdeno - Mo		6,9; <u>6,9</u> ; 40	200
Mercúrio - Hg		0,25-1,8; <u>0,27</u> -1,8; 3,9-20	10

Elemento	Canadá		Holanda
	Table 2*	Table 3**	IV***
Prata - Ag	20-25; <u>20</u> -25; 40-50		15
Selénio - Se	2,4; <u>2,4</u> ; 5,5		100
Tálio - Tl	1; <u>1</u> ; 3,3		15
Vanádio - V	86; <u>86</u> ; 86		250
Zinco - Zn	340; <u>340</u> ; 340		720
HTPC6_C10 minus BTEX	55-65; <u>55</u> -65; 55-65		-
HTPC10_C16	98-150; <u>98</u> -150; 230-250		-
HTPC16_C34	300-1300; <u>300</u> -1300; 1700-2500		-
HTPC34_C50	2800-5600; <u>2800</u> -5600; 3300-6600		-
Benzeno	0,17-0,21; <u>0,17</u> -0,21; 0,32-0,4		1
Etilbenzeno	1,1-1,6; <u>1,1</u> -1,6; 1,1-1,6	2-15; 9,5-19	50
Tolueno	2,3-6; <u>2,3</u> -6; 6,4-9	2,3-6; 68-78	130
Xilenos	3,1-25; <u>3,1</u> -25; 26-30		25
Acenafteno	7,9-29; <u>7,9</u> -29; 21-29	7,9-58; 96	-
Acenaftileno	0,15-0,17; <u>0,15</u> -0,17; 0,15-0,17		-
Antraceno	0,67-0,74; <u>0,67</u> -0,74; 0,67-0,74		-
Benzo(a)antraceno	0,5-0,63; <u>0,5</u> -0,63; 0,96		-
Benzo(a)pireno	0,078; <u>0,3</u> ; 0,3		-
Benzo(b)fluoranteno	0,78; <u>0,78</u> ; 0,96		-
Benzo(g,h,i)perileno	6,6-7,8; <u>6,6</u> -7,8; 9,6		-
Benzo(k)fluoranteno	0,78; <u>0,78</u> ; 0,96		-
Criseno	7-7,8; <u>7</u> -7,8; 9,6		-
Dibenz(a,h)antraceno	0,1; <u>0,1</u> ; 0,1		-
Fenantreno	6,2-7,8; <u>6,2</u> -7,8; 12-16		-
Fluoranteno	0,69; <u>0,69</u> ; 9,6		-
Fluoreno	62-69; <u>62</u> -69; 62-69		-
Indeno(1,2,3,cd)pireno	0,38-0,48; <u>0,38</u> -0,48; 0,76-0,95		-
Naftaleno	0,6-0,75; <u>0,6</u> -0,75; 9,6-28		-
Pireno	78; <u>78</u> ; 96		-
HAP (soma 10)	-	-	40

Notas:

Os três valores apresentados, separados por ';', referem-se aos três usos: "agricultural; residential and parkland; industrial"

Quando é apresentado um intervalo, separado por '-' este refere-se a materiais "coarse - fine"

* Canadá T2 - Standards in a Potable Groundwater Condition, 2011

** Canadá T3 - Standards in a Non-Potable Ground Water Condition, 2011, neste caso só referente aos dois últimos usos referidos "residential and parkland; industrial"

*** Holanda – Intervention Value

A análise do Quadro 2.1 permite constatar a elevada variação entre os valores definidos pelos dois países.

Por forma a simplificar procedimentos e permitir uma comparação mais direta entre os resultados obtidos para os diferentes Sites, utilizou-se como norma os valores da legislação do Canadá *Table 2 - Standards in a Potable Groundwater Condition*, para uso "residential and parkland para materiais

grosseiros (*coarse*) (cf. valor sublinhado no Quadro 2.1) ou a legislação da Holanda (*Intervention Value*) para os casos onde não está definido valor de referência na legislação do Canadá.

2.2 Águas subterrâneas

A qualidade das águas subterrâneas foi analisada à luz da 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 de Águas Subterrâneas (DAS) e da Lei da Água. Nesse âmbito foram definidos, em 2015, novos valores de Limiares de Qualidade para avaliação do estado químico das massas de água subterrâneas - Anexo V dos Planos de Gestão das Regiões Hidrográficas 2016/2021 publicados pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2015), envolvendo muitas das substâncias analisadas neste estudo.

Para os parâmetros não contemplados nas legislações anteriormente mencionadas foram utilizados os valores paramétricos definidos no Decreto-Lei n.º 306/2007 para a qualidade da água destinada ao consumo humano. Por fim, para os restantes parâmetros não definidos na legislação Portuguesa, foi utilizada a legislação do Canadá relativas 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. Em síntese, e por sequência, são utilizados os seguintes documentos normativos (Quadro 2.2):

- 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 306/2007 Qualidade da água destinada ao consumo humano.
- Canadá - *Standards in a Potable Groundwater Condition* (T2).
- Canadá - *Standards in a non-Potable Groundwater Condition* (T3).
- Holanda – *Intervention Value* (IV).

Quadro 2.2 – Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Temperatura	°C						
pH	Sorensen		5,5; 9				
Condutividade elétrica	µS/cm (20°C)		2500				
Índice de fenóis	mg/L				0,89	12	2
Carbonatos	mg/L						
Cloretos	mg/L		250		790	2300	
Bicarbonato	mg/L						
Nitratos	mg/L	50					
Sulfato	mg/L		250				
Alumínio - Al	mg/L			0,2			

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Antimônio - Sb	mg/L			0,005			0,02
Arsênio - As	mg/L		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				5	45	
Cádmio - Cd	mg/L		0,005		0,0027	0,0027	0,006
Cálcio - Ca	mg/L						
Crômio - 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			
Chumbo - Pb	mg/L		0,01		0,01	0,025	0,075
Lítio - Li	mg/L						
Magnésio - Mg	mg/L						
Manganês - Mn	mg/L			0,05			
Mercurio - Hg	µg/L		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						
Selênio - Se	mg/L			0,01	0,01	0,063	0,16
Prata - Ag	mg/L				0,0015	0,0015	0,04
Sódio - Na	mg/L			200	490	2300	
Tálio - Ta	mg/L				0,002	0,51	0,007
Vanádio - V	mg/L				0,0062	0,25	0,07
Zinco - Zn	mg/L				1,1	1,1	0,8
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	mg/L				0,75	0,75	
BTEX:							
Benzeno	µg/L		1	1	5	44	30
Etilbenzeno	µg/L		1,3		2,4	2300	150
Meta-para xileno	µg/L		1,3		300	4200	70
Orto-xileno	µg/L		1,3		300	4200	70
Tolueno	µg/L		1,3		24	18000	1000
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	

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
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 vinil	µg/L				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		1,6	1,6	40
Tetraclorometano	µg/L						10
trans-1.2-Dicloroetano	µg/L				1,6	1,6	
trans-1.3-Dicloropropeno	µg/L				0,5		
Tricloroetileno (TCE)	µg/L		0,65		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				15	190	9200
n-Butilbenzeno	µg/L						
n-Propilbenzeno	µg/L						
p-Isopropiltolueno	µg/L						
sec-Butilbenzeno	µg/L						

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Estireno	µg/L				5,4	1300	300
tert-Butil álcool	µg/L						
tert-Butilbenzeno	µg/L						
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP) (DNAPL):							
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				0,2	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

VP - Valor Paramétrico. DL 306/2007 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*

Salienta-se a existência de diferenças assinaláveis entre a legislação Portuguesa e do Canadá (Quadro 2.2). Estas diferenças chegam a ser superiores a 60 000 vezes, como é o caso do fluoreno.

2.3 Geofísica

A prospeção por métodos elétricos baseia-se na geração de um campo elétrico, através da injeção de corrente elétrica no terreno por meio de dois elétrodos metálicos nele cravados, e na medição da diferença de potencial elétrico entre dois outros pontos, igualmente através de elétrodos metálicos cravados no terreno.

Nos perfis de resistividade elétrica utiliza-se, geralmente, o dispositivo do tipo dipolo-dipolo, quando se pretende avaliar variações laterais da resistividade ao longo de um perfil. A sua materialização no terreno consiste na disposição de uma linha de elétrodos, igualmente espaçados, procedendo-se à injeção de corrente elétrica nos dois primeiros elétrodos (dipolo de injeção) e à leitura sucessiva do

potencial elétrico gerado no terreno nos dez pares de eléctrodos seguintes (dipolos de leitura), após o que o dipolo de injeção avança para a posição seguinte no alinhamento (perfil), repetindo-se o processo de leitura, assim sucessivamente, até se atingir o último par de eléctrodos (cf. Figura 2.1). Os valores de resistividade eléctrica aparente, assim obtidos, são representados sob a forma de pseudo-secção bidimensional de resistividade eléctrica. O seu processamento, com recurso a programas informáticos, resulta na obtenção de tomografias de resistividade eléctrica que representam graficamente uma imagem bidimensional do terreno em profundidade, em termos de resistividade (modelo da resistividade eléctrica do terreno).

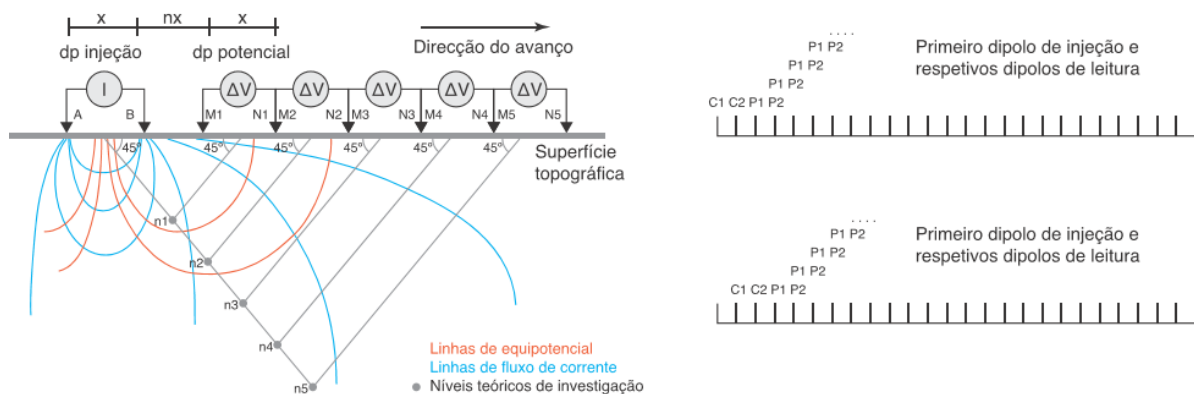


Figura 2.1 – Esquema da sequência de injeções de corrente (A e B, ou C1 e C2) e de leitura de potenciais (M1, N1, ..., ou P1 e P2) do dispositivo dipolo-dipolo, e correspondentes posições teóricas em profundidade, utilizadas para a representação 2D dos dados (pseudo-secção), a partir da movimentação do dispositivo ao longo do alinhamento materializado no terreno por uma série de eléctrodos (esquema da direita)

As variações mais significativas do campo eléctrico resultam, habitualmente, de heterogeneidades litológicas ou da presença de estruturas subsuperficiais com resistividades anómalas em relação ao meio envolvente. O grau de variação da distribuição do potencial eléctrico depende do contraste entre a resistividade destas estruturas e o meio envolvente, bem como da sua orientação face ao dispositivo utilizado.

Tendo em conta que a corrente eléctrica se propaga no terreno, principalmente, através do eletrólito constituído pela água existente nos seus vazios, pelos sais nela dissolvidos e pela maior ou menor presença de argila na matriz sólida, a resistividade eléctrica depende não só da porosidade do terreno, como, também, do teor em água e da concentração iónica no meio aquoso, bem como da composição da matriz sólida do terreno.

3 | Campanhas realizadas e procedimentos de amostragem

3.1 Solos

A recolha de solos para análise química foi efetuada pelo LREC, através da realização de um conjunto de sondagens. As amostras de solos foram retiradas e acondicionadas maioritariamente durante o processo de perfuração das sondagens, a profundidades pré-estabelecidas, por vezes ajustadas à realidade hidrogeológica encontrada. Há, ainda, solos que foram recolhidos manualmente nas situações em que a presença de material rochoso impediu o avanço das máquinas. O relatório do LREC (Amaral, 2019) apresenta os detalhes dos procedimentos adotados e das amostras recolhidas. No Anexo deste relatório apresentam-se detalhes sobre os métodos de análise e limites de quantificação de cada parâmetro.

3.2 Águas subterrâneas

Foram efetuadas duas campanhas de amostragem de águas subterrâneas, a primeira de 15 a 19 de outubro de 2018, relativa ao período após o verão, e a outra quatro meses depois, de 18 a 22 de fevereiro, relativa ao período húmido.

Os procedimentos de amostragem de águas subterrâneas 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 VOC) 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. No Anexo deste relatório apresentam-se detalhes sobre os métodos de análise e limites de quantificação de cada parâmetro.

3.3 Geofísica

Foram realizados trabalhos de prospeção geofísica no Site 3001 e no Site 5014, entre 18 e 28 de junho de 2018.

No Site 3001 foram executados dois perfis (Figura 3.1). No Site 5014 realizaram-se oito perfis, procurando incorporar informação respeitante ao aterro e ao terreno exterior a este, para melhor avaliar a composição deste em comparação com o terreno envolvente, assim como uma coincidência

com perfis executados em 2009, neste caso com o objetivo de se proceder a uma avaliação da evolução no tempo em termos de resistividade elétrica. No Quadro 3.1 constam os elementos técnicos dos perfis executados, que perfizeram uma extensão total de 3876 m.



Figura 3.1 – Localização dos trabalhos de prospeção geofísica executados (2018 - traços a cor de laranja clara; 2009 – traços a cor de laranja)

Os dados recolhidos (resistividades elétricas aparentes) foram processados com o programa Res2Dinv, resultando em tomografias bidimensionais de resistividade elétrica. A topografia do terreno foi incorporada nos modelos, resultando esta de um levantamento efetuado com um DGPS, encontrando-se a antena base instalada junto do piezómetro MW04.

Quadro 3.1 – Elementos técnicos dos perfis de prospeção geofísica

Perfil	Comprimento (m)		Distância dipolar (m)	Profundidade máxima investigada (m)
	Planeado	Executado		
2018-1	280	300	5	32,8
2018-2	360	360	4	26,2
2018-3	440	440	4	26,2
2018-4	600	600	4	26,2
2018-5	280	320	4	26,2
2018-6	400	440	4	26,2
2018-7	280	348	4	26,2
2018-8	280	356	4	26,2
2018-9	280	360	4	26,2
2018-10	0	352	4	26,2

4 | Locais analisados

4.1 Site 3001: Main Gate

4.1.1 Identificação do local e breve descrição

O Site 3001 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 4.1).

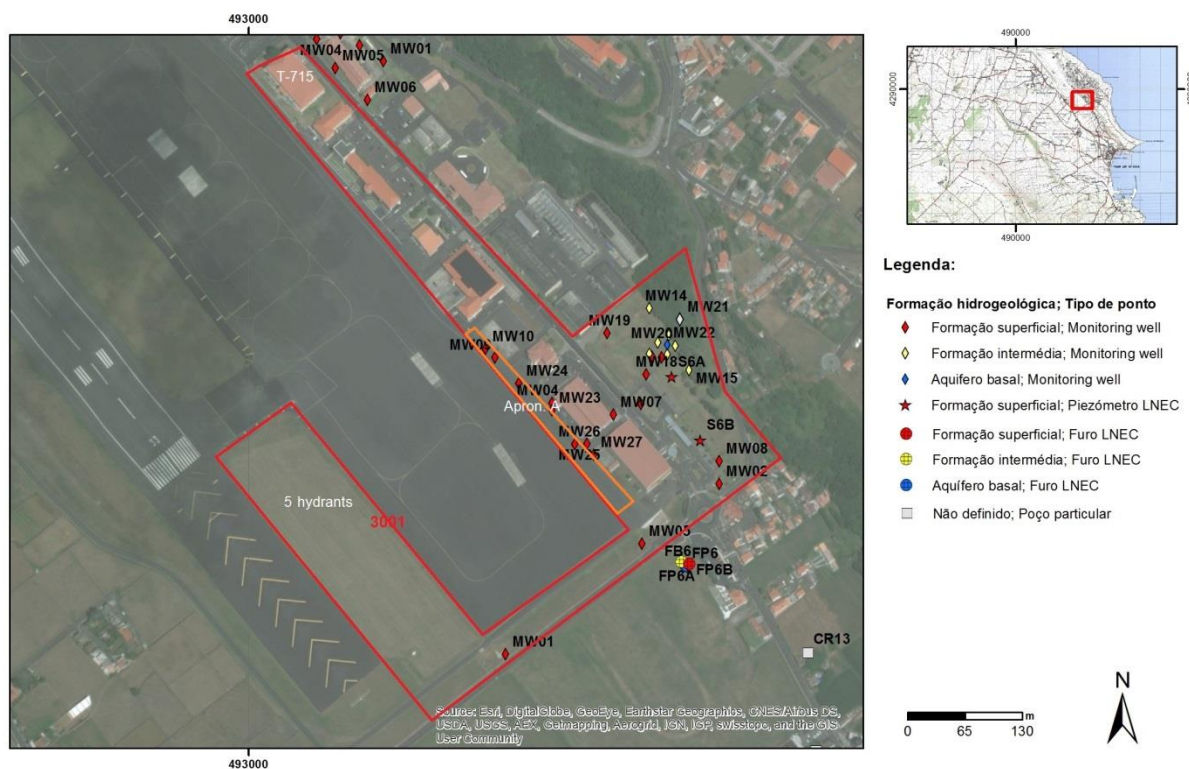


Figura 4.1 – Localização do Site 3001 e de alguns pontos de amostragem de águas subterrâneas

Este Site, com cerca de 19 hectares, constitui o local de maior preocupação na Base das Lajes desde que, em 1995, foi confirmada a presença de hidrocarbonetos nos solos e nas águas subterrâneas em diversas áreas, como resultado de fugas de combustível em depósitos e *pipelines* aqui localizados. De facto, nesta área existiram depósitos de combustível (*Aboveground Storage Tanks*, AST, T-670 e T-672), localizados a leste depois de entrar na Porta de Armas, para além da ligação a diferentes sistemas de *pipelines* da Base vindos da *South Tank Farm* (Site 5001) e dos antigos tanques das Covas Cinzas e do Cabrito (Site 5007). Acresce a ligação ao sistema de reabastecimento abandonado dos 5 *Hydrants* (1950s a 1993). Pese embora os *pipelines* antigos estejam desativados e esvaziados (com os últimos trabalhos relativos aos *pipelines* do Cabrito e das 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.

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 uma monitorização complementar com a recolha semestral de amostras de água para análises químicas, visando o complemento e a confirmação dos dados obtidos pela USAFE (dentro dos locais contaminados) e pela entidade gestora da água para consumo humano (furos de captação), na perspetiva da salvaguarda da água para consumo humano. O trabalho inclui ainda a avaliação e emissão de pareceres sobre os trabalhos de monitorização e de reabilitação em curso pela Força Aérea Americana e a análise de propostas de reabilitação das águas subterrâneas preconizadas pela USAFE, avaliando o desempenho dessas soluções.

No contexto do exposto, neste estudo para o MDN foram efetuados trabalhos complementares de geofísica que se apresentam em seguida.

4.1.2 Descrição sumária de estudos anteriores

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 tem vindo a ser desenvolvida há diversos anos pela USAFE (*e.g. AMEC, 2010b*) sendo reportada a redução significativa de LNAPL na grande maioria dos piezómetros (fase imiscível sobrenadante) através dos diversos relatórios que vêm sendo produzidos. No acompanhamento e monitorização complementar (para análise da eficácia destas medidas na melhoria da qualidade das águas subterrâneas), que o LNEC tem desenvolvido para a ERSARA, descreve-se que se observa a diminuição global da concentração em hidrocarbonetos em dissolução nos últimos anos, embora haja oscilações nas concentrações por vezes com ressurgimento de HAP e de COV (Leitão e Henriques, 2018). O ressurgimento de pequenas concentrações de hidrocarbonetos nas águas subterrâneas será inevitável enquanto houver hidrocarbonetos aprisionados nos solos, na medida em que vai havendo lentos processos de difusão do solo para as águas intersticiais da zona não saturada do solo, que acabarão por atingir o nível saturado através da lixiviação durante os períodos de recarga da água de precipitação.

Nesse contexto, existe agora a necessidade de iniciar a terceira fase de medidas de reabilitação dentro do Site 3001, agora relativa aos contaminantes presentes no solo e em dissolução na água.

4.1.3 Contextualização da necessidade de novos estudos

Em complemento aos trabalhos de reabilitação e de monitorização acima referidos, o LNEC realizou dois perfis de geofísica para avaliar a situação junto a dois piezómetros onde foram detetados LNAPL (3001-MW04 e 3001-MW23), atendendo ao facto de não haver piezómetros disponíveis a jusante para monitorização a sul e a sudeste da área Apron. A (onde está a própria pista de aviação, cf. Figura 4.1).

4.1.4 Prospecção geofísica - resultados obtidos

Um dos dois perfis executados neste local (Perfil 2018-1) é, aproximadamente, coincidente com um conjunto de quatro perfis (MGA-15 a MGA-18) executados pela Aestus (AMEC, 2009) em junho de 2009 (Figura 4.2).

Apresentam-se na Figura 4.3, de forma integrada, à mesma escala, e com a identificação de algumas das estruturas presentes no terreno, os resultados obtidos nos dois perfis realizados, distantes entre si de 10,5 m, assim como o resultado da sobreposição espacial dos quatro perfis executados pela Aestus. Com base no espectro de valores obtidos, e para que os modelos de resistividade elétrica sejam comparáveis com aqueles obtidos pela Aestus¹, a escala logarítmica de representação da gama de resistividades elétricas obtida encontra-se compreendida entre 3 ohm-m (azuis) e 543 ohm.m (encarnados). Nos modelos, a escala vertical corresponde às cotas do terreno. Os modelos são apresentados com o observador virado para os perfis, tal como se ilustra na Figura 4.2.

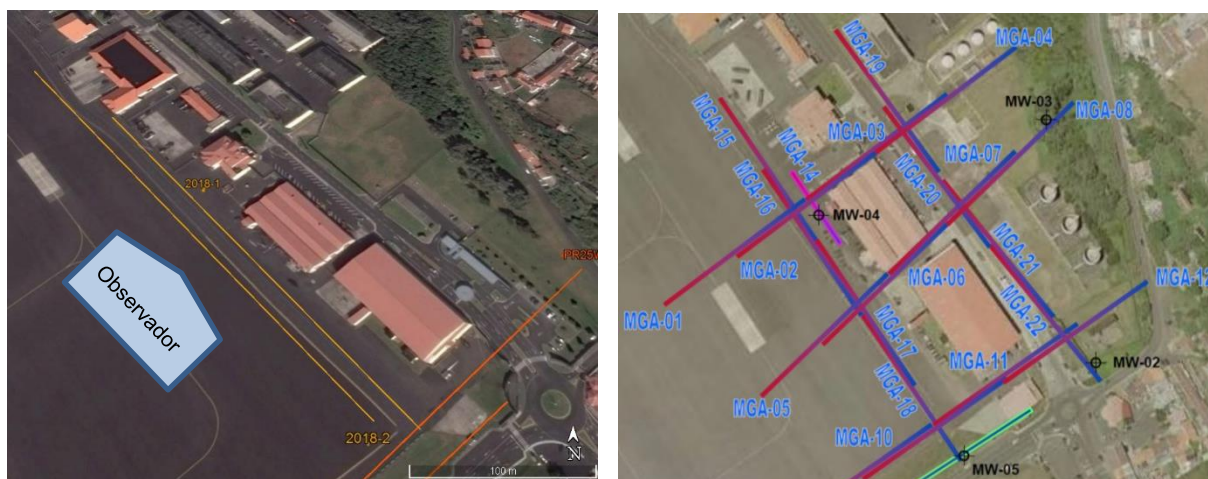
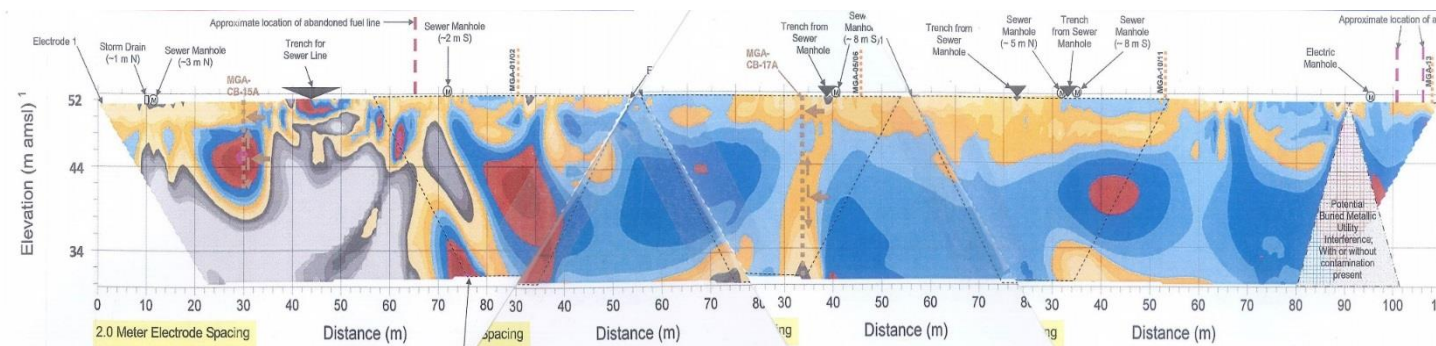


Figura 4.2 – Esquerda: extrato da Figura 3.1, com implantação dos perfis realizados pelo LNEC na campanha de 2018 (a cor de laranja). Direita: Extrato da Figura 1A constante no relatório da Aestus (AMEC, 2009)

¹ Em Leitão e Mota (2015) efetuou-se uma avaliação comparativa dos resultados obtidos pela Aestus e pelo LNEC, para validação da análise comparativa ao longo do tempo, com base nos resultados obtidos por ambas as entidades.

NW



SE

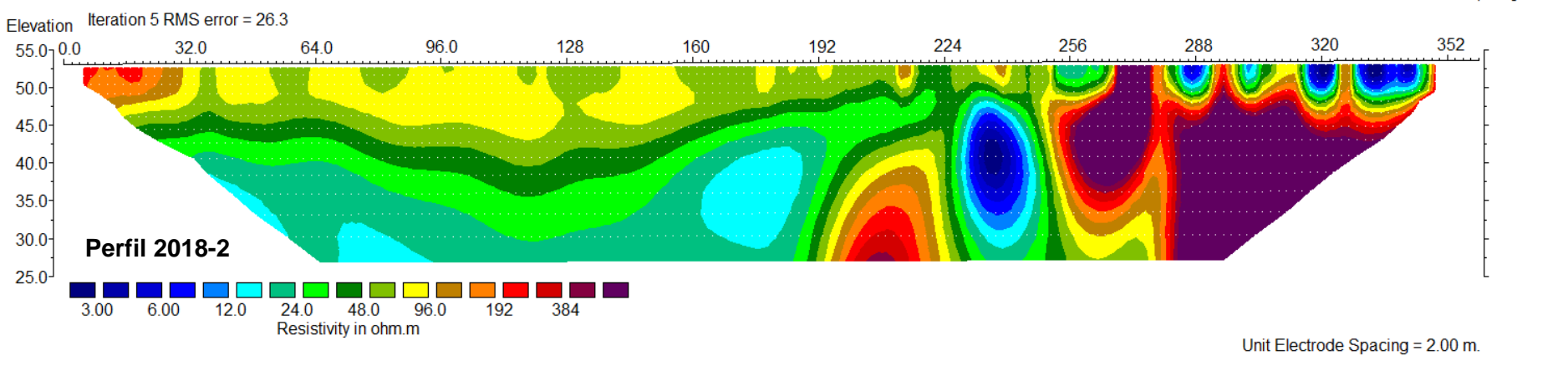
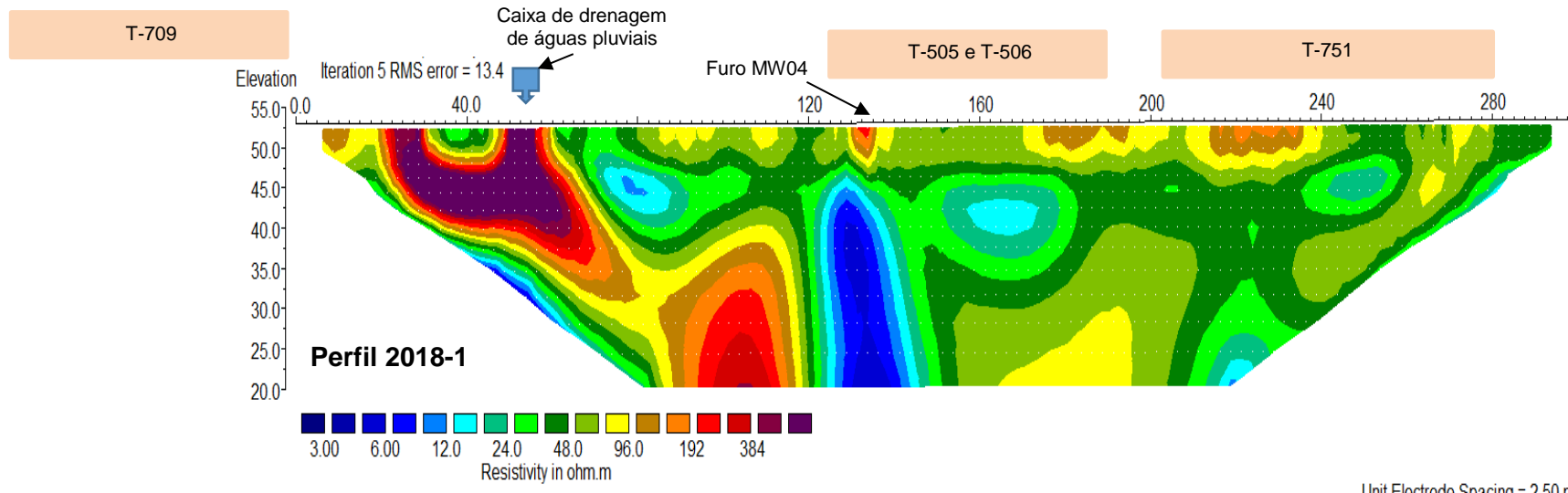
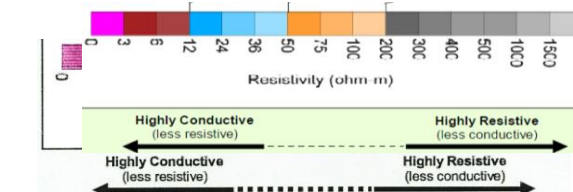


Figura 4.3 – Resultados obtidos no Site 3001 com a prospeção geofísica. Topo – Perfis MGA-15 a MGA-18, obtidos pela Aestus, em maio de 2009 (AMEC, 2009); Centro – Perfil 2018-1; Baixo – Perfil 2018-2

Página intencionalmente deixada em branco

Da análise aos modelos de resistividade elétrica obtidos destacam-se dois locais com características geofísicas distintas:

- uma anomalia de baixa resistividade (inferior a 9 ohm.m), alinhada com o furo de monitorização 3001-MW04, no qual foi identificada a presença de LNAPL, correlacionando-se prioritariamente, por essa razão, esta anomalia com a presença de uma pluma deste material;
- uma anomalia de alta resistividade situada no extremo SE do perfil 2018-2, cuja origem se desconhece, mas que não é correlacionável com qualquer foco de contaminação.

Na Figura 4.4 procedeu-se à delimitação espacial destas duas áreas.

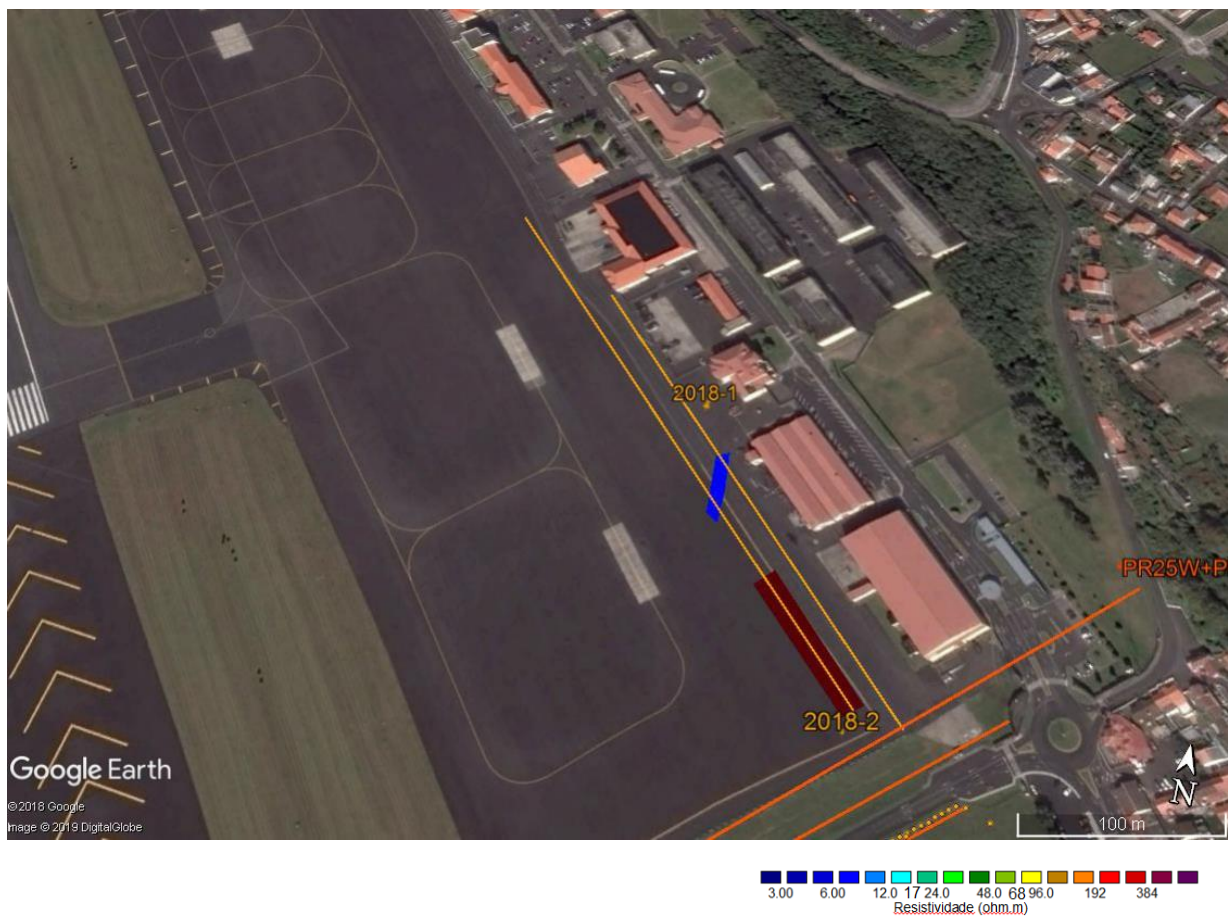


Figura 4.4 – Site 3001: delimitação das anomalias geofísicas de baixa resistividade (a cor azul) (provavelmente devidas à presença de LNAPL) e de alta resistividade (a cor vermelha)

4.1.5 Conclusões e recomendações

No contexto dos resultados obtidos nos perfis geofísicos, observa-se que a área a sul e a sudeste da Apron. A apresenta anomalias geofísicas que se podem associar à presença de hidrocarbonetos.

Devem ser tomadas medidas no sentido de confirmar a eventual presença de LNAPL nessas zonas e, em caso afirmativo, pôr em ação um processo de reabilitação.

Nas restantes áreas do Site 3001, recomenda-se que se dê início à terceira fase de reabilitação, i.e. remoção de hidrocarbonetos presentes nos solos e em dissolução na água. As duas primeiras fases, de remoção das fontes de contaminação existentes e de remoção de LNAPL, permitiram uma redução significativa de LNAPL dentro do Site 3001, bem como do conjunto de hidrocarbonetos nos piezómetros monitorizados a jusante. Importa agora, para se conseguir atingir a eficácia e a remoção final pretendidos, passar à terceira fase de reabilitação. Esta poderá ser feita recorrendo a processos de bioreabilitação, e.g. *bioventing* e *biosparging*, que são as metodologias mais habituais para fazer face a processo de contaminação por hidrocarbonetos nesta fase de reabilitação. Importa, igualmente, manter a monitorização as águas subterrâneas para análise da evolução da situação de melhoria da qualidade da água ao longo de todo o processo, dentro e a jusante do Site 3001.

4.2 Site 3003: Main Power Plant

4.2.1 Identificação do local

O Site 3003, representado na Figura 4.5, 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).

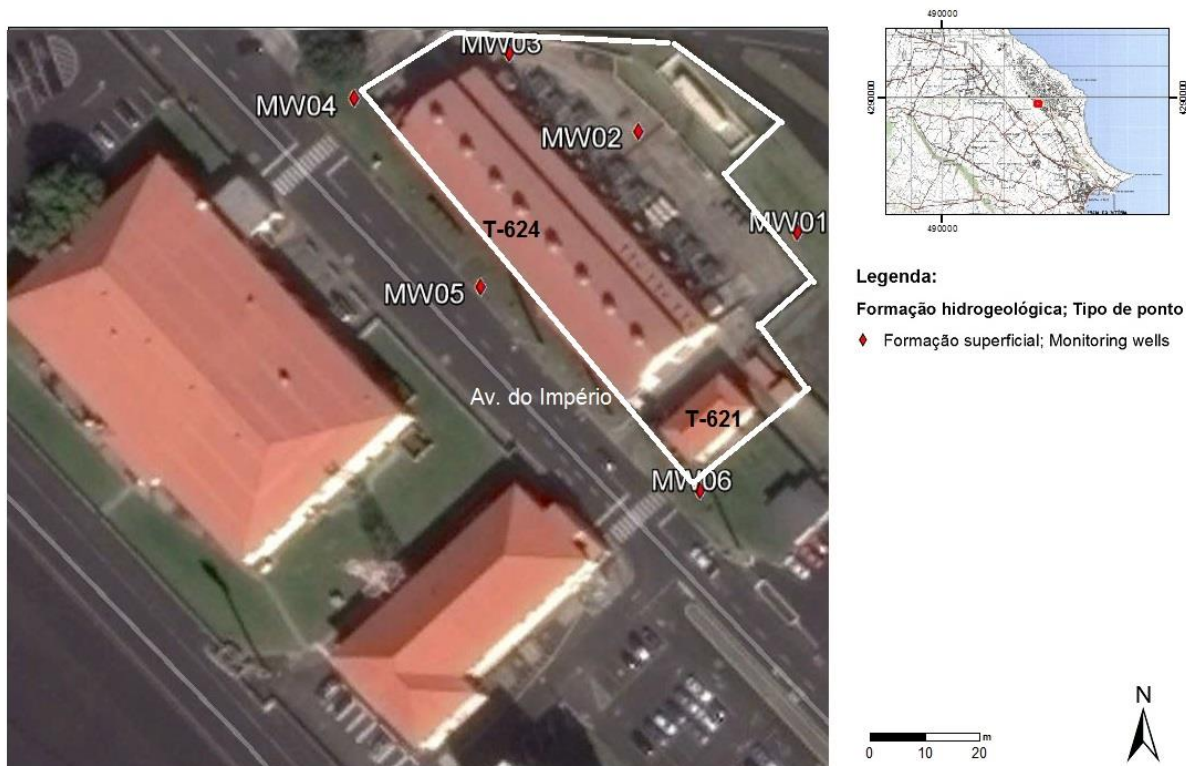


Figura 4.5 – Mapa do Site 3003

4.2.2 Descrição sumária de estudos anteriores

O Site 3003 corresponde à Central Elétrica Principal compreendendo o edifício T-624, onde se localiza o gerador e um conjunto de pequenos gabinetes, e o edifício T-621 onde se situa uma sala de descanso e as instalações sanitárias (Figura 4.5). A Central foi construída em 1953/54, tendo fornecido energia elétrica às instalações norte-americanas durante várias décadas. A Central esteve em operação até 2004, altura em que a Base passou a estar ligada ao sistema de público de distribuição de energia elétrica da ilha. A partir daquela data a Central passou a constituir um sistema de emergência, sendo objeto de operações de manutenção regulares.

No edifício T-624 foram identificados 13 AST (lado NE do edifício T-624, cf. Figura 4.5) com capacidades entre 500 e 1 000 galões (2 273 e 4 547 L) que abasteciam os nove geradores a diesel que constituíam a Central. Além dos AST referidos foi ainda identificado um AST de abastecimento com capacidade de 9 000 galões (limite NE da Figura 4.5), de parede simples e implantado numa bacia de contenção em betão, sendo alimentado por um oleoduto. Os AST de menor capacidade constituem reservatórios portáteis de paredes duplas e, com exceção de três, com contenções secundárias.

As fossas de drenagem associadas aos geradores não possuem atualmente um sistema de descarga, sendo os líquidos derramados drenados para contentores e reciclados via HazMart. Anteriormente, as fossas drenavam para um OWS, tendo sido a tubagem de ligação desligada em 1994 e o OWS substituído em 2001/02, visando evitar a ocorrência de derramamentos que, de acordo com CH2MHILL (2004), se terá verificado regularmente contaminação na área próxima àquela estrutura.

Com base em CH2MHILL (2004) foram reconhecidas, nas visitas de inspeção efetuadas ao Site 3003, manchas no pavimento em betão resultantes de derrames originados em operações de reabastecimento dos AST, bem como admitida a possibilidade de derrames mais relevantes poderem ser drenados pelo sistema de água pluviais existente nas proximidades do OWS.

O histórico deste local revela a ocorrência de numerosos derrames com maior ou menor relevância, que terão sido na sua maioria aparentemente controlados (CH2MHILL, 2004).

De acordo com AMEC (2010a) foram realizadas dezassete sondagens situadas nas zonas consideradas mais problemáticas, designadamente nas proximidades dos AST (3003-01, 3003-02, 3003-07, 3003-08/8b e 3003-15 a 3003-17) e dos OWS (3003-10 a 3003-13), nos locais das antigas tubagens de abastecimento (3003-03 e 3003-05), nas áreas de derrames registados e com manchas reconhecidas nas visitas de inspeção (3003-04 e 3003-04b), próximo de um gabinete existente no edifício T-624 (3003-06) e na área de drenagem do sistema pluvial.

A profundidade das sondagens variou entre 0,6 m (3003-04) e os 2,35 m (3003-06). A presença de pavimentos e de elementos estruturais enterrados em betão, de infraestruturas subterrâneas e de elementos grosseiros/substrato rochoso dificultou a localização e/ou a progressão dos trabalhos de prospeção, não tendo nenhuma das sondagens atingido a profundidade de investigação de 5 m preconizada. Nas sondagens 3003-03, 3003-05, 3003-06, 3003-16 e 3003-17 foram percecionados

odores a óleo. Na sondagem 3003-17 a camada entre os 0,9 e os 1,1 m, aparentemente, encontra-se saturada de combustível. O nível de água subterrânea não foi detetado em nenhuma sondagem. Nas sondagens realizadas foram recolhidas trinta e cinco amostras de solo para análise laboratorial de metais pesados, HTP, AHC incluindo BTEX, CHC e HAP, bem como a execução nos furos, com exceção dos 3003-01, 3003-04 e 3003-12 por terem profundidade insuficiente, de ensaios com PID para determinação dos COV, com resultados significativos nas sondagens 3003-05 (16,3 ppm) e 3003-15 (10,6 ppm). A análise dos resultados laboratoriais efetuada nos parágrafos seguintes baseia-se em AMEC (2010a).

A análise da caracterização laboratorial, no que diz respeito aos metais pesados, permite verificar que foram obtidas concentrações máximas de 269 mg/kg para bário (3003-17 1,10 m de prof.), de 545 mg/kg para chumbo (3003-02 0,90 m de prof.), de 1,5 mg/kg para cádmio (3003-02 0,90 m de prof.), de 40 mg/kg para cobalto (3003-12 1,90 m de prof.), de 148 mg/kg para cobre (3003-02 0,90 m de prof.) e de 407 mg/kg para zinco (3003-02 0,90 m de prof.) que excedem os limites definidos na legislação do Canadá para solos contaminados para uso industrial para o chumbo e o zinco.

As análises químicas indicaram concentrações elevadas de HTP (C₁₀-C₄₀) nas amostras 3003-03 (1,50 m de prof.), 3003-05 (0,85 e 1,15 m de prof.), 3003-07 (1,90 m de prof.) 3003-16 (0,60 m e 0,60 mD3 de prof.) e 3003-17 (1,10 m de prof.), com valores entre 9200 (3003-05 0,85 m de prof.) e 45 000 mg/kg (3003-17), que excedem os limites definidos na legislação do Canadá para solos contaminados. Nas restantes amostras as concentrações eram inferiores a 1000 mg/kg, com um número significativo de amostras com valores inferiores a 100 mg/kg. As amostras referidas, com exceção da 3003-17, continham igualmente concentrações de HTP (C₅-C₁₀) elevadas, variando entre 12 (3003-16 0,60 mD3 de prof.) e 1400 mg/kg (3003-05 1,15 m de prof.). Concentrações elevadas de BTEX foram detetadas na amostra 3003-05 (1,15 m de prof.), com um valor de 40,83 mg/kg, em que se destaca os níveis de xilenos, que excedem os limites definidos na legislação do Canadá para solos contaminados, e com menor expressão na amostra 3003-05 (0,85 m de prof.), com um valor de 4,83 mg/kg,

As amostras referidas com concentrações elevadas de HTP, com exceção da 3003-17, continham igualmente concentrações de AHC relevantes com valores entre 5,12 mg/kg (3003-03) e 582,93 mg/kg (3003-05 1,15 m de prof.).

