



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA Núcleo de Geologia de Engenharia e Geotecnia Ambiental

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE Núcleo de Águas Subterrâneas

Proc. 607/1/17171 Proc. Int. 504/541/1279

PROSPECÇÃO GEOFÍSICA, PELO MÉTODO DA RESISTIVIDADE ELÉCTRICA, NO CONCELHO DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Estudo realizado para a Câmara Municipal de Praia da Vitória

Lisboa • Março de 2010

I&D GEOTECNIA

RELATÓRIO 236/2010 – NGEA/NAS

Prospecção geofísica, pelo método da resistividade eléctrica, no Concelho de Praia da Vitória, Açores

Geophysical survey using the resistivity method at Praia da Vitória district, Azores

Prospection géophysique avec la méthode de résistivité électrique a la municipalité de Praia da Vitória, Açores

RESUMO

Apresentam-se, no presente Relatório, os resultados obtidos na prospecção geofísica, realizada em 2009, no Concelho de Praia da Vitória, com recurso ao método de resistividade eléctrica, no âmbito da "Análise e parecer sobre a situação ambiental nas áreas de captação dos furos de abastecimento do Concelho de Praia da Vitória, Açores".

Índice de texto

1		Intro	Introdução		
2		Trab	alhos realizados	2	
3		Enqu	uadramento geológico	7	
4		Resi	ultados obtidos	11	
	4.1	1	Perfis de referência	11	
	4.2	2	Falha das Fontinhas/furo Fontinhas-Barreiro	13	
	4.3	3	Local de antigo depósito Cinder Pit, no Pico Celeiro	15	
	4.4	4	Tanques enterrados no Pico Celeiro/Canada do Coxo	17	
	4.5	5	Cruz do Pico/furo Areeiro	20	
	4.6	6	Canada dos Batistas/Av. 25 de Abril	22	
	4.7	7	Posto 1/Pista/Sul Aeroporto	24	
	4.8	8	"Pier 7"	30	
	4.9	9	Falha de Santiago (Saída de águas pluviais a norte da Base/Juncal/Parque de combustíveis)	31	
5		Cons	siderações finais	35	
6		Refe	erências bibliográficas	36	
A	NE	XO A	A - Descrição sumária do método de resistividade eléctrica	39	
A	NE	XO E	3 - Método de resistividade eléctrica. Dados de campo e resultados do seu processamento	45	

Índice de figuras

Figura 1 - Enquadramento dos locais onde foram executados os perfis de resistividade eléctrica 4
Figura 2 – Percurso do " <i>Cinder Pit pipeline</i> " entre Cruz do Pico e a Base e localização dos perfis executados na sua proximidade
Figura 3 – Extracto da carta vulcanológica da Ilha Terceira, com localização dos perfis executados (adaptado da Carta Vulcanológica da Ilha Terceira (1/200 000) e da Carta Geológica da Terceira (1/25 000) (Lloyd e Collis, 1981)
Figura 4 - Foto dos trabalhos no local do perfil <i>Padrão I</i> , situado entre os furos de abastecimento da Base Aérea denominados por #2 T-1302 e #3 T-1303 (localizados entre as povoações Lajes e Fontinhas). 11
Figura 5 – Modelos de resistividade eléctrica obtidos para o perfil Padrão I
Figura 6 – Modelo de resistividade eléctrica obtido para o perfil <i>Padrão II</i> . As setas indicam o extremo <i>E</i> do perfil
Figura 7 - <i>Esquerda</i> – vista do caminho onde foram executados os perfis <i>PR11W</i> e <i>PR12DD</i> (a seta assinala o centro dos perfis). <i>Direita</i> – vista da zona densamente arborizada do topo <i>SW</i> dos perfis 14
Figura 8 – Vista da metade NW do perfil PR13W 14
Figura 9 – Imagem do Google abarcando apenas os perfis executados entre o Pico Celeiro e a Av. 25 de Abril
Figura 10 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis <i>PR11W</i> (topo) e <i>PR12DD</i> (baixo)
Figura 11 - Modelo de resistividade obtido para o perfil <i>PR13W</i> 15
Figura 12 - <i>Esquerda</i> – vista da metade <i>SO</i> do perfil <i>PR4W</i> . <i>Direita</i> – pormenor da instalação de um eléctrodo no buraco aberto na junta entre duas lajes de betão armado, sendo visível o ferro da armadura
Figura 13 - Modelo de resistividade obtido para o perfil <i>PR4W</i> . Os traços verticais indicam a posição das juntas de dilatação entre as lajes de betão armado
Figura 14 - Vista do Pico Celeiro a partir da Serra de Santiago, com identificação dos perfis realizados neste local, assim como da sua posição relativa face aos depósitos identificáveis e à antiga exploração dos Basaltos Superiores de Pico Celeiro (bagacina). As elipses a azul delimitam zonas de baixa
1031311110400 1061111104043 1105 perils11