Concentrações relativamente elevadas de HAP (soma de 16 de acordo com a EPA) foram detetadas nas amostras 3003-02 (0,90 m de prof.), 3003-05 (0,85 e 1,15 m de prof.) e 3003-16 (0,6 e 0,6 mD3) com valores entre 6,6 (3003-02) e 10,3 mg/kg (3003-05 1,15 m de prof.), que não excedem os limites definidos na legislação do Canadá para solos contaminados.

No que diz respeito aos resultados laboratoriais das amostras de gases no solo foram detetadas concentrações muito elevadas de BTEX na amostra 3003-05, com um valor de 20 479 mg/m³, que continha uma concentração de benzeno de 0,097 mg/m³, que excede o valor definido (0,0362 mg/m³) nas diretrizes dos Níveis Aceitáveis para a Saúde Humana da Califórnia (CHHSL). Na amostra 3003-09 foi detetada uma concentração de tetracloroetano relativamente elevada com um valor de

0,55 mg/m³, que excede o valor definido (0,18 mg/m³) nas diretrizes dos Níveis Aceitáveis para a Saúde Humana da Califórnia (CHHSL).

Em 2011 (AMEC, 2011c) foram efetuados novos trabalhos de reconhecimento que incluíram a realização de furos de prospeção e análises químicas complementares que revelaram concentrações de HTP (C₁₀-C₄₀) inferiores a 270 mg/kg e de BTEX abaixo do limite de detecção. Foram ainda realizadas análises sobre amostras de água que revelaram concentrações de HTP de 0,4 mg/L (C₁₀-C₄₀).

Concentrações dos contaminantes presentes neste Site abaixo dos limites definidos na legislação do Canadá para água não potável são igualmente referidas em AMEC (2012b) e BHATE (2014), que recomendam, no entanto, que se continue a proceder à monitorização anual deste Site. Este local foi já objeto de um relatório de encerramento (Simões, 2012a).

4.2.3 Contextualização da necessidade de novos estudos

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, com exceção da amostra 3003-07 em que, aparentemente, atingiu o substrato rochoso. 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 constitui 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 (cf. Figura 4.6, foto da direita) não inibindo totalmente a progressão dos contaminantes em profundidade, podendo a qualidade da água da formação hidrogeológica superficial ser afetada.

Atendendo ao referido, i.e. concentrações de contaminantes nos solos com valores inferiores aos limites definidos na legislação holandesa e o conjunto de medidas destinadas a evitar a migração de contaminantes, propôs-se avaliar o local através da análise da qualidade das águas subterrâneas.

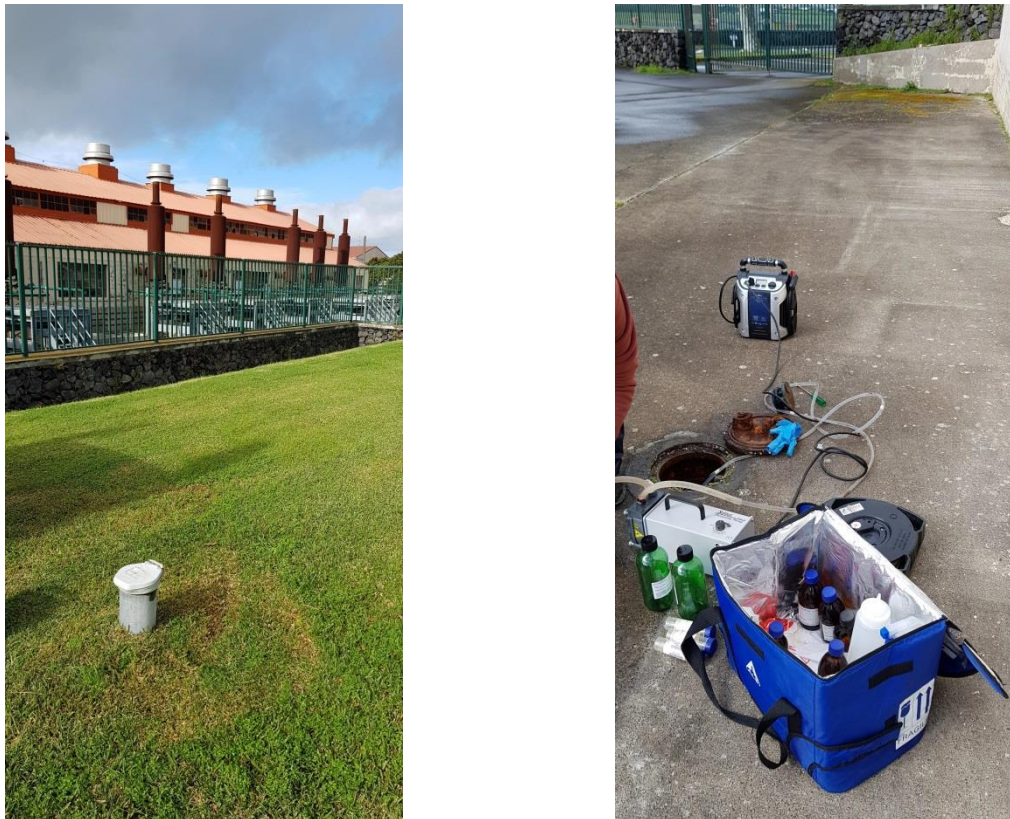


Figura 4.6 – Foto dos piezómetros 3003-MW01 (à esquerda) e 3003-MW03 (à direita), Site 3003

4.2.4 Plano de monitorização de águas

A monitorização do Site 3003 consistiu na análise da qualidade das águas subterrâneas nos seis piezómetros (*monitoring well*, MW) existentes na área, instalados em 2011 (Figura 4.5). Os piezómetros, com a profundidade máxima de 12 m (Quadro 4.1), captam água da formação hidrogeológica superficial.

Quadro 4.1 – 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

4.2.5 Resultados obtidos

Os Quadro 4.2 e Quadro 4.3 apresentam os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos seis piezómetros do Site 3003, em outubro de 2018 e fevereiro de 2019, respetivamente.

A análise dos dois quadros permite constatar que todas as análises químicas de HTP e BTEX apresentam valores abaixo dos respectivos limites de quantificação, tal como havia acontecido em campanhas anteriores (BHATE, 2014). Contudo, observa-se a presença de HAP e de COV em ambas as campanhas, do mesmo modo que em estudos anteriores. Na campanha de outubro de 2018 observa-se a presença de HAP (naftaleno) e seis COV halogenados (Figura 4.7), embora com concentrações abaixo da norma utilizada (cf. Quadro 4.2). Na campanha de fevereiro de 2019 foram encontrados os mesmos COV, mas com concentrações acima da norma utilizada no piezômetro 3003-MW05 (Figura 4.8 e Quadro 4.3), além da presença de naftaleno na maioria dos piezômetros e de outros HAP no piezômetro 3003-MW02 (Figura 4.9), estes últimos ligeiramente acima da norma para o acenafeno e fluoreno.

Os piezômetros localizados mais a sul (3003-MW01 e 3003-MW06) são os que apresentam valores mais baixos.

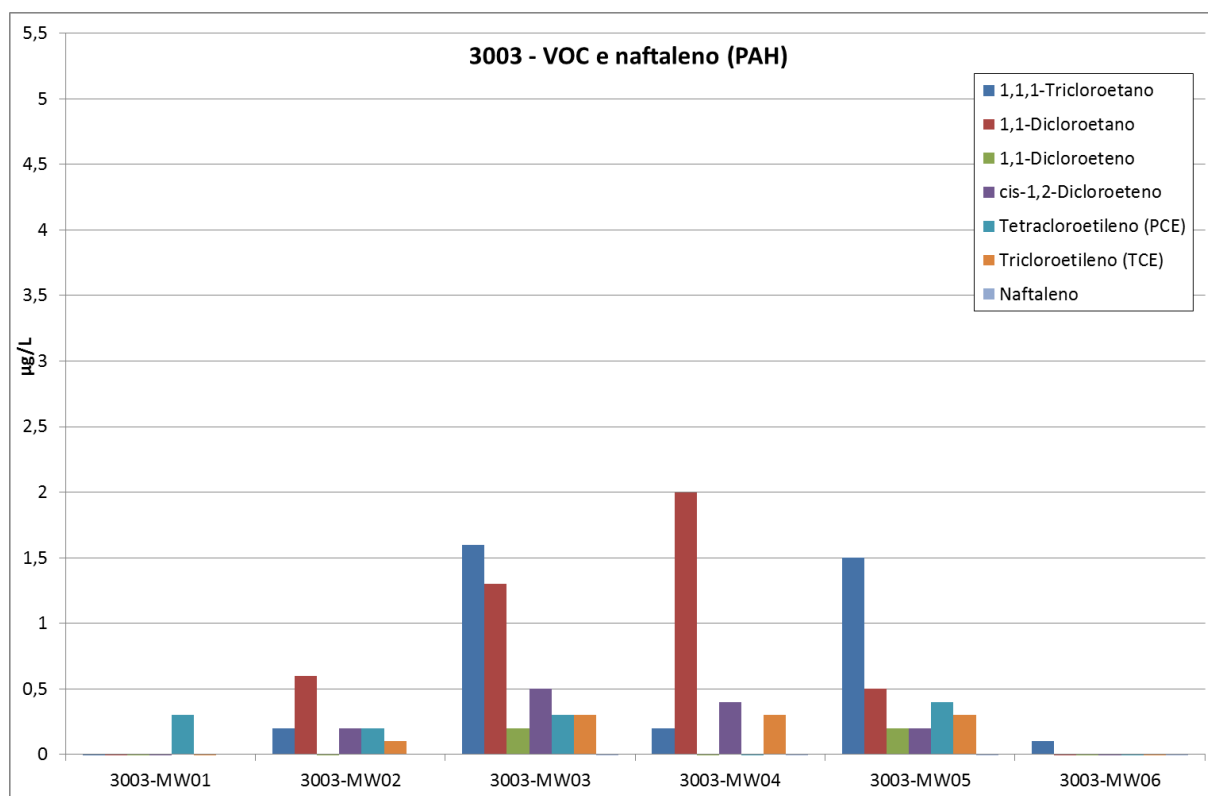


Figura 4.7 – Concentração em COV e HAP nos piezômetros do Site 3003, outubro de 2018

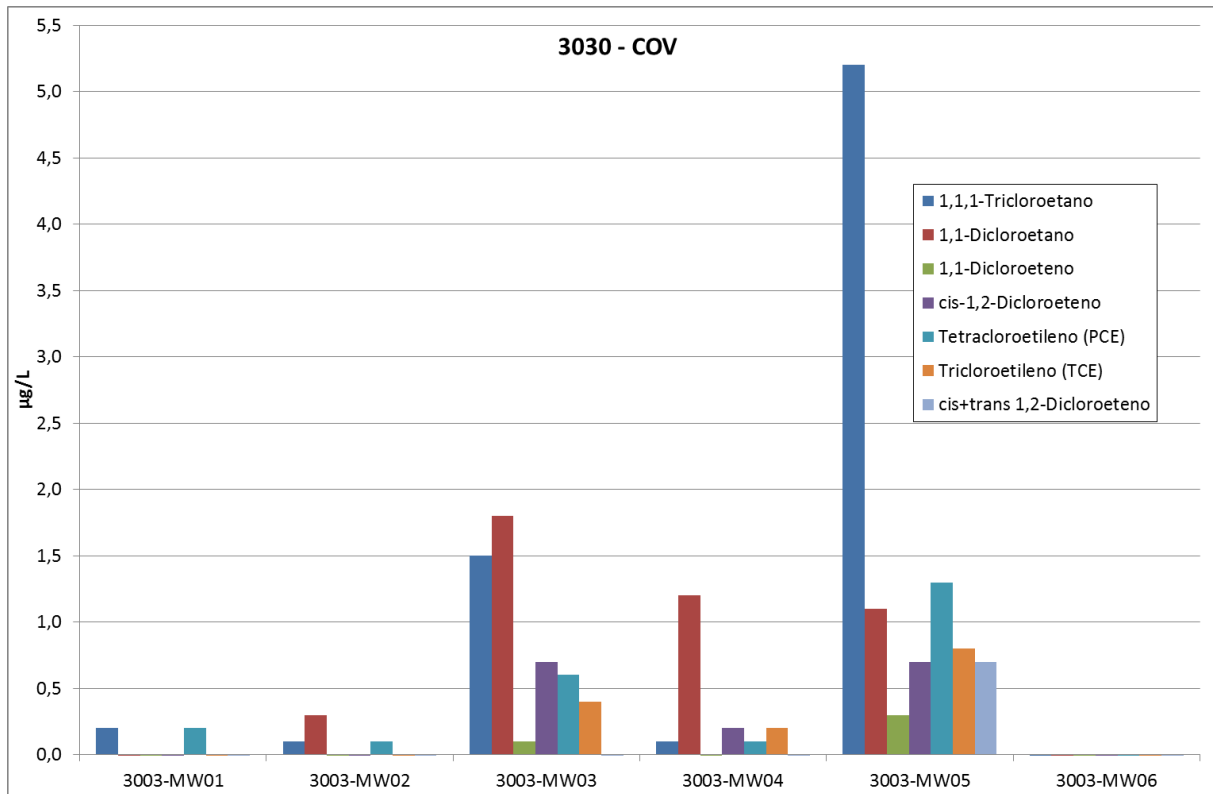


Figura 4.8 – Concentração em COV nos piezômetros do Site 3003, fevereiro de 2019

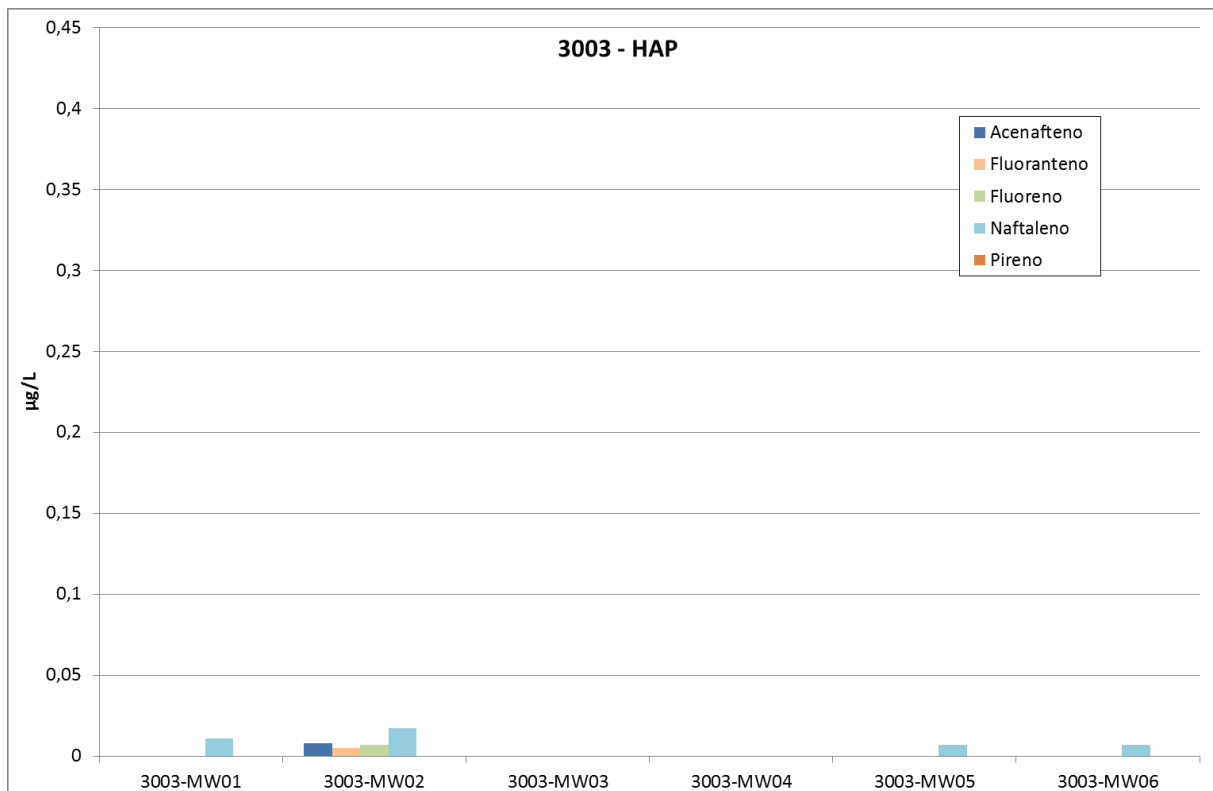


Figura 4.9 – Concentração em HAP nos piezômetros do Site 3003, fevereiro de 2019

Relativamente aos metais pesados observa-se, em alguns piezómetros, que a concentração em ferro, manganês e alumínio excede o valor paramétrico da água para consumo humano. O cádmio e cobalto também ultrapassam a norma do piezómetro 3003-MW04. Contudo, crê-se que a origem destes elementos é de natureza geológica (Leitão e Henriques, 2018) e se deve ao facto das 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.

4.2.6 Conclusões e recomendações

As análises que se têm vindo a fazer desde 2011 às águas dos seis piezómetros deste Site 3003 não apresentaram nem HTP nem BTEX, facto que se confirmou nas duas campanhas realizadas durante o presente estudo. Contudo, observa-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 (cf. Quadro 4.3). 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.

No contexto do exposto, subscreve-se o conjunto de medidas propostas por Simões (2012a) no relatório de encerramento deste Site, designadamente a necessidade de proceder à impermeabilização/fechamento com asfalto e/ou betão das juntas e fendas existentes nas superfícies pavimentadas da área e a manutenção/substituição das tubagens de abastecimento dos AST. Atendendo a que os valores de hidrocarbonetos acima das normas (PCE, TCE, acenafeno e fluoreno) excedem-nas ligeiramente, espera-se que as medidas acima referidas 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.

Os piezómetros 3003-MW02 e 3003-MW03 (cf. Figura 4.6), cujo acesso está abaixo do nível do solo, permitem a acumulação de água em torno do mesmo, o que pode facilitar a lixiviação de contaminantes na área à volta do piezómetro. Para evitar esta situação recomenda-se que o espaço que circunda o piezómetro seja selado e, ainda, que a boca fique acima do nível do chão, se possível.

4.3 Site 3006: Refuelling Maintenance

4.3.1 Identificação do local

O Site 3006 corresponde à área vedada da oficina de manutenção e de reabastecimento localizada na parte central da Base das Lajes nas proximidades da avenida do Império, e inclui os edifícios T-767 e T-768 (Figura 4.10), construídos em 1968 e 1988, respetivamente. A disposição dos edifícios sugere que foram utilizados desde então na manutenção de veículos pesados. Este local foi classificado como potencialmente contaminado no estudo de reconhecimento (DISCO study) realizado em 2004 (CH2MHILL, 2004).



Figura 4.10 – Mapa do Site 3006

4.3.2 Descrição sumária de estudos anteriores

O local correspondente ao edifício T-768, onde são efetuados os trabalhos de manutenção dos camiões de reabastecimento da Base, constitui a situação potencialmente mais gravosa, devido às operações de descarga de combustível dos veículos, que no passado eram efetuadas para um OWS, e à utilização de substâncias potencialmente perigosas na lubrificação das peças móveis e dos tubos de veículos. A informação disponibilizada revela ainda a localização, entre os edifícios T-767 e T-768, de antigos reservatórios de combustível enterrados (UST) com capacidade relevante, removidos nos anos 90, e de reservatórios de combustível à superfície (AST), tendo um destes sido encontrado (em 2009) no canto sudoeste do edifício T-768, bem como o registo de derrames de combustível em 1990 e 1996, que não foram objeto de medidas de remediação (CH2MHILL, 2004).

De acordo com AMEC (2010a) foram realizadas doze sondagens situadas nas zonas consideradas mais problemáticas, designadamente nos locais prováveis dos antigos reservatórios e nas áreas de realização das operações de manutenção. As sondagens foram planeadas para atingirem uma profundidade máxima de 5 m, não tendo, no entanto, ultrapassado os 2,8 m por dificuldades na furação devido à presença de obstáculos/elementos grosseiros. Nas sondagens realizadas foram recolhidas vinte e três amostras de solo para análise laboratorial de metais pesados, HTP, AHC incluindo BTEX, CHC e HAP, bem como a execução nos furos, de ensaios com PID para determinação de COV. O nível de água não foi encontrado em nenhuma das sondagens. A análise dos resultados laboratoriais efetuada nos parágrafos seguintes baseia-se em AMEC (2010a), tendo em consideração os limites definidos na legislação do Canadá para condições de água subterrânea potável, devido à proximidade deste Site a um furo de captação de água subterrânea para consumo da BA n.º 4.

A análise da caracterização laboratorial, no que diz respeito aos metais pesados, permitiu verificar concentrações de bário (valor máximo determinado 208 mg/kg no local 3006-08, 1,5 m prof.), de cobalto (valor máximo determinado 14 mg/kg no local 3006-03), de molibdénio (valor máximo determinado 6 mg/kg no local 3006-03) e de zinco (valor máximo determinado 298 mg/kg no local 3006-09, 1,6 m de prof.) relativamente elevadas, embora não excedendo os limites definidos na legislação do Canadá para solos contaminados. Para os restantes metais pesados as concentrações registadas ou não são significativas ou não ocorrem em concentrações acima do limite de deteção do método respetivo.

Em relação aos HTP (C₁₀-C₄₀), e em associação com os locais 3006-01 (1,1 m de prof.), 3006-06 (1,4 m de prof.) e 3006-07 (0,9 m de prof.), foram obtidas concentrações (valor máximo determinado de 690 mg/kg), acima dos limites da legislação do Canadá para condições de água subterrânea potável. Na amostra 3006-06 (1,4 m prof.) foi obtida uma concentração de 3,7 mg/kg de benzo(a)pireno, que excede o valor limite definido para esta substância na legislação anteriormente referida. Esta amostra, juntamente com as amostras recolhidas nas sondagens 3006-01 e 3006-07, apresenta concentrações elevadas de HAP.

No que diz respeito aos resultados laboratoriais das amostras de gases no solo foi obtida uma concentração máxima de BTEX de 4,064 mg/m³ para a amostra 3006-08, com uma concentração de benzeno de 0,094 mg/m³, verificando-se que, apenas nesta amostra, a concentração desta substância é superior ao definido nas diretrizes dos Níveis Aceitáveis para a Saúde Humana da Califórnia (CHHSL).

Estudos realizados posteriormente (AMEC, 2013a) incluíram a realização de medições da direção de fluxo das águas subterrâneas e do nível de água, bem como de análises químicas visando avaliar a qualidade da água no furo de captação AB4, designadamente em termos das concentrações, entre outros, de metais pesados, HTP, MTBE, COV, HAP, ferro, sulfatos e nitratos.

Os resultados apresentados em AMEC (2013a) indicaram direções de fluxo preferenciais para nordeste e para sudeste, com uma direção média de N104, e concentrações dos contaminantes abaixo dos critérios definidos pela legislação do Canadá para águas potáveis.

4.3.3 Contextualização da necessidade de novos estudos

Com base nos estudos apresentados em AMEC (2010a), os solos amostrados do Site 3006 foram considerados localmente contaminados por HTP e alguns HAP. A análise de risco concluiu que os riscos são reduzidos, por as superfícies se encontrarem pavimentadas. No entanto, os comprimentos das sondagens realizadas (não ultrapassaram os 2,8 m) não permitiram avaliar a eventual presença de contaminantes em profundidade, nem a que profundidade se encontrava o nível de água.

De acordo com AMEC (2013a) os estudos realizados permitiram concluir o seguinte: a) a ocorrência de níveis impermeáveis na zona mais superficial constitui uma barreira à migração de contaminantes para a zona de captação do furo AB4, situada a várias dezenas de metros de profundidade; no entanto, este estudo admite que, uma vez que se trata de uma zona litologicamente heterogénea e caracterizada pela ocorrência de numerosas falhas, é possível que estes níveis se encontrem interrompidos permitindo, assim, a migração dos contaminantes para o aquífero basal; b) as direções de fluxo das águas subterrâneas determinadas indicam ser improvável que terrenos contaminados no Site 3006 afetem o furo de captação AB4; c) as análises químicas efetuadas nas amostras de água indicaram que as concentrações dos contaminantes se encontravam abaixo dos limites definidos pela legislação do Canadá; no entanto, este estudo refere que para períodos longos de bombagem, isto é semanas ou meses, o raio de influência do furo se pode estender intersetando os terrenos contaminados e, assim, afetar a qualidade da água captada do furo AB4.

Com base nas conclusões dos estudos realizados, AMEC (2013a) não recomenda que sejam adotadas medidas, ou efetuados novos estudos para este Site, propondo, apenas, a monitorização periódica da qualidade da água captada no furo AB4 e a interdição de atividades que envolvam a utilização de substâncias contaminantes em áreas não cobertas nas proximidades do furo de captação.

Foi elaborado para este Site um Relatório de Encerramento (Simões, 2013a) que segue a recomendação de AMEC (2013a) relativa à monitorização da qualidade da água do furo AB4.

Atendendo ao referido, propôs-se efetuar uma análise da qualidade das águas subterrâneas através da amostragem do furo AB4.

4.3.4 Plano de monitorização de águas

A monitorização do Site 3006 consistiu apenas na análise da qualidade das águas do furo AB4 para abastecimento. Desconhecem-se as características deste furo, embora se saiba que capta águas do aquífero basal e que o mesmo terá cerca de 72 m (foi referida a instalação de 6 tubos com cerca de 12 m cada). A bomba para extração de água estará a 1,5 m do fundo do furo.

4.3.5 Resultados obtidos

O Quadro 4.4 apresenta os resultados das análises químicas de duas amostras de água recolhidas no furo AB4, do Site 3006, em outubro de 2018 e em fevereiro de 2019.

Quadro 4.4 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no furo AB4, Site 3006

Designação local	Unidade	3006-AB4	3006-AB4	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
		16-10-2018	18-02-2019				
In situ							
Temperatura	oC	22	18,4			-	
pH	Sorensen	6,29	6,84	LQ e L	5,5; 9	0	
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	1244	606	LQ e L	2500	0	
Potencial redox (Eh)	mV	137	129			-	
Oxigénio dissolvido	mg/L	-	2,7			-	
Parâmetros agregados							
Índice de fenóis	mg/L	-0,001	0,0530	Canadá	0,89	0	1
Íons maiores							
Bicarbonatos	mg/L	110	-	-	-	0	
Carbonatos	mg/L	-5	-	-	-	0	
Cloretos	mg/L	300	-	LQ e L	250	1	
Nitratos	mg/L	30	-	NQ	50	0	
Sulfatos	mg/L	44	-	LQ e L	250	0	
Cálcio - Ca	mg/L	21	-	-	-	0	
Magnésio - Mg	mg/L	27	-	-	-	0	
Potássio - K	mg/L	12	-	-	-	0	
Sódio - Na	mg/L	170	-	VP	200	0	
Metais em solução							
Alumínio - Al	mg/L	-0,100	0,100	VP	0,2	0	
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	
Bário - Ba	mg/L	-0,050	-0,050	Canadá	1	0	
Berílio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	Canadá	0,004	0	
Boro - B	mg/L	-0,100	-0,100	Canadá	5	0	
Cádmio - Cd	mg/L	0,000	0,000	LQ e L	0,005	0	
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	Canadá	0,0038	0	
Cobre - Cu	mg/L	-0,005	-0,005	VP	2	0	
Crómio - Cr	mg/L	-0,001	-0,001	VP	0,05	0	
Ferro - Fe	mg/L	-0,050	-0,050	VP	0,2	0	
Fluoreto	mg/L	0,700	-	VP	1,5	0	
Fósforo - PO4	mg/L	0,380	0,450	-	-	0	
Lítio - Li	mg/L	0,008	0,026	-	-	0	
Manganês - Mn	mg/L	-0,010	0,010	VP	0,05	0	
Mercúrio - Hg	µg/L	-0,050	-0,050	LQ e L	1	0	
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0	
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	VP	0,02	0	
Selénio - Se	mg/L	-0,001	-0,001	VP	0,01	0	
Vanádio - V	mg/L	0,011	0,009	Canadá	0,0062	2	
Zinco - Zn	mg/L	0,074	0,027	Canadá	1,1	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
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-	-	-	0
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-	-	-	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-	-	-	0
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-	-	-	0
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-	-	-	0
BTEX							
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,1	VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,1	L	1,3	0	0
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	-0,1	L	1,3	0	0
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,1	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	-0,05	-0,1	L	1,3	0	0
Soma BTEX	µg/L	-0,25	-0,3	-	-	0	0
Soma xilenes	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados							
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	0	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	-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	-0,05	-	-	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
Cloro de vinil	µg/L	-0,2	-0,2	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0
Cloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	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	µg/L	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Triclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	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	-0,05	-	-	0	0
sec-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-	-	0	0
tert-Butil álcool	µg/L	-0,2	-0,2	-	-	0	0
tert-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)							
Acenafteno	µg/L	-0,005	-0,005	L	0,0065	0	0
Acenaftileno	µg/L	-0,005	-0,005	L	0,013	0	0
Antraceno	µg/L	-0,005	-0,005	L	0,1	0	0
Benzo(a)antraceno	µg/L	-0,005	-0,005	L	0,0065	0	0
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	0
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	-0,005	-0,005	L	0,0065	0	0
Fenantreno	µg/L	-0,005	-0,005	L	0,0065	0	0
Fluoranteno	µg/L	-0,005	-0,005	L	0,1	0	0
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	0,02	L	2,4	0	1
Pireno	µg/L	-0,005	-0,005	L	0,003	0	0
Soma de 4 HAP (DL 306/2007)	µg/L	-0,02	-0,02	VP	0,1	0	0

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

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

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

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

*,- significa "c"

A rosa estão os parâmetros acima da norma utilizada

A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página intencionalmente deixada em branco

Além destas duas análises foram fornecidos pela FAP os resultados de uma análise efetuada em 2017/09/05 para diversos iões, metais pesados, um conjunto alargado de hidrocarbonetos e, ainda, algumas centenas de pesticidas. Os resultados das análises apresentam valores muito semelhantes, sendo águas com fácies cloretada sódica, como é característico das águas do aquífero basal (cf. Figura 4.11, onde se assinalam a azul todas as águas amostradas no aquífero basal).

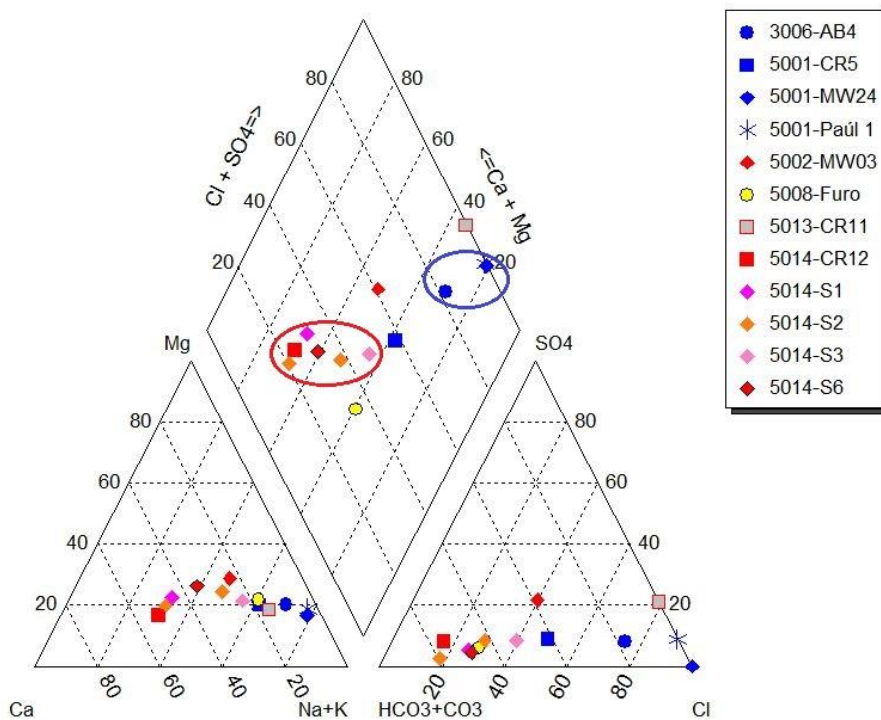


Figura 4.11 – Diagrama de Piper com a fácies hidrogeoquímica das águas subterrâneas com análise dos iões maiores

Os dois parâmetros com valores acima da norma foram o cloreto e vanádio. O cloreto está dentro das gamas de concentração habitualmente encontradas nos furos que captam o aquífero basal desta ilha (cf. Figura 4.12, onde F1 a F8 são os furos que captam o aquífero basal), o mesmo acontecendo para o vanádio, cuja origem se atribui à origem vulcânica da ilha. As concentrações observadas em ilhas vulcânicas, p.e. as ilhas Canárias, apresentam valores de concentração em V entre 0,0194 e 0,288 mg/L (Leitão e Henriques, 2018). Salienta-se que não há consenso a nível mundial da perigosidade deste metal para a saúde, estando o mesmo ausente na lista da Organização Mundial da Saúde (OMS), entre outras entidades.

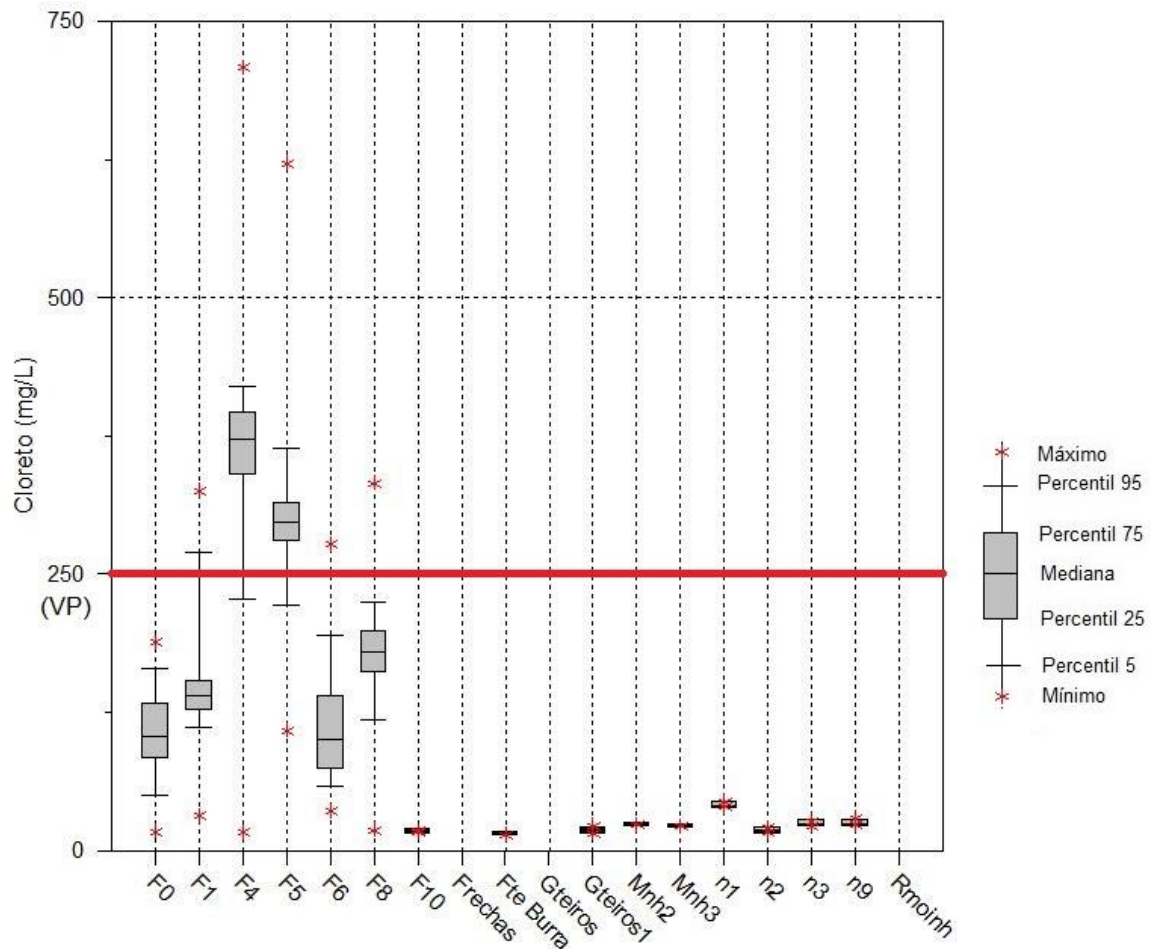


Figura 4.12 – Diagrama de box-plot das concentrações em cloreto nas águas subterrâneas do concelho de Praia da Vitória, ilha Terceira (extraído de Quadros *et al.*, 2018)

A concentração em metais pesados está frequentemente abaixo do limite de quantificação, como é o caso de alguns dos metais referidos como elevados para os solos em estudos anteriores (bário, cobalto, molibdénio).

Na amostra recolhida em fevereiro de 2019 verificou-se a presença de naftaleno e de fenóis, em ambos os casos em concentrações muito inferiores às respetivas normas utilizadas (cf. Quadro 4.4). Atendendo a que este furo é utilizado para consumo humano, e por precaução, sugere-se que a FAP considere a colocação de amostradores passivos (PS Organic (HAP) e PS COV, cf. pp 32 Leitão e Henriques, 2016) para análise contínua destes compostos.

De referir a presença de nitratos com alguma expressão (30 mg/L na única análise realizada e 39 mg/L em análise anterior), estando este elemento geralmente associado a atividades antropogénicas (e.g. uso de fertilizantes ou fossas sépticas). A observação de que as atividades à superfície causam impacto na qualidade da água do aquífero basal neste local, e simultaneamente a quase ausência de hidrocarbonetos, denota que as atividades associadas a operações com perda de combustível não terão afetado de forma expressiva a qualidade da água. Os elevados valores de oxigénio dissolvido denotam um ambiente saudável e não um ambiente redutor (que existiria caso estivesse a ocorrer

degradação natural de hidrocarbonetos em quantidades assinaláveis). De qualquer forma não deveriam ser observados hidrocarbonetos nas águas subterrâneas do aquífero basal e a sua presença implica vigilância da situação.

4.3.6 Conclusões e recomendações

Os dois parâmetros com valores acima da norma foram o cloreto e o vanádio que não estão associados com as atividades potencialmente contaminantes do local, mas sim com o contexto hidrogeológico da ilha. Registou-se a presença de naftaleno, em concentrações duas ordens de grandeza abaixo da norma, na campanha de fevereiro de 2019.

Assim, face à sua presente situação, não se apresentam recomendações adicionais em relação a este local. Subscreeve-se a recomendação de AMEC (2013) e de Simões (2013) relativamente a manter a monitorização da água captada do furo AB4.

4.4 Site 5001: South Tank Farm

4.4.1 Identificação do local e breve descrição

O Site 5001 é uma área de depósitos de combustíveis 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.

Este Site, com cerca de 20 hectares, está localizado a meio caminho entre as docas da Praia da Vitória (Site 5010, cf. secção 4.9), onde o combustível chega através de petroleiros, e a área principal da Base das Lajes. O Site localiza-se numa encosta e é cercado, a leste, pela íngreme Serra de Santiago, numa área com uma falha geológica e densa vegetação natural. A sul localiza-se uma lagoa, o Paul da Praia, junto ao parque de campismo da cidade, alimentada pelo aquífero basal. Nas restantes direções, o Site é cercado por áreas residenciais ou de pastagem (Figura 4.13).

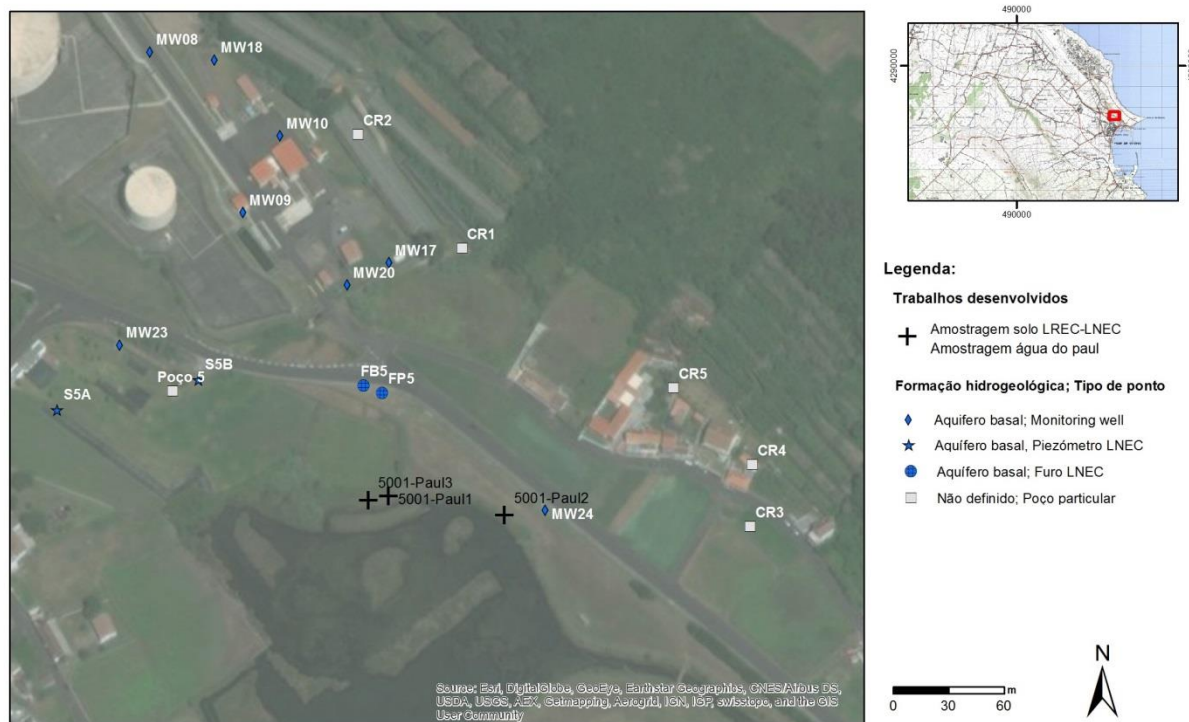


Figura 4.13 – Mapa do Site 5001

Neste local existem atualmente 12 tanques de combustível de dimensões variáveis, todos eles localizados em cima de plataformas de betão e com um contentor secundário capaz de reter eventuais fugas de combustível. Contudo, a estrutura dos reservatórios foi completamente mudada entre 1982 e 1986, tendo os solos removidos sido depositados no Site 5014 (cf. secção 4.11). 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 ao lado das portas de acesso dos tanques, sendo este um dos motivos da contaminação do Site, juntamente com inúmeros derrames identificados desde 1984.

4.4.2 Contextualização da necessidade de novos estudos

À semelhança do que foi referido na secção 4.1.1, também para o Site 5001, 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, visando o complemento e a fiscalização dos dados obtidos pela USAFE (dentro dos locais contaminados). O trabalho inclui ainda a avaliação e emissão de pareceres sobre os trabalhos de monitorização e de reabilitação em curso pela Força Aérea Americana e a análise de propostas de reabilitação das águas subterrâneas preconizadas pela USAFE, avaliando o desempenho dessas soluções.

No contexto do exposto, neste estudo para o MDN foram feitos trabalhos complementares de monitorização visando alargar a área de estudo para jusante, incluindo a análise de águas

subterrâneas em poços, outros piezômetros, bem como a análise de solos e das águas do Paul da Praia.

4.4.3 Plano de monitorização de solos e de águas

Os dois pontos que têm vindo a ser monitorizados pelo LNEC para a ERSARA nos últimos anos são o furo FB5 e o piezómetro S5A (Figura 4.13). Os pontos S5B, poço 5 e FP5 encontram-se danificados não sendo possível efetuar amostragem desde há alguns anos. A monitorização do Site 5001 para este estudo incluiu a análise da qualidade de três amostras de solos recolhidos junto ao Paul (Quadro 4.5), das águas do Paul junto aos solos Paul 1 e Paul 2 e de águas subterrâneas em seis pontos (Quadro 4.6).

Quadro 4.5 – Principais características dos solos amostrados no Site 5001

Designação	M	P	Profundidade recolha solos (m)	Número de amostras
Paul 1	494673,58	4287519,42	0,2	composta
Paul 2	494736,00	4287508,94	0,2	composta
Paul 3	494662,74	4287517,09	0,2	composta

Quadro 4.6 – 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	6,9	-	-
5001-MW20	494651,13	4287633,39	2,11	5,5	2,5	5,5
5001-MW17	494674,39	4287645,24	2,26	5,48	1,83	4,88
5001-MW24	494758,00	4287512,00	2,73	17,00	2	17

4.4.4 Resultados obtidos

4.4.4.1 Solos

O Quadro 4.7 apresenta os resultados das análises químicas de amostras dos solos recolhidas à entrada do Paul da Praia, a sul do Site 5001.

Página intencionalmente deixada em branco

Página intencionalmente deixada em branco

As concentrações em BTEX e em COV encontram-se abaixo dos respectivos limites de quantificação. O mesmo não se pode dizer para as concentrações em HTP ou HAP. A Figura 4.14 ilustra os resultados obtidos para os HTP, observando-se que as concentrações são superiores aos limites de quantificação, embora não ultrapassem as normas do Canadá (Quadro 4.7). Estes valores são da mesma ordem de grandeza dos encontrados no Site 5010, localizado mais a sul (cf. Figura 4.38). A Figura 4.15 apresenta as concentrações em HAP para os mesmos solos. A amostra 5001-Paul 1, de 0,2 m, é aquela onde são ultrapassadas as normas em diversos HAP (Quadro 4.7), tendo esta sido a amostra também com maiores concentrações em HTP.

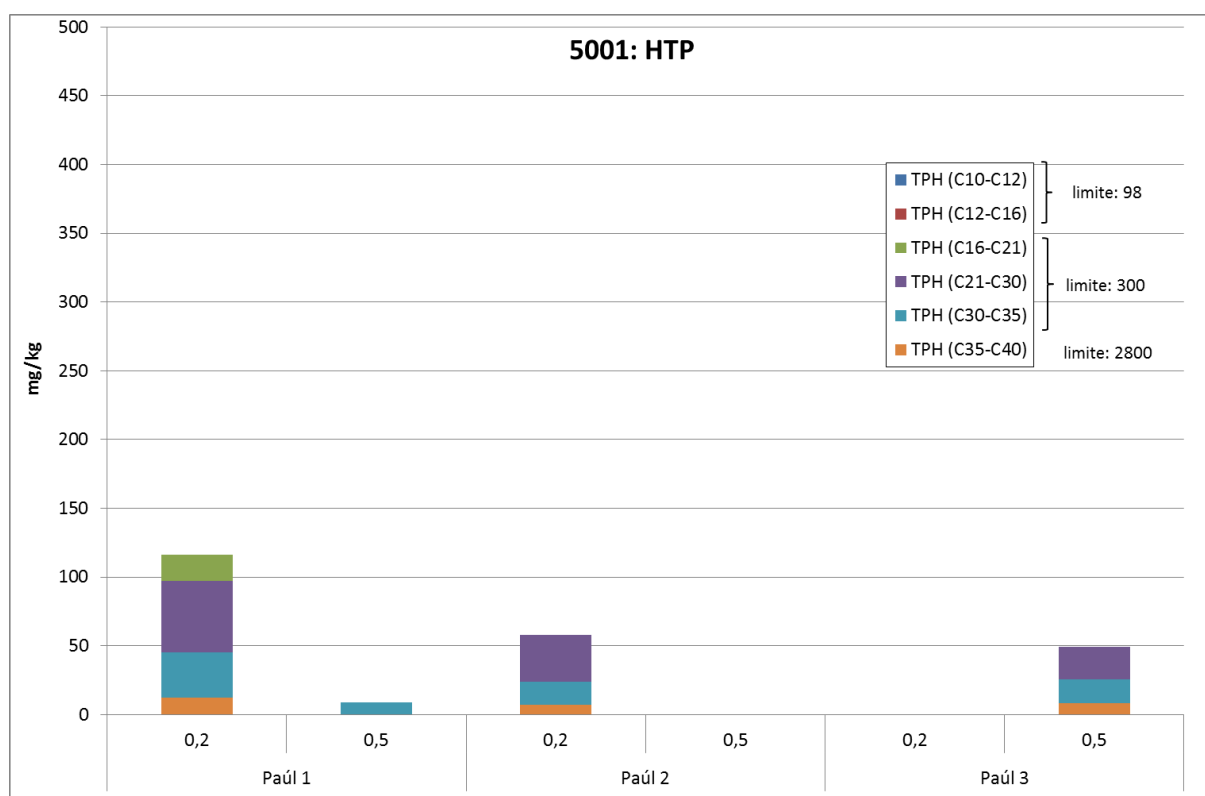


Figura 4.14 – Concentração em HTP nos solos a sul do Site 5001

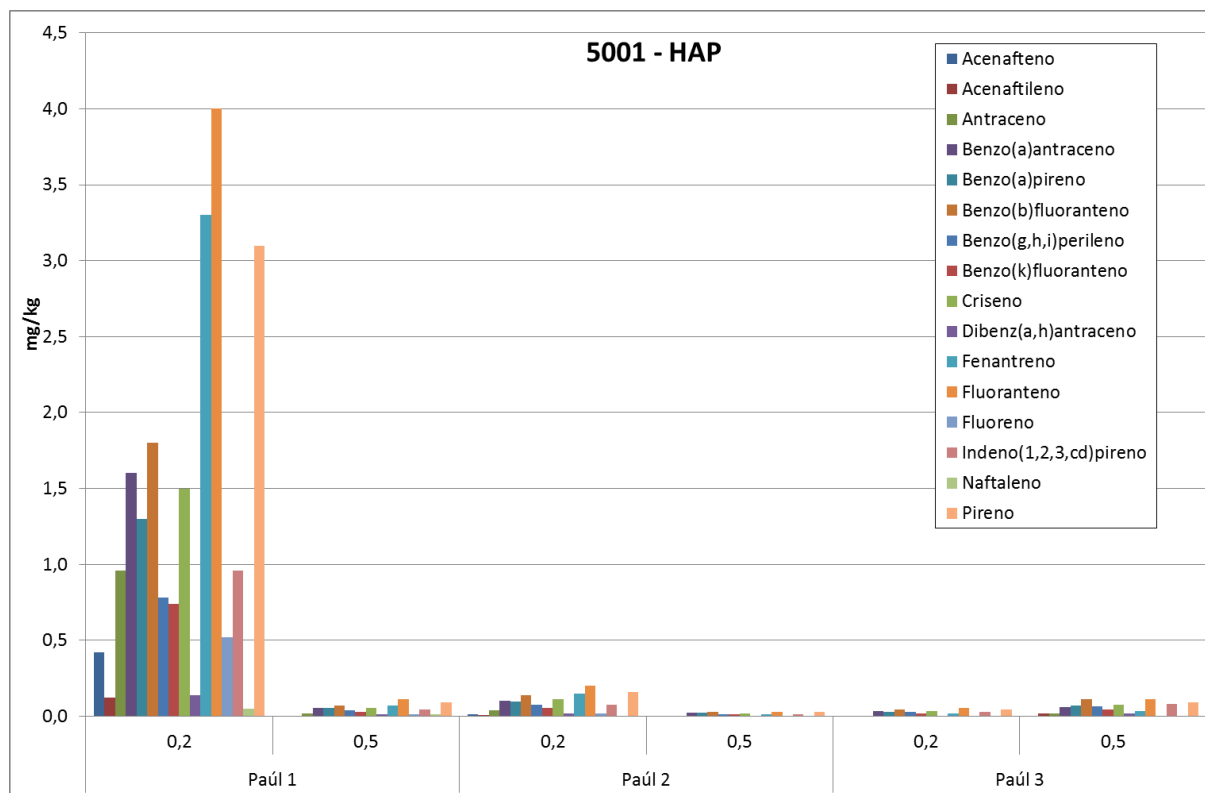


Figura 4.15 – Concentração em HAP nos solos a sul do Site 5001

Os metais pesados que apresentaram concentrações acima da respetiva norma são o Be e V.

4.4.4.2 Água do Paul da Praia

O Quadro 4.8 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nas margens do Paul da Praia recolhidas junto às amostras de solo com a mesma designação, a sul do Site 5001 (Figura 4.13).

Página intencionalmente deixada em branco

Nas águas do Paul não foram encontrados quaisquer hidrocarbonetos acima dos limites de quantificação na campanha de outubro de 2018. Contudo, na campanha de fevereiro de 2019 foi encontrado um HTP (C21-C30) na amostra do Paul 1 e diversos HAP na amostra do Paul 2, estes últimos com concentrações superiores às normas utilizadas para diversos compostos (cf. Quadro 4.8). A justificação para esta diferença pode ser encontrada nas características muito distintas da mineralização da água entre as duas campanhas. De facto, na campanha de outubro a água tem uma forte contribuição da água do mar, com valores da condutividade elétrica (CE) muito elevados (cf. Quadro 4.8), e na campanha de fevereiro de 2019 observa-se uma mistura da água do mar com a contribuição continental, vinda da descarga do aquífero basal, com conseqüente diminuição dos valores de CE. Os valores de lítio também confirmam a influência da água do mar (cujos valores são tipicamente superiores a 0,1 mg/L) nestes pontos, sendo os valores mínimos correspondentes à campanha de outubro de 2018 (cf. Figura 4.16).

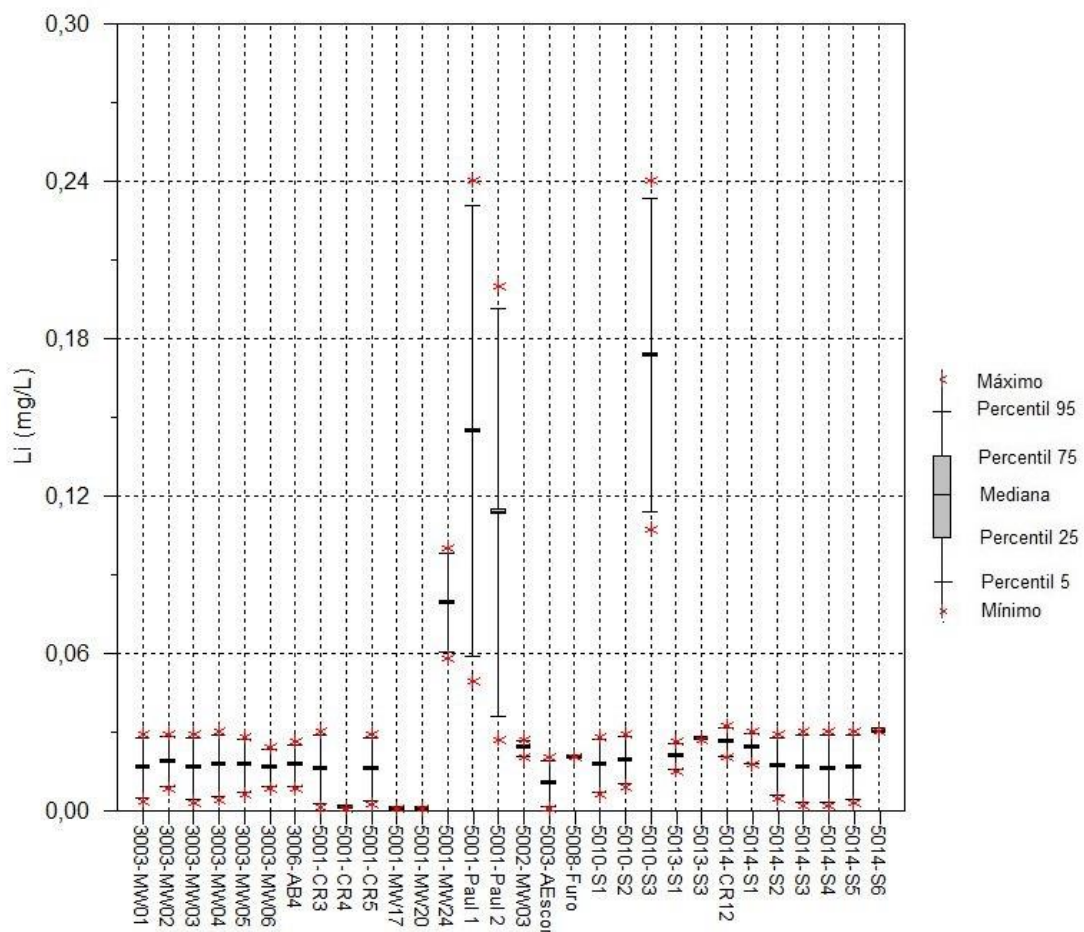


Figura 4.16 – Concentração em lítio nas águas amostradas no concelho de Praia da Vitória

O período onde se regista a contribuição continental é também a ocasião em que se observa a presença de hidrocarbonetos, podendo os valores mais expressivos da zona do Paul 2 significar que há descarga próximo desse local, com a influência da qualidade das águas subterrâneas do Site 5001

(cf. linhas de escoamento subterrâneo apresentadas mais à frente neste relatório na Figura 4.41 e na Figura 4.42).

4.4.4.3 *Águas subterrâneas*

O Quadro 4.9 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas em dois poços e no piezómetro 5001-MW24, do Site 5001, em outubro de 2018. O Quadro 4.10 apresenta os resultados das análises químicas para os mesmos pontos, em fevereiro de 2019, juntamente com os do poço 5001-CR4 e os piezómetros 5001-MW17 e 5001-MW20, só analisados nesta última campanha.

Na campanha de outubro de 2018, é no piezómetro 5001-MW24 que ocorrem quatro hidrocarbonetos acima dos limites de quantificação, com valores acima das normas em dois casos: fenantreno e pireno. Na campanha de fevereiro de 2019, as concentrações nestes HAP aumentaram, surgindo novos HAP (cf. Figura 4.18). Os piezómetros amostrados na *South Tank Farm* (5011-MW17 e 5001-MW20) também apresentam valores elevados em diversos HAP. Nestes piezómetros existem ainda HTP, BTEX e COV em concentrações assinaláveis (cf. Figura 4.19). É também nas águas destes piezómetros que se observam 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 (cf. Figura 4.17). O valor de Eh poderá ser um indicador das áreas onde há hidrocarbonetos em maior quantidade e está a haver biodegradação natural.

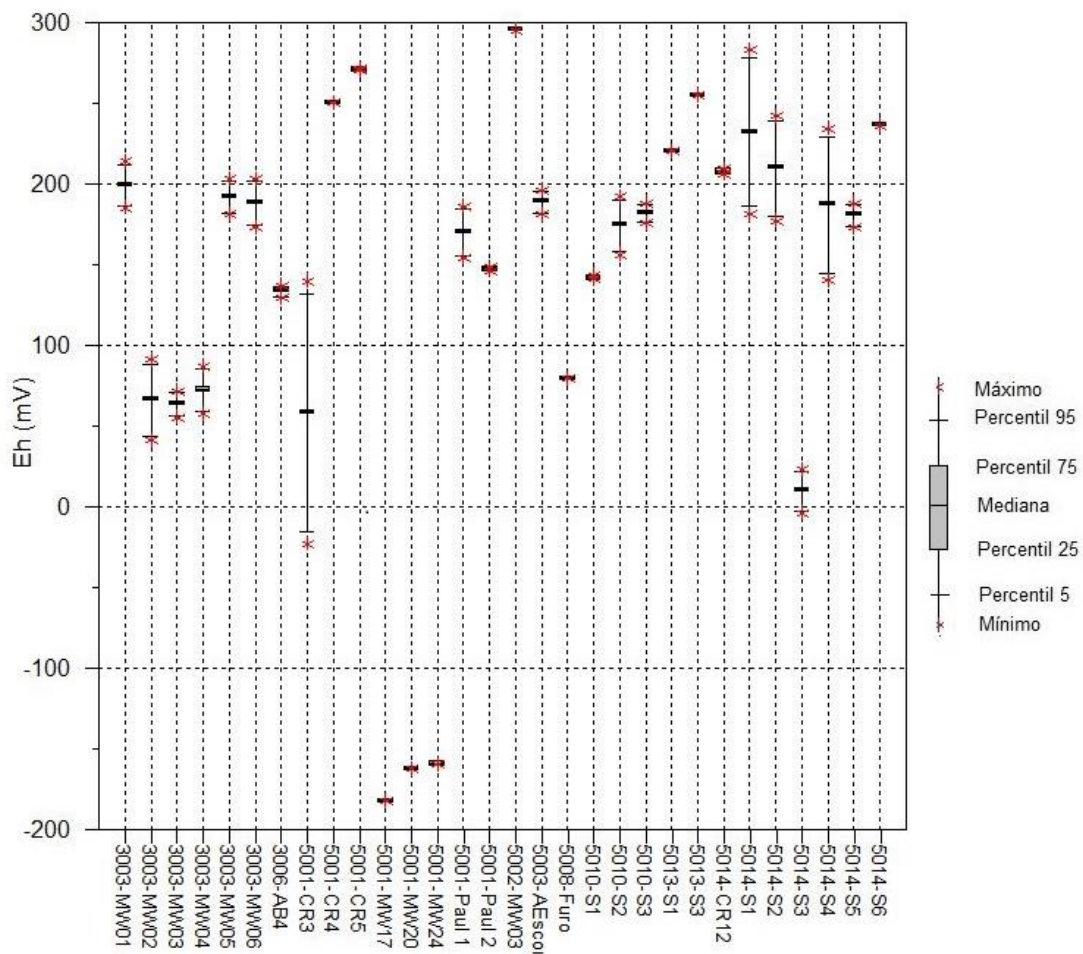


Figura 4.17 – Valores de potencial de oxidação-redução (Eh) nas águas amostradas no concelho de Praia da Vitória

Quanto à qualidade das águas dos poços, na campanha de outubro de 2018 apenas o poço 5001-CR5 tinha um BTEX, o etilbenzeno, ligeiramente acima do limite de quantificação, mas os resultados de fevereiro de 2019 apresentam diversos HAP com valores por vezes acima das normas nos poços 5001-CR3 e 5001-CR4. O poço 5001-CR4, contendo uma mina que drena para o poço, apresentou diversos valores acima das normas utilizadas. Importa avaliar se esta contaminação poderá ter outra origem, além da possivelmente proveniente da *South Tank Farm*, atendendo à pouca profundidade destes poços (< 2 m) (Quadro 4.6).

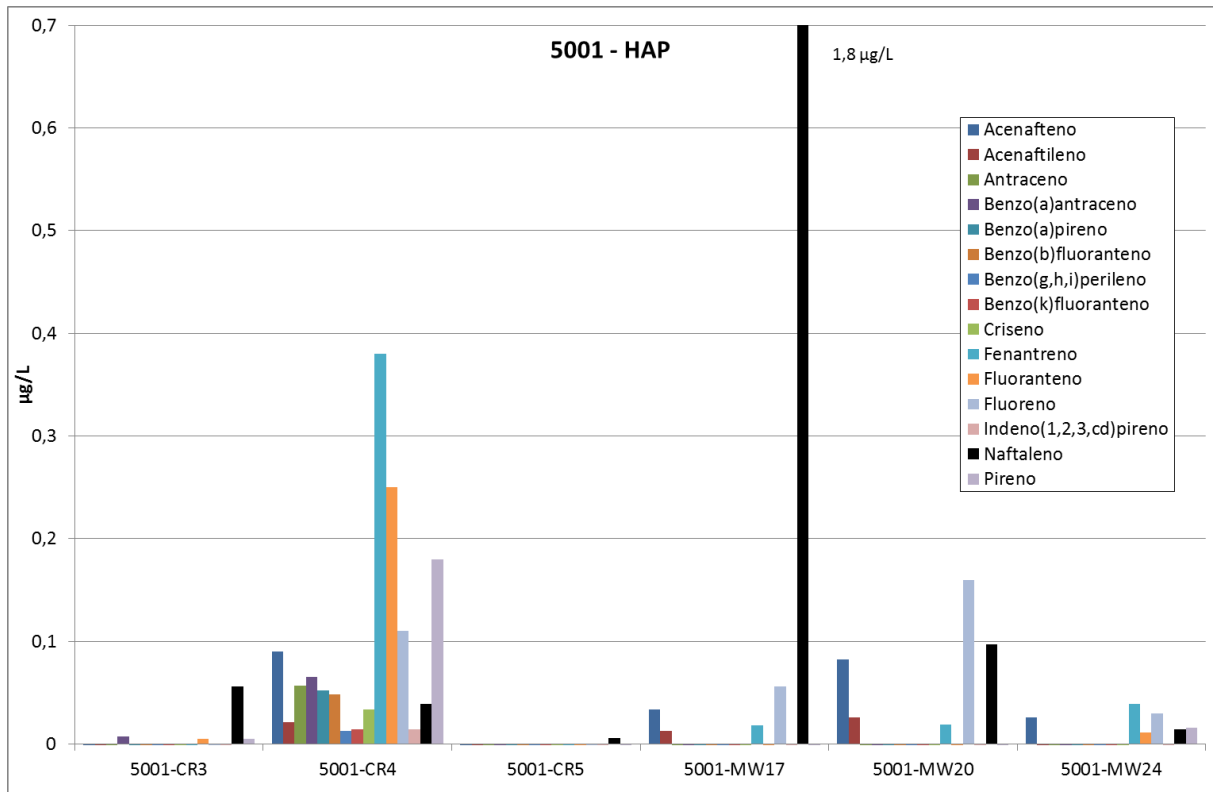


Figura 4.18 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5001, em fevereiro de 2019

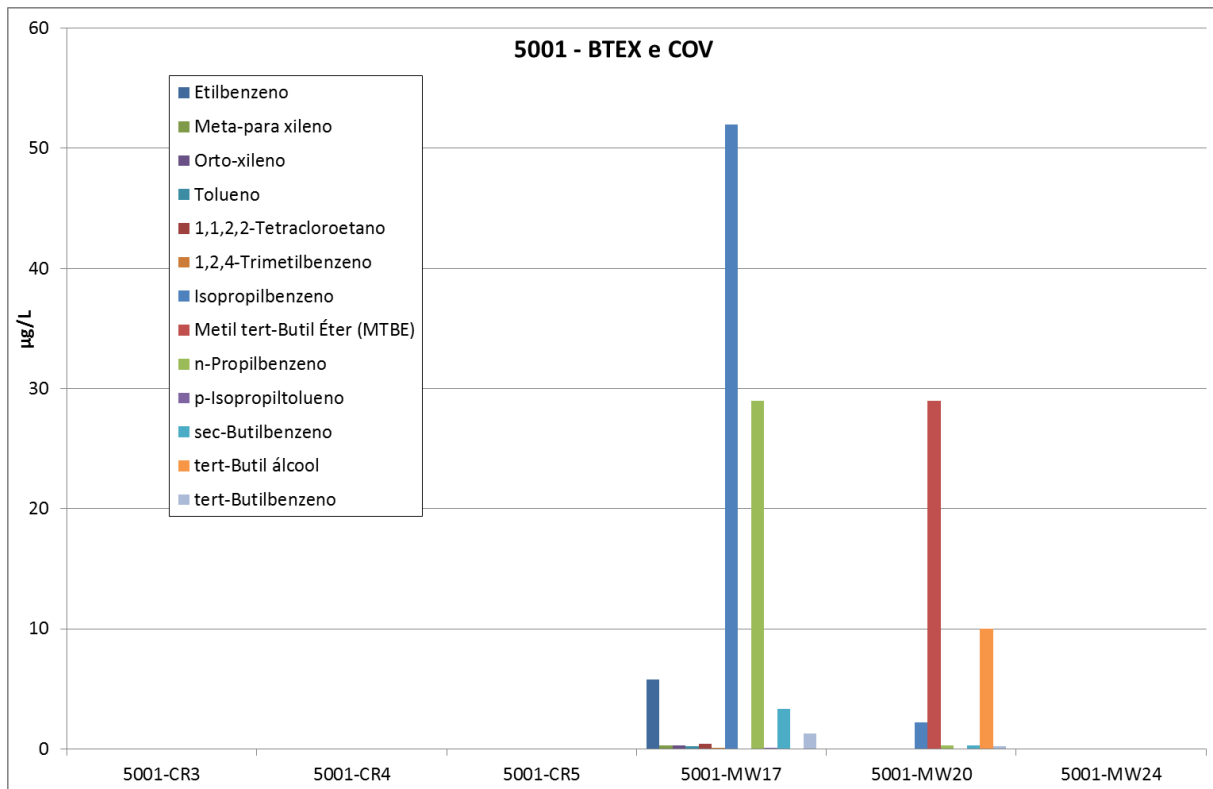


Figura 4.19 – Concentração em BTEX e COV nas águas subterrâneas do Site 5001, em fevereiro de 2019

Os metais pesados acima das normas são os habitualmente encontrados neste meio hidrogeológico (Al, Fe, Mn). Em outubro de 2018, o poço 5001-CR5 apresentou uma elevada concentração em nitratos possivelmente resultante da eventual entrada direta de dejetos de animais no poço.

4.4.5 Conclusões e recomendações

O alargamento da área de estudo para sul do Site 5001, em relação ao acompanhamento que o LNEC tem vindo a fazer para a ERSARA desde 2012, mostrou que a área afetada é mais extensa e deve ser acompanhada da forma mais abrangente possível, mantendo-se as análises à água do Paul, dos poços e dos piezómetros. Até à data, a monitorização realizada pelo LNEC neste Site foi mais restrita atendendo a que o principal foco dos estudos realizados para a ERSARA foi a proteção das captações de água para consumo humano, que nesta zona não existem. Não se coloca a questão do risco de contaminação para as captações localizadas a montante, dada a sua distância e o facto de estarem a extrair a cotas mais elevadas.

As ações de reabilitação em curso 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, nomeadamente os solos e as águas subterrâneas.

4.5 Site 5002: Cinder Pit Fuel Tanks

4.5.1 Identificação do local

A área principal do Site 5002 corresponde ao parque do reservatório da Cova das Cinzas, Zona 3, situada no sopé da encosta da Serra do Cume, a nordeste da aldeia de Fontinhas, a cerca de 3,3 km a sudoeste da entrada principal da Base das Lajes (Figura 4.20). Além desta área, existem outras duas zonas, Zona 1 e Zona 2, pertencentes ao Site 5002, localizadas na mesma figura, onde 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).

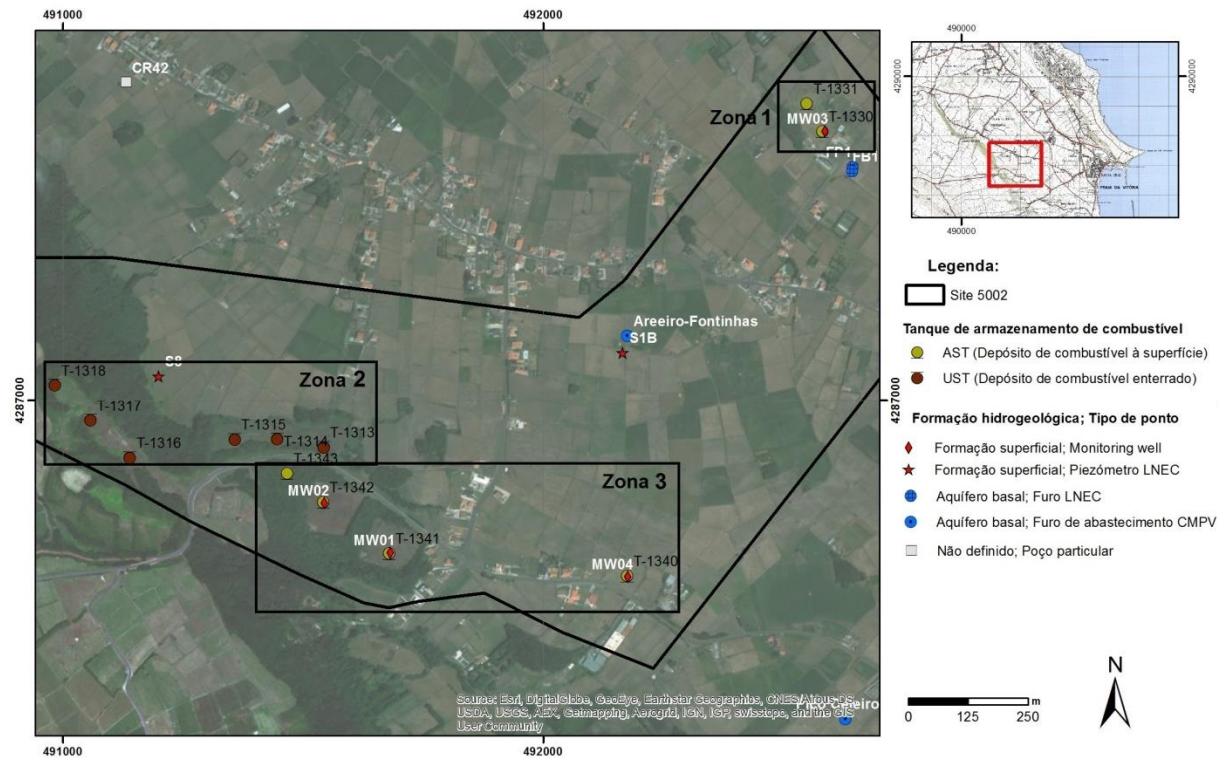


Figura 4.20 – Mapa do Site 5002

4.5.2 Descrição sumária de estudos anteriores

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), 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, sendo 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, referindo aquele estudo que as populações locais reportaram que a água apresentava odor e sabor a combustível. Refere-se que os locais de descarga dos resíduos de limpeza dos reservatórios AST estarão contaminados com tetraetil de chumbo.

Os trabalhos de reconhecimento realizados em 1996 compreenderam a execução de sondagens com comprimentos entre 1,5 e 9 m. Quatro dessas sondagens foram executadas nas áreas dos AST T-1341 e T-1342, não tendo sido atingido, nestas sondagens, o nível de água, nem detetadas nas amostras de solo recolhidas concentrações de HTP acima do limite de deteção.

O Site 5002 insere-se numa área em que existem nas proximidades, residências, atividades agrícolas e pecuárias, bem como, a escassas centenas de metros, furos de captação de água potável de abastecimento à cidade Praia da Vitória (cf. Figura 4.20, o furo Areiro-Fontinhas).

De acordo com AMEC (2010b) foram realizadas onze sondagens situadas nas zonas consideradas mais problemáticas, designadamente nas antigas áreas dos reservatórios (5002-05, 5002-11), nas áreas das bacias de contenção (5002-02, 5002-03, 5002-06, 5002-09 e 5002-10) e nas zonas de entrada nos reservatórios e nos locais das válvulas das tubagens de ligação (5002-01, 5002-04, 5002-07, 5002-08). Além destas sondagens foram ainda preparadas duas amostras compostas obtidas das camadas basais das bacias de contenção dos AST, escavadas durante os trabalhos de remoção e depositadas em pilhas. As sondagens foram executadas até uma profundidade máxima de 5,0 m. O nível de água subterrânea não foi detetado em nenhuma sondagem. Nas sondagens realizadas foram recolhidas vinte e seis amostras de solo para análise laboratorial de metais pesados, HTP, BTEX, MTBE e HAP, bem como a execução nos furos de ensaios com PID para determinação de COV. A análise dos resultados laboratoriais efetuada nos parágrafos seguintes baseia-se em AMEC (2010b). Face à proximidade de furos de captação de água subterrânea foram adotados na análise subsequente os limites definidos na legislação do Canadá para solos contaminados para condições de água subterrânea potável.

A análise da caracterização laboratorial, no que diz respeito aos metais pesados, permite verificar que foram obtidas concentrações máximas de 528 mg/kg para bário (5002-02 1,0 m de prof.), de 18600 mg/kg para chumbo (5002-09 1,0 m de prof.), de 38 mg/kg para cobalto (5002-03 4,0 m de prof.), de 227 mg/kg para cobre (5002-09 1,0 m de prof.), de 18 mg/kg para molibdénio (5002-09 1,0 m de prof.), de 51 mg/kg para níquel (5002-09 1,0 de prof.), de 0,73 mg/kg de mercúrio (5002-09 1,0 de prof.) e de 714 mg/kg para zinco (5002-09 1,0 m de prof.) que excediam para o bário, chumbo, cobalto, cobre, molibdénio, mercúrio e zinco os limites definidos na legislação do Canadá para solos contaminados.

As análises químicas indicaram concentrações elevadas de HTP (C₁₀-C₄₀) entre 130 e 170 mg/kg nas amostras 5002-09 (1,0 m de prof.), 5002-12 (0,8 m de prof.), 5002-13 (0 m de prof.) e 5002-13 (0,8 m de prof.), que excediam o limite definido na legislação do Canadá para solos contaminados.

A amostra 5002-09 (1,0 m de prof.) com concentrações elevadas para alguns metais pesados e HTP foi recolhida na bacia do antigo reservatório T-1342. Relativamente às amostras recolhidas na área do T-1341 registaram-se, igualmente, concentrações elevadas de metais pesados. As amostras recolhidas nas áreas dos restantes antigos reservatórios não continham concentrações elevadas de contaminantes.

No que diz respeito aos resultados laboratoriais das amostras de gases no solo foram detetadas concentrações elevadas de BTEX até 1,8 mg/m³ (5002-06), com concentrações de benzeno de 0,03 mg/m³ (5002-06, cujos valores, bem como dos restantes contaminantes analisados, não excedem os limites definidos nas diretrizes dos Níveis Aceitáveis para a Saúde Humana da Califórnia, CHHSL).

Os locais T-1341 e T-1342 do Site 5002 foram objeto de estudos de caracterização complementares que compreenderam a realização de 12 novas sondagens e a recolha de 25 amostras de solo para análise laboratorial de metais pesados e, num conjunto de amostras selecionadas, de HTP, BTEX e HAP (AMEC, 2011a). Os resultados obtidos mostraram concentrações de cobalto e de chumbo acima

dos limites definidos na legislação do Canadá para solos contaminados para condições de água subterrânea potável. O nível de água não foi detetado até aos 46 m de profundidade na parte oeste da Zona 3.

Além dos trabalhos referidos foram ainda realizadas quatro sondagens com profundidades que variaram entre os 11 e os 46 m, tendo sido selecionadas duas para a monitorização das águas subterrâneas (MW03 e MW04) e recolhidas cinco amostras de solos para análise laboratorial de metais pesados, HTP, AHC, BTEX e HAP a partir dos detritos de furação e amostras de águas subterrâneas dos furos de monitorização para análise laboratorial de metais pesados, MTBE, AHC incluindo BTEX, CHC, HAP, ferro, sulfatos e nitratos (USAFE, 2015). Estes trabalhos foram apresentados no relatório “*Site Investigation Activities and Site Characterizations at Laje Field Airfield, Azores, Portugal. Final Report Groundwater Investigations*” elaborado pela AMEC em abril de 2012, sendo referidos no EBS deste Site (USAFE, 2015a).

Os resultados das análises das amostras de solos mostraram concentrações de cobalto acima dos limites definidos na legislação do Canadá para solos contaminados para condições de água não potável, sendo, no entanto, consideradas como valores do fundo ambiental natural (USAFE, 2015a).

Os resultados das amostras de qualidade das águas evidenciaram, na campanha realizada em 2011, concentrações de HAP. Na campanha efetuada em 2013 não foram detetados no furo MW03, HTP, BTEX, CHC e HAP, ocorrendo concentrações de metais pesados abaixo dos limites definidos na legislação do Canadá. Não foram realizadas recolhas de amostras de água no furo MW04 por este se encontrar colmatado (BHATE, 2014). Na campanha efetuada em 2015 não foram detetados contaminantes nas amostras de água recolhidas no furo MW04, enquanto no furo MW03 foram encontrados vestígios de bário, zinco e antraceno (USAFE, 2015a).

De acordo com os resultados dos estudos apresentados em AMEC (2010b), os solos do Site 5002, designadamente os associados à antiga área de implantação do reservatório T-1342, foram considerados contaminados por metais pesados, bário, chumbo, cobalto, cobre, molibdénio, mercúrio e zinco, e por HTP. Com base na análise de risco apresentada em AMEC (2010b) concluíam-se que o Site 5002 constituía um risco potencial para os grupos recetores públicos e ocupacionais através do contato dérmico, inalação e ingestão da água subterrânea captada nos furos de abastecimento à cidade da Praia da Vitória, que se localizam a centenas de metros deste Site. Na análise de risco referida considerava-se ainda que a presença de solos contaminados não cobertos permitiria a progressão dos contaminantes em profundidade, podendo vir a afetar a qualidade dos aquíferos, referindo que o contato direto destes terrenos ou o seu transporte pelo vento, constituiria, igualmente, uma potencial fonte de contaminação para os recetores ocupacionais, público e visitantes.

De acordo com os resultados dos trabalhos realizados em 2011 foi considerado que não havia uma contaminação generalizada da área por metais pesados, designadamente por chumbo, nem por hidrocarbonetos. Assim, com base nos resultados das análises laboratoriais referidos e no facto de o nível de água ter sido detetado a uma profundidade significativa, AMEC (2011a) não recomendou que fossem implementadas medidas de remediação, ou que fossem efetuados novos estudos. No entanto, AMEC (2010b) propunha como recomendação geral a cobertura com solo não contaminado,

numa espessura mínima de 0,3 m, na totalidade da área, visando prevenir o contato dérmico ou inalação ou ingestão de potenciais partículas de solo contaminadas, bem como a cobertura vegetal da área com erva ou outras plantas. Além destes aspetos AMEC (2010b) recomendava, ainda, na eventualidade de se proceder à realização de trabalhos de construção na área, a adoção de medidas de segurança e saúde específicas para os respetivos trabalhadores, bem como a reavaliação das condições do Site 5002, no caso de uma alteração planeada da utilização do local, em especial, se novos grupos recetores, designadamente, residentes estiverem envolvidos.

USAFE (2015a) refere a elaboração de três *Cleanup Site Closure Report*. O primeiro (MQNA5002a e Simões, 2012b) refere-se a três AST demolidos em 2006 (T-1330, T-1331 e T-1340, nas Zonas 1 e 3, cf. Figura 4.20) concluindo que, para as áreas interessadas, não seriam necessárias medidas de remediação. O segundo *Cleanup Site Closure Report* (MQNA5002b) refere-se a dois AST demolidos em 2009 (T-1341 e T-1342, Zona 3), baseando-se nas conclusões de AMEC (2011b), de que não existe uma contaminação generalizada da área do T-1342 por metais pesados, para não considerar necessário a implementação de medidas de remediação. No entanto, é recomendado, na eventualidade de se proceder à realização de trabalhos de construção na área, a adoção de medidas de segurança e saúde específicas para os respetivos trabalhadores. O terceiro *Cleanup Site Closure Report* (MQNA5002c) refere-se a seis UST demolidos entre julho de 2011 e janeiro 2012 (T-1313 a T-1318 na Zona 2, cf. Figura 4.20).

Os trabalhos de demolição nos locais dos reservatórios T-1314 e T-1317 incluíram a remoção parcial dos solos contaminados e a sua cobertura com solos não contaminados. Com base nas medidas descritas, na falta de indícios de contaminação dada pelos valores de COV determinados nas vizinhanças dos edifícios residenciais localizados nas proximidades e de não haver informação de contaminação das águas subterrâneas na área, e apesar de se registarem, pontualmente, valores de HTP acima dos limites definidos na legislação do Canadá, este *Closure Report* considera não ser necessária a implementação de medidas de remediação. No entanto, é recomendado, na eventualidade, de se proceder à realização de trabalhos de construção na área, a adoção de medidas de segurança e saúde específicas para os respetivos trabalhadores.

Com base no histórico do Site 5002 e na visita de inspeção realizada em 22 de janeiro de 2015, o EBS relativo a este Site conclui que não são conhecidas fontes de contaminação, nem medidas de remediação para implementar, pelo que não é necessário proceder a novas avaliações do Site (USAFE, 2015a). Nestas condições o EBS recomenda que a transferência da área do Site para o Estado Português se possa processar sem limitações.

Num relatório recente produzido pela Universidade dos Açores e pela Universidade Nova de Lisboa, com a colaboração da Egiamb, Lda. (Pinheiro *et al.*, 2018), foi efetuado um estudo analítico de solos nos locais dos antigos tanques T-1341 e T-1342 (cf. Figura 4.21), apenas para alguns metais pesados (Zn, Cu, Pb, Cr, Ni e Cd), que pretendeu "reavaliar a situação relativamente aos teores de alguns metais pesados em solos e substratos das plataformas dos tanques T-1341 e T-1342", tendo a amostragem sido orientada com o objetivo de se procurar visitar os locais que em AMEC (2010) tinham sido assinalados como os de maior contaminação por metais pesados, com especial ênfase

para a plataforma de implantação do reservatório T-1342. Neste âmbito, foram ainda colhidas amostras de areia que havia sido usada como camada de assentamento dos tanques a qual foi, após desativação e desmantelamento destes, amontoadas no extremo sudoeste de cada uma das áreas/plataformas de implantação". Os autores concluem "que os valores se apresentam em geral baixos ou mesmo vestigiais para todos os elementos analisados com exceção do chumbo. Para os demais elementos, os dados obtidos situam-se em níveis claramente inferiores aos respetivos VR, não ultrapassando em geral um terço desses valores". "O ponto T2-A é aquela que apresentou o maior grau de contaminação por Pb, localizando-se esta nos primeiros centímetros da camada de bagacina subjacente à folha de plástico e à areia ainda existentes no local".

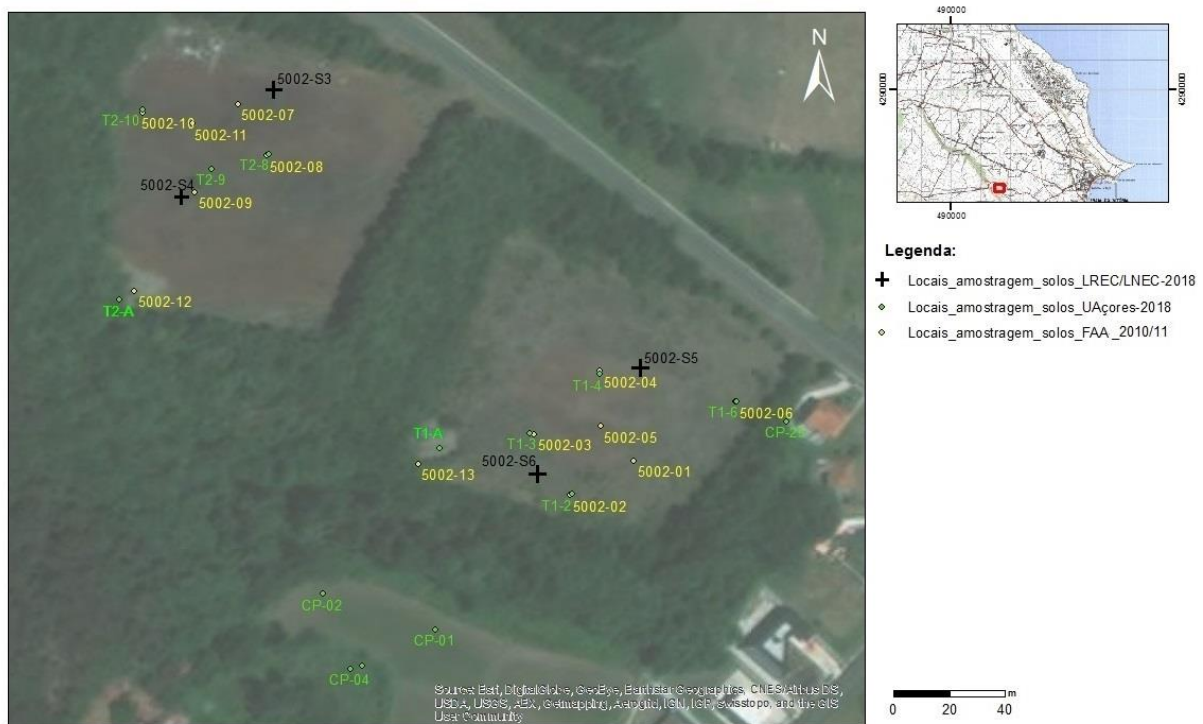


Figura 4.21 – Locais de amostragem de solos por diversas entidades no Site 5002

4.5.3 Contextualização da necessidade de novos estudos

Atendendo ao conjunto de informação obtida ao longo dos últimos anos (cf. Figura 4.21), julgou-se importante efetuar uma análise dos solos deste Site que incluísse o teor em metais pesados e hidrocarbonetos, e a diversas profundidades, permitindo assim completar a informação relativa à potencial migração destes elementos no local e avaliar a sua evolução face às remoções de solos e das infraestruturas ocorridas. Procurou-se, ainda, obter informação relativa à qualidade das águas subterrâneas nas áreas com cota mais baixa. Uma das principais informações que se pretendia obter era verificar se haveria contacto hidráulico subterrâneo entre as zonas de cota mais alta (Zona 2 e lado oeste da Zona 3) e as restantes áreas ou se a falha das Fontinhas, que ladeia a Serra do Cume, teria um comportamento de barreira à circulação subterrânea, como acontece com a falha de Santiago. Em ambos os casos a presença de paus indicia um comportamento impermeável (Rodrigues, 2020 e Lobo Ferreira *et al.*, 2010). Infelizmente os piezómetros instalados pelo LREC (5002-S2, 5002-

S8 e 5002-S10) estavam secos em ambas as campanhas, apenas permitindo verificar não existir formação hidrogeológica superficial até às profundidades perfuradas.

4.5.4 Plano de monitorização de solos e de águas

O plano de monitorização do Site 5002 incluiu a análise da qualidade de solos recolhidos a diversas profundidades (3 a 6 profundidades por sondagem) nas dez sondagens efetuadas para este estudo pelo LREC (Figura 4.22), num total de 39 amostras (Quadro 4.11) e a análise da qualidade das águas nos piezómetros já construídos na área (cf. Figura 4.22, MW01 a MW04 e Quadro 4.12). Nas novas sondagens foi colocado um piezómetro sempre que se encontrou um nível mais húmido na base (5002-S2, 5002-S8 e 5002-S10), por forma a permitir posterior recolha de amostras de água, caso surgisse um nível de água no período mais húmido. Contudo, mesmo na campanha de fevereiro de 2019 não foi encontrado nível saturado em nenhum destes piezómetros, não sendo possível amostrar águas subterrâneas.

Os MW01 e MW02 terão sido destruídos nos trabalhos de remoção dos solos e o MW04 encontrava-se seco, pelo que não pôde ser amostrado. O MW03, embora com pouca água, foi amostrado para o conjunto de parâmetros apresentados na secção seguinte.