Figura 15 – Modelo de resistividade obtido para o perfil <i>PR1W</i> . Assinalam-se a posição das coberturas dos tanques e das chaminés, existentes em cada patamar de depósitos (duas de cada lado da estrada em cada local (ver Figura 16))
Figura 16 – Perfil <i>PR1W</i> . <i>Esquerda</i> - vista do perfil a partir do seu extremo NW – Direita – vista da secção situada entre os pontos 145 e 180
Figura 17 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis <i>PR1W</i> (A), <i>PR2W</i> (B) e <i>PR3W</i> (C), dispostos nas suas posições relativas e em cotas descendentes de A para C
Figura 18 - Perfis 5 a 10. <i>Esquerda</i> – vista de Norte para Sul. <i>Direita</i> – vista de Sul para Norte
Figura 19 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis PR8DD, PR9DD e PR10W 20
Figura 20 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis <i>PR5W</i> , <i>PR6W</i> e <i>PR7W</i> , dispostos nas suas posições relativas e em cotas descendentes de A para C
Figura 21 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis <i>PR5W</i> (A), <i>PR6W</i> (B), <i>PR7W</i> (C) e PR10W (D) com escala gráfica diferente daquela apresentada nas figuras anteriores. As setas a traço cheio indicam os pontos onde os perfis <i>PR6W</i> e <i>PR7W</i> se cruzam com o perfil <i>PR10W</i> . O extremo SW do perfil <i>PR5W</i> encontra-se a W e a N do extremo SW do perfil <i>PR10W</i> , e a uma cota superior
Figura 22 - Perfil <i>PR14W</i> – vista norte-sul
Figura 23 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis 20 a 14 (de cima para baixo e no sentido Av. 25 de Abril - Canada dos Batistas). A seta indica o ponto estimado de intersecção com o <i>pipeline</i> . No perfil <i>PR18W</i> indica-se a posição de uma caixa de válvulas. No perfil <i>PR14W</i> assinala-se a posição aproximada dos tanques, de acordo com a planta existente
Figura 24 - Esquerda – vista da metade NE do perfil PR18W. Direita – vista do perfil PR19W (sentido SW- NE)
Figura 25 – Fotos documentando a existência de depósitos cilíndricos de combustível no Posto 1. <i>Esquerda</i> - foto antiga existente num café em Praia da Vitória. <i>Direita</i> - foto actual
Figura 26 - Vista aérea do extremo SE da pista e da zona do Posto 1. As elipses assinalam os conjuntos de depósitos aí existentes à data da fotografia aérea (imagem cedida pela Força Aérea Portuguesa) 25
Figura 27 - Esquerda - Perfis PR25W e PR26W. Direita – Perfis PR27W e PR28W
Figura 28– Imagem do Google enquadrando os perfis executados na zona do posto 1 e do Juncal. A elipse a encarnado assinala os pontos dos perfis <i>PR29W</i> , <i>PR30W</i> e <i>PR31W</i> onde ocorre uma anomalia de elevada resistividade. As elipses a azul assinalam as áreas onde ocorrem anomalias de muito baixa resistividade nos perfis <i>PR25W</i> , <i>PR26W</i> , <i>PR27W</i> , <i>PR28W</i> e <i>PR29W</i>

Figura 29 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis <i>PR25W</i> a <i>PR31W</i> , dispostos de acordo com a sua posição relativa
Figura 30 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis <i>PR25W</i> , <i>PR26W</i> e <i>PR28W</i> , com escala de maior pormenor
 Figura 31 - Vistas aéreas do local do antigo "<i>Pier 7</i>", onde foram executados os perfis <i>PR22W</i>, <i>PR23W</i> e <i>PR24W</i>. Esquerda - antiga imagem aérea (cedida pela Força Aérea Portuguesa). Direita – imagem obtida a partir do Google Earth. 30
Figura 32 - Perfil PR23W. Vista no sentido SW-NE
Figura 33 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis <i>PR22W</i> a <i>PR24W</i>
Figura 34 – Local de implantação do perfil <i>PR21W</i> - traço preto (imagem cedida pela Força Aérea Portuguesa)
Figura 35 - Modelo de resistividade obtido para o perfil <i>PR21W</i> . A linha a traço interrompido indica a possível localização da falha de Santiago neste local
Figura 36 - Perfis <i>PR32W</i> e <i>PR33DD</i> . Vista a partir do extremo SW. A seta a traço cheio assinala o centro dos dispositivos. A seta a traço interrompido assinala o poço vizinho do perfil (CR13)
Figura 37 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis <i>PR32W</i> e <i>PR33DD</i> . A linha a tracejado indica a possível localização da falha de Santiago neste local
Figura 38 - Perfis PR34W e PR35DD, realizados a Sul do Parque de Combustíveis. Esquerda – vista para o extremo SW. Direita - vista para o extremo NE, incluindo a Serra de Santiago
Figura 39 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis <i>PR34W</i> e <i>PR35DD</i> . A linha a traço interrompido indica a possível localização da falha de Santiago neste local
Figura 40 - Imagem do Google com implantação de alguns dos perfis executados e dos locais seleccionados para execução dos furos de sondagem para amostragem de solos (S1A a S7B) e dos furos para o estudo hidrogeológico (F1 a F8 – F2 coincide com S2A; F4 não foi marcado e F5 encontrase sobreposto com a marca do furo S5A)
Anexo A
Figura A. 1 – Dispositivo tetraelectródico 41
Figura A. 2 - Dispositivo de Schlumberger (r ₁ =r ₂ »a)
Figura A. 3 – Esquema de injecções de corrente e leitura de potenciais do dispositivo DipoloDipolo 43

Figura A. 5 – Esquema do sistema de multi-eléctrodos (ABEM Terrameter 4000 e Sistema Lund)...... 44

Figura B. 1 - Perfil Padrão I W - dados de campo e resultados do processamento	. 47
Figura B. 2 - Perfil Padrão I W G+P - dados de campo e resultados do processamento	. 48
Figura B. 3 - Perfil Padrão I DD - dados de campo e resultados do processamento	. 49
Figura B. 4 - Perfil Padrão I DD G+P - dados de campo e resultados do processamento	. 50
Figura B. 5 - Perfil Padrão II - dados de campo e resultados do processamento	. 51
Figura B. 6 - Perfil PR1W - dados de campo e resultados do processamento.	. 52
Figura B. 7 - Perfil PR2W - dados de campo e resultados do processamento.	. 53
Figura B. 8 - Perfil PR3W - dados de campo e resultados do processamento	. 54
Figura B. 9 - Perfil PR4W - dados de campo e resultados do processamento.	. 55
Figura B. 10 - Perfil PR5W - dados de campo e resultados do processamento	. 56
Figura B. 11 - Perfil PR6W - dados de campo e resultados do processamento	. 57
Figura B. 12 - Perfil PR7W - dados de campo e resultados do processamento	. 58
Figura B. 13 - Perfil PR8DD - dados de campo e resultados do processamento	. 59
Figura B. 14 - Perfil PR9DD - dados de campo e resultados do processamento	. 60
Figura B. 15 - Perfil PR10W - dados de campo e resultados do processamento	. 61
Figura B. 16 - Perfil PR11W - dados de campo e resultados do processamento	. 62
Figura B. 17 - Perfil PR12DD - dados de campo e resultados do processamento	. 63
Figura B. 18 - Perfil PR13W - dados de campo e resultados do processamento	. 64
Figura B. 19 - Perfil PR14W - dados de campo e resultados do processamento	. 65
Figura B. 20 - Perfil PR15W - dados de campo e resultados do processamento	. 66
Figura B. 21 - Perfil PR16W - dados de campo e resultados do processamento	. 67
Figura B. 22 - Perfil PR17W - dados de campo e resultados do processamento	. 68
Figura B. 23 - Perfil PR18W - dados de campo e resultados do processamento	. 69