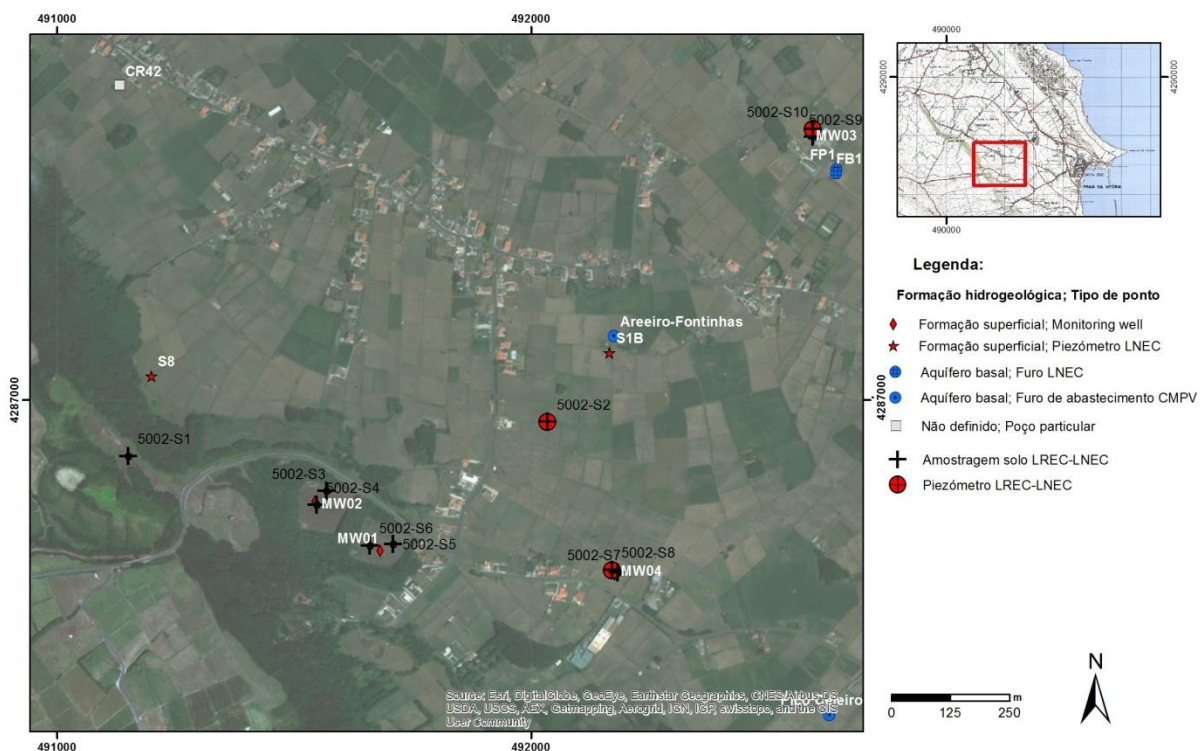


Figura 4.22 – Locais das sondagens LREC/LNEC, piezómetros e furos no Site 5002

Quadro 4.11 – Principais características dos solos amostrados no Site 5002

Sondagem/piezómetro	M	P	Profundidade do piezómetro (m)	Profundidade dos ralos (m)	Profundidade recolha solos (m)	Número de amostras
5002-S1	491152	4286883	4,5	-	0,2	4
					0,5	
					3	
					4,5	
5002-S2	491935	4286921	17	11-17	0,2	4
					0,5	
					3	
					16	
5002-S3	491568	4286804	10	-	0,2	4
					0,5	
					3	
					10	
5002-S4	491535	4286766	10	-	0,2	4
					0,5	
					3	
					10	
5002-S5	491700	4286704	7	-	0,2	4
					0,5	
					3	
					7	
5002-S6	491663	4286667	6	-	0,2	4
					0,5	
					3	
					6	
5002-S7	492183	4286637	1,4	-	0,2	3
					0,5	
					1	
5002-S8	492172	4286642	16	12-16	0,2	3
					0,5	
					15,5	
5002-S9	492592	4287553	2,5	-	0,2	3
					0,5	
					2,2	
5002-S10	492599	4287567	12,35	9,35-12,35	0,2	6
					0,5	
					2,3	
					3	
					9	
					10	

Quadro 4.12 – Principais características dos piezómetros no 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
5002-MW04	492175,9	4286632,7	115,06	27,7	13,7	27,7	-	2011
5002-S2	492035,02	4286953,77	107,12	17	11	17	14,9	2018
5002-S8	492170,66	4286641,63	114,16	16	12	16	n.d.	2018
5002-S10	492594,75	4287570,24	80,74	12,35	9,35	12,35	n.d.	2018

Nota: n.d. - não detetado

4.5.5 Resultados obtidos

4.5.5.1 Solos

O Quadro 4.13 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas nas dez sondagens efetuadas no Site 5002.

Página intencionalmente deixada em branco

Página intencionalmente deixada em branco

A análise das concentrações em hidrocarbonetos nos solos (cf. Quadro 4.13) permite identificar duas sondagens com valores acima das normas do Canadá: 5002-S1 e 5002-S10. A 5002-S1 (Figura 4.21) localiza-se a oeste da Zona 2 do Site 5002 e corresponde a uma antiga zona de depósitos de combustível (cf. Figura 4.20). Os valores em HTP encontrados são elevados e estendem-se até ao limite atingido pela sondagem (4,5 m) (Figura 4.23), tendo sido ultrapassadas as normas nas amostras recolhidas à profundidade de 0,5 m. Neste local foi realizada apenas uma sondagem para despiste de eventual contaminação. Sobre este local, o *Closure Report* refere que os valores de HTP ainda se encontravam acima dos limites do Canadá junto ao antigo depósito T-1314, mas refere não haver risco para a saúde humana pois o local foi coberto com solo limpo. Atendendo aos resultados obtidos, apenas num ponto, a situação de contaminação a oeste da Zona 2 do Site 5002 deverá ser aprofundada para determinar a extensão, lateral e em profundidade, da contaminação. A sondagem/piezómetro 5002-S10 também revelou concentrações acima das normas, apenas na amostra recolhida a 9 m de profundidade, estando a restantes abaixo dos limites de quantificação. Também a sondagem 5002-S9 não apresentou valores acima dos limites de quantificação. Nas restantes sondagens realizadas foi registada a presença de HTP mas abaixo das normas para 5002-S4, 5002-S5, 5002-S6 e 5002-S8, e abaixo dos limites de quantificação para as sondagens 5002-S2, 5002-S3 e 5002-S7 (Figura 4.23).

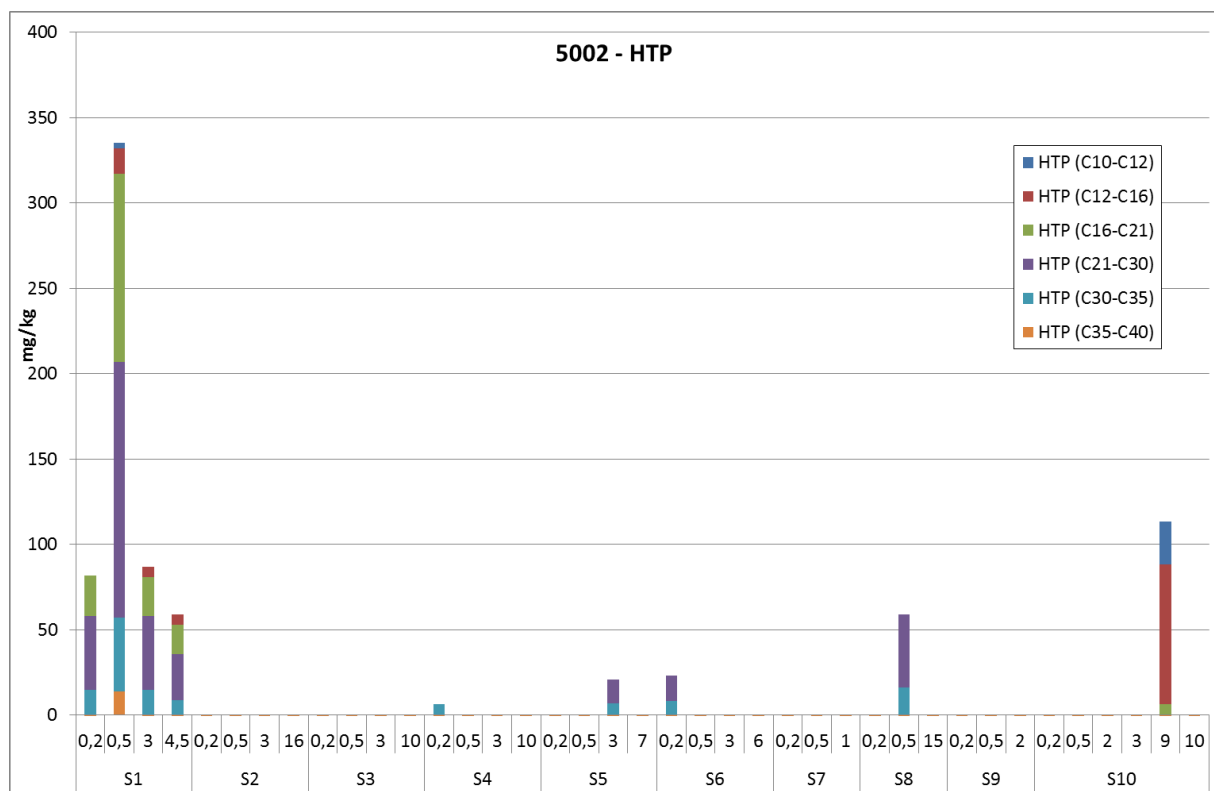


Figura 4.23 – Concentrações em HTP nos solos das sondagens do Site 5002

Relativamente aos HAP, os solos da sondagem 5002-S1 encontram-se poluídos (em geral duas ordens de grandeza acima das normas), com valores acima do *Intervention Value* da Holanda (Figura

4.24). Nos restantes locais, com exceção do 5002-S5 onde não se encontraram HAP, os solos apresentaram valores vestigiais de HAP nos primeiros 0,2 ou 0,5 m do solo (cf. Figura 4.25, igual à Figura 4.24 sem a sondagem 5002-S1), com gamas que frequentemente se encontram nos solos superficiais em cidades como a de Lisboa (Leitão *et al.*, 2018). Nas sondagens 5002-S9 e 5002-S10, localizadas na parte mais a norte deste Site, as concentrações vestigiais em HAP são observadas a maiores profundidades, chegando a atingir os 10 m na sondagem 5002-S10.

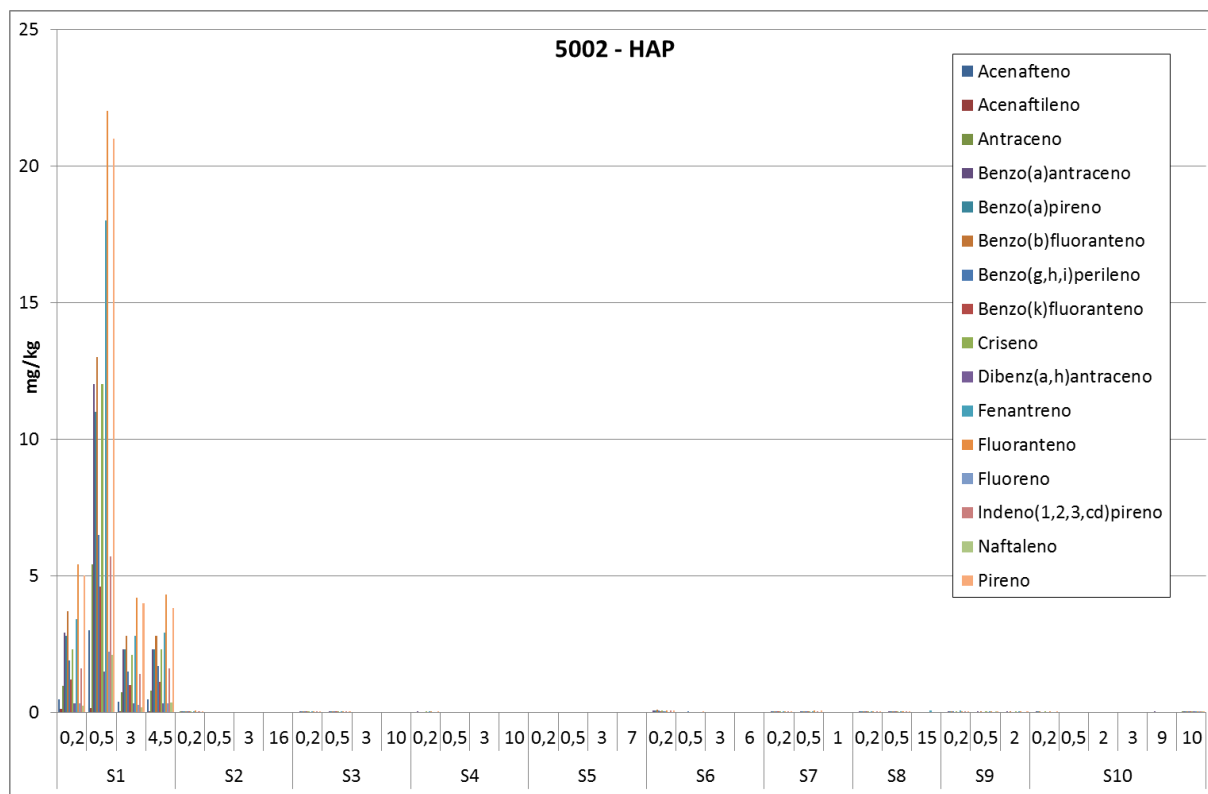


Figura 4.24 – Concentrações em HAP nos solos das sondagens do Site 5002

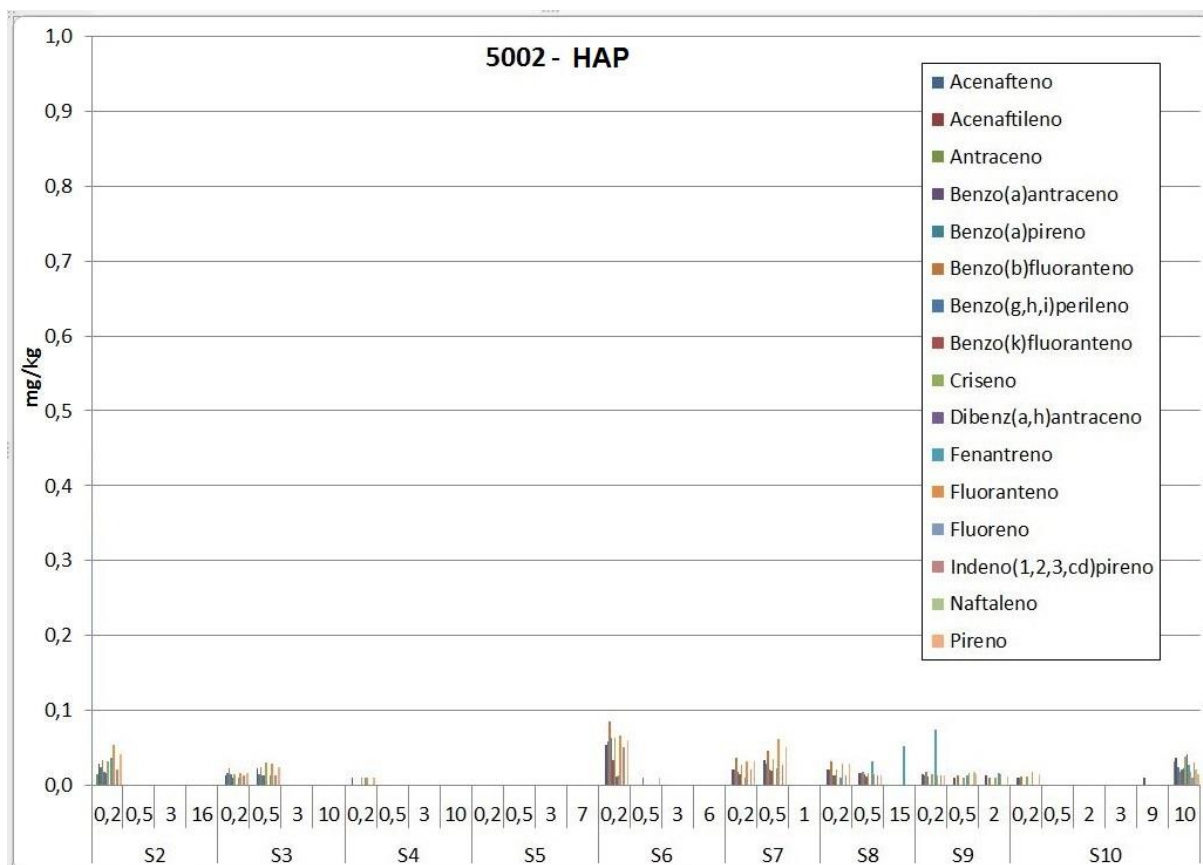


Figura 4.25 – Concentrações em HAP nos solos de algumas sondagens (exclui a sondagem S1) no Site 5002

Relativamente à concentração de metais pesados nos solos, registaram-se valores acima das normas do Canadá para os seguintes metais (cf. Figura 4.26): Ba, Be, Co, Mo, Se e V. O Ba e o Mo excederam a norma apenas em amostras da sondagem 5002-S10. O vanádio é um metal cuja concentração excede a norma em diversos pontos e que terá origem na composição vulcânica da rocha que deu origem ao solo amostrado. Os solos das sondagens 5002-S2, 5002-S7, 5002-S8, 5002-S9 e 5002-S10 apresentam concentrações acima da norma para alguns dos restantes metais (Be, Co e Se, cf. Quadro 4.13).

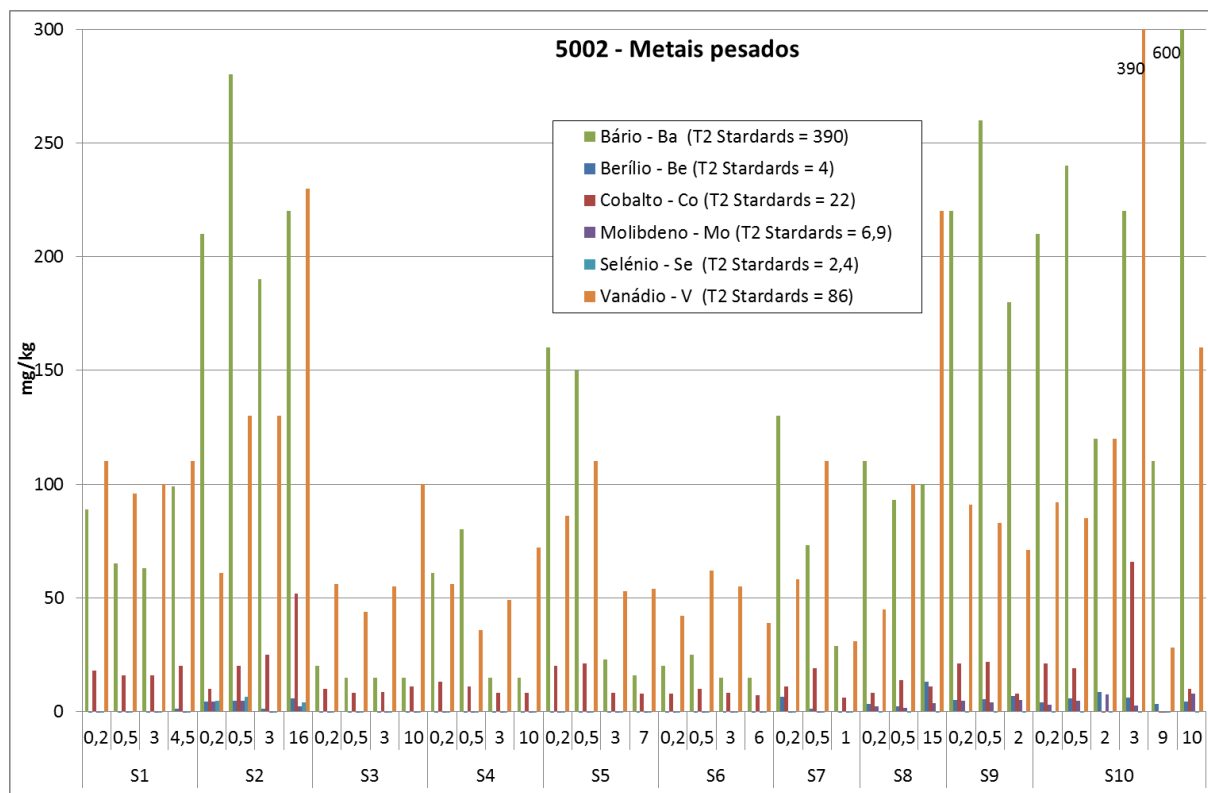


Figura 4.26 – Concentrações em metais pesados e metaloides nos solos das sondagens do Site 5002

Os locais das sondagens 5002-S3 a 5002-S6, localizados na parte oeste da Zona 3 não apresentaram concentrações em metais com valores acima da norma, com exceção do V, encontrando-se em muitos casos as concentrações abaixo dos limites de quantificação, como é o caso do chumbo.

4.5.5.2 Águas subterrâneas

O Quadro 4.14 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no piezômetro 5002-MW03, do Site 5002, em outubro de 2018 e em fevereiro de 2019. De entre todos os piezômetros existentes a captar as formações hidrogeológicas superficiais (cf. Figura 4.22) apenas o 5002-MW03 tinha água, embora em pouca quantidade, o que não permitiu realizar análises de HAP na campanha de outubro de 2018.

Quadro 4.14 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no piezómetro 5002-MW03, Site 5002

Parâmetro	Unidade	Designação local		Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
		5002-MW03 18-10-2018	5002-MW03 21-02-2019				
In situ							
Temperatura	oC	-	16	-	-	-	-
pH	Sorensen	-	7,16	LQ e L	5,5; 9	0	-
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	-	560	LQ e L	2500	0	-
Potencial redox (Eh)	mV	-	295	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L	-	6,92	-	-	-	-
Parâmetros agregados							
Índice de fenóis	mg/L	0,0150	0,0370	Canadá	0,89	0	2
Íons maiores							
Bicarbonatos	mg/L	87	130,0	-	-	0	-
Carbonatos	mg/L	-5	-5,0	-	-	0	-
Cloretos	mg/L	110	84,0	LQ e L	250	0	-
Nitratos	mg/L	0,68	3,1	NQ	50	0	-
Sulfatos	mg/L	61	62,0	LQ e L	250	0	-
Cálcio - Ca	mg/L	-	28,0	-	-	0	-
Magnésio - Mg	mg/L	-	21,0	-	-	0	-
Potássio - K	mg/L	-	5,4	-	-	0	-
Sódio - Na	mg/L	-	63,0	VP	200	0	-
Metais em solução							
Alumínio - Al	mg/L	5	0,100	VP	0,2	1	-
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	-
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	-
Bário - Ba	mg/L	0,19	-0,050	Canadá	1	0	-
Bérblio - Be	mg/L	0,0048	-0,001	Canadá	0,004	1	-
Boro - B	mg/L	-0,1	0,170	Canadá	5	0	-
Cádmio - Cd	mg/L	0,0024	-0,0004	LQ e L	0,005	0	-
Chumbo - Pb	mg/L	0,08	-0,005	LQ e L	0,01	1	-
Cobalto - Co	mg/L	0,0085	-0,003	Canadá	0,0038	1	-
Cobre - Cu	mg/L	0,0093	-0,005	VP	2	0	-
Crómio - Cr	mg/L	0,0042	-0,001	VP	0,05	0	-
Ferro - Fe	mg/L	11	0,1	VP	0,2	1	-
Fluoreto	mg/L	0,21	-	VP	1,5	0	-
Fósforo - PO4	mg/L	2,3	0,22	-	-	0	-
Lítio - Li	mg/L	0,02	0,027	-	-	0	-
Manganês - Mn	mg/L	0,37	0,018	VP	0,05	1	-
Mercurio - Hg	µg/L	-0,05	-0,050	LQ e L	1	0	-
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0	-
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	VP	0,02	0	-
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	0,001	VP	0,01	0	-
Vanádio - V	mg/L	0,0003	-0,005	Canadá	0,0062	0	-
Zinco - Zn	mg/L	3,7	-0,010	Canadá	1,1	1	-
 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
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-	-	-	0
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-	-	-	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-	-	-	0
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-	-	-	0
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-	-	-	0
BTEX							
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,1	VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,1	L	1,3	0	0
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	-0,1	L	1,3	0	0
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,1	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	-0,05	0,2	L	1,3	0	1
Soma BTEX	µg/L	-0,25	0,2	-	-	0	1
Soma xileno	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados							
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	0	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	-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-Dicloroeteno	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-Dicloropropeno	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,05	-	-	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-Dicloroeteno	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
Cloreto de vinil	µg/L	-0,2	-0,2	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0
Cloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Clorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Dibromodichlorometano	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-Dicloroeteno	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	µg/L	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Triclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	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	-0,05	-	-	0	0
sec-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-	-	0	0
tert-Butil álcool	µg/L	-0,2	-0,2	-	-	0	0
tert-Butilbenzeno	µg/L	-	-0,05	-	-	0	0
 Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)							
Acenafteno	µg/L	-	-0,005	L	0,0065	0	0
Acenaftileno	µg/L	-	-0,005	L	0,013	0	0
Antraceno	µg/L	-	-0,005	L	0,1	0	0
Benzo(a)antraceno	µg/L	-	-0,005	L	0,0065	0	0
Benzo(a)pireno	µg/L	-	-0,005	L	0,01	0	0
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	-	-0,005	L	0,1	0	0
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	-	-0,005	L	0,1	0	0
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	-	-0,005	L	0,1	0	0
Criseno	µg/L	-	-0,005	L	0,0065	0	0
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	-	-0,005	L	0,0065	0	0
Fenantreno	µg/L	-	-0,005	L	0,0065	0	0
Fluoranteno	µg/L	-	-0,005	L	0,1	0	0
Fluoreno	µg/L	-	-0,005	L	0,0065	0	0
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	-	-0,005	L	0,1	0	0
Naftaleno	µg/L	-	0,011	L	2,4	0	1
Pireno	µg/L	-	-0,005	L	0,003	0	0
Soma de 4 HAP (DL 306/2007)	µg/L	-	-0,02	VP	0,1	0	0

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

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

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

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

"-" significa "<

A rosa 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 recolhidas em outubro de 2018 mostraram não terem sido encontrados quaisquer hidrocarbonetos acima do limite de quantificação, à semelhança de resultados anteriores nomeadamente do relatório BHATE (2014), que refere não terem sido detetados HTP, BTEX, CHC e HAP nas amostras do piezómetro MW03. Contudo, devido ao reduzido volume de água para amostragem não foi possível analisar HAP na campanha de outubro de 2018 para o piezómetro 5002-MW03. Já na amostra de fevereiro apareceu tolueno e naftaleno, embora em concentrações abaixo das respetivas normas (cf. Quadro 4.14).

Quanto aos metais pesados observam-se resultados muito diferentes entre campanhas, com as concentrações na campanha de outubro de 2018 acima das normas para Al, Be, Pb, Co, Fe, Mn e Zn, valores estes que são mais elevados que os encontrados em BHATE (2014), que refere que os metais pesados estavam abaixo dos limites do Canadá para condições de águas subterrâneas não-potáveis. Contudo, os valores da campanha de fevereiro de 2019, não apresentaram concentrações acima das normas. Estes resultados não são conclusivos, sendo necessário prolongar a monitorização.

4.5.6 Conclusões e recomendações

O Site 5002 abrange uma vasta área que foi dividida (cf. USAFE, 2015a) em três zonas (Figura 4.20). 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 na parte oeste da Zona 3 pela USAFE nos últimos anos e, mais recentemente em 2018, pela Universidade dos Açores e pelo LNEC, mostraram que as concentrações em hidrocarbonetos e 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), considera-se 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, pelo que não se recomendam medidas adicionais para a toda a Zona 3.

Os resultados obtidos para a qualidade dos solos na única sondagem realizada na Zona 2, 5002-S1, apresentam valores muito elevados, sendo necessário proceder-se 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. Este local deverá ser reanalisado para justificar os valores encontrados e a sua profundidade de ocorrência.

Tendo em consideração que o furo de captação para abastecimento público poderá estar, eventualmente, 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. Neste estudo o equipamento de perfuração visou a recolha de solos e não permitiu atingir profundidades até ao nível piezométrico. Subscrevem-se as medidas preconizadas nos relatórios da USAFE sobre a adoção de medidas de segurança e saúde

específicas para os trabalhadores se se proceder à realização de trabalhos de construção na área e a reavaliação das condições do Site 5002, na eventualidade de se detetar contaminação ou se ocorrer uma alteração na utilização do local, em especial, se novos grupos recetores, entre outros, residentes estiverem envolvidos.

4.6 Site 5003: North Storm Sewer Drainage Outfall

4.6.1 Identificação do local

O Site 5003 localiza-se no topo norte da pista de aviação da Base das Lajes (Figura 4.27). 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.

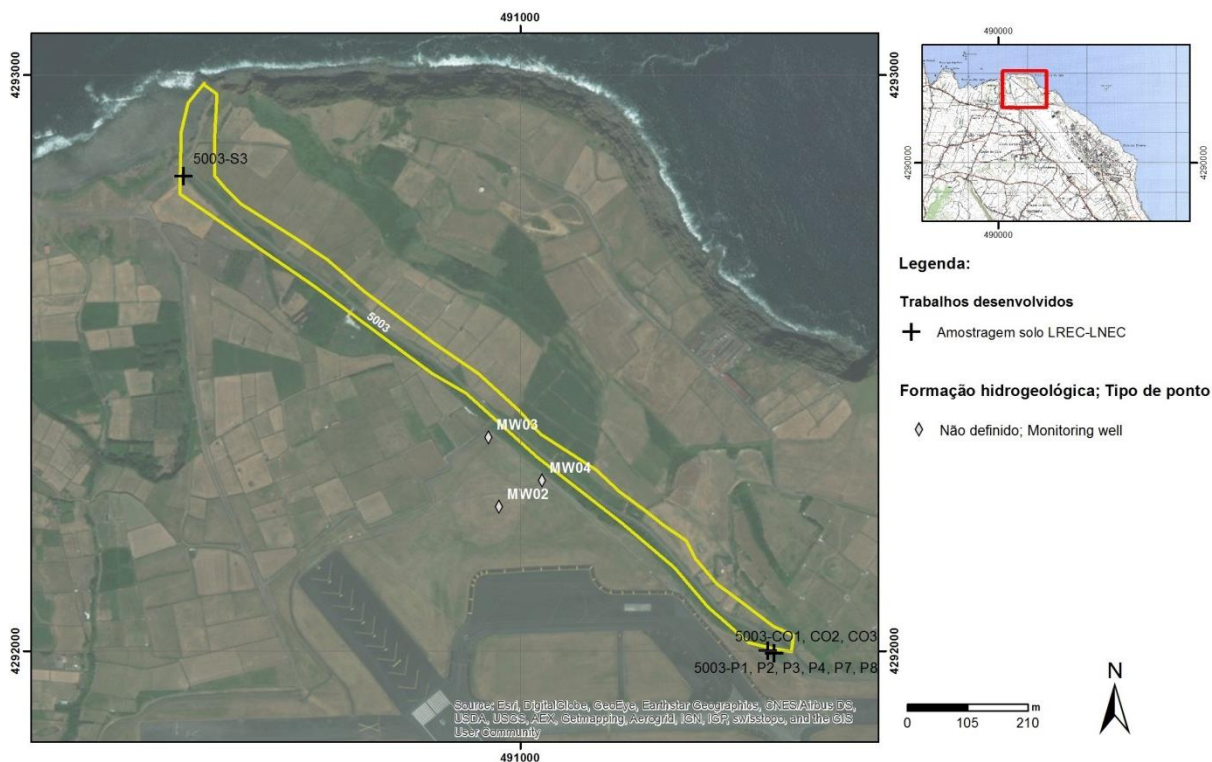


Figura 4.27 – Localização do Site 5003 e pontos de amostragem de solos

4.6.2 Descrição sumária de estudos anteriores

O Site 5003 recebe as águas de um dos sete sistemas de drenagem existentes na pista da Base das Lajes, todos eles descarregando diretamente para o oceano Atlântico. Ao contrário dos outros sistemas, este não é canalizado até ao oceano, sendo numa vala aberta e em contacto direto com o solo.

Este sistema recolhe o escoamento de três vias principais de drenagem paralelas à pista e possivelmente recebeu, até 1997, data em foi instalada uma estação de tratamento de águas residuais, águas residuais além das águas de drenagem da pista contendo combustível como resultado de derrames. A vala deverá, ainda, ter recebido as águas de drenagem provenientes do *Fire Training Pit* (Site 3002) (CH2MHILL, 2004). De acordo com o mesmo estudo, em cada linha de drenagem da pista, o escoamento é encaminhado através de um separador de óleo-água antes da descarga. Contudo, foram apontadas diversas falhas a este sistema ao longo dos anos, o que terá conduzido a descargas de contaminantes para a vala.

AMEC (2011a) refere que grande parte da água drenada se infiltra nos primeiros metros da vala após a grelha de saída, pelo que as águas apenas alcançarão as áreas de jusante durante eventos de precipitação intensa. As águas infiltradas terão transportado os contaminantes para as águas subterrâneas. Nos períodos de visita da AMEC, em 2003 e 2010, em diferentes épocas, a zona de descarga apresentou uma lâmina de água com cerca de 5 por 10 m de largura e com 0,5 m de espessura (AMEC, 2011a).

Atendendo a que a potencial origem da contaminação deste local se deve às águas de drenagem da pista, ricas em combustível, é de esperar a presença de (Leitão, 2010): (1) hidrocarbonetos de petróleo, gerados pela fuga de combustível, por aditivos do combustível ou pela sua combustão incompleta nos motores [e.g. HAP destacando-se os seguintes: benzo(a)pireno, benzo(ghi)perileno, pireno, fluoranteno, fenantreno, fluoreno, acenafteno, naftaleno, e antraceno, bem como BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno), nafteno e fenol] e (2) metais pesados (e.g. cádmio, zinco, cobre, crómio, níquel, platina e chumbo) essencialmente provenientes de carburantes e de óleos, aditivos do combustível, bem como da composição de pinturas e de produtos decapantes.

O Site 5003 foi sujeito a: (1) um estudo de avaliação (DISCO onde foi identificado como "local potencialmente contaminado de maior risco"); (2) uma análise de risco e, posteriormente, (3) um Relatório de Encerramento. Apresenta-se uma síntese desses trabalhos e suas conclusões.

A avaliação do Site 5003 naquele estudo incluiu a recolha de oito amostras de solos, todas elas amostradas nas áreas de descarga, localizadas nas bordas e no interior da poça aí formada. A presença de rocha perto da superfície limitou a profundidade de recolha a 0,1 m. Nessas amostras foi analisado um conjunto de 12 metais pesados e de 40 hidrocarbonetos, incluindo BTEX, HTP e HAP, cobrindo um conjunto de parâmetros que se julga adequados ao tipo de origem de contaminação identificada.

Os resultados obtidos mostraram terem sido ultrapassados os valores de referência em diversas amostras para os seguintes elementos (indicam-se os valores máximos): bário (7590 mg/kg), chumbo (416 mg/kg), cobalto (45 mg/kg), cobre (207 mg/kg), níquel (203 mg/kg), cádmio (2 mg/kg), molibdénio (9 mg/kg) e zinco (1030 mg/kg). Além da contaminação por metais pesados foram, ainda, identificadas concentrações acima da norma em três HAP, nomeadamente o benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno e dibenzo(a,h)antraceno, e em hidrocarbonetos totais do petróleo (HTP). Diversos outros elementos apresentaram valores superiores ao limite de deteção, facto que denota a

origem antropogénica da contaminação no caso dos hidrocarbonetos. Os locais de amostragem mais perto da grelha de drenagem são os mais contaminados.

Atendendo a estes resultados foi efetuada uma análise de risco (cuja metodologia é apresentada em BHATE, 2012). No processo de identificação do risco, os meios de impacte analisados foram os solos, as águas subterrâneas (formação suspensa e aquífero basal) e o oceano. Na análise de risco foram consideradas as consequências de inalação, ingestão e contacto dérmico.

A análise de risco refere ter sido ultrapassado o risco cumulativo calculado (IELCRs) para pessoal militar e civil. Contudo, o respetivo Relatório de Encerramento (Simões, 2013b) não recomenda novas medidas de investigação ou de reabilitação. Apresenta como justificação a pequena extensão vertical e horizontal dos solos impactados, a utilização atual do local, a ausência de impactes para a vida vegetal perto da poça, e o facto de considerar incompleto o percurso até atingir as águas subterrâneas. Por fim, o estudo propõe a verificação regular e a manutenção da contenção de derrames, especialmente após fenómenos de precipitação intensa.

4.6.3 Contextualização da necessidade de novos estudos

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).

Atendendo ao risco cumulativo identificado com origem nos solos, o LNEC considerou que a avaliação efetuada para os solos era muito limitada do ponto de vista espacial e que deveria ser efetuada uma delimitação da extensão dos solos contaminados através de novas amostragens.

Atendendo ao referido, propôs-se efetuar uma análise da qualidade dos solos e das águas de escorrência da pista.

4.6.4 Plano de monitorização de solos e de águas

Embora inicialmente tivesse sido programada a realização de um conjunto de quatro sondagens/piezómetros ao longo da extensão do Site 5003, as condições do terreno não o permitiram. Efetivamente, a vala de drenagem é muito escavada em todo o seu percurso (cerca de 3 a 5 m) e apresenta vegetação densa não havendo uma plataforma que permita a colocação da máquina de perfuração. Acresce que há rocha a poucos centímetros de profundidade não sendo possível fazer recolha de amostras intactas de solo.

No contexto do exposto, o plano de amostragem consistiu na recolha de um conjunto de três amostras de sedimento à saída do sistema de drenagem (CO1, CO2 e CO3), seis de solos no início da vala (P1, P2, P3, P4, P7 e P8) e três de solos no final da vala de drenagem (5003-S3) (cf. Figura 4.27), além da própria água de drenagem.

Quadro 4.15 – Principais características dos solos amostrados no Site 5003

Designação	M	P	Profundidade recolha solos (m)	Número de amostras
5003-S3 (a, b, c) (vários pontos à mesma prof.)	490416	4292824	0,2	3
			0,2	
			0,25	
S1 (P1, P2, P3) e S2 (P4, P7, P8) (vários pontos à mesma prof.)	491430	4292001	0,2	6
			0,2	
			0,2	
			0,2	
			0,2	
			0,2	
CO1, CO2, CO3 (vários à mesma prof.)	491441	4291996	0,1	3
			0,1	
			0,1	

4.6.5 Resultados obtidos

4.6.5.1 Solos

O Quadro 4.16 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de sedimentos e de solos recolhidas à saída do sistema de drenagem da pista no Site 5003.

Página intencionalmente deixada em branco

Página intencionalmente deixada em branco

Os resultados das análises químicas mostram que as concentrações em COV e BTEX são inferiores aos respetivos limites de quantificação. Contudo, as concentrações em HTP e HAP ultrapassam as normas em todos os pontos de amostragem e para quase todos os parâmetros (Quadro 4.16).

A Figura 4.28 apresenta as concentrações em HTP nos sedimentos e solos recolhidos nos locais do Site 5003 (cf. Figura 4.27). Observa-se alguma variabilidade espacial nas concentrações de solos recolhidos num mesmo local (p.e. S2 e S3), mas com valores sempre acima das normas.

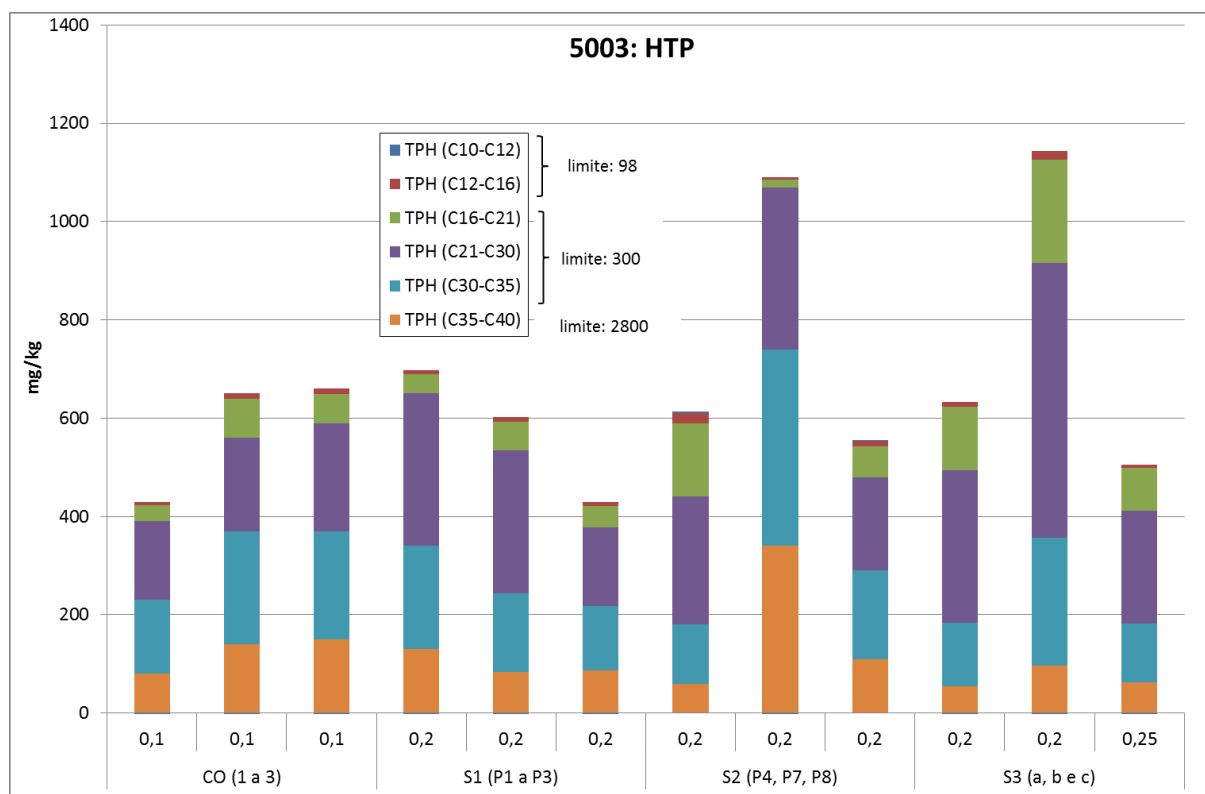


Figura 4.28 – Concentrações em HTP nos sedimentos e solos do Site 5003

Situação idêntica é observada para as concentrações em HAP, tanto em termos da variabilidade espacial como das concentrações acima das normas (Quadro 4.16 e Figura 4.29). O ponto S3, no final da vala, parece inclusive ser um ponto de acumulação das cargas de contaminantes ao longo dos anos, tendo apresentado as concentrações mais elevadas. É possível que estes valores mais elevados também tenham como justificação o facto deste local ter estado seco na altura da recolha de amostras, em contraste com as restantes amostras de sedimento e de solo que foram recolhidas à saída do sistema de drenagem sob a lâmina da água de drenagem podendo ter sido lavadas pela mesma, uma vez que esta não apresentava contaminantes na altura da amostragem (Quadro 4.17) permitindo, assim, diluir a concentração dos contaminantes nas amostras de sedimentos e de solos.

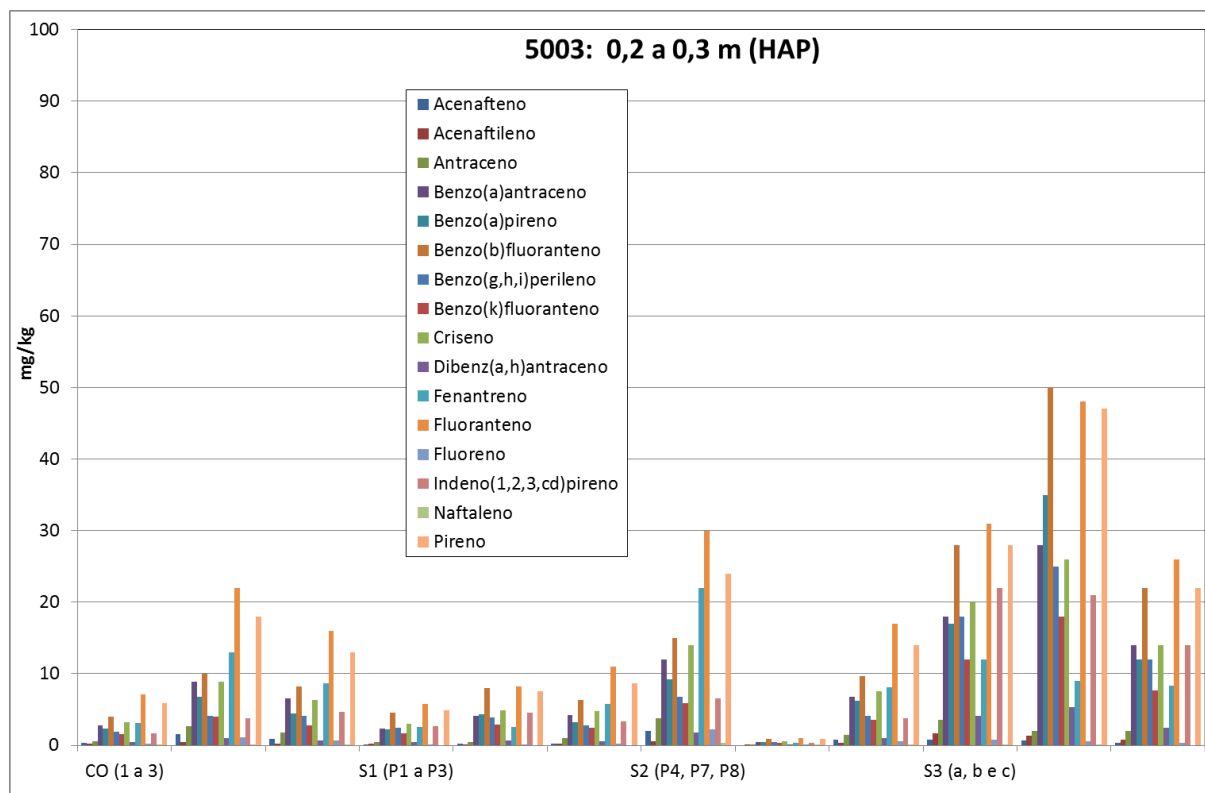


Figura 4.29 – Concentrações em HAP nos sedimentos e solos do Site 5003

Em relação à presença de metais pesados, observa-se que o bário, o zinco, o cádmio e o chumbo ultrapassam as normas do Canadá e, para os primeiros dois metais, inclusive em alguns casos ultrapassam os valores de intervenção da Holanda, valores a partir dos quais o local deve ser intervencionado. Embora a presença de bário possa ter origem natural (valores entre 330 e 400 mg/kg e superiores são referidos para solos de basaltos e afins), neste caso a sua origem mais provável será resultante da combustão de óleos ou de processos industriais envolvidos no fabrico de peças e acessórios para veículos. O zinco, cádmio e chumbo são metais emitidos pelos veículos, sendo o Zn também empregue como aditivo de lubrificantes. É natural que as concentrações observadas se devam a essas origens. Os valores elevados em Ba e Zn, HTP e HAP já haviam sido reportados em relatórios anteriores (AMEC, 2011a), embora se tenha assumido que a extensão horizontal e vertical da contaminação fosse pequena e o risco para as utilizações atuais também.

4.6.5.2 Água de drenagem

O Quadro 4.17 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 e fevereiro de 2019.

Página intencionalmente deixada em branco

Os resultados das análises químicas revelam que, em outubro de 2018, dos 86 hidrocarbonetos analisados todos estavam abaixo do limite de quantificação, com exceção do naftaleno, cuja concentração de 0,01 µg/L era muito inferior à norma para águas potáveis definida pelo Canadá (2,4 µg/L). Nos dias que antecederam essa campanha não houve precipitação assinalável, pelo que o caudal era baixo (Figura 4.30), 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.



Figura 4.30 – Local de amostragem da água de escorrência da pista à saída do sistema de drenagem, Site 5003

Os resultados obtidos em fevereiro de 2019, durante o período húmido e em condições de elevada precipitação, apresentaram HTP e três HAP, dois deles acima da norma utilizada.

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 ambas as campanhas.

4.6.6 Conclusões e recomendações

Atendendo aos resultados obtidos, a área contaminada deverá ser devidamente assinalada e isolada por forma a impedir o seu uso. A caracterização da qualidade das águas de escorrência deverá ser feita com regularidade por um período de um ano por forma a definir os principais contaminantes, sua concentração e evolução nesse período. Caso as concentrações excedam as normas devem ser implementadas medidas para a redução dessa origem de poluição. Os solos contaminados devem ser removidos até 0,2 m de profundidade. Considera-se adequada a conclusão apresentada no *Closure Report* (Simões, 2013b) para as águas subterrâneas e para o oceano, uma vez que se desconhecem poços localizados a jusante do local de descarga e que as descargas para o oceano, além de raras, estarão diluídas.

O pedido de licença para pesquisa de eventuais novas captações de águas subterrâneas na área localizada entre o Site 5003 e o oceano deve atender à possibilidade de as águas se encontrarem contaminadas. A resposta ao pedido para exploração de águas deverá atender aos resultados de análises da qualidade da água, designadamente para os elementos químicos analisados para os solos durante a caracterização do local.

4.7 Site 5008: Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ

4.7.1 Identificação do local

O Site 5008 está localizado entre Praia da Vitória (13,4 km até ao centro da cidade) e Angra (10,1 km até ao centro da cidade), 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 4.31) e apresenta um ligeiro declive para NE. Na zona envolvente, o uso do solo é predominantemente agrícola, com apenas algumas quintas e casas espalhadas.

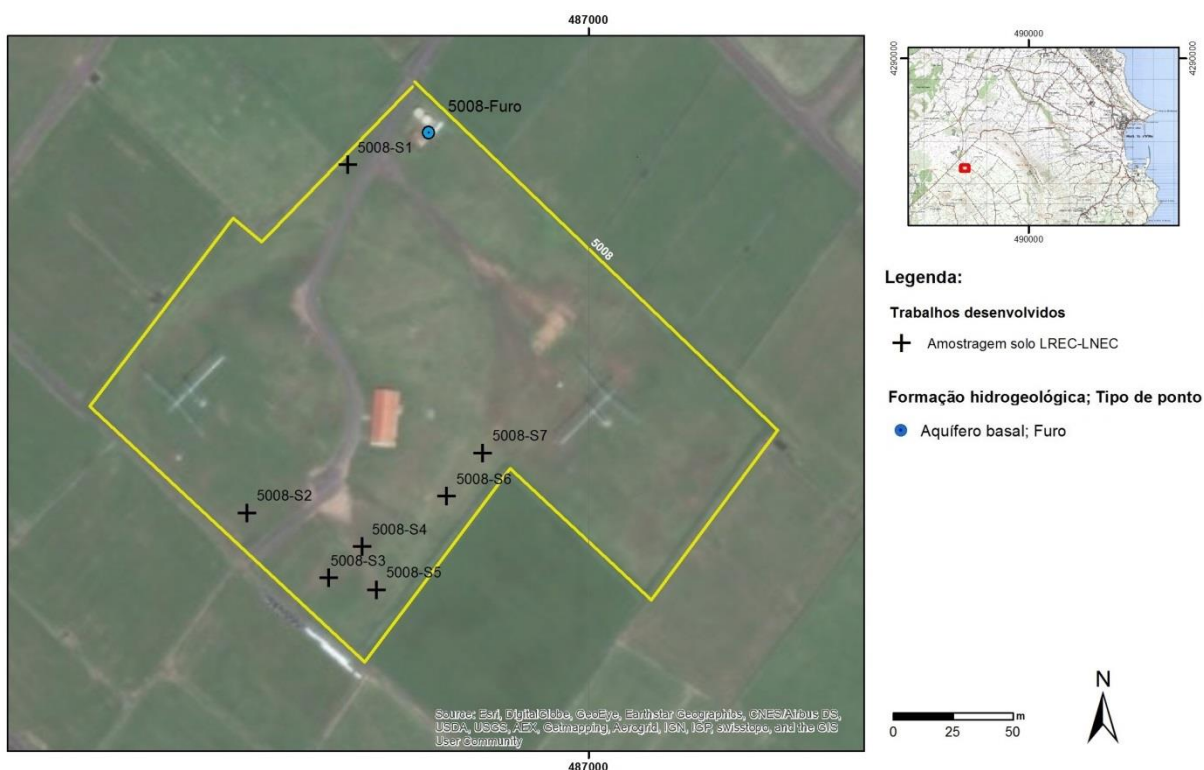


Figura 4.31 – Mapa do Site 5008

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. Existia também uma casa do furo de captação de águas subterrâneas (5008- Furo) e algumas infraestruturas recreativas de apoio.

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.

A informação disponibilizada sobre o Site 5008 corresponde aos documentos AMEC (2011a), AMEC (2012a) e Simões (2013c).

4.7.2 Descrição sumária de estudos anteriores

O Site 5008 serviu de apoio à navegação do tráfego aéreo e marítimo desde a década de 50. A partir dos anos 90 passou a ser controlado remotamente, tendo sido alvo de renovações na década de 70/80. Em 2002, na altura em que foram removidos os geradores e tanques, registou-se a presença de solos contaminados por hidrocarbonetos. Não há registos de ter havido alguma operação de remoção de solos naquele período. O estudo de CH2MHILL (2004) indicou ter havido derrames de óleos e de ácidos de baterias, além de diversos derrames de hidrocarbonetos causados por transbordo durante o enchimento (p.e. em 1993 referem-se 340 litros). AMEC (2011a) refere a contaminação de solos por hidrocarbonetos e lubrificantes, com a possibilidade de infiltração até ao aquífero mais profundo. Os edifícios do local foram demolidos em 2010 e a área foi recoberta por meio metro de solo e foi colocada relva.

O Site 5008 foi sujeito a: (1) um estudo de avaliação (DISCO onde foi identificado como local potencialmente contaminado de maior risco); (2) uma análise de risco e, posteriormente, (3) um Relatório de Encerramento. Apresenta-se uma síntese desses trabalhos e suas conclusões.

O programa de avaliação do local promovido pela USAFE incluiu 43 amostras de solo recolhidas em 28 sondagens e 22 amostras de gás do solo. Foi também feita recolha e análise das águas subterrâneas do furo de captação. Os locais selecionados cobrem potenciais áreas de preocupação incluindo as antigas zonas dos depósitos de combustível, os locais do separador de óleo/água, a oficina e o ponto de infiltração de águas pluviais. As profundidades de amostragem variaram entre 1,5 e 5,0 m, em função dos obstáculos encontrados. Os trabalhos de amostragem de solos e sua análise química foram retomados em 2010 e 2011 para melhor delinear os impactes identificados (AMEC, 2011a).

Nas amostras de solos foi analisado um conjunto de 12 metais pesados e de 60 hidrocarbonetos, incluindo BTEX, HTP, PCB e HAP, cobrindo os parâmetros que se julgam adequados ao tipo de origem de contaminação identificada. As concentrações em HTP excederam os valores de referência em diversos pontos de recolhas de amostras de solo. Este também foi o caso para outras amostras de solo continham concentrações elevadas de diferentes HAP (benzo(a)pireno, fluoranteno, pireno, entre diversos outros). À data dos relatórios os resultados tinham sido analisados atendendo às normas do Canadá de 2004, contudo se os mesmos valores forem confrontados com os valores em vigor (cf. Quadro 2.1), os pontos com contaminação seriam mais vastos. Situação semelhante ocorre para os metais pesados, sempre abaixo das normas do Canadá relativas a 2004, mas superiores aos valores atuais para chumbo e cobalto.

4.7.3 Contextualização da necessidade de novos estudos

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.

No contexto dos estudos anteriores foi sugerida pelo LNEC a reapreciação deste Site 5008 com base nos atuais limites (mais baixos) da legislação do Canadá, uma vez que nos estudos referidos os limites eram superiores.

Atendendo ao referido, e ao facto de não haver análises recentes sobre a evolução deste Site, o LNEC propôs-se efetuar uma análise da qualidade dos solos, nos mesmos locais do estudo da AMEC acima referido, além de uma análise da água do furo.

4.7.4 Plano de monitorização de solos e de águas

A monitorização do Site 5008 incluiu a análise da qualidade da água no furo existente no local (cujas características se desconhecem) e a análise da qualidade de solos recolhidos a três e a quatro profundidades diferentes (todas inferiores a 3 m) nas sete sondagens efetuadas para este estudo pelo LREC (Figura 4.31), num total de 26 amostras. Não foi colocado piezómetro em nenhuma das sondagens efetuadas visto não se ter encontrado o nível piezométrico até às profundidades perfuradas. Os locais de amostragem dos solos cobrem todos os locais onde houve UST, AST, OWS e onde houve derrames (cf. secção 4.7.2).

Quadro 4.18 – Principais características dos solos amostrados no Site 5008

Designação	M	P	Profundidade recolha solos (m)	Número de amostras
5008-S1	486900	4284828	0,2	4
			0,5	
			1	
			2,8	
5008-S2	486858	4284683	0,2	3
			0,5	
			2	
5008-S3	486892	4284656	0,2	4
			0,5	
			1,5	
			2,3	
5008-S4	486906	4284669	0,2	4
			0,5	
			1	
			2,2	
5008-S5	486912	4284651	0,2	3
			0,5	
			2,8	
5008-S6	486941	4284690	0,2	4
			0,5	
			1	
			2,2	
5008-S7	486956	4284708	0,2	4
			0,5	
			1	
			2,2	

4.7.5 Resultados obtidos

4.7.5.1 Solos

O Quadro 4.19 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas nas sete sondagens efetuadas no Site 5008.

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 4.19 – Resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas em sete sondagens, Site 5008

Table with columns: Site, Sondagem, Profundidade (m), Análise, and concentrations for various elements (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, P, S, Li, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, Ti, V, Zn) and hydrocarbons (BTX, Compostos Orgânicos Voláteis, Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos). Rows include parameters like Índice fênis and metais e fósforo, and numerous organic compounds.

"<" significa "<"

A vermelho estão os parâmetros acima do Intervention Value da Holanda

A rosa estão os parâmetros acima da norma do Canadá

A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página intencionalmente deixada em branco

Não se observam BTEX nem COV, com exceção da amostra de solo da sondagem 5008-S2, aos 2,8 m de profundidade que apresentou diclorometano. No entanto observa-se a presença de HTP e de HAP em todas as sondagens. As concentrações em HTP (cf. Figura 4.32) excederam as normas nos primeiros 0,2 m dos solos das sondagens 5008-S2, 5008-S4 e, muitas vezes, as concentrações são mais elevadas nos primeiros 0,2 m dos solos apesar da indicação de que os primeiros 0,3 m do solo corresponderiam a solo limpo que teria sido colocado em 2010. No caso das concentrações em HAP (Figura 4.33), estas excederam as normas nos solos das mesmas sondagens e à mesma profundidade, além da sondagem 5008-S3, onde as concentrações foram ultrapassadas também na amostra dos 0,5 m.

A análise comparativa entre a Figura 4.32 e a Figura 4.33 permite observar que os locais onde os valores de HTP são mais elevados nem sempre correspondem aos locais onde os HAP são superiores (e.g. 5008-S5 não tem HAP mas tem HTP). Contudo, para a maioria dos casos, as concentrações nos primeiros 0,2 m do solo são mais elevadas. No caso das concentrações em HTP, a maioria dos solos estão contaminados até profundidades inferiores a 0,2 m ou a 0,5 m (5008: S1, S2, S4, S5, S6), sendo exceção as sondagens 5008: S3 e S7 (Figura 4.32). No caso dos HAP, os solos estão contaminados até profundidades geralmente inferiores a 0,2 m, com exceção da sondagem 5008-S3 e 5008-S4 (cf. Figura 4.33), sendo que a profundidades maiores que 0,5 m as restantes amostras de solo apresentam concentrações abaixo os limites de quantificação, embora as da sondagem 5008-S7 apresentem valores positivos até aos 2,2 m.

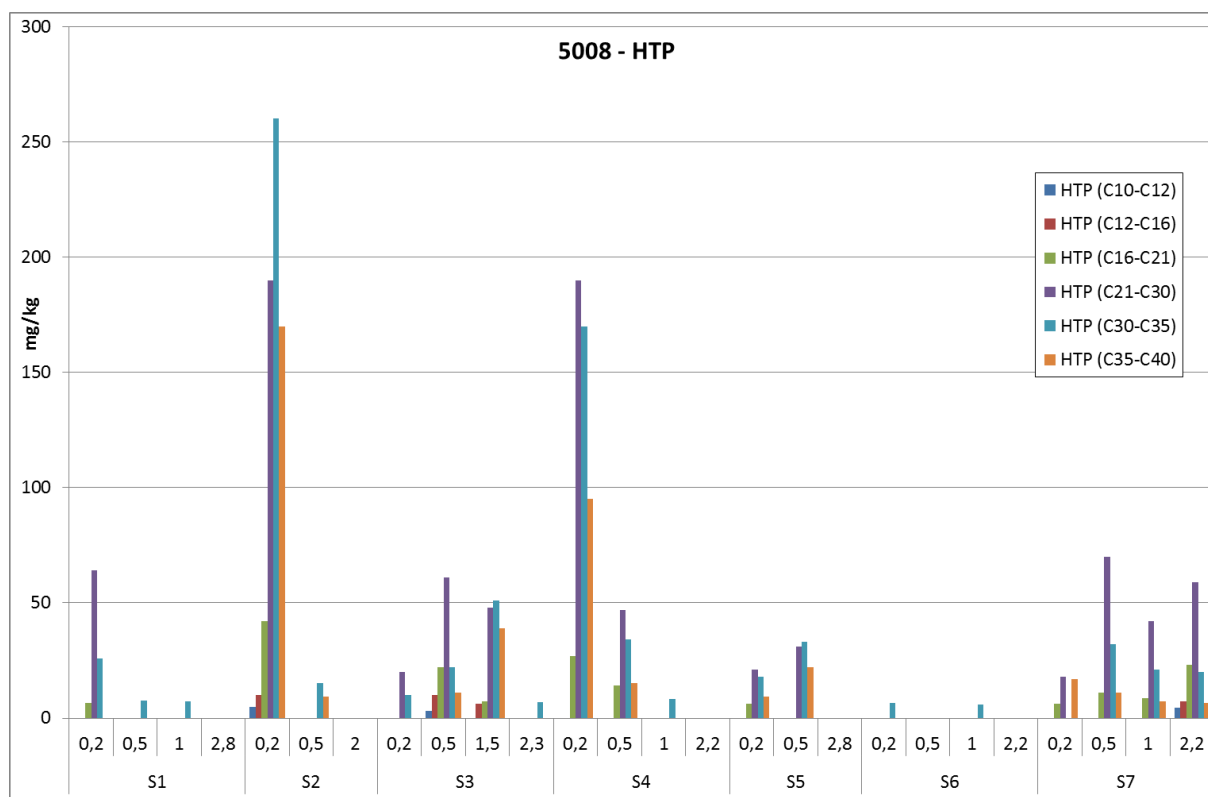


Figura 4.32 – Concentrações em HTP nos solos das sondagens do Site 5008

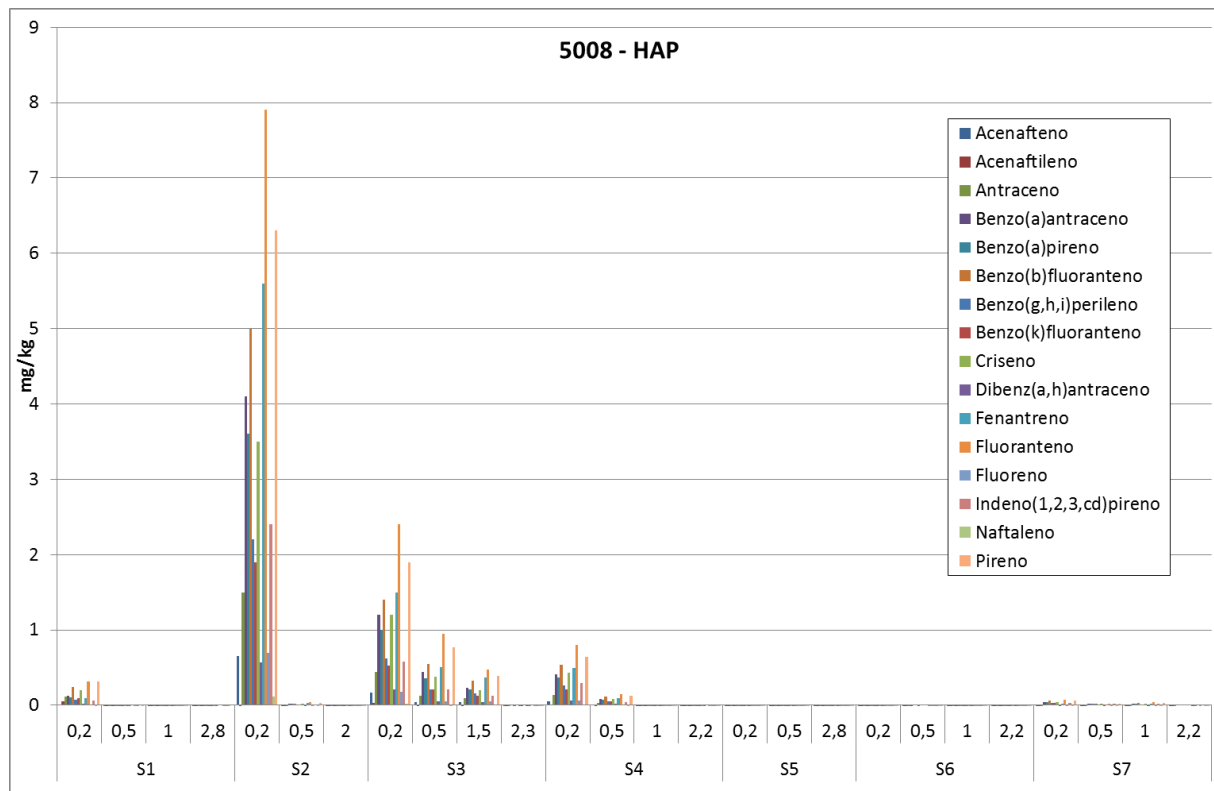


Figura 4.33 – Concentrações em HAP nos solos das sondagens do Site 5008

Mesmo assim, os valores de concentrações em hidrocarbonetos encontrados são, em diversas situações, inferiores aos registados em AMEC (2011a)

Relativamente à concentração de metais pesados nos solos, registaram-se valores acima das normas do Canadá para os seguintes metais: Be, Co, Cu, Mo e V (cf. Quadro 4.19). Em estudos anteriores, o Pb, Co e Hg apresentaram valores acima das normas. Apenas as concentrações em Co foram semelhantes entre estudos.

4.7.5.2 Águas subterrâneas

O Quadro 4.20 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no furo do Site 5008, com 92 m de profundidade, perfurado em 1992 (AMEC, 2011a). Atendendo a que este furo se encontra selado não foi possível medir a profundidade ao nível da água, sendo a única medição que se conhece igual a 84,7 m. Devido a uma falha de eletricidade na zona, resultante do mau tempo que se fez sentir, não foi possível extrair água para análise na campanha de fevereiro de 2019.

Quadro 4.20 – Resultados das análises químicas da amostra de água recolhida no furo do Site 5008

Designação local		5008-Furo					
Data amostragem		18-10-2018					
Parâmetro	Unidade	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas		
In situ							
Temperatura	°C	17,1					
pH	Sorensen	7,11	LQ e L	5,5; 9	0		
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	162,9	LQ e L	2500	0		
Potencial redox (Eh)	mV	79					
Parâmetros agregados							
Índice de fenóis	mg/L	0,0025	Canadá	0,89	0	1	
Íons maiores							
Bicarbonatos	mg/L	60	-	-	0		
Carbonatos	mg/L	-5	-	-	0		
Cloretos	mg/L	18	LQ e L	250	0		
Nitratos	mg/L	5,9	NQ	50	0		
Sulfatos	mg/L	5	LQ e L	250	0		
Cálcio - Ca	mg/L	5,6	-	-	0		
Magnésio - Mg	mg/L	4,2	-	-	0		
Potássio - K	mg/L	5,5	-	-	0		
Sódio - Na	mg/L	19	VP	200	0		
Metais em solução							
Alumínio - Al	mg/L	-0,1	VP	0,2	0		
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	VP	0,005	0		
Arsénio - As	mg/L	-0,005	LQ e L	0,01	0		
Bário - Ba	mg/L	-0,05	Canadá	1	0		
Berílio - Be	mg/L	-0,001	Canadá	0,004	0		
Boro - B	mg/L	-0,1	Canadá	5	0		
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	LQ e L	0,005	0		
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	LQ e L	0,01	0		
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	Canadá	0,0038	0		
Cobre - Cu	mg/L	0,01	VP	2	0		
Crómio - Cr	mg/L	-0,001	VP	0,05	0		
Ferro - Fe	mg/L	0,73	VP	0,2	1		
Fluoreto	mg/L	0,27	VP	1,5	0		
Fósforo - PO4	mg/L	0,24	-	-	0		
Lítio - Li	mg/L	0,02	-	-	0		
Manganês - Mn	mg/L	0,036	VP	0,05	0		
Mercurio - Hg	µg/L	-0,05	LQ e L	1	0		
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	Canadá	0,07	0		
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	VP	0,02	0		
Prata - Ag	mg/L	-	Canadá	0,0015	0		
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	VP	0,01	0		
Vanádio - V	mg/L	0,00426	Canadá	0,0062	0		
Zinco - Zn	mg/L	0,14	Canadá	1,1	0		
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP							
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L	-38	Canadá	750	0	0	
TPH (C10-C12)	µg/L	-10	-	-	-	0	
TPH (C12-C16)	µg/L	-10	-	-	-	0	
TPH (C16-C21)	µg/L	-10	-	-	-	0	
TPH (C21-C30)	µg/L	-15	-	-	-	0	
TPH (C30-C35)	µg/L	-10	-	-	-	0	
TPH (C35-C40)	µg/L	-10	-	-	-	0	
BTEX							
Benzeno	µg/L	-0,05	VP e L	1	0	0	
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	L	1,3	0	0	
Meta-para xileno	µg/L	-0,05	L	1,3	0	0	
Orto-xileno	µg/L	-0,05	L	1,3	0	0	
Tolueno	µg/L	0,06	L	1,3	0	1	
Soma BTEX	µg/L	-0,14	-	-	0	0	
Soma xilenes	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados							
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	Canadá	1,1	0	0	
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	-0,1	Canadá	200	0	0	
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	Canadá	1	0	0	
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-0,2	Canadá	4,7	0	0	
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	Canadá	5	0	0	
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	Canadá	1,6	0	0	
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-	-	0	0	
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	Canadá	70	0	0	
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	Canadá	3	0	0	
1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	VP	3	0	0	
1,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
1,3-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	Canadá	1	0	0	
2,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
2-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
4-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
Bromobenzeno	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
Bromoclorometano	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
Bromodiclorometano	µg/L	-0,1	Canadá	16	0	0	
Bromometano	µg/L	-0,1	Canadá	0,89	0	0	
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	Canadá	1,6	0	0	
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	Canadá	0,5	0	0	
Cloreto de vinil	µg/L	-0,2	Canadá	0,5	0	0	
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	Canadá	30	0	0	
Cloroetano	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
Clorofórmio	µg/L	-	Canadá	2,4	0	0	
Clorometano	µg/L	-0,2	-	-	0	0	
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	Canadá	25	0	0	
Dibromometano	µg/L	-0,2	-	-	0	0	
Diclorodifluorometano	µg/L	-	Canadá	590	0	0	
Diclorometano	µg/L	-0,2	-	-	0	0	
Hexaclorobutadieno	µg/L	-0,1	Canadá	0,44	0	0	
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	-0,1	L	0,65	0	0	
Tetraclorometano	µg/L	-0,05	-	-	0	0	
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	Canadá	1,6	0	0	
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	-0,1	Canadá	0,5	0	0	
Tribromometano	µg/L	-0,05	-	-	0	0	
Triclorometano	µg/L	-0,1	-	-	0	0	
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	-0,1	L	0,65	0	0	
Triclorofluorometano	µg/L	-0,1	Canadá	150	0	0	
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados							
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	-	-	0	0	
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	-	-	0	0	
Estireno	µg/L	-0,1	Canadá	5,4	0	0	
Isopropilbenzeno	µg/L	-0,05	-	-	0	0	
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L	-0,3	L	0,65	0	0	
n-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-	-	0	0	
n-Propilbenzeno	µg/L	-0,05	-	-	0	0	
p-Isopropiltolueno	µg/L	-0,05	-	-	0	0	
sec-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-	-	0	0	
tert-Butil álcool	µg/L	-0,2	-	-	0	0	
tert-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-	-	0	0	
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH)							
Acenafteno	µg/L	-0,005	L	0,0065	0	0	
Acenaftileno	µg/L	-0,005	L	0,013	0	0	
Antraceno	µg/L	-0,005	L	0,1	0	0	
Benzo(a)antraceno	µg/L	-0,005	L	0,0065	0	0	
Benzo(a)pireno	µg/L	-0,005	L	0,01	0	0	
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	-0,005	L	0,1	0	0	
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	-0,005	L	0,1	0	0	
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	-0,005	L	0,1	0	0	
Criseno	µg/L	-0,005	L	0,0065	0	0	
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L	-0,005	L	0,0065	0	0	
Fenantreno	µg/L	-0,005	L	0,0065	0	0	
Fluoranteno	µg/L	-0,005	L	0,1	0	0	
Fluoreno	µg/L	-0,005	L	0,0065	0	0	
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	-0,005	L	0,1	0	0	
Naftaleno	µg/L	-0,005	L	2,4	0	0	
Pireno	µg/L	-0,005	L	0,003	0	0	
Soma de 4 PAH (DL 306/2007)	µg/L	-0,02	VP	0,1	0	0	

NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008
 LQ - Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009) e L - Limiares definidos nos PGRH
 VP - Valor Paramétrico, DL 306/2007 e 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano
 Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)

"-" significa "<"

A rosa 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 verificar que se trata de uma água muito pouco mineralizada (condutividade eléctrica de 162,9 µg/L), 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). Atendendo a que o nível de água do aquífero basal se encontra aproximadamente ao nível do mar, e que a cota neste local são 350 m, a água captada pelo furo (com 92 m) deverá pertencer a uma formação hidrogeológica suspensa e não ao aquífero basal. A concentração em fluoreto também é típica das formações suspensas.

O único parâmetro cujo valor estava acima da norma foi o ferro. A maioria dos metais pesados apresentou concentrações inferiores ao limite de quantificação ou valores muito baixos. Os hidrocarbonetos apresentaram valores abaixo dos respetivos limites de quantificação, com exceção do tolueno e do índice de fenóis. Mesmo assim, os seus valores são muito inferiores às normas. Não foi possível confirmar a presença destes hidrocarbonetos na campanha seguinte pelos motivos atrás expostos.

4.7.6 Conclusões e recomendações

Com base nos resultados obtidos, sugere-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. Considerando que as concentrações observadas nos solos recolhidos a profundidades superiores a 0,5 m estavam abaixo das normas, considera-se que a bioreabilitação natural dos hidrocarbonetos remanescentes será suficiente para evitar a contaminação de águas. Não obstante, recomenda-se manter a monitorização periódica do furo existente no local para confirmar a qualidade da água.

4.8 Site 5009: Cume da TACAN Annex Number EYNH

4.8.1 Identificação do local

O Site 5009 localiza-se na crista na Serra do Cume num ponto aproximadamente equidistante da Porta de Armas (5,6 km) e do centro de Praia da Vitória (4,8 km). Tem uma área aproximada de 540 m² (cerca de 30 m por 18 m) e apresenta declives acentuados para os dois lados, NE e SW (Figura 4.34). A área envolvente é utilizada diariamente para pastagem.



Figura 4.34 – Mapa do Site 5009

Este local foi construído nos anos 50/60 como uma unidade de apoio à navegação táctica aérea visando transmitir informações de rumo e de distância para o tráfego de aeronaves. Os edifícios de apoio incluíam um edifício de comunicações com várias antenas, equipamentos elétricos, um posto de eletricidade com gerador e transformador, além de depósitos à superfície (AST) de armazenamento de combustível (até 7500 L), estes últimos construídos em 2002.

Segundo (CH2MHILL, 2004) e AMEC (2011a) foram encontradas poças de óleo e contaminação do solo (cerca de 9 m por 15 m), presumindo ser resultante de fugas ocorridas por volta de 1985-1986 em diferentes locais. Referem os mesmos documentos apenas terem sido removidos alguns dos solos impactados.

A informação disponibilizada sobre o Site 5009 corresponde aos documentos AMEC (2011a), AMEC (2012a) e Simões (2013d).

4.8.2 Descrição sumária de estudos anteriores

O Site 5009 foi uma unidade táctica de navegação aérea (TACAN, TACTical Air Navigation), não habitada, existente desde os anos 50/60. Em 2002/03 houve obras de construção de novos edifícios, destruição do antigo e de repavimentação da área com gravilha e asfalto, substituindo áreas degradadas e alegadamente contaminadas. Além de contaminação por hidrocarbonetos, resultante de fugas, refere-se a potencial contaminação pelas baterias e pinturas com chumbo.

O Site 5009 foi sujeito a: (1) um estudo de avaliação (DISCO onde foi identificado como local contaminado de maior risco); (2) uma análise de risco e, posteriormente, (3) um Relatório de

Encerramento (Simões, 2013d). Apresenta-se uma síntese desses trabalhos e suas conclusões.

O programa de investigação do Site 5009 incluiu 31 amostras de solo recolhidas em 28 sondagens e 20 amostras de gás do solo. Não foram amostradas águas subterrâneas por não existirem furos na área envolvente e refere-se não ter sido encontrados níveis hidrogeológicos suspensos durante a perfuração de sondagens. Os locais selecionados e as profundidades analisadas foram sendo alargados em face da contaminação encontrada.

Nas amostras de solos foi analisado um conjunto de 12 metais pesados e de 60 hidrocarbonetos, incluindo BTEX, HTP, PCB e HAP, cobrindo os parâmetros que se julgam adequados ao tipo de origem de contaminação identificada. Nas amostras de ar do solo foram analisados cerca de 40 hidrocarbonetos voláteis não tendo sido encontrados valores elevados de gases para os compostos orgânicos voláteis analisados.

Os resultados obtidos mostram que os três metais que excederam os critérios do Canadá (Table 3 para solos grosseiros em zonas industriais) foram o bário (em 16 de 31 amostras, com uma concentração máxima de 1130 mg/kg), o cádmio (uma amostra, com uma concentração máxima de 2,6 mg/kg) e o zinco (duas amostras, com um valor máximo de 633 mg/kg). As concentrações de HTP (C₁₀-C₁₆ e C₁₆-C₃₄) excederam, em diversas ordens de grandeza, os critérios do Canadá em sete locais, possivelmente relacionado com o armazenamento de combustível nesta área. Nesses e outros dos locais analisados observou-se contaminação por HAP, embora em concentrações inferiores à legislação do Canadá.

4.8.3 Contextualização da necessidade de novos estudos

A análise de risco efetuada para este Site considerou apenas o risco para trabalhadores. Com base no uso do local, no facto da área estar pavimentada e no percurso incompleto para as águas subterrâneas, não foram recomendadas medidas de reabilitação do local.

Contudo, atendendo à contaminação dos solos identificada e ao uso da área envolvente para pastagem foram realizadas duas sondagens para uma avaliação das atuais condições. Acresce que o pavimento nesta zona se encontrava em mau estado, pelo que não é garantida a selagem da superfície.

4.8.4 Plano de monitorização de solos

O plano de monitorização do Site 5009 incluiu a análise da qualidade de solos recolhidos a duas profundidades nas duas sondagens efetuadas para este estudo pelo LREC (Figura 4.34), num total de quatro amostras (Quadro 4.21).

Quadro 4.21 – Principais características dos solos amostrados no Site 5009

Designação	M	P	Profundidade recolha solos (m)	Número de amostras
5009-S9	490048	4284856	0,2	2
			0,7	
5009-S11	490047	4284859	0,2	2
			0,5	

4.8.5 Resultados obtidos

O Quadro 4.22 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas nas duas sondagens efetuadas no Site 5009.

Página intencionalmente deixada em branco

Os resultados do Quadro 4.22 mostram que os solos da sondagem 5009-S9 e 5009-S11 estão poluídos, apresentando os HTP valores até mais de duas ordens de grandeza acima das normas na sondagem 5009-S9, cujos solos contêm HAP acima das normas em ambas as profundidades analisadas (cf. Figura 4.35 e Figura 4.36). Acresce que há diversos outros parâmetros acima dos limites de quantificação, incluindo ainda os BTEX (cf. Quadro 4.22). Os solos da sondagem 5009-S11 apresentam concentrações mais baixas em todos os parâmetros analisados, ainda assim com os HTP acima das normas.

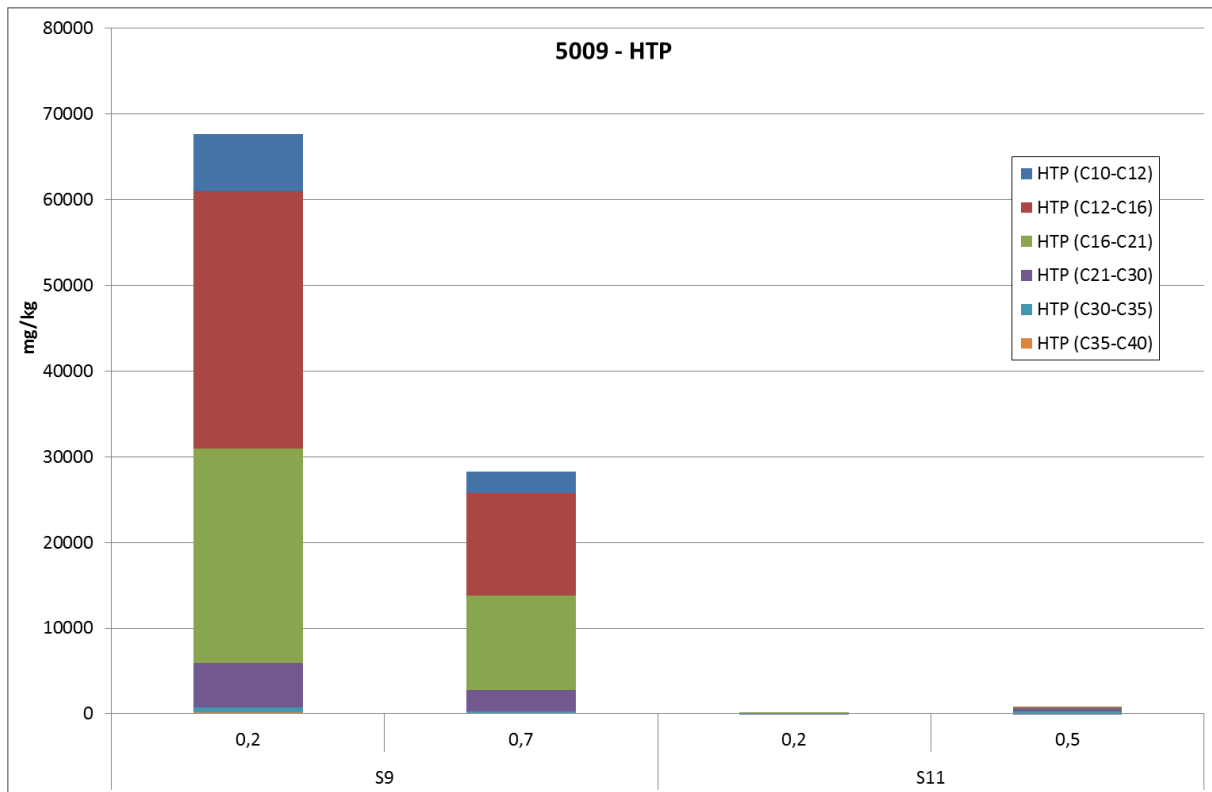


Figura 4.35 – Concentrações em HTP nos solos das sondagens do Site 5009

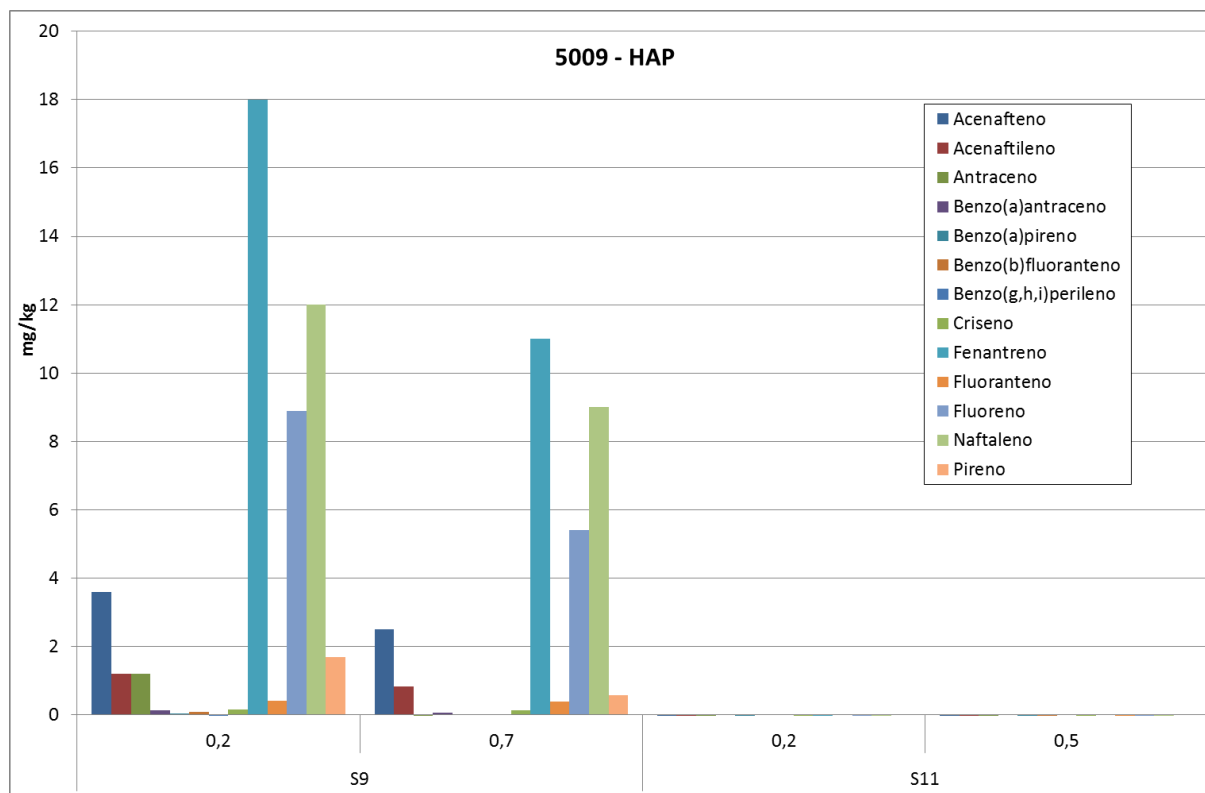


Figura 4.36 – Concentrações em HAP nos solos das sondagens do Site 5009

4.8.6 Síntese e recomendações

As amostras de solos analisadas no Site 5009 apresentaram diversos resultados cujos valores excederam os limites legislados para HTP, HAP, chumbo, vanádio e zinco. Em análises anteriores é referida a contaminação por metais (bário, cádmio e zinco) até 0,9 m de profundidade enquanto para HTP se verifica a presença de valores acima da legislação do Canadá até aos 3,6 m (AMEC, 2011a). A análise de risco concluiu não haver risco, face ao presente uso dos locais potencialmente afetados (solos, águas e ar), embora não tenha sido recomendada a remoção dos solos contaminados no caso de futuros trabalhos de construção.

Dada a elevada contaminação de alguns destes solos (mais de 300 vezes acima dos valores permitidos), numa área confinada, com cerca de 10 m por 5 m (AMEC, 2011a), agora confirmada, propõe-se a sua remoção, incluindo o pavimento, por forma a evitar a perda de hidrocarbonetos para níveis mais profundos dos solos. É, ainda, recomendada uma delimitação mais específica da profundidade da área contaminada para que os trabalhos de remoção incluam toda a zona afetada.

4.9 Site 5010: Medium Port Command

4.9.1 Identificação do local

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 4.37). Trata-se do local de apoio à entrada e distribuição de combustível para a ilha. O abastecimento até à *South Tank Farm* é feito através de mangueiras fixas ao pontão, existindo mangueiras portáteis para o caso de falha nas primeiras. As principais fontes potenciais de contaminação estão associadas a fugas de combustível e às atividades de apoio de diferentes edifícios onde poderá ter ocorrido derrames de fluidos de automóveis e solventes. Em CH2MHILL (2004) este local foi considerado um Site Potencialmente Contaminado.



Figura 4.37 – Mapa do Site 5010

A informação disponibilizada sobre o Site 5010 corresponde aos documentos AMEC (2009b), AMEC (2011a), AMEC (2012a) e Simões (2013e).

4.9.2 Descrição sumária de estudos anteriores

O Site 5010 inclui o pontão bem como edifícios e equipamentos para fins militares e comerciais ligados ao abastecimento de combustível a toda a ilha Terceira. Estes incluem oficinas de manutenção de veículos, armazenamento de combustível, combate ao fogo e armazenamento de resíduos perigosos, entre outros. Esta área é contígua ao porto da cidade e à praia pública e está em funcionamento desde 1952, embora as instalações iniciais tenham, entretanto, sido quase todas substituídas.

AMEC (2011a) refere ter havido uma rotura do *pipeline* durante o terramoto de 1980, não se sabendo ao certo o local ou o volume derramado. As únicas medidas de reabilitação reportadas foram a remoção parcial e superficial do produto.

O Site 5010 foi sujeito a: (1) um estudo de avaliação (DISCO onde foi identificado como "local potencialmente contaminado"); (2) um estudo dos sedimentos marinhos e biota; (3) uma análise de risco e, posteriormente, (4) um Relatório de Encerramento. Apresenta-se uma síntese desses trabalhos e suas conclusões.

A avaliação do Site 5010 compreendeu a recolha de 40 amostras de solos obtidas em 23 sondagens diferentes e 23 amostras do conteúdo de gás no solo. As amostras foram extraídas entre os 0,6 e os 3,2 m de profundidade e nelas foi analisado um conjunto de 12 metais pesados e mais de 40 hidrocarbonetos, incluindo HTP, PCB e HAP. Os resultados obtidos mostraram que o arsénio foi o único metal pesado que excedeu o critério do Canadá (Table 3 para zonas industriais) para cerca de metade das amostras (com uma concentração máxima de 25,3 mg/kg). As concentrações de HTP (C₅-C₁₀, C₁₀-C₁₆ e C₁₆-C₃₄) excederam significativamente os critérios do Canadá em quatro locais. Observou-se contaminação por compostos de HAP, por vezes com concentrações superiores à legislação do Canadá. As profundidades máximas de deteção de HAP e de HTP foram 0,6 m.

Foram, ainda, efetuadas em 2008 análises a sedimentos submersos (entre 0,3 e 0,75 m abaixo do fundo do mar) no porto de Praia da Vitória (e em Angra do Heroísmo e Cabo, para comparação), bem como a peixes e gastrópodes (AMEC, 2009a). Os resultados para sedimentos apresentaram valores acima dos limites da Holanda para metais pesados (Cu, Ni e Zn) e compostos orgânicos de estanho, atribuídos aos processos de pintura, apenas nas amostras recolhidas junto ao pontão. Quanto à componente biota, apesar do conjunto de amostras ser baixo para se retirarem conclusões estatísticas, os resultados analíticos indicam concentrações de As, Cd, Hg e compostos orgânicos de estanho nos tecidos excedendo a "*unrestricted consumption concentration*" da US EPA *Consumption Limit Tables*. Não obstante, a análise do risco efetuada refere que o mesmo é muito baixo ou nulo.

A análise do risco foi feita com base nos resultados obtidos nas amostras recolhidas nas áreas não pavimentadas. Os valores mais elevados foram encontrados nas áreas de estacionamento. Os resultados desta análise exibem valores de risco cumulativo acima do aceitável, por exemplo no que diz respeito ao contacto dérmico. É, contudo, referido que a maioria da superfície do local está pavimentada reduzindo o risco de contacto dérmico, inalação ou ingestão, tanto mais que se trata de uma área pouco frequentada por pessoas.

4.9.3 Contextualização da necessidade de novos estudos

Esta área apresentou solos contaminados por HTP e HAP em diversos locais. Não obstante, a análise do risco não recomenda 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.

Atendendo aos resultados obtidos anteriormente, ao facto de terem decorrido 10 anos sobre as últimas análises efetuadas e da pavimentação do local ser descontínua e com o asfalto degradado, o LNEC propôs-se fazer um conjunto de três sondagens a jusante dos locais identificados nos estudos anteriores como estando mais contaminados. Nas sondagens foram instalados piezómetros para fazer recolha e análise da qualidade das águas subterrâneas.

4.9.4 Plano de monitorização de solos e de águas

O plano de monitorização do Site 5010 incluiu a análise da qualidade dos solos recolhidos nas três sondagens efetuadas pelo LREC para este estudo, num total de 12 amostras (cf. Quadro 4.23). No caso da sondagem/piezómetro 5010-S3 apenas foi feita a recolha de uma amostra de solo até 0,3 m de profundidade, uma vez que o local apresenta rocha à superfície não permitindo a recolha em profundidade. Em complemento, procedeu-se à amostragem de outros três pontos próximos (cf. Figura 4.37). O solo 5010-S3c foi recolhido no local da sondagem/piezómetro 5010-S3.