LNEC – Proc. 0607/1/17171 Proc. Int. 504/541/1279

Anexo B

Figura B. 24 - Perfil PR19W - dados de campo e resultados do processamento.	70
Figura B. 25 - Perfil PR20W - dados de campo e resultados do processamento.	71
Figura B. 26 - Perfil PR21W - dados de campo e resultados do processamento.	72
Figura B. 27 - Perfil PR22W - dados de campo e resultados do processamento.	73
Figura B. 28 - Perfil PR23W - dados de campo e resultados do processamento.	74
Figura B. 29 - Perfil PR24W - dados de campo e resultados do processamento.	75
Figura B. 30 - Perfil PR25W - dados de campo e resultados do processamento.	76
Figura B. 31 - Perfil PR26W - dados de campo e resultados do processamento.	77
Figura B. 32 - Perfil PR27W - dados de campo e resultados do processamento.	78
Figura B. 33 - Perfil PR28W - dados de campo e resultados do processamento.	79
Figura B. 34 - Perfil PR29W - dados de campo e resultados do processamento.	80
Figura B. 35 - Perfil PR30W - dados de campo e resultados do processamento.	81
Figura B. 36 - Perfil PR31W - dados de campo e resultados do processamento.	82
Figura B. 37 - Perfil PR32W - dados de campo e resultados do processamento.	83
Figura B. 38 - Perfil PR33DD - dados de campo e resultados do processamento.	84
Figura B. 39 - Perfil PR34W - dados de campo e resultados do processamento.	85
Figura B. 40 - Perfil PR35DD - dados de campo e resultados do processamento.	86

Índice de tabelas

Tabela 1 - Identificação dos perfis executados, dispositivos e distâncias dipolares (DD) utilizados e	
respectivo comprimento total (G, significa dispositivo grande e, P, dispositivo pequeno)	5

Prospecção geofísica, pelo método da resistividade eléctrica, no Concelho de Praia da Vitória, Açores

1 Introdução

No âmbito dos trabalhos desenvolvidos para o estudo da situação ambiental nas áreas de captação dos furos de abastecimento do Concelho de Praia da Vitória, o Núcleo de Geologia de Engenharia e Geotecnia Ambiental (NGEA), do Departamento de Geotecnia (DG), do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), realizou uma campanha de prospecção geofísica com recurso ao método da resistividade eléctrica. Os trabalhos tiveram lugar entre 15 de Junho e 2 de Julho de 2009, e foram executados pela equipa constituída pelo Investigador Auxiliar Rogério Mota e pelos Técnicos Daniel Filipe e Carlos Martins.

Os perfis de resistividade eléctrica realizados visaram cumprir os seguintes objectivos: (1) localizar as zonas poluídas associadas às estruturas de apoio à actividade da Base das Lajes; (2) contribuir para a caracterização das falhas das Fontinhas e de Santiago; (3) identificar eventuais zonas impermeáveis, que poderão funcionar como barreiras de aquíferos suspensos e (4) contribuir, conjugando a informação necessária para atingir os objectivos anteriores, para a selecção dos locais para execução das sondagens de amostragem de solos e dos furos para instalação de piezómetros e dos ensaios de bombagem.

Para atingir estes objectivos foram executados 40 perfis de resistividade eléctrica, em 32 alinhamentos, com recurso aos dispositivos de Wenner e de dipolo-dipolo.

Os dados dos perfis de resistividade eléctrica foram interpretados sob a forma de tomografias bidimensionais de resistividade eléctrica.

Agradece-se todo o apoio logístico facultado pela Câmara Municipal de Praia da Vitória e pela Base Aérea nº 4, bem como a cedência de informação por parte da Base Aérea nº 4, Comando Aéreo dos Açores e Base Aérea das Lajes (65th Mission Support Group).

2 Trabalhos realizados

Na Figura 1 enquadram-se, de forma global, os locais onde foram realizados os trabalhos. Dada a grande dispersão espacial destes locais, ao proceder-se à análise dos resultados, sempre que se considere vantajoso, apresentar-se-á a sua localização a escala adequada.

Como atrás foi referido, a prospecção geofísica realizada constou na execução de 40 perfis de resistividade eléctrica. Estes perfis, totalizando uma extensão de 9 557 m, foram executados em 32 alinhamentos, com recurso aos dispositivos de Wenner e dipolo-dipolo, utilizando-se, em alguns casos, diferentes distâncias dipolares no mesmo alinhamento, para aumentar a profundidade de investigação, e/ou ambos os dispositivos.

No Anexo A, apresenta-se uma descrição básica do método da resistividade eléctrica, descrevendo-se, sucintamente, alguns dispositivos tetraelectródicos utilizados, de entre os quais, aqueles empregues no presente trabalho, assim como a técnica para produção de uma tomografia de resistividade eléctrica, com recurso ao equipamento disponível no LNEC.

A água possui baixa resistividade (é um bom condutor da corrente eléctrica), enquanto que os hidrocarbonetos geralmente possuem uma resistividade muito superior à da água, possibilitando assim a sua identificação com os métodos geofísicos utilizados. No entanto, o processo de biodegradação das moléculas orgânicas dos hidrocarbonetos ao longo do tempo determina a produção de ácidos, conduzindo à diminuição da resistividade dos hidrocarbonetos. Em situações de presença simultânea de hidrocarbonetos totalmente biodegradados e de água subterrânea, e dado que aqueles ficam a flutuar nesta, dificilmente se identificam os hidrocarbonetos biodegradados com o método da resistividade eléctrica. Tendo em conta estes condicionalismos, e considerando que o presente estudo pretende contribuir para a avaliação da eventual contaminação das águas subterrâneas e dos solos por hidrocarbonetos, procurou-se identificar, nos modelos de resistividade obtidos, as zonas de baixa resistividade.

Para seleccionar os locais de implantação dos perfis no terreno, a sua orientação, a sua extensão, as distâncias dipolares a adoptar e os dispositivos a utilizar, teve-se em conta as direcções de fluxo subterrâneo e superficial, a localização dos principais focos de contaminação e a presença de falhas. À data da realização dos perfis desconhecia-se a localização exacta do *pipeline*. Assim, os perfis foram executados segundo alinhamentos entre antigos locais de instalação de depósitos e pontos referenciados pela população como associados a intervenções efectuadas no *pipeline*. Na Figura 2 apresenta-se uma composição fotográfica obtida a partir da Serra do Cume, onde se assinalam alguns

dos perfis executados e a posição, agora conhecida, do pipeline.

As distâncias dipolares utilizadas variaram entre 1,5 e 10 m, dependendo da profundidade que se pretendia atingir e da área disponível. Vários perfis foram realizados com recurso à técnica do avanço do perfil (Anexo A).

Os perfis foram executados com o equipamento *LUND IMAGING SYSTEM* da *ABEM*, constituído pelo módulo *LUND ES 464* e pelo resistivímetro *ABEM Terrameter SAS 4000* (Anexo A).

A inversão dos dados obtidos, ou seja, a obtenção dos modelos de resistividade eléctrica do terreno (tomografias de resistividade eléctrica ou tomografias geoeléctricas), foi efectuada com recurso ao programa de computador *Res2DInv*, versão 3.56.12, de M.H. Loke (1999). Estes modelos foram obtidos por inversão dos dados de campo, utilizando, no programa Res2DInv, para a necessária resolução do problema directo (obtenção da pseudo-secção de resistividade aparente calculada), o método dos elementos finitos. Nos resultados apresentados no Anexo B, figuram em cada página, do topo para a base, a pseudo-secção das resistividades aparentes medidas no campo e a pseudo-secção das resistividades aparentes calculadas a partir do Modelo de Resistividade (apresentado em baixo). Para a sua elaboração foi considerada a topografia, embora não seja apresentada nessas figuras, para facilitar a análise das espessuras. Os modelos constantes nas secções seguintes são apresentados com inclusão da topografia.

As coordenadas presentes no eixo horizontal dos modelos de resistividade eléctrica, correspondem à distância ao início do perfil, considerando sempre a visão do observador no sentido sul-norte, salvo indicação em contrário, em situações em que seja necessária outra orientação para facilitar a sua análise. A gama de resistividades é crescente das cores azuis para os encarnados, utilizando-se sempre a gama 10-1280 ohm.m, para permitir ter uma ideia da variação da resistividade em toda a área estudada. Em situações pontuais foram utilizadas outras escalas, que permitissem melhorar a leitura dos modelos obtidos.

Na Tabela 1 apresenta-se um resumo dos perfis executados, com a sua identificação, localização, tipo de dispositivo, distância dipolar e se foi, ou não, utilizada a técnica de avanço do perfil (*roll-along*) (ver Anexo A). Uma vez que, em alguns alinhamentos, foram utilizados ambos os dispositivos, acrescentou--se à identificação de cada perfil uma sigla para o tipo de dispositivo utilizado: W, para o dispositivo de Wenner; DD, para o dispositivo de dipolo-dipolo.



Figura 1 - Enquadramento dos locais onde foram executados os perfis de resistividade eléctrica.