A análise da qualidade das águas subterrâneas foi realizada nos três piezómetros aí instalados, cujas características são apresentadas no Quadro 4.24. Neste local, o aquífero basal encontra-se a cerca de 2 m de profundidade.

Quadro 4.23 – Principais características dos solos amostrados no Site 5010

Designação	M	P	Profundidade recolha solos (m)	Número de amostras
5010-S1	495217,78	4287040,89	0,2	3
			0,5	
			1,5	
5010-S2	495312,12	4287013,60	0,3	5
			0,5	
			1,2	
			1,8	
			2,7	
5010-S3	495497,59	4286839,48	0,3	4
5010-S3a	495507	4286861	0,3	
5010-S3b	495502	4286850	0,3	
5010-S3d	495493	4286828	0,3	

Quadro 4.24 – Principais características dos piezómetros instalados no 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

4.9.5 Resultados obtidos

4.9.5.1 Solos

O Quadro 4.25 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas no Site 5010. Observam-se concentrações inferiores aos limites de quantificação para os BTEX e os COV. Contudo, tanto os HTP como os HAP apresentam valores acima dos limites de quantificação que, no caso dos HAP, se encontram acima dos limites do Canadá em diversas amostras.

Página intencionalmente deixada em branco

A Figura 4.38 apresenta os resultados das concentrações de HTP nos solos amostrados. Por lapso na definição do volume de amostra de solo necessária para análise, não foi feita análise a HTP nos solos da sondagem 5010-S1. Os restantes solos apresentaram concentrações da mesma ordem de grandeza para os solos recolhidos à mesma profundidade.

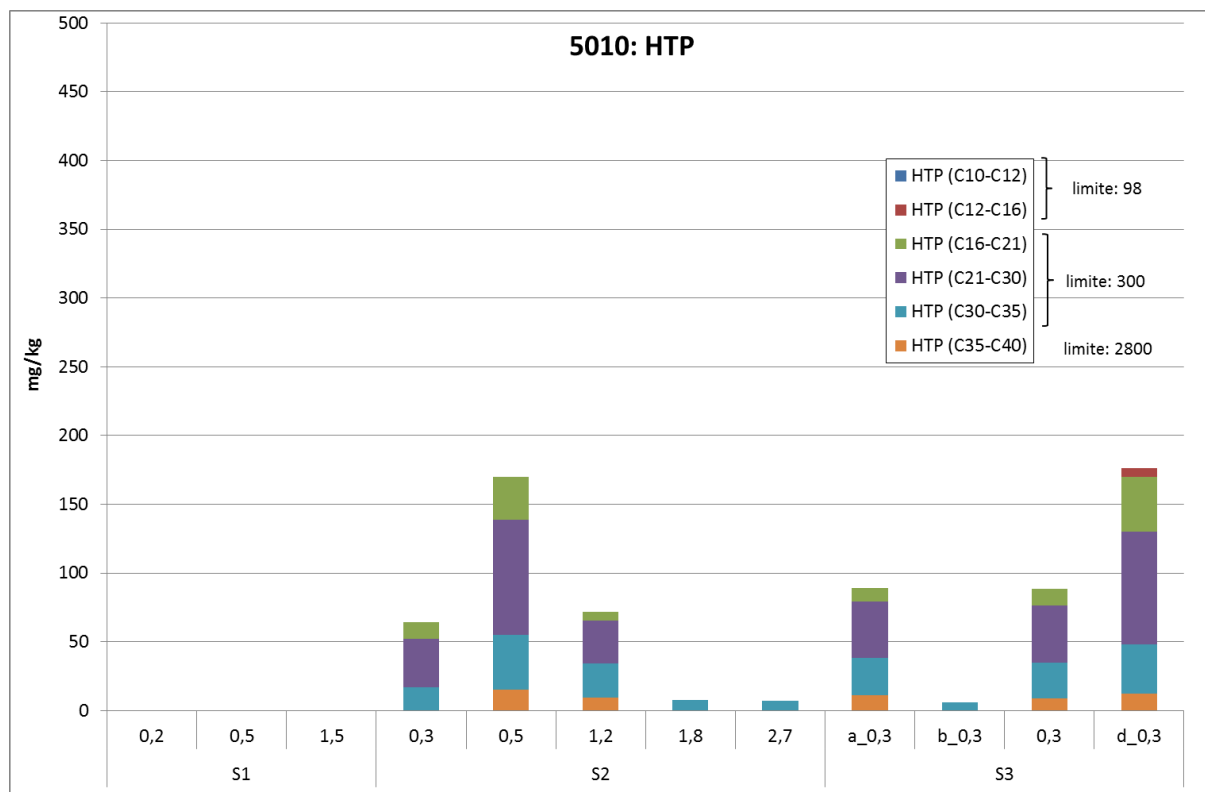


Figura 4.38 – Concentrações em HTP nos solos do Site 5010

Relativamente às concentrações em HAP nos solos amostrados, observa-se na Figura 4.39 que os solos da sondagem 5010-S1 são os que apresentam concentrações inferiores. Nas restantes sondagens, as concentrações são mais elevadas nos primeiros 0,3 m do solo, apresentando valores acima das normas do Canadá para diversos HAP (Quadro 4.25). Observa-se uma diminuição nas concentrações em profundidade, apresentando valores abaixo das normas referidas nos solos amostrados a profundidades maiores que 0,3 m.

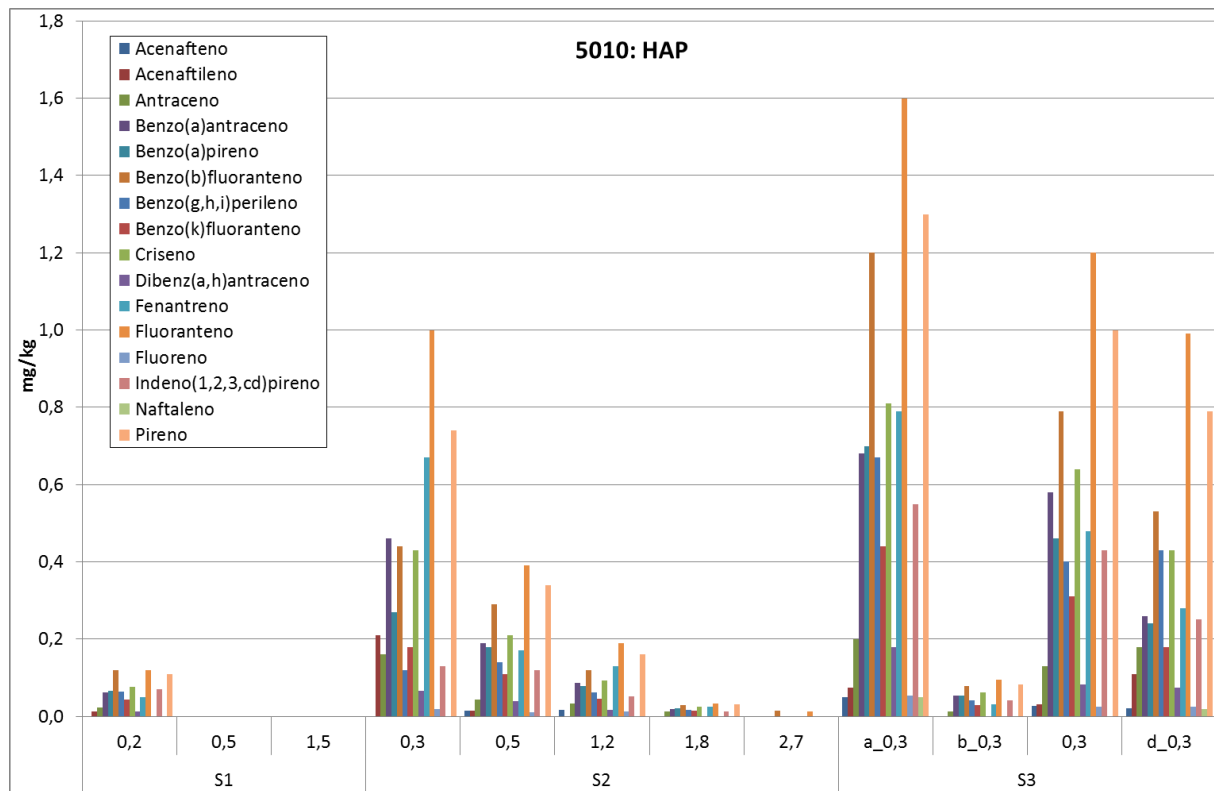


Figura 4.39 – Concentrações em HAP nos solos do Site 5010

Em relação aos metais pesados, foram ultrapassados os valores de intervenção da Holanda em amostras de solos 5010-S3 para o Pb, Cu e Zn. Dois destes elementos (Cu e Zn) já haviam sido reportados como ultrapassando aquelas normas em estudos anteriores. O As e o V também são elementos cuja concentração excede as normas do Canadá em diversas amostras. Este último pode dever-se à própria natureza do solo.

4.9.5.2 Águas subterrâneas

O Quadro 4.26 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos três piezômetros instalados no Site 5010.

A Figura 4.40 apresenta a concentração de todos os hidrocarbonetos encontrados acima do limite de quantificação para os três piezómetros, em outubro de 2018. Em fevereiro de 2019 apenas se registou a presença de naftaleno nos piezómetros 5010-S1 e 5010-S3, em concentrações equivalentes. Nenhum dos valores de hidrocarbonetos se encontra acima das normas do Canadá (dentro dos parâmetros com valores definidos), sendo as concentrações mais altas encontradas no piezómetro 5010-S2, a jusante dos solos mais contaminados identificados nos estudos anteriores referidos.

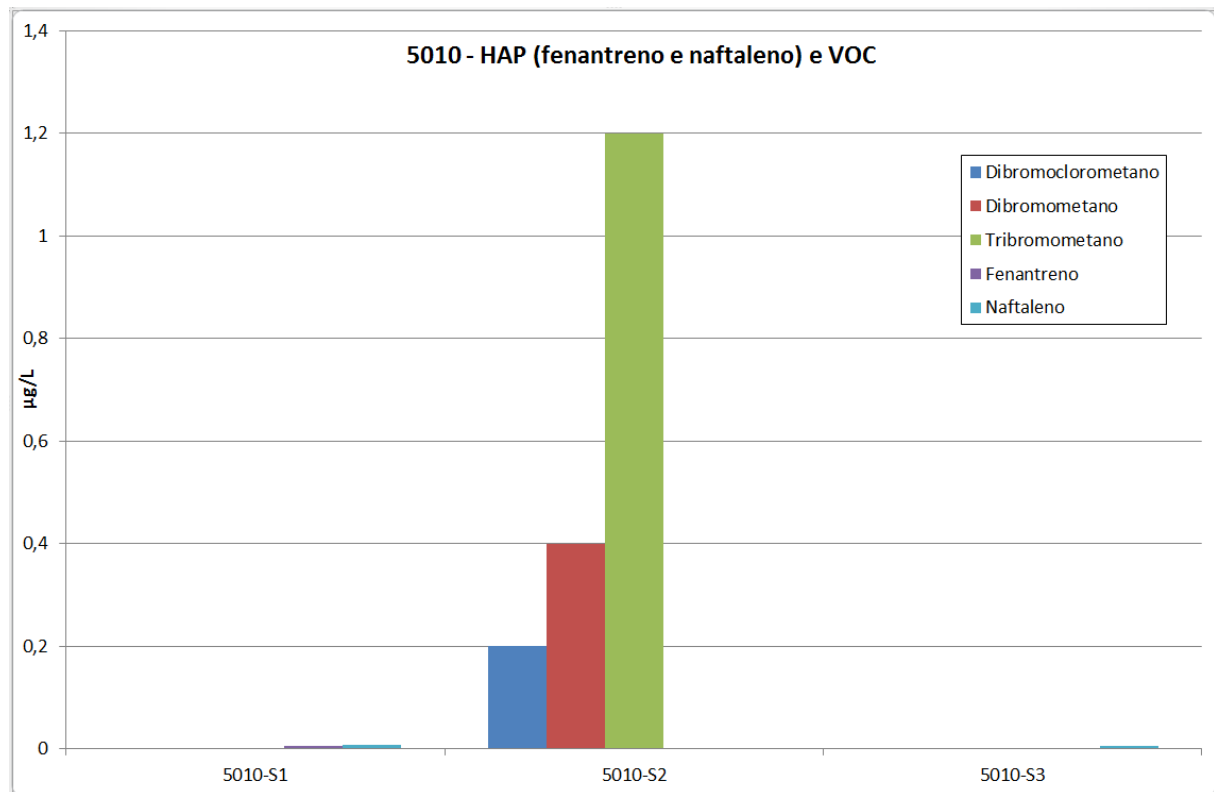


Figura 4.40 – Concentrações em HAP e COV nas águas subterrâneas do Site 5010, em outubro de 2018

De entre os diversos metais em solução que se encontram acima da norma (Al, Pb, Fe, Mn e V), apenas o chumbo deverá ter origem na contaminação de solos sendo os restantes resultado da 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.

Os valores muito elevados de cloreto, de sulfatos, lítio e de condutividade elétrica no piezómetro 5013-S3 devem-se à influência da água do mar neste ponto próximo da linha de costa (cf. Figura 4.16).

A Figura 4.41 apresenta as cotas piezométricas do aquífero basal (a cinzento para leste da falha de Santiago, uma vez que esta falha serve de barreira ao escoamento). No dia e hora em que foram realizadas as medições, a cota do piezómetro 5010-S3 estava apenas a 0,17 m acima do nível médio do mar, sendo natural a influência da água do mar na qualidade das águas subterrâneas. O escoamento nesta zona faz-se radialmente em direção à costa, também em situação de inverno, embora aí com cotas ligeiramente superiores (Figura 4.42).

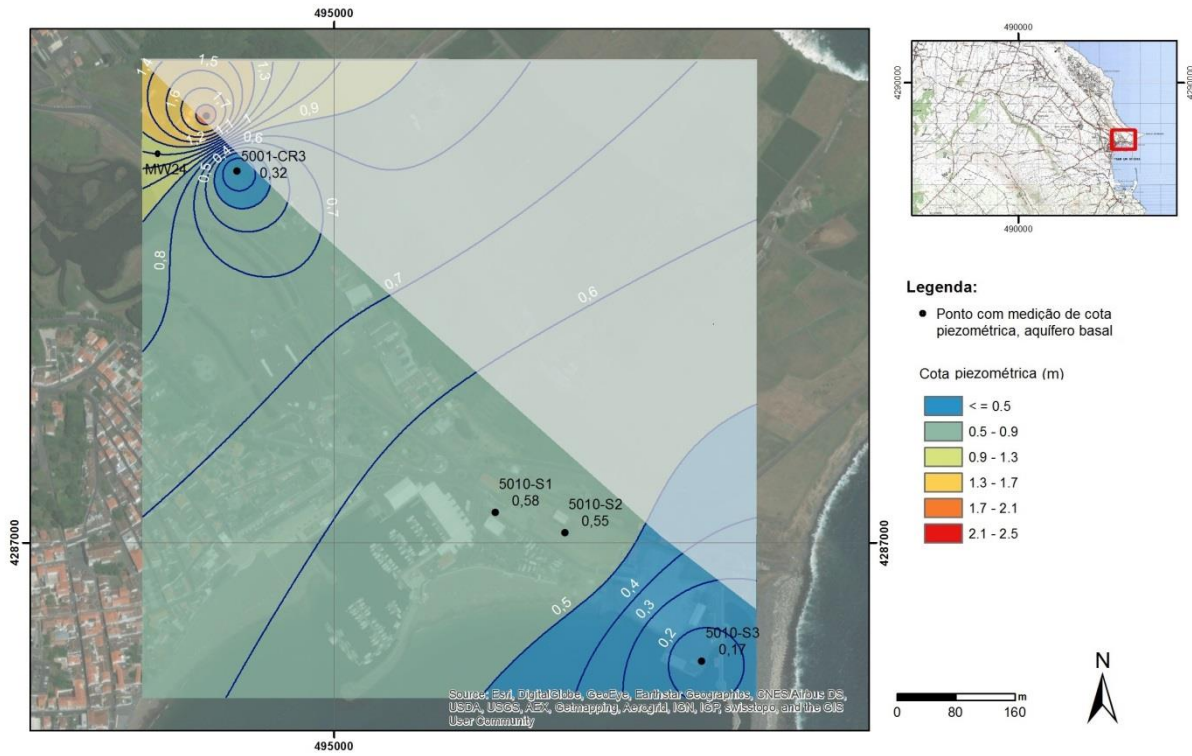


Figura 4.41 – Cotas piezométricas nas águas subterrâneas dos Sites 5001 e 5010, em outubro de 2018

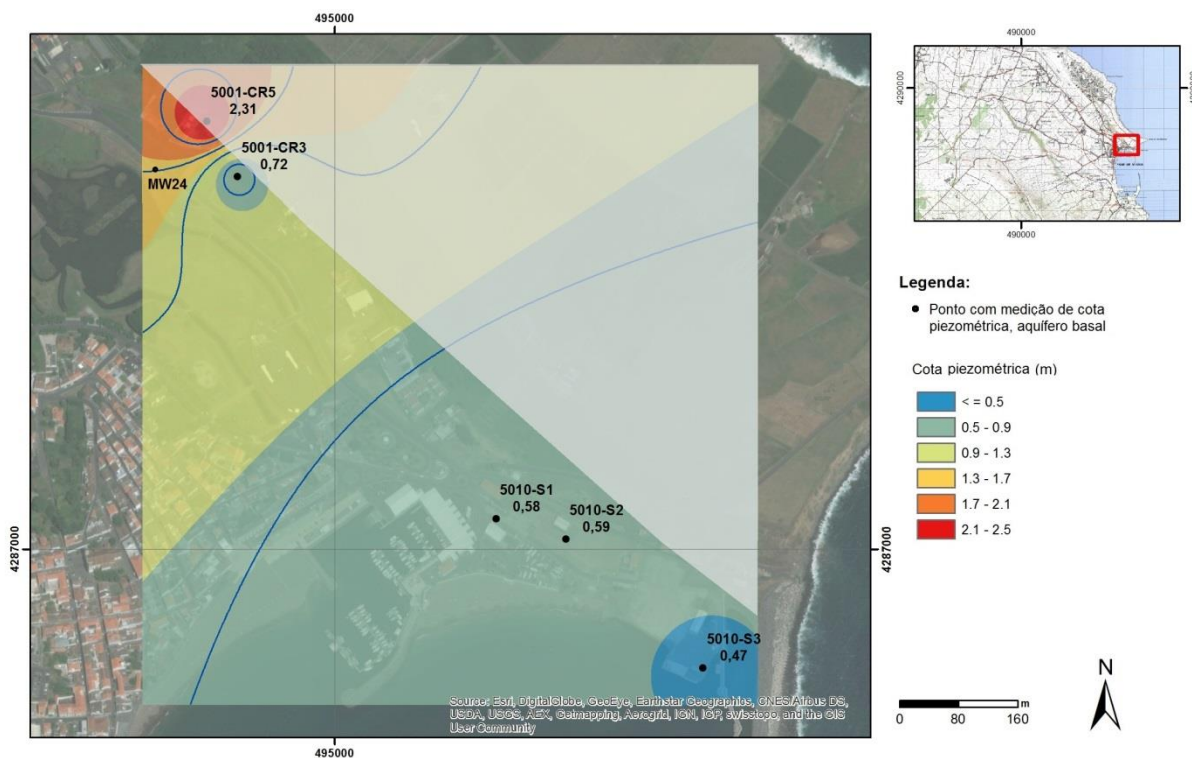


Figura 4.42 – Cotas piezométricas nas águas subterrâneas Sites 5001 e 5010, em fevereiro de 2019

4.9.6 Conclusões e recomendações

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. 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.

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 basal 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. Os piezómetros instalados pelo LREC devem ser utilizados para aferir a evolução da qualidade das águas subterrâneas. Crê-se que as medidas acima referidas são suficientes para melhorar a qualidade dos solos superficiais e manter a qualidade das águas subterrâneas deste local em níveis aceitáveis.

4.10 Site 5013: Military Highway Spill

4.10.1 Identificação do local

O Site 5013 localiza-se numa bifurcação da estrada (também conhecida por estrada militar, Figura 4.43) 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 da Praiambiente, 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).

Apesar do Site 5013 ter sido considerado contaminado não foi realizado qualquer estudo onde tenha sido avaliada a natureza e a extensão dessa contaminação. A informação disponibilizada sobre o Site 5013 resume-se ao documento CH2MHILL (2004) e a uma folha síntese relativa ao seu encerramento (65 CES/CEAN, 2010).

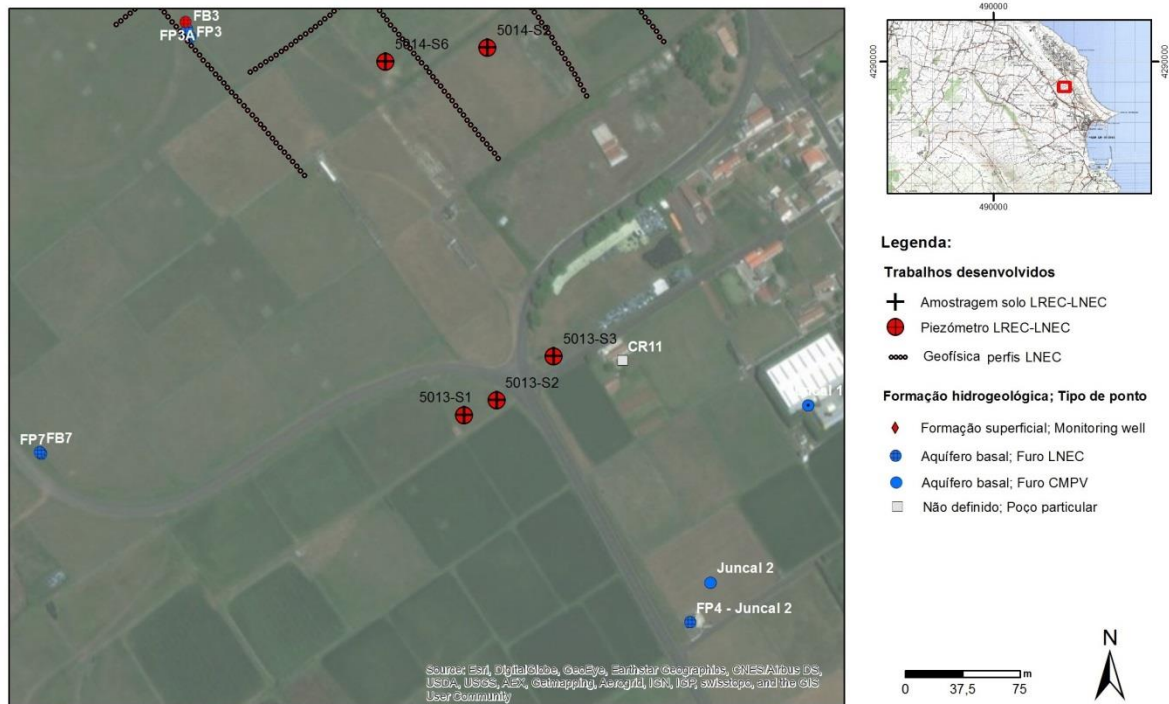


Figura 4.43 – Mapa do Site 5013

4.10.2 Descrição sumária de estudos anteriores

Desconhecem-se os contornos exatos da área deste Site. Os relatos existentes sobre o incidente do derrame referem que o mesmo foi repuxante, com cerca de 3 m de altura, no dia 19 de julho de 1984, por ocasião de ter sido aberta, de forma não intencional, uma válvula do *pipeline* abandonado. O *pipeline* já teria então sido abandonado devido a fugas que tinha. Este derrame alastrou rapidamente alagando o campo a oeste, na propriedade em forma de triângulo onde foram instalados os piezómetros 5013-S1 e 5013-S2 (cf. Figura 4.43). À data foi feita a remoção do solo superficial. Em 1994/95, o solo do local foi substituído (vários pés). Em 1992 o *pipeline* foi cortado e drenado.

O proprietário deste terreno foi indemnizado e, como se trata de uma propriedade privada e sem acesso autorizado, o caso foi considerado encerrado, com a documentação arquivada em Lisboa (CH2MHILL, 2004).

4.10.3 Contextualização da necessidade de novos estudos

Atendendo ao volume derramado e à localização do Site 5013 próxima do furo de reserva para abastecimento do Juncal 1 (cerca de 200 m), efetuou-se uma análise dos solos na zona do derrame, através de três sondagens onde foram posteriormente instalados piezómetros para fazer recolha e análise da qualidade das águas subterrâneas nas formações hidrogeológicas superficiais, 40 anos volvidos. Fez-se, igualmente, uma análise da qualidade das águas subterrâneas num poço localizado na zona envolvente ao derrame.

4.10.4 Plano de monitorização de solos e de águas

O plano de monitorização do Site 5013 integrou a análise da qualidade dos solos recolhidos nas três sondagens/piezómetros efetuadas pelo LREC para este estudo no local, num total de 13 amostras (cf. Quadro 4.28), e a análise da qualidade das águas subterrâneas nos três piezómetros aí instalados, além do poço 5013-CR11, cujas características são apresentadas no Quadro 4.29.

Quadro 4.28 – Principais características dos solos amostrados no Site 5013

Designação	M	P	Profundidade recolha solos (m)	Número de amostras
5013-S1	493516,74	4288719,30	0,2	5
			0,5	
			3	
			10	
			14	
5013-S2	493537,27	4288729,22	0,2	4
			0,5	
			3	
			6,4	
5013-S3	493574,98	4288757,92	0,2	4
			0,5	
			3	
			10	

Quadro 4.29 – Principais características dos piezómetros e poços instalados no 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
5013-CR11	493620,0	4288755,0	55,38	12,63	-	-	-	Desconhecido

Nota: n.d. - não detetado

4.10.5 Resultados obtidos

4.10.5.1 Solos

O Quadro 4.30 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas no Site 5013. Por lapso na definição inicial do volume de amostra de solo necessária para análise, não foi feita análise a HTP nos solos das sondagens deste Site.

Registam-se concentrações inferiores aos limites de quantificação para BTEX e COV, este último com exceção do diclorometano que aparece em todas as sondagens, embora em concentrações muito inferiores ao valor de intervenção das normas da Holanda (cf. Quadro 4.30).

Página intencionalmente deixada em branco

Página intencionalmente deixada em branco

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 (cf. Quadro 4.30 e Figura 4.44).

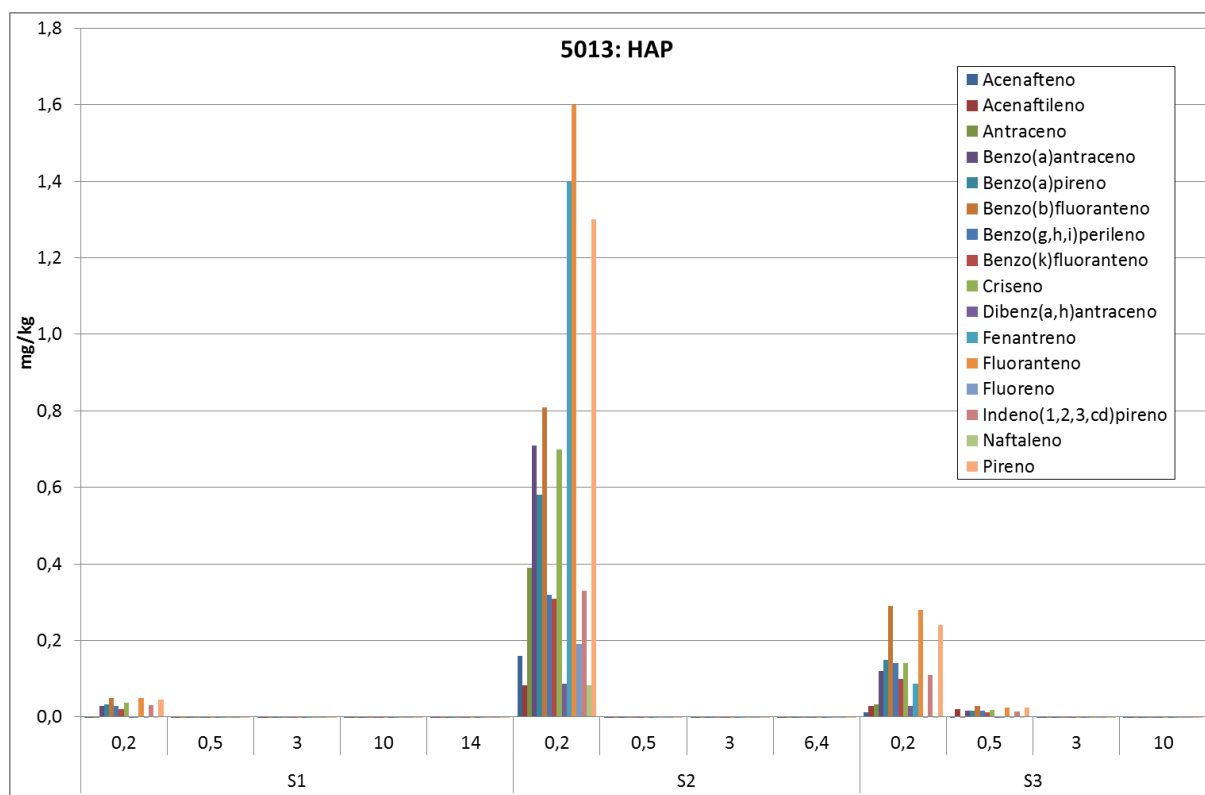


Figura 4.44 – Concentrações em HAP nos solos do Site 5013

Relativamente a metais pesados observam-se concentrações elevadas em berílio na maioria das amostras e de outros elementos que surgem de forma um pouco aleatória, assinalados no Quadro 4.30.

4.10.5.2 Águas subterrâneas

O Quadro 4.31 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de águas recolhidas no poço 5013-CR11 e no piezómetro 5013-S1. Os piezómetros 5013-S2 e 5013-S3 estavam secos na campanha de outubro de 2018. O Quadro 4.32 apresenta os resultados para a campanha de fevereiro de 2019, altura em que o piezómetro 5013-S3 já tinha água. Crê-se que o piezómetro 5013-S3 poderá corresponder ao limite lateral das formações hidrogeológicas superficiais identificadas no Site 5014, como se verá adiante.

O poço 5013-CR11 não retrata fielmente a qualidade das águas subterrâneas na medida em que recebe água de escorrência do telhado e da área exterior pavimentada da casa junto à qual se encontra. A qualidade das suas águas é o resultado da mistura das águas de escorrência com as águas subterrâneas, as primeiras sendo dominantes após episódios de precipitação uma vez que o poço foi amostrado à superfície com um balde. Permite, assim, obter informação sobre a contaminação atmosférica neste local. Os resultados obtidos nas campanhas são muito díspares no

que respeita à concentração em HAP, havendo na campanha de outubro de 2018 diversos HAP e na de fevereiro de 2019 apenas naftaleno. Esta diferença pode ser o resultado da lavagem do telhado e área pavimentada na altura da primeira campanha, com os primeiros episódios de precipitação, enquanto que em fevereiro de 2019 a campanha se realizou durante o período de inverno e em condições de elevada precipitação, que terão proporcionado a diluição de eventuais HAP. Em ambas as campanhas havia muito baixas concentrações em metais pesados na água e fraca mineralização da mesma, confirmando tratar-se de águas com forte contributo da água de precipitação. Atendendo a estes resultados, sugere-se que as águas de precipitação da área pavimentada em torno da casa e do quintal não sejam reencaminhadas para dentro do poço.

Quanto às águas do piezômetro 5013-S1, o volume de amostra apenas permitiu algumas análises em outubro de 2018 (Quadro 4.31), não se tendo nelas registado HTP nem COV. Contudo, foi encontrado etilbenzeno (BTEX) ligeiramente acima do limite de quantificação. Os resultados obtidos em fevereiro de 2019, desta vez já com análises de HAP, apenas apresentaram valor acima do limite de quantificação para o naftaleno, o mesmo tendo acontecido para o piezômetro 5013-S3. As elevadas concentrações que se observaram no 5013-S1 em outubro de 2018 não foram confirmadas em fevereiro de 2019. Nesta última campanha foram o Al, Pb, Fe e Mn que apareceram com valores elevados, como para a maioria das amostras de água recolhidas nestes ambientes hidrogeológicos.

4.10.6 Conclusões e recomendações

Atendendo ao uso do solo para pastagem, sugere-se a remoção dos primeiros 0,2 m dos solos na área envolvente ao 5013-S2. Em relação às águas subterrâneas, as concentrações de hidrocarbonetos nos piezómetros são restritas e muito baixas, não revelando sinais de contaminação.

A informação obtida sobre metais pesados não foi consistente neste Site, pelo que se sugere que seja mantida a monitorização semestral das águas subterrâneas, não apenas nos níveis hidrogeológicos suspensos mas alargando-a às águas do aquífero basal.

4.11 Site 5014: Former Running Track

4.11.1 Identificação do local

O Site 5014 ocupa uma área com cerca de 67 200 m². Terá sido inicialmente utilizado como pista de corridas e campo de basebol e, posteriormente, para a deposição dos solos removidos durante a reconstrução da *South Tank Farm* (Site 5001), entre 1982 e 1986. Supõe-se que alguns desses solos estariam contaminados com combustível, atendendo a que o Site 5001 serve para armazenamento de tanques de combustível (cf. secção 0). A Figura 4.45 apresenta a localização do Site 5014 bem como dos pontos de amostragem de solo e perfis de geofísica realizados pelo LNEC em 2018. Em CH2MHILL (2004) este local foi considerado um Site Potencialmente Contaminado.

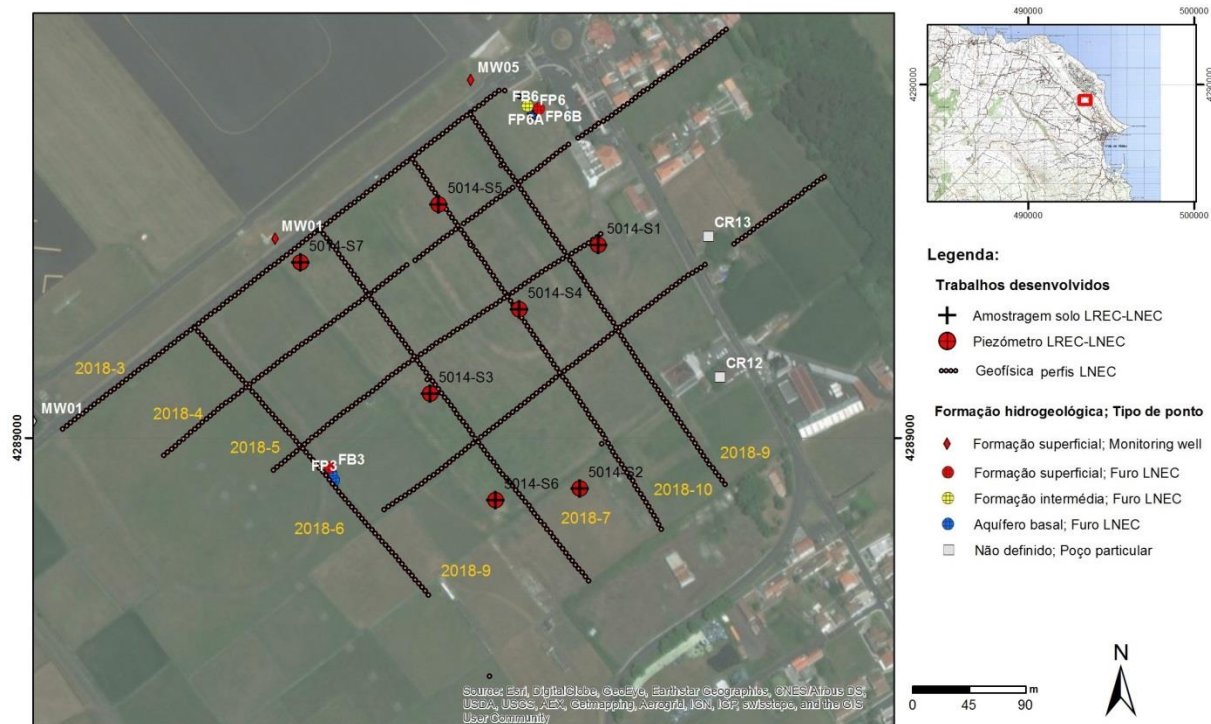


Figura 4.45 – Mapa do Site 5014

A informação disponibilizada sobre o Site 5014 corresponde aos documentos AMEC (2011a), AMEC (2012a) e Simões (2013f).

4.11.2 Descrição sumária de estudos anteriores

O Site 5014 começou por ser uma área com vários edifícios de madeira e armazéns nos anos 1950 e início dos anos 1960. Nos anos 1960, a área foi limpa e convertida num terreno para desporto, com uma pista de corrida. Nos anos 80 serviu de local para a deposição dos solos removidos da *South Tank Farm* (Site 5001). Presentemente o local tem relva e pequenos arbustos e serve de local para pastagem de gado, embora os depósitos de solos nunca tenham sido removidos, como atesta a irregularidade daquele terreno.

Neste contexto, seria de esperar que o local pudesse estar contaminado por hidrocarbonetos, bem como por diversos tipos de materiais armazenados, cuja natureza se desconhece.

O Site 5014 foi sujeito a: (1) um estudo de avaliação (DISCO onde foi identificado como "local potencialmente contaminado"); (2) uma análise de risco e, posteriormente, (3) um Relatório de Encerramento. Apresenta-se uma síntese desses trabalhos e das suas conclusões.

O programa de monitorização do Site 5014 incluiu a recolha de 22 amostras compostas de solo, recolhidas segundo um padrão aproximadamente regular mas incidindo sobre as áreas mais elevadas, que sugerem ter sido locais de deposição. As amostras foram recolhidas a diversas profundidades, até ao máximo de quatro metros. Embora estivesse planeado efetuar recolhas a essa profundidade em todos os pontos, refere-se que a presença de grandes blocos de basalto não o permitiu. Essas amostras

foram analisadas para um conjunto de 11 metais pesados e de 53 hidrocarbonetos, incluindo HTP, PCB e HAP. Foram efetuadas recolhas de amostras do conteúdo em gás do solo para 25 amostras.

Os resultados das análises químicas indicaram elevadas concentrações de HTP, excedendo as normas do Canadá (relativas a solos localizados em zonas de águas subterrâneas potáveis e uso agrícola do local), com um máximo de 2 300 mg/kg (C₁₀-C₄₀) em três amostras de solo, coletadas na parte oeste, sul e centro do local. O mesmo sucedeu para HAP em dez amostras de solo que continham concentrações até 6,5 mg/kg (soma de 10 HAP, acordo com a EPA). Acrescem as concentrações superiores às referidas normas detetadas para os seguintes metais pesados (valores máximos): bário (406 mg/kg), cobalto (32 mg/kg).

As concentrações em COV provenientes do petróleo eram baixas ou abaixo do limite de deteção.

Atendendo a estes resultados foi efetuada uma análise de risco (cuja metodologia é apresentada em BHATE, 2012). No processo de identificação do risco, os meios de impacte analisados foram os solos, as águas subterrâneas (formações suspensas e aquífero basal) e o oceano. Na análise de risco foram consideradas as consequências de inalação, ingestão e contacto dérmico.

A análise do risco e o respetivo Relatório de Encerramento recomendam que a qualidade das águas subterrâneas dos furos do Juncal e dos furos FP6A e FP6B continue a ser monitorizada periodicamente para contaminantes, incluindo HTP, BTEX, e HAP. Referem ainda que, dependendo dos resultados das análises químicas, podem ser necessárias investigações adicionais para avaliar a fonte dos contaminantes. Além disso, referem a eventual necessidade de um tratamento especial da água extraída do Juncal 2 que deve ser amostrada e analisada para os contaminantes potenciais relevantes. Não se propõe nenhuma ação corretiva, com base na referida limitada extensão lateral e vertical dos impactes no solo e na profundidade ao aquífero basal.

4.11.3 Contextualização da necessidade de novos estudos

Apesar da análise de risco concluir não haver riscos diretos por contacto com o solo ou ar para humanos ou gado, visto os valores relacionados com a qualidade do ar e dos solos serem reduzidos à superfície, julgou-se desejável proceder a nova avaliação sobre a qualidade dos solos em profundidade, dado o risco que apresentam para a qualidade das águas subterrâneas.

Os dados obtidos em estudos anteriores revelaram a presença de hidrocarbonetos essencialmente nas camadas mais profundas do solo analisado (possivelmente correspondente ao nível do solo que existia antes da colocação dos solos da *South Tank Farm*), sugerindo processos de lixiviação para camadas inferiores e alguma redução por processos de biodegradação. Nos trabalhos de monitorização realizados pelo LNEC para a ERSARA desde 2012 foram encontrados, nalgumas das campanhas, hidrocarbonetos. Os furos de captação do Juncal 1 e 2 (perfurados no aquífero basal) localizam-se a cerca de 350 e 430 m, a sul e sudeste do local, respetivamente, além da existência de poços privados. Acresce o facto de, em 2016, ter havido um novo derrame de combustível a montante desta área.

4.11.4 Prospeção geofísica. Resultados obtidos

Apresentam-se na Figura 4.47 e na Figura 4.48, de forma integrada, e com a identificação de algumas das estruturas presentes no terreno, os resultados obtidos nos oito perfis realizados neste local, em termos de modelos da resistividade elétrica do terreno.

Com base no espectro de valores obtidos, a escala logarítmica de representação da gama de resistividades elétricas encontra-se compreendida entre 3 ohm.m (azuis) e 543 ohm.m (encarnados). Constam igualmente na Figura 4.46 os perfis PR29W e PR32W, obtidos em 2009, tendo-se reprocessado o perfil PR29W com a restrição à dimensão do perfil 2018-3, uma vez que o início deste último coincide com os 80 m do perfil PR29W.

Nos modelos, a escala vertical corresponde às cotas do terreno. Os modelos são apresentados com o observador virado para os perfis, tal como se ilustra na imagem de enquadramento reproduzida da Figura 4.47, constante em cada uma das figuras.

Na Figura 4.49 apresentam-se, num posicionamento e dimensões aproximados, todos os modelos sobrepostos sobre o mapa do Site 5014 (Figura 4.45).