Padrão IA Entre furos #2 T1302 e #3 T1303 W G 160 4 Não Padrão IB Entre furos #2 T1302 e #3 T1303 DD G 160 4 Não Padrão IC Entre furos #2 T1302 e #3 T1303 DD G +P 160 4 Não Padrão ID Entre furos #2 T1302 e #3 T1303 DD G+P 160 4 Não Padrão ID Intre furos #2 T1302 e #3 T1303 DD G+P 160 4 Não Padrão ID Intre furos #2 T1302 e #3 T1303 DD G+P 160 4 Não Padrão IA Invos parque do Aeroporto W 60 1.5 Não PRAW Tanques enterrados/Canada do Coxo W 300 5 Sim PRSW Cruz do pico - abaixo antigo tanque W 120 3 Não PRSW Cruz do pico - abaixo antigo tanque W 120 3 Não PRTW Cruz do pico - entre antigo tanque e furo Areeiro DD 605 Sim PRTOW Cruz do pico - entre antigo tanque e furo Areeiro <	Perfil #	Local	Dispositivo	Extensão (m)	DD (m)	roll-along
Padrão IB Entre furos #2 T1302 e #3 T1303 W G+P 160 4 Não Padrão ID Entre furos #2 T1302 e #3 T1303 DD G 160 4 Não Padrão ID Entre furos #2 T1302 e #3 T1303 DD G+P 160 4 Não Padrão II Novo parque do Aeroporto W 60 1.5 Não PR1W Tanques enterrados/Canada do Coxo W 495 5 Sim PR3W Abaixo tanques enterrados/Canada do Coxo W 495 5 Sim PR4W Tanque desmantelado en Maio 2009 - após furos W 100 2,5 Não PR5W Cruz do pico - abaixo antigo tanque W 120 3 Não PR6W Cruz do pico - ente antigo tanque W 120 3 Não PR8DD Cruz do pico - ente antigo tanque e furo Areeiro DD 400 10 Não PR10W Cruz do pico - ente antigo tanque e furo Areeiro DD 200 5 Não PR11W Fontinhas - Perpendicular à faha	Padrão IA	Entre furos #2 T1302 e #3 T1303	WG	160	4	Não
Padrão IC Entre furos #2 T1302 e #3 T1303 DD G 160 4 Não Padrão ID Entre furos #2 T1302 e #3 T1303 DD G+P 160 4 Não Padrão II Novo parque do Aeroporto W 60 1,5 Não PR1W Tanques enterrados/Canada do Coxo W 200 5 Não PR3W Abaixo tanques enterrados/Canada do Coxo W 350 5 Sim PR4W Tanque desmantelado em Maio 2009 - após furos W 100 2,5 Não PR5W Cruz do pico - abaixo antigo tanque W 120 3 Não PR6D Cruz do pico - ente antigo tanque e W 120 3 Não PR8DD Cruz do pico - entre antigo tanque e furo Areeiro DD 400 10 Não PR10W Cruz do pico - entre antigo tanque e furo Areeiro DD 200 5 Não PR14W Fontinhas - Perpendicular à falha DD 200 5 Não PR14W Bairro da Joaquina/Canada dos Bat	Padrão IB	Entre furos #2 T1302 e #3 T1303	W G+P	160	4	Não
Padrão ID Entre furos #2 T1302 e #3 T1303 DD G+P 160 4 Não Padrão II Novo parque do Aeroporto W 60 1,5 Não PR1W Tanques enterrados/Canada do Coxo W 200 5 Sim PR3W Abaixo tangues enterrados/Canada do Coxo W 495 5 Sim PR3W Tanque desmantelado en Maio 2009 - após furos W 100 2,5 Não PR6W Cruz do pico - abaixo antigo tanque W 120 3 Não PR6W Cruz do pico - abaixo antigo tanque W 120 3 Não PR8DD Cruz do pico - entre antigo tanque e furo Areeiro DD 635 5 Sim PR10W Cruz do pico - entre antigo tanque e furo Areeiro W 635 5 Sim PR11W Fontinhas - Perpendicular à faha DD 200 5 Não PR12W Fontinhas - acima furo Barteiro W 200 5 Não PR12W Fontinhas - Jerependicular à faha	Padrão IC	Entre furos #2 T1302 e #3 T1303	DD G	160	4	Não
Padrão IINovo parque do AeroportoW601.5NãoPR1WTanques enterrados / Canada do CoxoW4955SimPR3WAbaixo tanques enterrados/Canada do CoxoW3505SimPR4WTanque desmantelado em Maio 2009 - após furosW1002,5NãoPR5WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR6WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR6WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR8DDCruz do pico - ente antigo tanque e furo AreeiroDD40010NãoPR9DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR1DWFontinhas - Perpendicular à falhaW2005NãoPR12DDFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR20WPerpendicular à R. do AlecrimW1602Não <td>Padrão ID</td> <td>Entre furos #2 T1302 e #3 T1303</td> <td>DD G+P</td> <td>160</td> <td>4</td> <td>Não</td>	Padrão ID	Entre furos #2 T1302 e #3 T1303	DD G+P	160	4	Não
PR1WTanques enterrados no Pioo CeleiroW2005NãoPR2WAbaixo tanques enterrados/Canada do CoxoW3505SimPR4WTanque desmantelado em Maio 2009 - após furosW1002,5NãoPR5WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203SimPR6WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1503SimPR7WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR8DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD40010NãoPR8DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR1WCoruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroW2005NãoPR12DFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR13WFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR19WPerpendicular à A. 25 AbrilW1602 </td <td>Padrão II</td> <td>Novo parque do Aeroporto</td> <td>W</td> <td>60</td> <td>1,5</td> <td>Não</td>	Padrão II	Novo parque do Aeroporto	W	60	1,5	Não
PR2WAbaixo tanques enterrados/Canada do CoxoW4955SimPR3WAbaixo tanques enterrados/Canada do CoxoW3505SimPR4WTanque desmantelado em Maio 2009 - após furosW1002.5NãoPR5WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR6WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR7WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR8DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD40010NãoPR9DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR1DWCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD2005NãoPR12DDFontinhas - Perpendicular à falhaW2005NãoPR12DDFontinhas - acima furo BarreiroW2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR15WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR16WCanada Joaquin/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquin/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquin/Canada dos BatistasW1602NãoPR18WCanada Joaquin/Canada dos BatistasW1602NãoPR20WPerpendicular à Av. 25 AbrilW1602	PR1W	Tanques enterrados no Pico Celeiro	W	200	5	Não
PR3WAbaixo tanques enterrados/Canada do CoxoW3505SimPR4WTanque desmantelado em Maio 2009 - após furosW1002,5NãoPR5WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1503SimPR7WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR8DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD40010NãoPR9DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR10WCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR11WFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR13WFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR20WPerpendicular à R. do AlecrimW160 <td>PR2W</td> <td>Abaixo tanques enterrados/Canada do Coxo</td> <td>W</td> <td>495</td> <td>5</td> <td>Sim</td>	PR2W	Abaixo tanques enterrados/Canada do Coxo	W	495	5	Sim
PR4WTanque desmantelado em Maio 2009 - após furosW1002,5NãoPR5WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR6WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR7WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR8DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD40010NãoPR9DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR11WFontinhas - Perpendicular à falhaW2005NãoPR12DDFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR12DDFontinhas - acima furo BarreiroW2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR20WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20W <td< td=""><td>PR3W</td><td>Abaixo tanques enterrados/Canada do Coxo</td><td>W</td><td>350</td><td>5</td><td>Sim</td></td<>	PR3W	Abaixo tanques enterrados/Canada do Coxo	W	350	5	Sim
PRSWCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR6WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1503SimPR7WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR8DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD40010NãoPR9DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR10WCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR11WFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR12DDFontinhas - acima furo BarreiroW2005NãoPR13WFontinhas - acima furo BarreiroW2002NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR20WPerpendicular à A. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à A. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à A. v. 25 AbrilW1602NãoPR23WPier 7W802NãoPR23WPR24WPier 7<	PR4W	Tanque desmantelado em Maio 2009 - após furos	W	100	2,5	Não
PR6WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1503SimPR7WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR8DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD40010NãoPR9DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR10WCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroW6355SimPR11WFontinhas - Perpendicular à falhaW2005NãoPR12DDFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR15WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002NãoPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR21WAeroporto - saida águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR22WPier 7W802NãoPR23WPR23WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR26WPosto 1W2005NãoPR24WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR23WSul pista-dentro red	PR5W	Cruz do pico - abaixo antigo tanque	W	120	3	Não
PR7WCruz do pico - abaixo antigo tanqueW1203NãoPR8DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD40010NãoPR9DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR10WCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroW6355SimPR11WFontinhas - Perpendicular à falhaW2005NãoPR12DDFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR13WFontinhas - acima furo BarreiroW2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR19WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à N. 25 AbrilW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR23WPier 7- a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2804SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW<	PR6W	Cruz do pico - abaixo antigo tanque	W	150	3	Sim
PR8DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD40010NãoPR9DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR10WCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroW6355SimPR11WFontinhas - Perpendicular à falhaW2005NãoPR13DFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR13WFontinhas - acima furo BarreiroW2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquima/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquima/Canada dos BatistasW1602NãoPR20WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR21WAeroporto - saida águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR23WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2804SimPR26WPosto 1W2804SimPR26WPosto 1W2005NãoPR26WSul pista-dentro redeWG+P<	PR7W	Cruz do pico - abaixo antigo tanque	W	120	3	Não
PR9DDCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroDD6355SimPR10WCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroW6355SimPR11WFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR12DDFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR13WFontinhas - acima furo BarreiroW2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002NãoPR19WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR22WPier 7W802SimPR24WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR24WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2005SimPR26WPosto 1W2005<	PR8DD	Cruz do pico - entre antigo tanque e furo Areeiro	DD	400	10	Não
PR10WCruz do pico - entre antigo tanque e furo AreeiroW6355SimPR11WFontinhas - Perpendicular à falhaW2005NãoPR12DDFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR13WFontinhas - acima furo BarreiroW2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR18WCanada Joaquima/Ganada dos BatistasW1602NãoPR18WCanada Joaquima/Ganada dos BatistasW1602NãoPR20WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR22WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2722SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR28WSul pista-dentro redeW G+P4005 <td>PR9DD</td> <td>Cruz do pico - entre antigo tanque e furo Areeiro</td> <td>DD</td> <td>635</td> <td>5</td> <td>Sim</td>	PR9DD	Cruz do pico - entre antigo tanque e furo Areeiro	DD	635	5	Sim
PR11WFontinhas - Perpendicular à falhaW2005NãoPR12DDFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR13WFontinhas - acima furo BarreiroW2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR15WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquima/Canada dos BatistasW1602NãoPR19WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à Av. 25 AbrilW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR22WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2804SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul Jesta-dentro redeW G+P40010NãoPR28WSul Jesta-dentro redeW G+P40010NãoPR28WSul Jesta-dentro redeW G+P4005Sim<	PR10W	Cruz do pico - entre antigo tanque e furo Areeiro	W	635	5	Sim
PR12DDFontinhas - Perpendicular à falhaDD2005NãoPR13WFontinhas - acima furo BarreiroW2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR15WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquima/Canada dos BatistasW2002NãoPR19WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à Av. 25 AbrilW1602NãoPR22WPier 7W802NãoPR22WPier 7W802SimPR22WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2804SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW4005SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005<	PR11W	Fontinhas - Perpendicular à falha	W	200	5	Não
PR13WFontinhas - acima furo BarreiroW2005NãoPR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR15WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquim/SargentoW1602NãoPR19WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à Av. 25 AbrilW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR23WPier 7A m. para Oeste do PR22WW1002SimPR23WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW4005NãoPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR30DJuncalDD2005NãoPR33DDJuncalDD2005NãoPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR12DD	Fontinhas - Perpendicular à falha	DD	200	5	Não
PR14WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR15WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquim/Canada dos BatistasW2002NãoPR18WCanada Joaquim/SargentoW1602NãoPR19WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à Av. 25 AbrilW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR22WPier 7a T m, para Oeste do PR22WW1002SimPR23WPier 7 - a 1 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR26WPosto 1W2804SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW4005NãoPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR32WJuncalDD2005NãoPR32DJuncalDD2005NãoPR32DJuncalDD2005Não<	PR13W	Fontinhas - acima furo Barreiro	W	200	5	Não
PR15WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW1602NãoPR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquin SargentoW1602NãoPR19WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à Av. 25 AbrilW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR22WPier 7W802NãoPR23WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2722SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW5202SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR32WJuncalW2005NãoPR32WJuncalDD2005NãoPR32DJuncalDD2005NãoPR32DParque combustíveisDD38010Não	PR14W	Bairro da Joaquina/Canada dos Batistas	W	160	2	Não
PR16WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquim SargentoW1602NãoPR19WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à Av. 25 AbrilW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR23WPier 7Aeroporto - saída coste do PR22WW1002SimPR23WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR24WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2804SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW2005NãoPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR32WJuncalDD2005NãoPR32DDJuncalDD2005NãoPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR15W	Bairro da Joaquina/Canada dos Batistas	W	160	2	Não
PR17WBairro da Joaquina/Canada dos BatistasW2002SimPR18WCanada Joaquim SargentoW1602NãoPR19WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à Av. 25 AbrilW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR22WPier 7W802NãoPR23WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR24WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2722SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeWG+P40010NãoPR29WSul Aeroporto-estrada 2-2W5202SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR32WJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR16W	Bairro da Joaquina/Canada dos Batistas	W	200	2	Sim
PR18WCanada Joaquim SargentoW1602NãoPR19WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à Av. 25 AbrilW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR22WPier 7W802NãoPR23WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR24WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2722SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR33DDJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR17W	Bairro da Joaquina/Canada dos Batistas	W	200	2	Sim
PR19WPerpendicular à R. do AlecrimW1602NãoPR20WPerpendicular à Av. 25 AbrilW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR22WPier 7W802NãoPR23WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR24WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2722SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR33DDJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR18W	Canada Joaquim Sargento	W	160	2	Não
PR20WPerpendicular à Av. 25 AbrilW1602NãoPR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR22WPier 7W802NãoPR23WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR24WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2722SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR29WSul Aeroporto-estrada 2-2W5202SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR33DDJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR19W	Perpendicular à R. do Alecrim	W	160	2	Não
PR21WAeroporto - saída águas pluviais a N da BaseW1405NãoPR22WPier 7W802NãoPR23WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR24WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2722SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR29WSul Aeroporto-estrada 2-2W5202SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR33DDJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR20W	Perpendicular à Av. 25 Abril	W	160	2	Não
PR22WPier 7W802NãoPR23WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR24WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2722SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR29WSul Aeroporto-estrada 2-2W5202SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR33DDJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR21W	Aeroporto - saída águas pluviais a N da Base	W	140	5	Não
PR23WPier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR24WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2722SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR29WSul Aeroporto-estrada 2-2W5202SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR33DDJuncalW2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR22W	Pier 7	W	80	2	Não
PR24WPier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22WW1002SimPR25WPosto 1W2722SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR29WSul Aeroporto-estrada 2-2W5202SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR32WJuncalW2005NãoPR33DDJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR23W	Pier 7 - a 7 m, para Oeste do PR22W	W	100	2	Sim
PR25WPosto 1W2722SimPR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR29WSul Aeroporto-estrada 2-2W5202SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR32WJuncalW2005NãoPR33DDJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR24W	Pier 7 - a 14 m, para Oeste do PR22W	W	100	2	Sim
PR26WPosto 1W2804SimPR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR29WSul Aeroporto-estrada 2-2W5202SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR32WJuncalW2005NãoPR33DDJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR25W	Posto 1	W	272	2	Sim
PR27WSul pista-dentro redeW4005SimPR28WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR29WSul Aeroporto-estrada 2-2W5202SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR32WJuncalW2005NãoPR33DDJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR26W	Posto 1	W	280	4	Sim
PR28WSul pista-dentro redeW G+P40010NãoPR29WSul Aeroporto-estrada 2-2W5202SimPR30WA 25 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR31WA 100 m, para sul, do PR30WW2005NãoPR32WJuncalW2005NãoPR33DDJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR27W	Sul pista-dentro rede	W	400	5	Sim
PR29W Sul Aeroporto-estrada 2-2 W 520 2 Sim PR30W A 25 m, para sul, do PR30W W 200 5 Não PR31W A 100 m, para sul, do PR30W W 200 5 Não PR32W Juncal W 200 5 Não PR33DD Juncal DD 200 5 Não PR34W Parque combustíveis W 380 5 Sim PR35DD Parque combustíveis DD 380 10 Não	PR28W	Sul pista-dentro rede	W G+P	400	10	Não
PR30W A 25 m, para sul, do PR30W W 200 5 Não PR31W A 100 m, para sul, do PR30W W 200 5 Não PR32W Juncal W 200 5 Não PR33DD Juncal DD 200 5 Não PR34W Parque combustíveis W 380 5 Sim PR35DD Parque combustíveis DD 380 10 Não	PR29W	Sul Aeroporto-estrada 2-2	W	520	2	Sim
PR31W A 100 m, para sul, do PR30W W 200 5 Não PR32W Juncal W 200 5 Não PR33DD Juncal DD 200 5 Não PR34W Parque combustíveis W 380 5 Sim PR35DD Parque combustíveis DD 380 10 Não	PR30W	A 25 m, para sul, do PR 30W	W	200	5	Não
PR32W Juncal W 200 5 Não PR33DD Juncal DD 200 5 Não PR34W Parque combustíveis W 380 5 Sim PR35DD Parque combustíveis DD 380 10 Não	PR31W	A 100 m, para sul, do PR30W	W	200	5	Não
PR33DDJuncalDD2005NãoPR34WParque combustíveisW3805SimPR35DDParque combustíveisDD38010Não	PR32W	Juncal	W	200	5	Não
PR34W Parque combustíveis W 380 5 Sim PR35DD Parque combustíveis DD 380 10 Não	PR33DD	Juncal	DD	200	5	Não
PR35DD Parque combustíveis DD 380 10 Não	PR34W	Parque combustíveis	W	380	5	Sim
	PR35DD	Parque combustíveis	DD	380	10	Não