Figura 4.46 – Enquadramento dos trabalhos de geofísica executados no Site 5014, em 2009 (alinhamentos de cor laranja) e em 2018 (alinhamentos de cor laranja claro)

SO

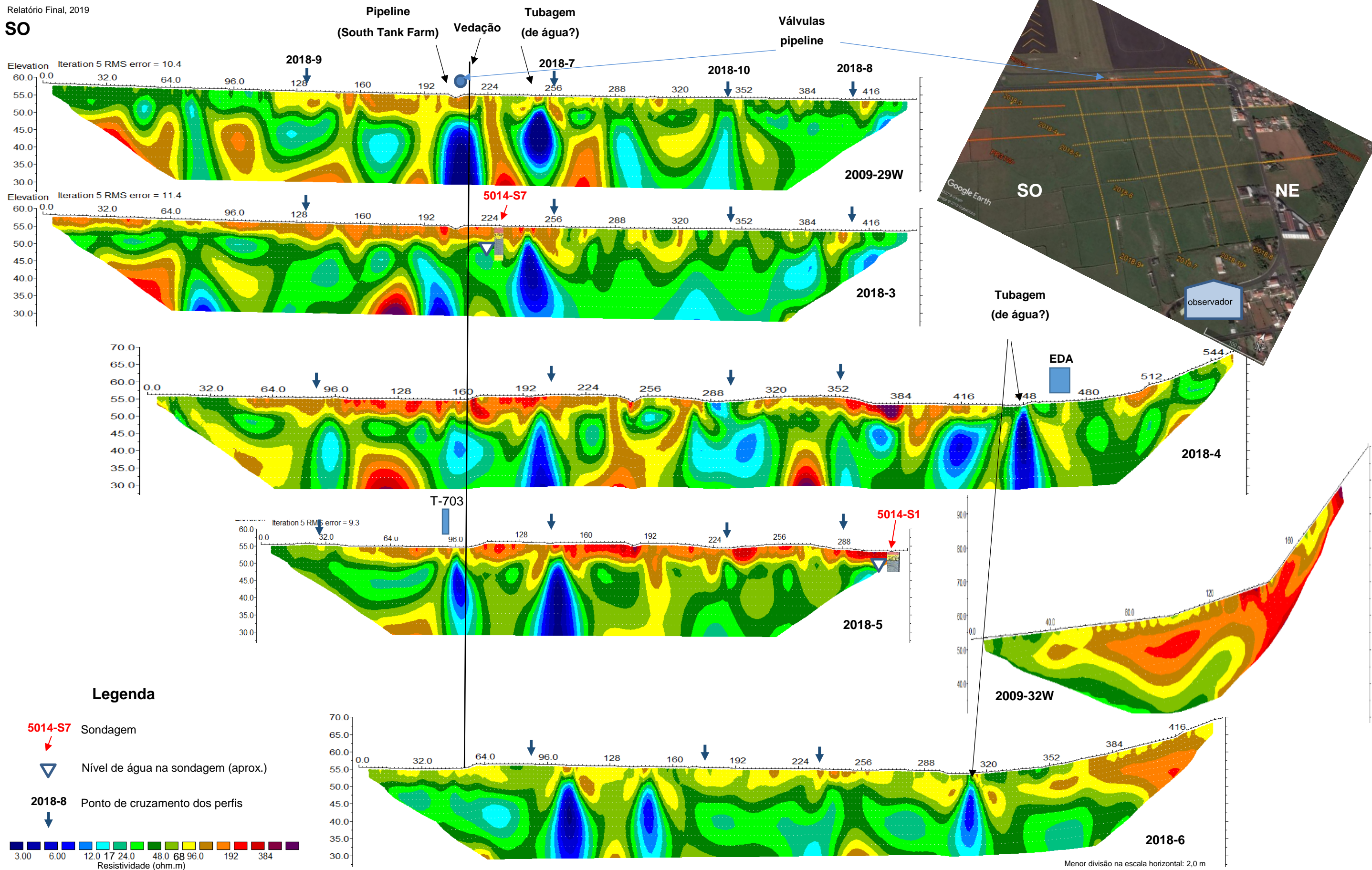


Figura 4.47 – Conjunto dos modelos obtidos, segundo a direção SO-NE, representados considerando que o observador se encontra junto ao perfil 2018-6, virado na direção SE-NO, e apresentados à mesma escala entre si, e na real posição face à vedação da zona do aterro

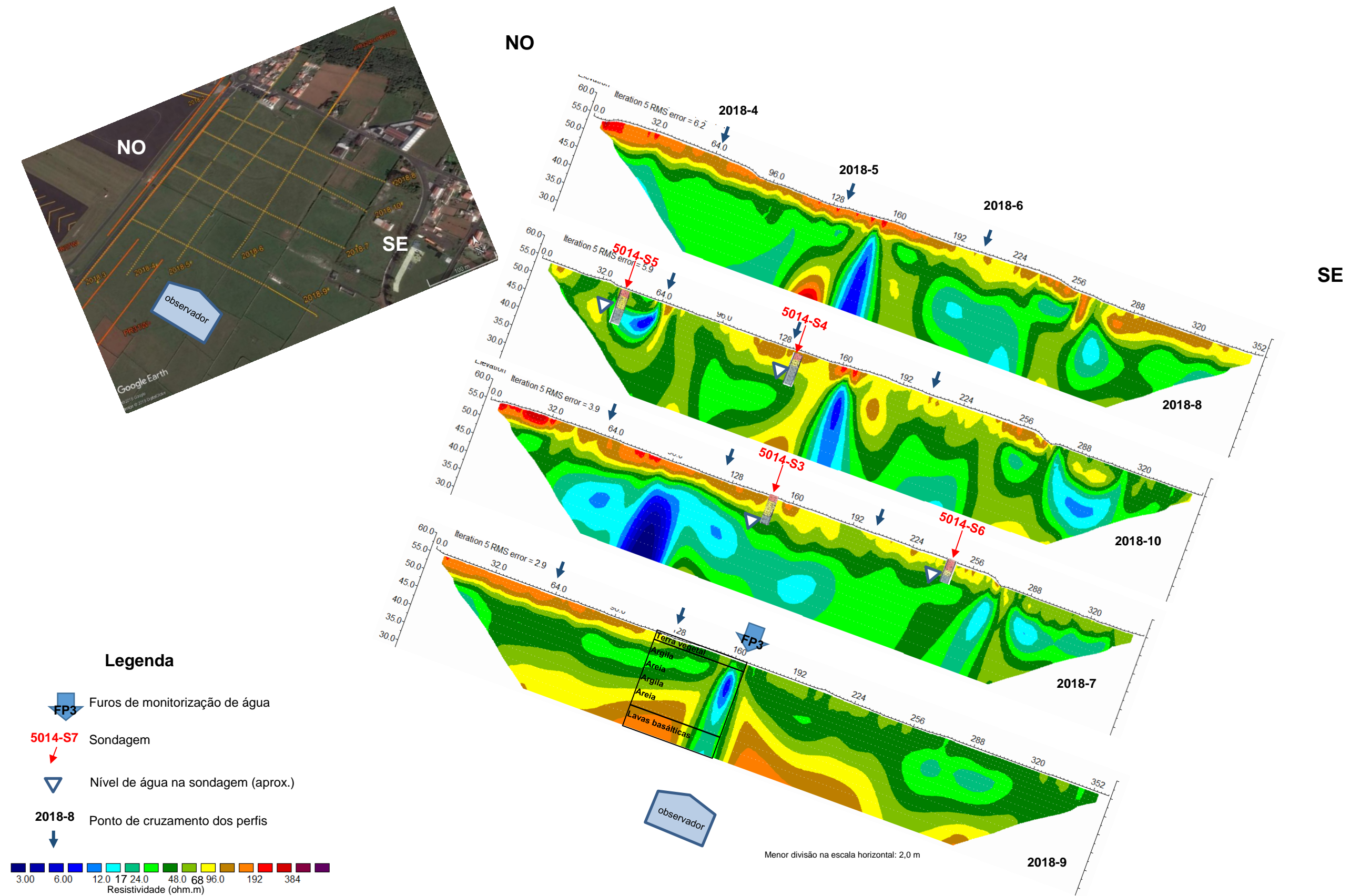


Figura 4.48 – Conjunto dos modelos obtidos segundo a direção NO-SE, representados considerando que o observador se encontra junto ao perfil 2018-9, virado na direção SO-NE, e apresentados à mesma escala entre si



Figura 4.49 – Implantação aproximada de todos os modelos de resistividade obtidos na planta de localização dos trabalhos realizados no Site 5014

Página intencionalmente deixada em branco

Da análise aos modelos obtidos destacam-se os seguintes elementos:

- vários locais, na zona de deposição de terras, onde a resistividade elétrica é baixa (tipicamente valores inferiores a 17 ohm.m); alguns destes encontram-se dispostos segundo alinhamentos que aparentam sobrepor-se aos locais onde, no desenho *LNEC-Superficial Holes* da USAFE, se encontram assinaladas tubagens de água (nos perfis 2018-4 e 2018-6, na Estrada do Juncal, e, em todos os perfis SO-NE, a anomalia de baixa resistividade a NE da vedação) e uma tubagem de combustível (anomalia de baixa resistividade a SO da vedação nos perfis SO-NE);
- no perfil 2018-4 ocorre uma anomalia de baixa resistividade junto às instalações da EDA, e a SO da Estrada do Juncal, que se atribui ao sistema de proteção (“terra”) do Posto de Transformação;
- no perfil 2018-9, executado fora do aterro, destaca-se apenas a anomalia de baixa resistividade no local onde se encontra o tubo em aço inox do furo FP3, verificando-se uma clara correspondência entre a espessura da camada caracterizada por menor resistividade e a sequência de camadas de areias e argilas, identificadas na sondagem executada para instalação do furo FP3, assim como entre o substrato mais resistivo e o topo das lavas basálticas;
- no perfil 2018-3, coincidente com o perfil 2009-29W, verifica-se que, neste intervalo de tempo, ocorreu uma redução da intensidade da anomalia de baixa resistividade presente a sul da caixa de válvulas, o que indicará uma melhoria ambiental deste ponto;
- uma clara distinção entre a área de deposição de terras, situada dentro da área vedada, caracterizada por alguma heterogeneidade geoelétrica e maior espessura da camada de resistividade inferior a 68 ohm.m, e a área exterior (perfil 2018-9), mais homogénea, e com uma camada de resistividade inferior a 68 ohm.m bem definida e de menor espessura;
- uma área, intersetada por vários perfis, situada *grosso modo* entre as sondagens 5014-S7 e 5014-S3, caracterizada pelo seu baixo valor da resistividade elétrica (inferior a 17 ohm.m), considerando-se haver alguma probabilidade de esta anomalia estar relacionada com uma pluma de hidrocarbonetos, mais intensa (resistividade inferior a 6 ohm.m) a cerca de 100 m do início do perfil 2018-7 (início da vedação);
- dois locais intersetados pelo perfil 2018-10, um no seu extremo norte e o segundo no seu extremo sul, já fora da área vedada, caracterizados por baixos valores da resistividade elétrica (inferior a 12 ohm.m), eventualmente correlacionáveis com a presença de alguns hidrocarbonetos;
- um alinhamento de anomalias com resistividade inferior a 17 ohm.m nos perfis NO-SE, imediatamente a SE da área de deposição de terras, com maior intensidade no perfil 2018-10 (já destacado no ponto anterior), centradas aproximadamente nas cotas 40 a 46 m, ocorrendo as cotas mais baixas nos dois perfis situados mais a NE, correlacionando-se esta anomalia com a eventual presença de hidrocarbonetos, provavelmente com maior concentração no perfil 2018-10 e menor no perfil 2018-9;

- a interface Este do perfil 2018-6, entre a região aluvionar caracterizada por baixas resistividades e a região de elevadas resistividades, já assinalada em Mota e Novo (2010), corresponderá, provavelmente, à ocorrência da falha de Santiago, situando-se no perfil 2018-4 mais a Este - esta falha funcionará, provavelmente, como zona tampão para a propagação de água com hidrocarbonetos;
- com base nos níveis de água identificados nas sondagens de solos, atribui-se o topo do aquífero à interface de resistividade inferior a 68 ohm.m.

Com base nestes resultados procedeu-se à realocação de algumas das sondagens mecânicas previstas para este local, e executadas posteriormente, com o objetivo de recolher solos, a serem sujeitos a análise para deteção da eventual presença de hidrocarbonetos em profundidade, e cujos resultados constam na secção 4.11.5.

Na Figura 4.50 procedeu-se à delimitação espacial das áreas atrás destacadas no perfil 2018-7, no perfil 2018-10, e nos perfis com orientação NO-SE.

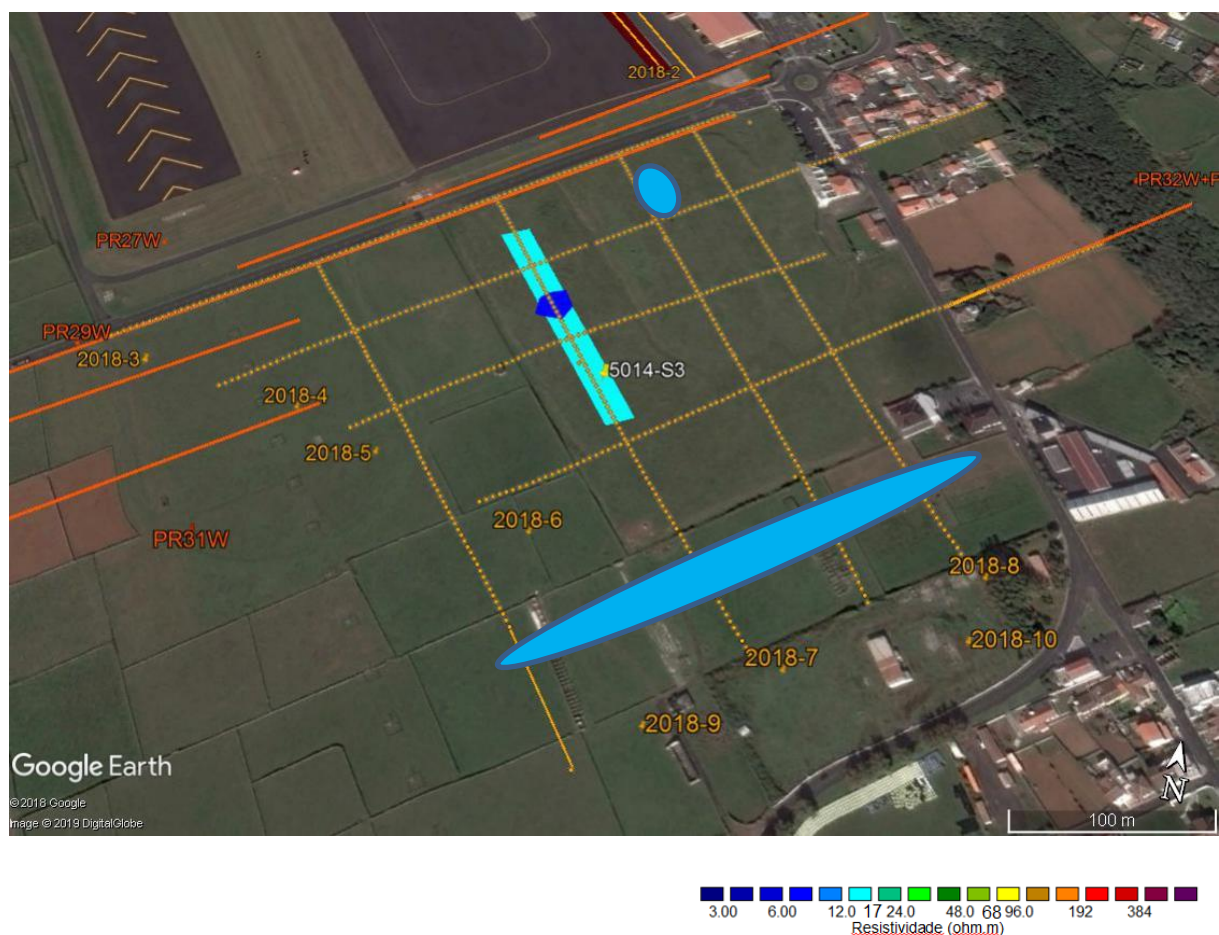


Figura 4.50 – Delimitação espacial das principais regiões de baixa resistividade elétrica considerando-se haver alguma probabilidade de esta anomalia estar relacionada com uma pluma de hidrocarbonetos, com destaque a cor azul escura da área de mais baixa resistividade elétrica identificada no perfil 2018-7

4.11.5 Plano de monitorização de solos e de águas

A seleção dos locais para a realização de sondagens e colocação de piezómetros foi realizada atendendo aos resultados obtidos na campanha geofísica, realizada sensivelmente um mês antes pelo LNEC, bem como aos resultados das análises efetuadas em AMEC (2011a). Estavam previstas cinco sondagens neste local tendo sido acrescentadas duas outras face à deteção de hidrocarbonetos por olfato, a partir de cerca de 5 m de profundidade, durante a perfuração do piezómetro 5014-S3.

O plano de monitorização do Site 5014 consistiu na análise da qualidade dos solos recolhidos a diferentes profundidades nas sete sondagens/piezómetros efetuadas pelo LREC para este estudo no local, num total de 29 amostras (cf. Quadro 4.33), bem como na análise da qualidade das águas subterrâneas nos piezómetros aí instalados, além de um poço localizado na vizinhança, cujas características são apresentadas no Quadro 4.34.

Quadro 4.33 – Principais características dos solos amostrados no Site 5014

Designação	M	P	Profundidade recolha solos (m)	Número de amostras
5014-S1	493546,51	4289151,93	0,3	4
			1,2	
			4,0	
			6,0	
5014-S2	493532,00	4288959,48	0,2	5
			0,5	
			2,4	
			2,5	
5014-S3	493413,70	4289034,41	5,3	5
			0,2	
			1,0	
			3,0	
5014-S4	493484,04	4289101,03	5,6	3
			6,1	
			0,2	
5014-S5	493420,63	4289184,02	1,3	4
			3,0	
			6,0	

Designação	M	P	Profundidade recolha solos (m)	Número de amostras
5014-S6	493465,31	4288950,32	4,5	3
			5,6	
			6,0	
5014-S7	493311,41	4289138,13	0,2	5
			0,5	
			3,0	
			5,0	
			7,0	

Quadro 4.34 – Principais características dos piezómetros instalados no 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

Nota: n.d. - não detetado

4.11.6 Resultados obtidos

4.11.6.1 Solos

O Quadro 4.35 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de solos recolhidas no Site 5014. Em todas as sondagens com exceção da 5014-S2, localizada mais na periferia (cf. Figura 4.45), foram encontrados HTP (Figura 4.51). Os valores na sondagem 5014-S1 encontram-se quase todos abaixo dos limites de quantificação. Os resultados obtidos são equivalentes aos do estudo realizado pela AMEC em 2011 (cf. AMEC, 2011a). As amostras recolhidas na sondagem 5014-S3 a partir dos 5,6 m de profundidade apresentaram um odor muito forte a hidrocarbonetos, com os resultados das análises químicas a apresentarem valores que excedem as normas do Canadá (Quadro 4.35 e Figura 4.51). Esta profundidade corresponde à profundidade ao nível piezométrico à data da perfuração da sondagem (estava a 5,8 m, cf. Quadro 4.34), nível até onde os hidrocarbonetos menos densos que a água terão migrado, ficando aí acumulados. O surgimento destas elevadas concentrações a esta profundidade, bem como a presença das cadeias mais leves (C₁₀-C₁₆, típicas de Jet-Fuel4), também na sondagem 5014-S6, sugerem que possa estar a haver uma rotura no *pipeline* que atravessa este Site. Os dados da geofísica também apresentam uma anomalia que

atravessa este ponto. Em AMEC (2011a) também se refere que as concentrações mais elevadas surgem a cerca de 3 - 4 m em diversos pontos, sendo atribuído à lixiviação ocorrida durante quase 30 anos, bem como à biodegradação nos horizontes mais superficiais. Naturalmente que a acumulação destes compostos se faz sobre o nível piezométrico, que naquela zona estava a entre 2,7 e 5,8 m à data de perfuração (Quadro 4.34).

Por outro lado, a presença de HAP também é mais elevada na sondagem 5014-S3 (Figura 4.52). Tratando-se de hidrocarbonetos mais densos do que a água, observa-se que se acumulam junto ao fundo da sondagem, que terminou quando atingiu um estrato mais impermeável. Em todas as sondagens com exceção da 5014-S6 (amostrada apenas a partir de 4,5 m) foram detetadas concentrações de HAP acima do limite de quantificação nos solos mais superficiais. O oposto acontece na sondagem 5014-S3 onde os valores mais elevados surgem aos 5,6 m de profundidade, em concentrações que excedem as normas do Canadá. A sondagem 5014-S7 apresenta concentrações acima do limite de quantificação à profundidade de 7 m, podendo este resultar do derrame de combustível que se verificou em março de 2016 no *pipeline* da Cova das Cinzas, junto ao MW01.

A presença de BTEX, neste caso de etilbenzeno, verifica-se na sondagem 5014-S3, com valores acima da norma do Canadá. É também neste ponto que se verifica a presença de diversos COV. As sondagens 5014-S1 e 5014-S7 também apresentaram COV acima do limite de quantificação.

Página intencionalmente deixada em branco

Página intencionalmente deixada em branco

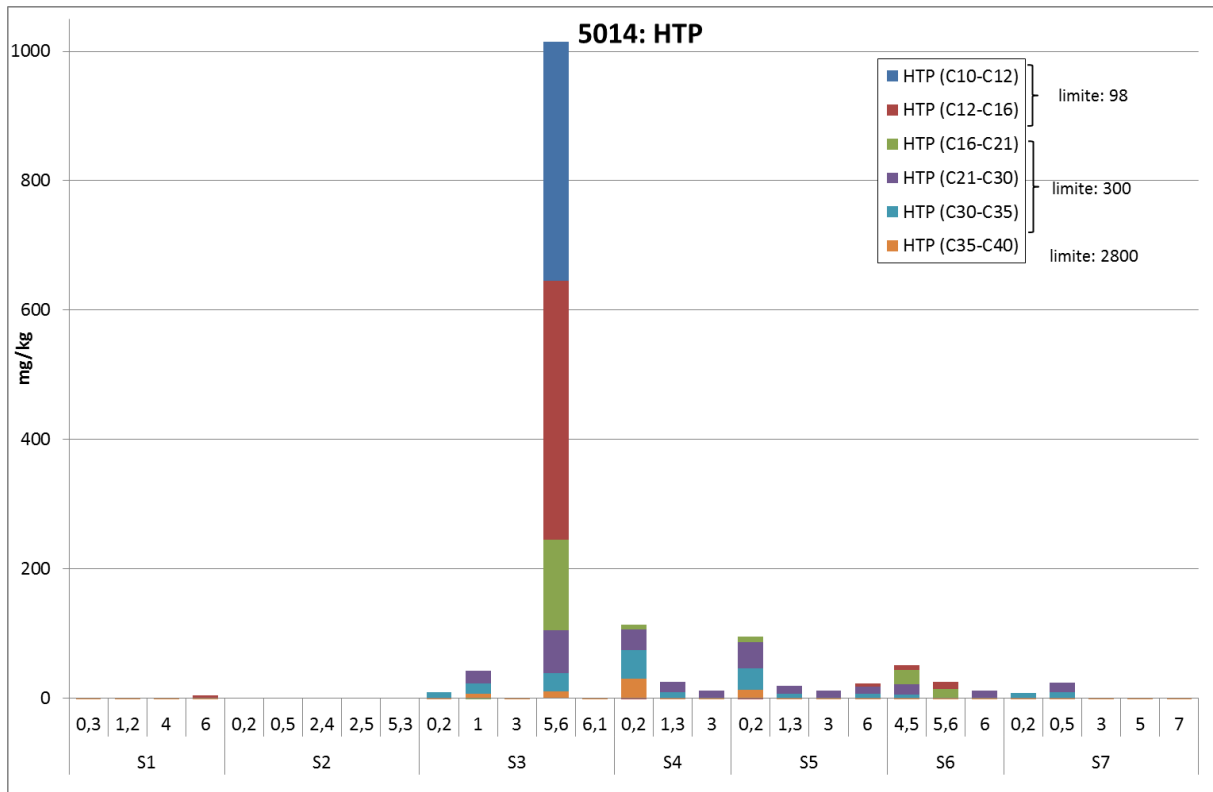


Figura 4.51 – Concentrações em HTP nos solos do Site 5014

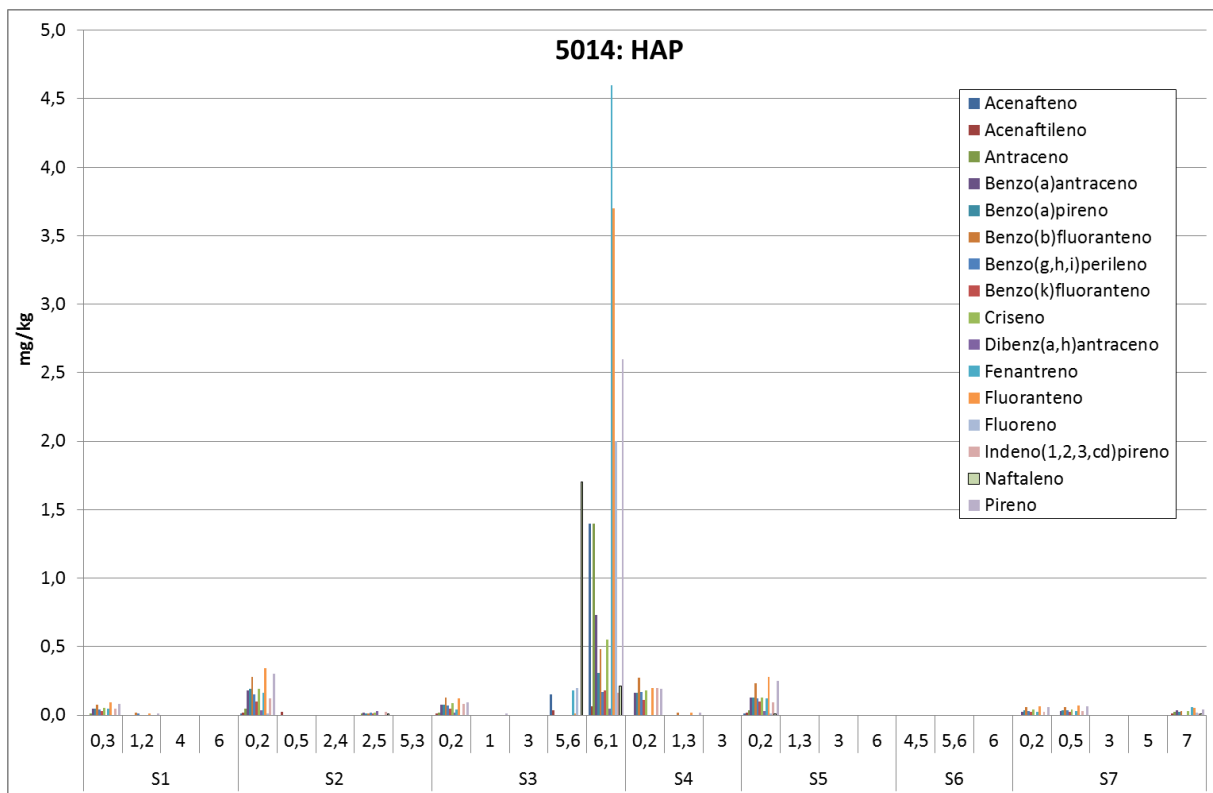


Figura 4.52 – Concentrações em HAP nos solos do Site 5014

Os metais pesados com valores acima das normas foram o Be, Co, Se, V e Zn. Em estudos anteriores havia sido o Ba e Co a apresentarem valores elevados (AMEC, 2011a). É possível que estas diferenças resultem dos solos com diferentes origens deste Site 5014.

4.11.6.2 Águas subterrâneas

O Quadro 4.36 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 5014, em outubro de 2018, e o Quadro 4.37 os resultados relativos a fevereiro de 2019.

A Figura 4.53 e a Figura 4.54 apresentam uma projeção dos resultados obtidos para HTP e HAP, respetivamente, em outubro de 2018. O piezómetro 5014-S6 estava seco, pelo que não pôde ser amostrado nesta campanha. As figuras permitem identificar que as águas do piezómetro 5014-S3 são as que apresentam maiores concentrações destes contaminantes. Aí as concentrações ultrapassam as normas do Canadá quer para os HTP (só está definida norma para o valor total) quer para diversos HAP. Esta água também é a única que apresenta Eh (potencial oxidação-redução) negativo (cf. Quadro 4.36), típico de ambientes redutores resultantes do consumo de oxigénio pelos microrganismos que degradam os hidrocarbonetos. A concentração em HTP só é superior ao limite de quantificação no 5014-S1 e no 5014-S3. Os resultados obtidos na campanha de fevereiro de 2019 são bastante diversos na medida em que todos os piezómetros amostrados em outubro de 2018 apresentaram valores abaixo dos limites de quantificação e apenas o piezómetro 5014-S6, só amostrado em fevereiro de 2019, apresentou valores de HTP acima do limite de quantificação (cf. Quadro 4.37).

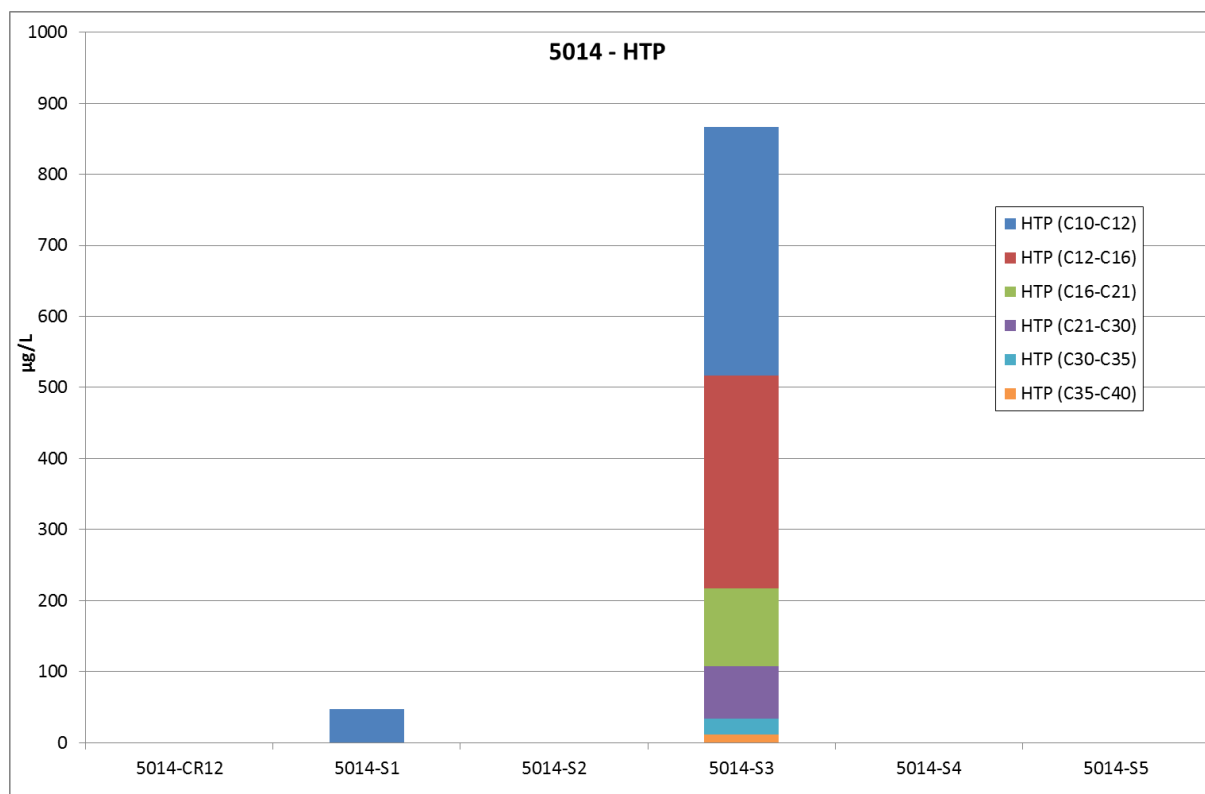


Figura 4.53 – Concentrações em HTP nas águas subterrâneas do Site 5014, em outubro de 2018

O piezómetro 5014-S3 também corresponde ao ponto com maior concentração em diversos HAP. Em outubro de 2018, o naftaleno foi o único HAP superior ao limite de quantificação em todos os piezómetros, exceto o 5014-S1 onde foi o pireno que esteve acima da norma do Canadá (Quadro 4.36 e Figura 4.54). Na campanha de fevereiro de 2019 também foi o piezómetro 5014-S3 que registou valores mais elevados para a maioria dos HAP, mas o piezómetro 5014-S4 também apresentou valores elevados de HAP, apenas na campanha de fevereiro de 2019. Esta alteração deverá resultar da lixiviação dos horizontes de solos superiores (cf. Figura 4.52) ou da migração lateral destes contaminantes induzida pela recarga.

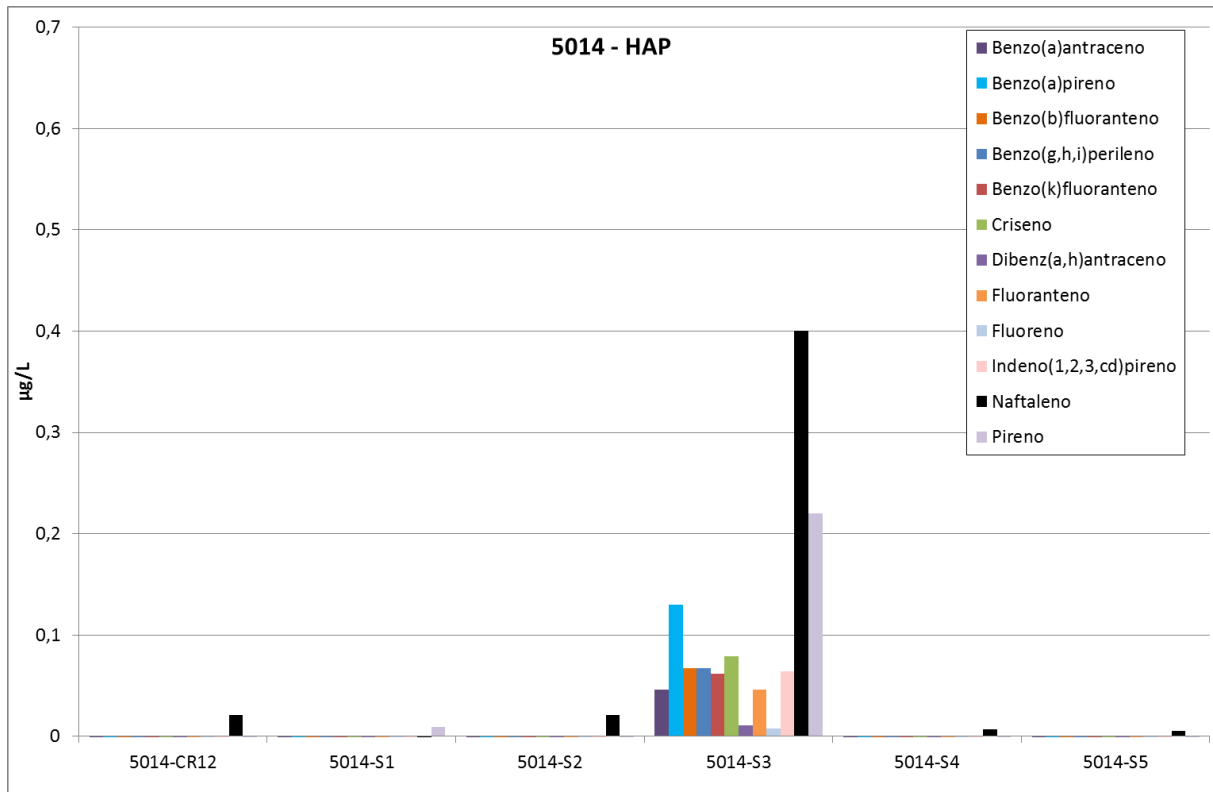


Figura 4.54 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5014, em outubro de 2018

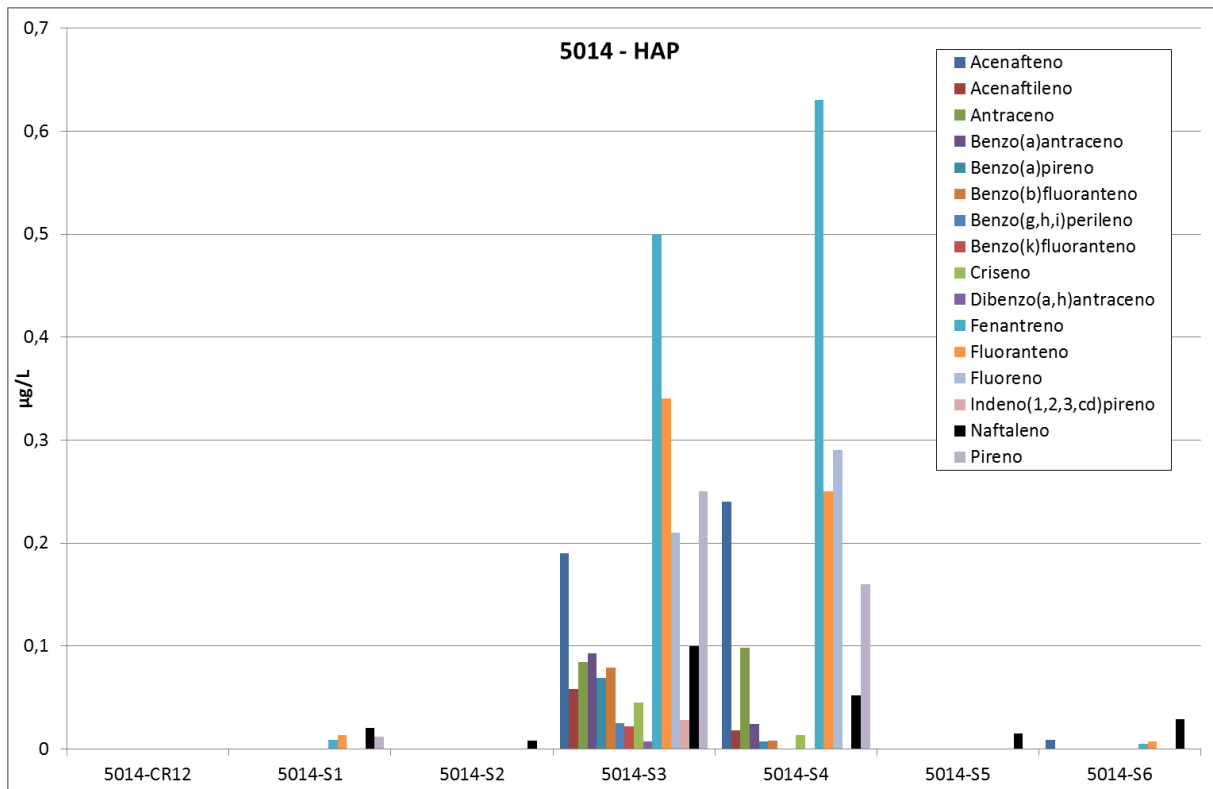


Figura 4.55 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5014, em fevereiro de 2019

Na campanha de outubro de 2018 foram encontrados COV em todos os pontos, com exceção do 5014-S5 e do poço 5014-CR12, com valores acima das normas do Canadá para o piezômetro 5014-S2 (Quadro 4.36 e Figura 4.56). Os BTEX foram superiores ao limite de quantificação nos piezômetros 5014-S2 e 5014-S3. Também para o caso dos BTEX e COV os resultados de fevereiro de 2019 apresentam valores muito inferiores ou nulos (cf. Figura 4.57).

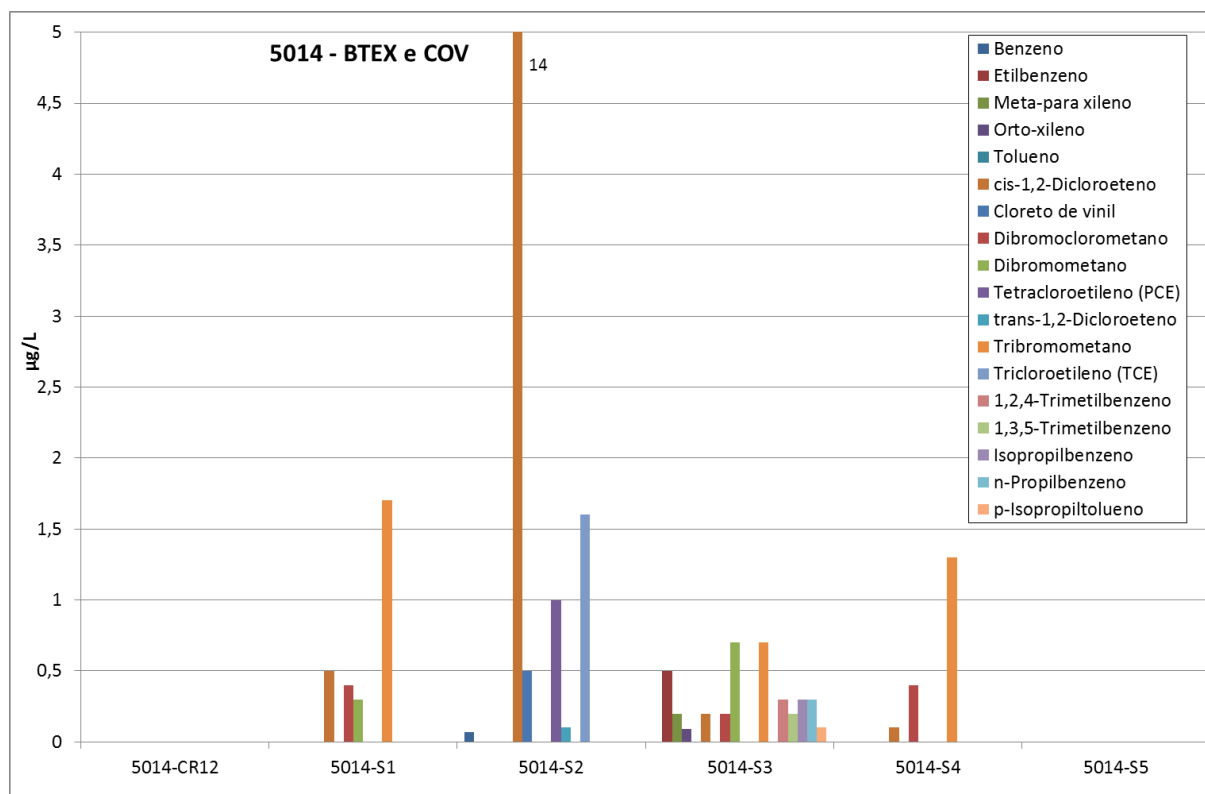


Figura 4.56 – Concentrações em BTEX e COV nas águas subterrâneas do Site 5014, em outubro de 2018

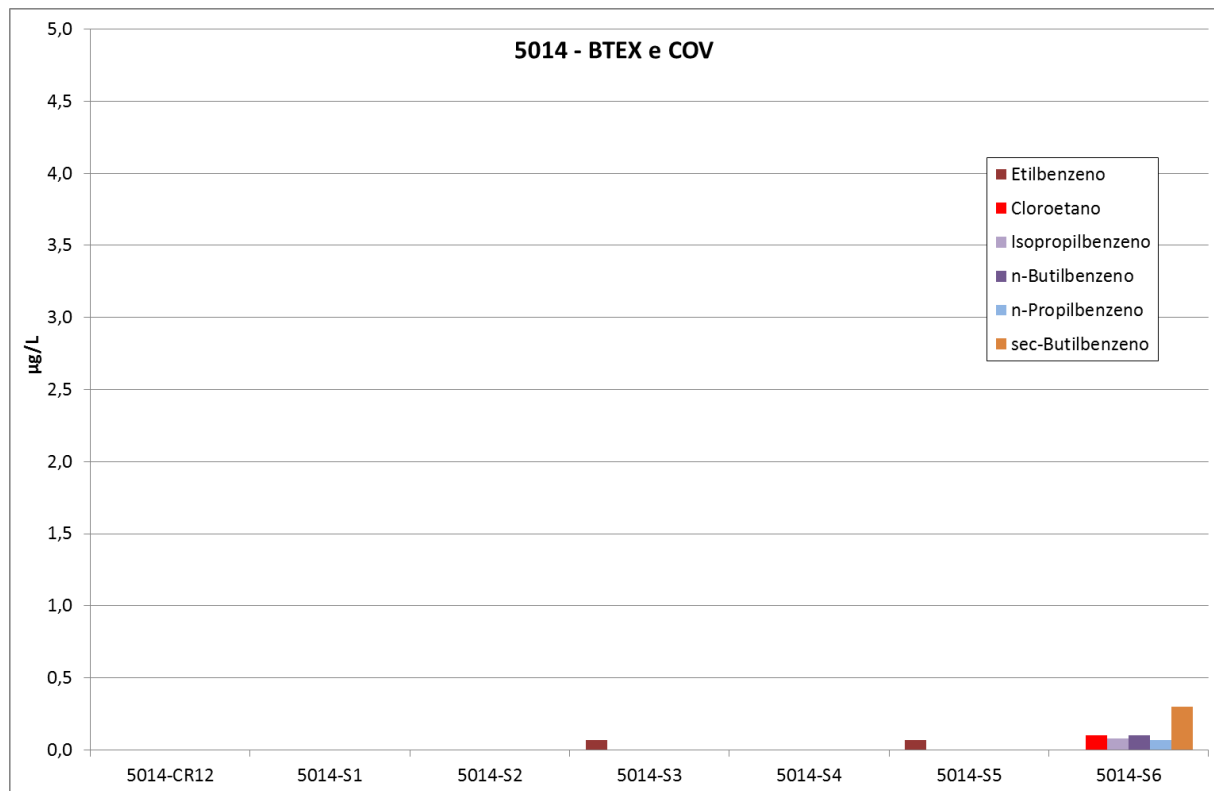


Figura 4.57 – Concentrações em BTEX e COV nas águas subterrâneas do Site 5014, em fevereiro de 2019

De entre os diversos metais em solução que se encontram acima da norma (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 consequência da natureza vulcânica dos solos. Os metais pesados acima da norma para os solos (e.g. Se e Zn) apresentaram valores baixos ou inferiores ao limite de quantificação nas águas subterrâneas.

Durante as campanhas de monitorização foi feito um levantamento das cotas piezométricas de todos os pontos localizados no Site 5014 (apenas nas formações hidrogeológica superficial), alargada à área envolvente (Site 3001 e Site 5013) na campanha de fevereiro de 2019, por forma a analisar o principal sentido de escoamento. Em outubro de 2018 monitorizaram-se as condições pós-verão e em fevereiro de 2019 as medições foram realizadas em condições de inverno e num período de intensa precipitação. A Figura 4.58 e a Figura 4.59 apresentam os resultados obtidos.