Tabela 1 - Identificação dos perfis executados, dispositivos e distâncias dipolares (DD) utilizados e respectivo comprimento total (G, significa dispositivo grande, e P, dispositivo pequeno).



Figura 2 – Percurso do "Cinder Pit pipeline" entre Cruz do Pico e a Base e localização dos perfis executados na sua proximidade.

3 Enquadramento geológico

A Ilha Terceira é uma ilha vulcânica recente, constituída por quatro complexos principais, ou seja, de W para E (Zbyszewski et al., 1971):

- (1) Serra de Santa Bárbara;
- (2) Maciço da serra do Morião;
- (3) Maciço do Pico Alto;
- (4) Complexo desmantelado da serra do Cume e da serra da Ribeirinha, separadas pela caldeira dos Cinco Picos.

A região das Lajes situa-se no sector leste do maciço dos Cinco Picos e foi formada pela actividade deste centro vulcânico, considerado o mais antigo da ilha, em conjugação com a actividade tectónica associada à Dorsal da Terceira, de orientação aproximada NW-SE. Esta actividade tectónica deu origem à depressão em degraus do *graben* das Lajes, com uma zona central mais deprimida, e à maior parte da sua fracturação. A fracturação dominante é, assim, NW-SE (Zbyszewski et al., 1971), com fracturação secundária E-W, de que os principais exemplos são as falhas delimitadoras do *graben*: a falha de Santiago e a falha das Fontinhas. Além dos sistemas de descontinuidades referidos, ocorre ainda fracturação associada à evolução do aparelho vulcânico dos Cinco Picos. Da interacção dos aspectos anteriores resulta uma geologia local complexa, controlada por um intrincado sistema de falhas que definem numerosos compartimentos, que se admite poderem controlar o funcionamento hidrogeológico da região.