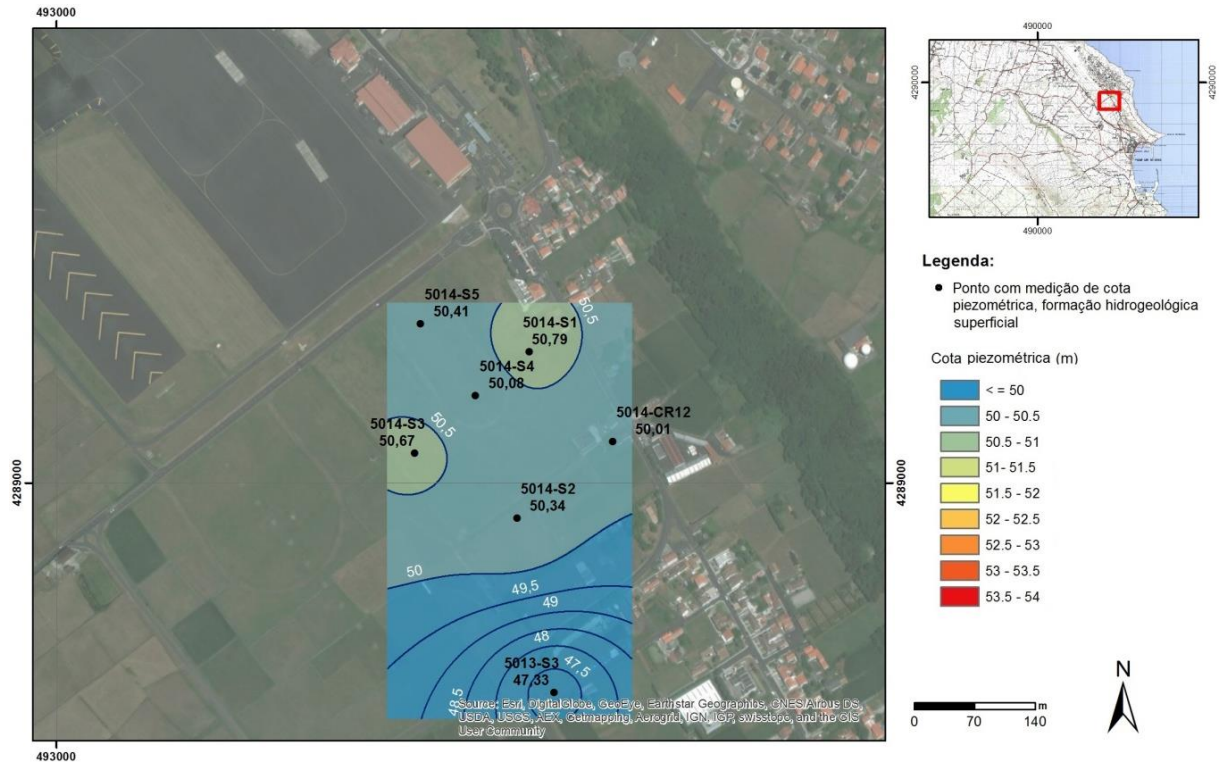


Figura 4.58 – Cotas piezométricas nas águas subterrâneas dos Sites 5013 e 5014, em outubro de 2018

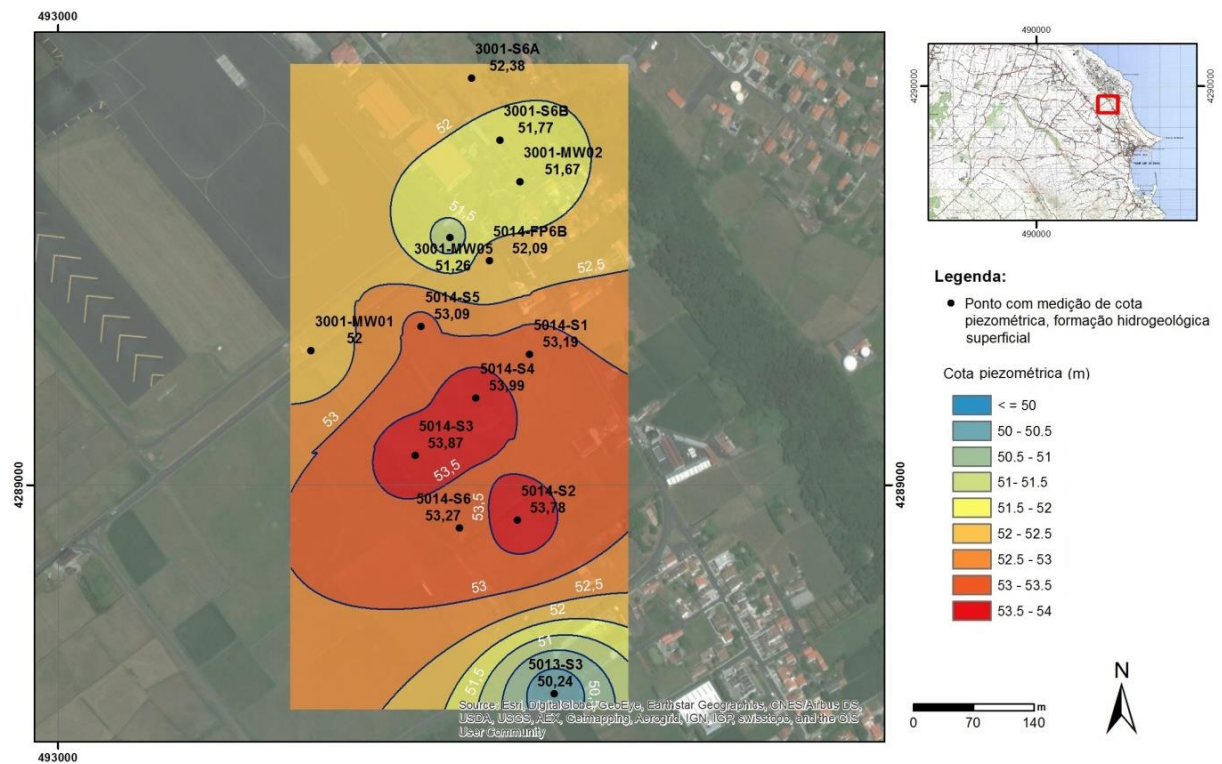


Figura 4.59 – Cotas piezométricas nas águas subterrâneas Sites 3001, 5013 e 5014, em fevereiro de 2019

É possível observar um aumento de cerca de 3 m da cota piezométrica entre as duas campanhas, resultante da recarga da precipitação, e ainda que esta área do Site 5014 funciona como zona preferencial de recarga das formações hidrogeológicas suspensas. A água acumulada nas depressões formadas (cf. Figura 4.60) vai entrando lentamente no sistema formando um fluxo radial que se pode observar nos mapas apresentados. No Site 5013 apenas o piezómetro 5013-S3 está a captar a formação hidrogeológica superficial. Nos locais dos piezómetros 5013-S1 e 5013-S2 não se encontra este nível.



Figura 4.60 – Aspeto da acumulação da água de precipitação junto ao piezómetro 5014-S5

4.11.7 Conclusões e recomendações

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se que os processos de poluição 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 estará 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.

5 | Conclusões e recomendações

Com base na informação obtida durante este estudo, as conclusões sobre os 11 Sites analisados podem ser resumidas da seguinte forma: 1) sem recomendações adicionais: Site 3006 (conforme já referido em Antunes e Leitão, 2018) e Site 5002 (Zona 3); 2) com necessidade de impermeabilizar/fechar com asfalto e/ou betão as juntas e fendas existentes nas superfícies pavimentadas: Site 3003; 3) com necessidade de remoção do solo superficial nos locais contaminados: Sites 5003, 5008, 5010 e 5013; 3) com necessidade de estudar/efetivar medidas para avaliar/reabilitar os solos e as águas subterrâneas: Sites 3001, 5001, 5002 (Zona 1 e 2), 5009 e 5014.

A Figura 5.1 à Figura 5.4 apresentam quatro mapas contendo uma síntese dos resultados obtidos para o conjunto de Sites analisados, em termos de uma análise qualitativa das concentrações máximas registadas para os 83 hidrocarbonetos analisados (divididas em quatro grupos: HTP, BTEX, COV e HAP) e para alguns dos metais pesados analisados, considerando serem estes os dois conjuntos de elementos que melhor traduzem os principais problemas de qualidade dos solos e das águas em análise.

Em relação aos solos e sedimentos, a Figura 5.1 apresenta uma síntese dos resultados obtidos relativamente à concentração máxima em hidrocarbonetos (i.e. representa-se o valor máximo da concentração obtida numa sondagem independentemente da profundidade). A Figura 5.2 apresenta uma síntese dos resultados obtidos relativamente à concentração máxima em metais pesados (optou-se por representar apenas os metais pesados que se encontraram acima das normas nas águas subterrâneas).

Em relação às águas (subterrâneas, de escorrência e do paul), a Figura 5.3 apresenta uma síntese dos resultados obtidos relativamente à concentração máxima em hidrocarbonetos (i.e. valor máximo da concentração considerando as duas campanhas realizadas). A Figura 5.4 apresenta uma síntese dos resultados obtidos relativamente à concentração máxima em metais pesados considerando as duas campanhas (representaram-se todos os metais pesados que se encontraram acima das normas, excluindo o ferro, manganês e alumínio, considerando que estes são elementos cuja concentração de fundo geoquímico natural é frequentemente superior à norma em solos vulcânicos).

No Quadro 5.1 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.

Salienta-se a importância de manter a monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos Sites onde existem formações hidrogeológicas suspensas e onde foram instalados piezómetros (ou *monitoring wells*) visando a avaliar a eficácia das medidas de reabilitação implementadas ou a implementar. A monitorização no interior das áreas de instalação da USAFE onde estão a decorrer ações de reabilitação (Sites 3001 e 5001) tem sido assegurada pelos próprios. Desde 2012, altura do início dos trabalhos de reabilitação pela USAFE, que a monitorização a jusante dos Sites 3001 e 5001

tem sido suportada pela ERSARA através de contratos com o LNEC. No seguimento deste estudo, importa assegurar a monitorização das águas subterrâneas dos Sites onde foram recomendadas novas ações, e onde se encontram instalados piezómetros, nomeadamente os Sites 3003, 5002, 5010, 5013 e 5014.

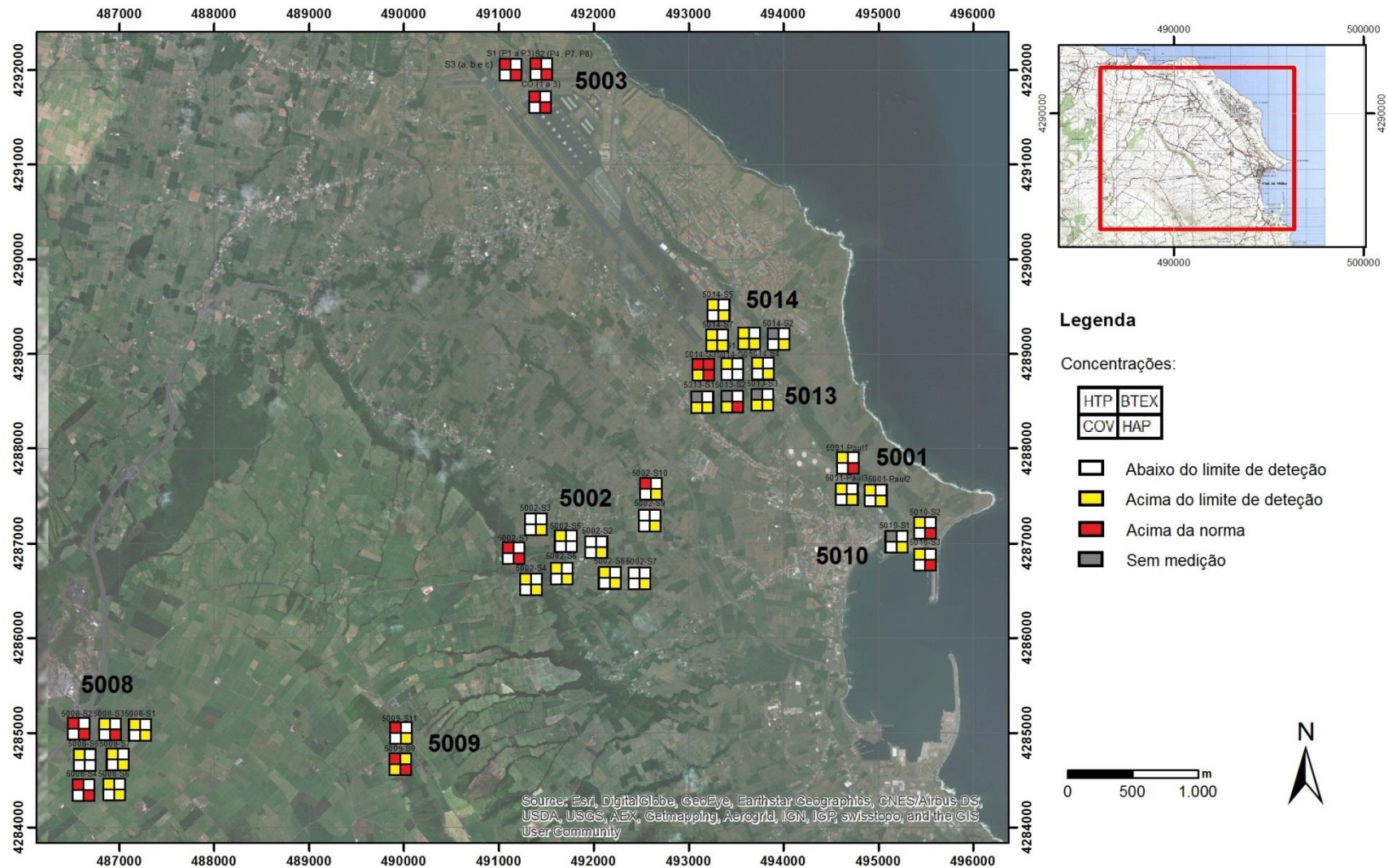


Figura 5.1 – Síntese qualitativa da concentração máxima em hidrocarbonetos em solos e sedimentos

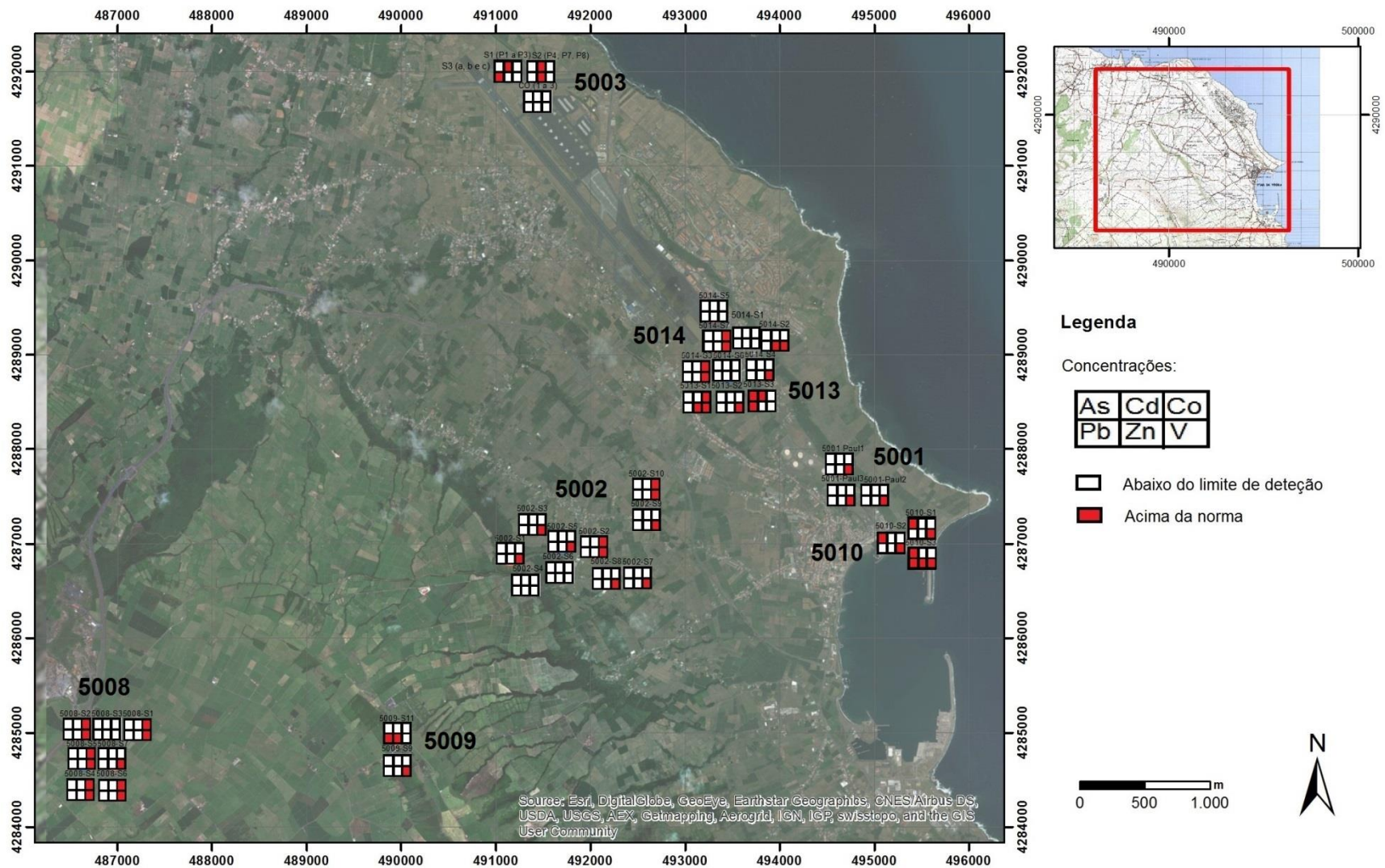


Figura 5.2 – Síntese qualitativa da concentração máxima em metais pesados em solos e sedimentos

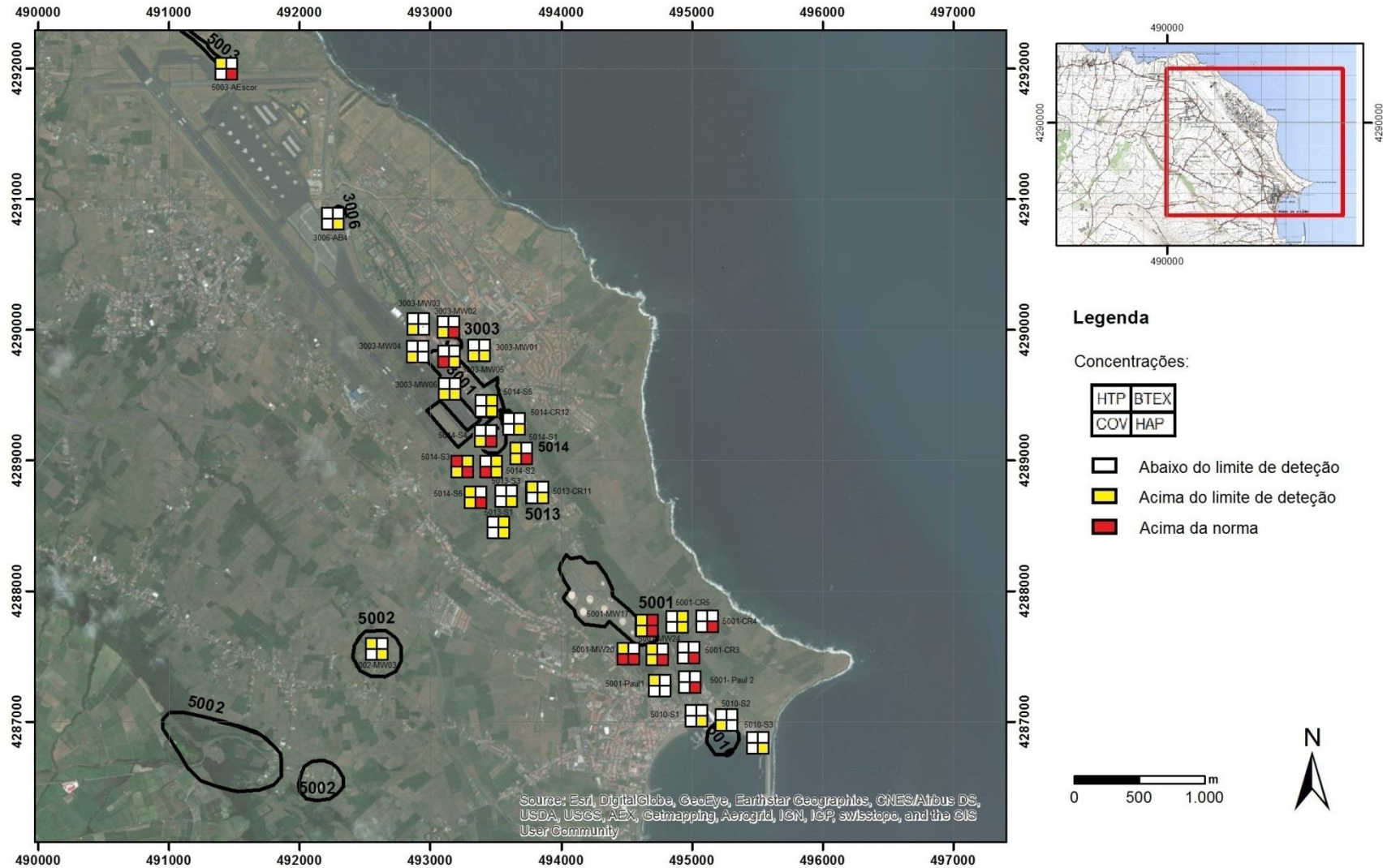


Figura 5.3 – Síntese qualitativa da concentração máxima em hidrocarbonetos em águas

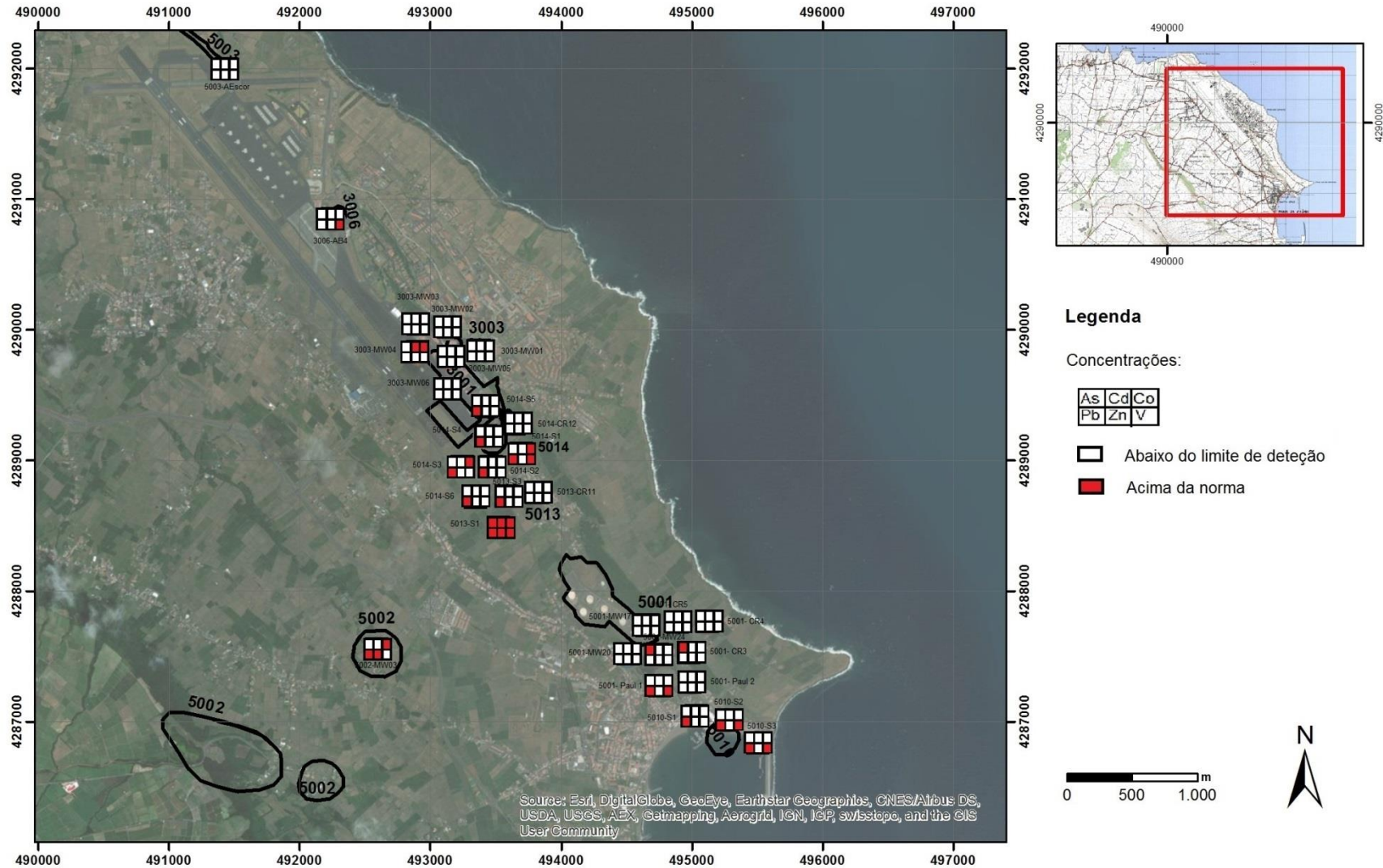


Figura 5.4 – Síntese qualitativa da concentração máxima em metais pesados em águas

Quadro 5.1 – Resumo das principais conclusões e recomendações relativamente aos locais analisados

Identificação do Local Ref. Designação	Classificação DISCO (CH2MHILL, 2004)	Recomendação inicial (Rel. 375/2016)	Recomendação	Ponto de situação / Justificação sumária
3001 Main Gate Area	Contaminado	Não aplicável	<p>Estudar/efetivar medidas para avaliar/reabilitar os solos e as águas subterrâneas, designadamente:</p> <p>Confirmar a eventual presença de LNAPL na zona identificada através da geofísica (cf. secção 4.1.4) e, em caso afirmativo, implementar medidas de reabilitação.</p> <p>Nas restantes áreas do Site 3001 que têm vindo a ser reabilitadas, iniciar a terceira fase de reabilitação, i.e. remover os hidrocarbonetos presentes nos solos e em dissolução na água. Esta deverá ser feita recorrendo a processos de bioreabilitação, e.g. <i>bioventing</i> e <i>biosparging</i>.</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>	<p><u>USAFE</u>: As duas primeiras fases, de remoção das fontes de contaminação existentes e de remoção de LNAPL dentro do Site 3001 foram efetuadas, podendo esta última ser retomada, caso se detetem LNAPL.</p> <p><u>LINEC</u>: Elaboração e interpretação de <u>perfis geofísicos</u> com identificação de zonas com anomalias de resistividade elétrica interpretação de anomalias. Não foi encontrado o furo referido como contaminado, pelo que não foi feita recolha de água.</p>
3003 Main Power Plant	Potencialmente contaminado de maior risco	Novas ações	<p>Impermeabilizar/fechar com asfalto e/ou betão as juntas e fendas existentes nas superfícies pavimentadas do Site 3003 e promover a manutenção/substituição das tubagens de abastecimento dos tanques de armazenamento superficial de combustível (AST).</p> <p>Monitorizar bianualmente os seis piezómetros para confirmação da eficácia das medidas acima referidas.</p>	<p><u>USAFE</u>: Sem novas ações.</p> <p><u>LINEC</u>: <u>Águas</u> - Novas análises feitas em seis piezómetros (MW). Os valores de hidrocarbonetos excederam ligeiramente as normas (PCE, TCE, acenafeno e fluoreno) numa das campanhas; espera-se que as recomendações propostas possam ser suficientes para melhorar a qualidade das águas subterrâneas deste local até níveis aceitáveis. Além de Al, Fe, Mn elevados, mas típicos deste ambiente hidrogeológico, os valores de cádmio e cobalto são pouco superiores aos limites admissíveis no piezómetro 3003-MW04. <u>Solos</u> - n.a.</p>
3006 Refuelling Maintenance	Potencialmente contaminado	Novas ações	Sem recomendações adicionais.	<p><u>USAFE</u>: Ações de monitorização da qualidade das águas subterrâneas efetuadas em 2018, para cinco piezómetros localizados neste Site, apresentaram resultados com concentrações de hidrocarbonetos abaixo dos limites estabelecidos pela legislação do Canadá e da Holanda. Solos contaminados com HTP e HAP numa zona restrita.</p> <p><u>LINEC</u>: <u>Águas</u> – Análise da água do furo da AB4 em duas campanhas. Registou-se a presença de naftaleno na campanha de fevereiro de 2019, em concentrações duas ordens de grandeza abaixo da norma. O cloreto e o vanádio acima da norma devem-se ao contexto hidrogeológico. <u>Solos</u> - n.a.</p>
5001 South Tank Farm	Contaminado	Não aplicável	<p>Estudar/efetivar medidas para avaliar/reabilitar os solos e as águas subterrâneas, designadamente:</p> <p>Reprogramar um conjunto de medidas de reabilitação que permitam assegurar a qualidade das águas e dos solos dentro e a jusante do Site 5001, atendendo ao facto de as ações de reabilitação até à data não terem sido suficientes para assegurar a qualidade das águas (nomeadamente das águas subterrâneas e as do Paul), além dos solos.</p> <p>Prosseguir a monitorização da qualidade das águas subterrâneas (incluindo a jusante do Site 5001) para avaliar a eficácia das medidas de reabilitação.</p>	<p><u>USAFE</u>: Reabilitação em curso cujos detalhes para 2018 e 2019 se desconhecem.</p> <p><u>LINEC</u>: <u>Águas</u> - Análise em 8 amostras (3 em poços, 2 no Paul e 3 em piezómetros). O principal problema neste Site continua a ser a contaminação por diversos hidrocarbonetos. Registam-se concentrações em HAP acima da norma na maioria das amostras dentro e fora do Site. Os piezómetros dentro do Site 5001 continham ainda valores acima da norma para COV e BTEX. <u>Solos</u> - Análise de 6 amostras até 0,5 m em 3 zonas do Paul. A amostra do Paul 1, a < 0,2 m de profundidade, apresentou HAP acima do limite. Vanádio acima da norma, como é típico destes solos vulcânicos.</p>
5002 Cinder Pit Fuel Tanks	Contaminado	Novas ações	<p>Sem recomendações adicionais na Zona 3.</p> <p>Estudar/efetivar medidas para avaliar/reabilitar os solos nas áreas das sondagens 5002- S1 e 5002-S10, i.e. Zonas 1 e 2.</p> <p>Recomenda-se, ainda, a instalação de novos piezómetros mais profundos na área do 5002-S2 para avaliar a qualidade da água na eventual presença de uma formação hidrogeológica intermédia.</p>	<p><u>USAFE</u>: Sem novas ações.</p> <p><u>LINEC</u>: <u>Águas</u> – Apenas o piezómetro 5002-MW03 tinha água. Na 2.ª campanha registaram-se vestígios de BTEX e HAP; na 1.ª não houve água suficiente para analisar HAP. Os valores de concentração em metais pesados são muito díspares entre as duas campanhas, não sendo conclusivos os resultados obtidos. <u>Solos</u> – Análise de 39 amostras em 10 sondagens. As sondagens S1 e S10 apresentam concentrações acima das normas para HTP e a S1 também para HAP. Os metais pesados estão abaixo das normas, com exceção do vanádio, e por vezes o Co, cuja origem é natural.</p>

Identificação do Local		Classificação DISCO	Recomendação inicial (Rel. 375/2016)	Recomendação	Ponto de situação / Justificação sumária
Ref.	Designação	(CH2MHILL, 2004)			
5003	North Storm Sewer Drainage Outfall	Potencialmente contaminado de maior risco	Novas ações	Remover o solo superficial nos locais contaminados, minimizar a carga poluente e isolar a área. Caracterizar a qualidade das águas de escorrência durante um ano por forma a definir os principais contaminantes, sua concentração e evolução nesse período.	<u>USAFE</u> : Análise da água de escorrência. <u>LNEC</u> : <u>Águas de escorrência</u> com HAP acima da norma (utilizando a norma das águas subterrâneas como termo de comparação). Metais pesados abaixo da norma. <u>Solos</u> - 12 amostras superficiais. Solos com HTP, HAP e diversos metais pesados acima da norma na maioria das amostras.
5008	Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ	Potencialmente contaminado de maior risco	Novas ações	Remover o solo superficial nos locais contaminados atendendo a que a poluição se concentra essencialmente numa área limitada (S2, S3 e S4) e até 0,5 m de profundidade.	<u>USAFE</u> : Análises de solos e análise de risco para a saúde. <u>LNEC</u> : <u>Águas</u> - Análise da água de um furo, apenas numa campanha, sem valores acima da norma. <u>Solos</u> - Análise de 26 amostras até 2,8 m em 7 sondagens. HAP acima da norma em S2, S3 e S4. HTP acima da norma em S2 e S4. Alguns metais pesados acima da norma.
5009	Cume Da Tacan Annex No. EYNH	Potencialmente contaminado de maior risco	Novas ações	Estudar/efetivar medidas para avaliar/reabilitar os solos (a área deste Site tem cerca de 10 m por 5 m, mas a profundidade de contaminação é desconhecida) por forma a evitar a continuada perda de hidrocarbonetos para níveis mais profundos dos solos.	<u>USAFE</u> : Sem novas ações. <u>LNEC</u> : <u>Águas</u> - n.a. <u>Solos</u> - Análise de apenas 4 amostras em 2 sondagens até 0,7 m, em zona restrita, com valores de HTP muito acima da norma, em especial na sondagem 5009-S9, e HAP acima da norma nesta última. Pb e Zn acima da norma na sondagem 5009-S11.
5010	Medium Port Command	Potencialmente contaminado	Novas ações	Remover o solo superficial nos locais contaminados com HAP acima da norma e posterior repavimentação das zonas não pavimentadas, 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. Realizar a monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos 3 piezómetros instalados para avaliar a eficácia das medidas de reabilitação.	<u>USAFE</u> : Análises de solos e análise de risco para a saúde. <u>LNEC</u> : <u>Águas</u> - Análise em 3 piezómetros. Hidrocarbonetos inferiores à norma, e As e Pb acima da norma. <u>Solos</u> - Análise de 12 amostras de solos até 2,7 m em 3 sondagens. HAP com valores acima da norma em especial < 0,3 m. Diversos metais pesados acima da norma.
5013	Military Highway Spill	Potencialmente contaminado de maior risco	Novas ações	Remover o solo superficial na área envolvente ao 5013-S2. Realizar a monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos 3 piezómetros instalados para avaliar a eficácia das medidas de reabilitação.	<u>USAFE</u> : Sem novas ações. <u>LNEC</u> : <u>Águas</u> - Análises no 5013-S1, 5013-S3 e 5013-CR11 (5013-S2 estava seco) sem concentrações em hidrocarbonetos acima da norma. Os valores de concentração em metais pesados no 5013-S1 são muito díspares entre as duas campanhas, não sendo conclusivos os resultados obtidos. <u>Solos</u> : Análise de 12 amostras de solos em 3 sondagens. Valores de HAP acima dos limites admissíveis no 5013-S2. Sem análises de HTP. Alguns metais pesados acima da norma.
5014	Former Running Track	Potencialmente contaminado	Novas ações	Estudar/efetivar medidas para avaliar/reabilitar os solos e as águas subterrâneas, nomeadamente: 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.	<u>USAFE</u> : Sem novas ações. <u>LNEC</u> : Elaboração e interpretação de <u>perfis geofísicos</u> com identificação de zonas com anomalias de resistividade elétrica. <u>Águas</u> - Análise em 6 piezómetros e 1 poço. Valores de HTP, COV ou HAP acima da norma em S1, S2, S3, S4 e S6, bem como de alguns metais pesados. <u>Solos</u> - Análise de 29 amostras de solos em 7 sondagens. Valores de HTP, BTEX e HAP acima da norma em S3, a profundidade de cerca de 5 - 6 m.

Legenda:

AST – Tanques de armazenamento superficial de combustível
EBS – *Environmental Baseline Survey*
FAA – Força Aérea Americana
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, abril de 2019

VISTO



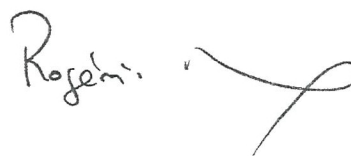
O Conselho Diretivo

AUTORIA



Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação



Rogério Mota

Investigador Auxiliar



Maria de Lurdes Antunes

Investigadora-Coordenadora

Referências bibliográficas

- AMARAL, P., 2019 – **Sondagens Geotécnicas para Colheita de Amostras de Solos e Instalação de Piezómetros no Concelho da Praia da Vitória**. Laboratório Regional de Engenharia Civil – RT 109/2018.
- 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.
- AMEC, 2011b – **Prepare a Remedial Design and Perform a Pilot Study for Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal. Final Report**, Kaiserslautern, December 2011.
- AMEC, 2013 – **Conduct a Groundwater Flow Study at Site 3006 at Lajes Field. Azores, Portugal. Final Report**. Kaiserslautern, Maio 2013.
- 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., 2010 – **Gestão Integrada e Sustentável da Qualidade das Águas Subterrâneas em Portugal. Contributos para um Bom estado em 2015**. Trabalho apresentado para obtenção do Título de Habilitado para o exercício de funções de coordenação de investigação científica, publicado nas Teses e Programas de Investigação do LNEC, TPI 63, ISBN 978-972-49-2191-4, Lisboa, 2010, (http://livraria.lnec.pt/eng/php/livro_ficha.php?cod_produc_tirag=5371292).
- LEITÃO, T.E.; HENRIQUES, 2016 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água**

- do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório Final, 2016.** LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 316/2016 – DHA/NRE.
- LEITÃO, T.E.; HENRIQUES, 2018 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório Final, 2018.** LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 421/2018 – DHA/NRE.
- 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.
- SIMÕES, S., 2012a – **USAFE Cleanup Site Closure Report. Lajes Field – MQNA 3003.** March 2012.
- SIMÕES, S., 2012b – **USAFE Cleanup Site Closure Report. Lajes Field – MQNA 5002.** March 2012.
- SIMÕES, S., 2013a – **USAFE Cleanup Site Closure Report. Lajes Field – MQNA 3006.** October 2013.
- SIMÕES, S., 2013b – **USAFE Cleanup Site Closure Report. Lajes Field – MQNA 5003.** March 2013.
- SIMÕES, S., 2013c – **USAFE Cleanup Site Closure Report. Lajes Field – MQNA 5008.** March 2013.
- SIMÕES, S., 2013d – **USAFE Cleanup Site Closure Report. Lajes Field – MQNA 5009.** March 2013.
- SIMÕES, S., 2013e – **USAFE Cleanup Site Closure Report. Lajes Field – MQNA 5010.** March 2013.
- SIMÕES, S., 2013f – **USAFE Cleanup Site Closure Report. Lajes Field – MQNA 5014.** March 2013.
- 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

ANEXO

Especificações técnicas das análises químicas de solos e de águas

ESTUDOS COMPLEMENTARES NO ÂMBITO DOS PROCESSOS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADOS COM A UTILIZAÇÃO DA BASE DAS LAJES PELOS EUA

Relatório Final, 2019

Parâmetro	Águas				Solos					
	N.º amostras	Limite de quantificação (LOQ)	Limite de Detecção (LD)	Norma	Material de amostragem	N.º amostras	Limite de quantificação (LOQ)	Limite de Detecção (LD)	Norma	Material de amostragem
Inorgânicos não metálicos										
Cloretos	12	0,10 mg/l	0,03	ISO 10304-1	1 x 062... Garrafa PET 100 mL					
Bicarbonato		5,0 mg/l	1,7	NEN EN ISO 99631	1 x 064... Garrafa PET 250 mL					
Nitratos		0,10 mg/l	0,03	ISO 10304-1	1 x 062... Garrafa PET 100 mL					
Sulfatos		0,10 mg/l	0,03	ISO 10304-1	1 x 064... Garrafa PET 250 mL					
Metais em solução / Cátions maiores										
Cálcio - Ca	12	0,10 mg/l	0,03	NEN EN ISO 17294-2 / EPA 6020	1 x 080... 50 mL PE + HNO3	138	5,0 mg/kg ms	1,667	NEN EN ISO 17294-2	1 x 052... Frasco de vidro de 212 mL
Magnésio - Mg		0,10 mg/l	0,03							
Potássio - K		0,05 mg/l	0,02							
Sódio - Na		0,05 mg/l	0,02							
Alumínio - Al	58	0,10 mg/l	0,03	NEN EN ISO 17294-2 / EPA 6020	1 x 080... 50 mL PE + HNO3	138	2,0 mg/kg ms	0,667	NEN EN ISO 17294-2	1 x 052... Frasco de vidro de 212 mL
Antimônio - Sb		1,0 µg/l	0,3				5,0 mg/kg ms	1,667		
Arsénio - As		5,0 µg/l	1,7				15 mg/kg ms	5,000		
Bário - Ba		50 µg/l	16,7				1,0 mg/kg ms	0,333		
Berílio - Be		1,0 µg/l	0,3				5,0 mg/kg ms	1,667		
Boro - B		100 µg/l	33,3				0,40 mg/kg ms	0,133		
Cádmio - Cd		0,40 µg/l	0,13				10 mg/kg ms	3,333		
Chumbo - Pb		5,0 µg/l	1,7				5,0 mg/kg ms	1,667		
Cobalto - Co		3,0 µg/l	1				5,0 mg/kg ms	1,667		
Cobre - Cu		5,0 µg/l	1,7				5,0 mg/kg ms	1,667		
Crómio - Cr - (águas - total)		1,0 µg/l	0,3				5,0 mg/kg ms	1,667		
Ferro - Fe		0,05 mg/l	0,02				25 mg/kg ms	8,333		
Fósforo - P		0,05 mg/l	0,02				0,05 g/kg ms	0,017		
Lítio - Li		0,005 mg/l	0,0025				0,5 mg/kg ms	0,167		
Manganês - Mn		0,01 mg/l	0,003				5,0 mg/kg ms	1,667		
Mercurio - Hg		0,05 µg/l	0,02				0,10 mg/kg ms	0,033		
Molibdeno - Mo		5,0 µg/l	1,7				1,5 mg/kg ms	0,500		
Níquel - Ni		5,0 µg/l	1,7				5,0 mg/kg ms	1,667		
Prata - Ag		0,5 µg/l	6,7				2 mg/kg ms	0,667		
Selénio - Se		0,90 µg/l	0,3				2,0 mg/kg ms	0,667		
Tálio - Ta	0,5 µg/l	2,3	5,0 mg/kg ms	1,667						
Vanádio - V	0,2 µg/l	3,3	5,0 mg/kg ms	1,667						
Zinco - Zn	10 µg/l	3,3	5,0 mg/kg ms	1,667						
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP										
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	58	TPH (C10-C12) 10 µg/l - TPH (C12-C16) 10 µg/l - TPH (C16-C21) 10 µg/l - TPH (C21-C30) 15 µg/l - TPH (C30-C35) 10 µg/l - TPH (C35-C40) 10 µg/l - TPH Sum (C10-C40) 38 µg/l	12,7	EPA 8015b	1 x 069 ... 250 mL vidro + H2SO4	138	TPH >C10-C12 (LQ 3,0 mg/Kg); TPH >C12-C16 (LQ 5,0 mg/Kg); TPH >C16-C21 (LQ 6,0 mg/Kg); TPH >C21-C30 (LQ 12 mg/Kg); TPH >C30-C35 (LQ 6 mg/Kg); TPH >C35-C40 (LQ 6 mg/Kg)	12,700	ISO 16703 / EPA 8015b	1 x 052... Frasco de vidro de 212 mL

ESTUDOS COMPLEMENTARES NO ÂMBITO DOS PROCESSOS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADOS COM A UTILIZAÇÃO DA BASE DAS LAJES PELOS EUA

Relatório Final, 2019

Parâmetro	Águas			Norma	Material de amostragem	Solos			Norma	Material de amostragem
	N.º amostras	Limite de quantificação (LOQ)	Limite de Detecção (LD)			N.º amostras	Limite de quantificação (LOQ)	Limite de Detecção (LD)		
BTEX										
Benzeno		0,05 µg/l	0,02				0,05 mg/kg ms	0,017		
Etilbenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Meta-para xileno		0,1 µg/l	0,05				0,05 mg/kg ms	0,017		
Orto-xileno		0,1 µg/l	0,05				0,05 mg/kg ms	0,017		
Tolueno		0,1 µg/l	0,05				0,05 mg/kg ms	0,017		
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,1,1,2-Tetracloroetano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,1,1-Tricloroetano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,1,2,2-Tetracloroetano		0,1 µg/l	0,05				0,5 mg/kg ms	0,167		
1,1,2-Tricloroetano		0,2 µg/l	0,07				0,2 mg/kg ms	0,067		
1,1-Dicloroetano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,1-Dicloroetano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,1-Dicloropropileno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,2,3-Triclorobenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,2,3-Tricloropropano		0,2 µg/l	0,07				0,5 mg/kg ms	0,167		
1,2,4-Triclorobenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,2 mg/kg ms	0,067		
1,2-Dibromo-3-cloropropano		0,1 µg/l	0,05				0,2 mg/kg ms	0,067		
1,2-Dibromoetano (EDB)		0,1 µg/l	0,05				0,2 mg/kg ms	0,067		
1,2-Diclorobenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,2-Dicloroetano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,2-Dicloropropano		0,1 µg/l	0,05				0,2 mg/kg ms	0,067		
1,3,5-Triclorobenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,01 mg/kg ms	0,003		
1,3-Diclorobenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,3-Dicloropropano		0,1 µg/l	0,05				0,5 mg/kg ms	0,167		
1,4-Diclorobenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
2,2-Dicloropropano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
2-Clorotolueno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
4-Clorotolueno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Bromobenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,3 mg/kg ms	0,100		
Bromoclorometano		0,1 µg/l	0,05				0,2 mg/kg ms	0,067		
Bromodichlorometano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Bromofórmio		0,5 µg/l	0,17				0,1 mg/kg ms	0,033		
Bromometano		0,1 µg/l	0,05				0,5 mg/kg ms	0,167		
1,1,1,2-Tetracloroetano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Cloreto de vinilo		0,1 µg/l	0,05				0,5 mg/kg ms	0,167		
Clorobenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Cloroetano		0,1 µg/l	0,05				0,5 mg/kg ms	0,167		
Clorofórmio		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Clorometano		0,2 µg/l	0,07				0,5 mg/kg ms	0,167		
Dibromoclorometano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Dibromometano		0,2 µg/l	0,07				0,2 mg/kg ms	0,067		
Diclorodifluorometano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Diclorometano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Hexaclorobutadieno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Tetracloroetileno (PCE)		0,1 µg/l	0,05				0,05 mg/kg ms	0,017		
Tetraclorometano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
trans-1,2-Dicloroetano		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
trans-1,3-Dicloropropeno		0,1 µg/l	0,05				0,2 mg/kg ms	0,067		
Tricloroetileno (TCE)		0,1 µg/l	0,05				0,2 mg/kg ms	0,067		
Triclorofluorometano		0,1 µg/l	0,05				0,2 mg/kg ms	0,067		
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,2,4-Trimetilbenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
1,3,5-Trimetilbenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Estireno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Isopropilbenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,1 mg/kg ms	0,033		
Metil tert-Butil Éter (MTBE)		0,30 µg/l	0,1				0,02 mg/kg ms	0,007		
n-Butilbenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,05 mg/kg ms	0,017		
n-Propilbenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,05 mg/kg ms	0,017		
p-Isopropiltolueno		0,1 µg/l	0,05				0,05 mg/kg ms	0,017		
sec-Butilbenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,05 mg/kg ms	0,017		
tert-Butil álcool		2,0 µg/l	0,7				1,0 mg/kg ms	0,333		
tert-Butilbenzeno		0,1 µg/l	0,05				0,05 mg/kg ms	0,017		
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAHs)		Soma dos 16 PAH								
Acenafteno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Acenaftileno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Antraceno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Benzo(a)antraceno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Benzo(a)pireno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Benzo(b)fluoranteno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Benzo(g,h,i)perileno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Benzo(k)fluoranteno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Criseno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Dibenz(a,h)antraceno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Fenantreno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Fluoranteno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Fluoreno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Indeno(1,2,3,cd)pireno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Naftaleno		0,005 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Pireno		0,003 µg/l	0,002				0,01 mg/kg ms	0,003		
Parâmetros agregados										
Índice de fenóis	58	1,0 µg/l	0,30	NEN 6961 and	1 x 069 ... 250 mL vidro + H2SO4	138	0,05 mg/kg ms	0,02	NEN EN ISO 14402	1 x 052... Frasco de vidro de 212 mL