A actividade vulcânica do Maciço dos Cinco Picos deu origem à sucessão de formações rochosas que constitui os terrenos da região das Lajes. Esta sucessão, desde as formações mais antigas até às mais recentes, é a seguinte (Rodrigues, 1993, 2002):

Formação Traquibasáltica dos Cinco Picos – constitui a base conhecida do graben das Lajes e formou-se pelas emissões de um antigo aparelho vulcânico, antes do seu colapso e formação da caldeira dos Cinco Picos. Inclui escoadas de lavas e piroclastos. As escoadas de piroclastos são, no essencial, basálticas, formadas por bombas, *lapilli* e, junto aos centros de emissão, escórias; tipicamente têm espessuras muito inferiores às escoadas lávicas, intercalando-se entre estas; estão, em regra, muito alteradas e compactadas pelo peso das formações sobrejacentes e os seus topos tendem a estar "cozidos" na zona de contacto directo com as lavas. As lavas, essencialmente traquibasálticas, costumam possuir níveis de escórias de base (que podem ir até 10% da espessura total do derrame) e podem por vezes ser muito vacuolares. Apresentam também uma grande densidade de fracturação, em especial nas escoadas mais espessas. Intercalados entre as escoadas surgem por vezes paleossolos (no geral piroclastos muito alterados e que assinalam a formação de solos durante os períodos de dormência vulcânica). Apresentam variável grau de alteração térmica e são níveis geralmente finos, mas podem ter apreciáveis extensões em área.

- Formações Basálticas Inferiores da Terceira engloba lavas basálticas e depósitos piroclásticos emitidos pelos cones vulcânicos dos flancos dos vulcões de Guilherme Moniz e Cinco Picos. Os piroclastos são depósitos de queda (bombas, *lapilli* e, nas proximidades dos centros emissores, escórias), sendo uma componente subordinada destas formações.
- Formação Ignimbrítica das Lajes constituída por ignimbritos de tendência traquítica, emitidos do aparelho vulcânico do Pico Alto, formados por depósitos de vidro vulcânico negro, com abundantes inclusões líticas de traquitos e basaltos. Apresentam um zonamento, tanto na vertical como em área, da granulometria e grau de soldadura dos clastos das escoadas: (1) a dimensão tende a diminuir em direcção ao topo e em direcção às zonas mais distantes das escoadas, (2) a soldadura é geralmente elevada na base, reduzindo-se progressivamente em direcção ao topo da escoada. As zonas superiores são, no geral, moderadamente compactadas, por vezes com indícios de meteorização.
- Formações Basálticas Superiores da Terceira constituídas por basaltos, associados a piroclastos (bombas, *lapilli* e escórias) expelidos pelas estruturas vulcânicas de Pico Celeiro e Algar do Carvão. As escoadas de lavas são, em regra, pouco espessas, muito fluidas e muito vacuolares, geralmente com níveis escoriáceos, sobretudo na base, e com uma densidade de fracturação elevada. Nas zonas de maior declive têm significativas cavidades e tubos de lava. Os piroclastos afloram intercalados entre lavas ou formam cones vulcânicos. Têm geralmente reduzida continuidade espacial e a percentagem de vazios entre os clastos é elevada, devido à reduzida alteração e compactação das escoadas.
- Formações sedimentares representadas por dunas, areias de praia, cascalheiras e acumulações de materiais piroclásticos alterados. As areias de praia e dunas surgem na região de Praia da Vitória. Nas escarpas de falha, em particular nas Fontinhas e em Santiago, há depósitos de piroclastos alterados e de cascalheiras.

4 Resultados obtidos

Dado o elevado número de perfis realizados, a sua dispersão espacial e os diferentes objectivos que se pretenderam atingir, os resultados, que a seguir se apresentam, são agrupados por locais.

4.1 Perfis de referência

Num local onde não seria possível ocorrer contaminação por hidrocarbonetos, executou-se um conjunto de perfis de resistividade para conhecer os valores de resistividade eléctrica expectáveis para o tipo de terreno presente. Procurou-se ainda avaliar qual o dispositivo mais adequado para aplicar no estudo e se seria necessário, ou não, apertar a malha de pontos de leitura mais à superfície. Os perfis, foram assim executados com os dispositivos de Wenner e de dipolo-dipolo, utilizando, com ambos, quer os dispositivos grandes, quer os dispositivos pequenos (Anexo A). Designou-se este alinhamento por *Padrão I* (Figuras 4 e 5).



Figura 4 - Foto dos trabalhos no local do perfil *Padrão I*, situado entre os furos de abastecimento da Base Aérea denominados por #2 T-1302 e #3 T-1303 (localizados entre as povoações Lajes e Fontinhas).

Face aos resultados obtidos, e pesando o pequeno acréscimo de informação adquirida com o dispositivo de dipolo-dipolo face ao de Wenner, assim como os menores erros de leitura deste face àquele, optou-se por executar o estudo com o dispositivo de Wenner. Decidiu-se, ainda, utilizar apenas o dispositivo grande na maior parte dos casos, por se constatar que, no caso presente, não havia um significativo incremento de informação nos modelos, realizando o dispositivo pequeno em complemento do grande, com o inconveniente de se aumentar em cerca de 50 % o tempo necessário para a sua execução.

Considerando que o dispositivo de Wenner não responde tão bem a variações laterais da resistividade eléctrica quanto o de dipolo-dipolo, reservou-se este último para o estudo de zonas de falha.



Figura 5 – Modelos de resistividade eléctrica obtidos para o perfil Padrão I.

A) - dispositivo de Wenner (grande);
 B) – dispositivo de Wenner (grande e pequeno);
 C) dispositivo dipolo-dipolo (grande e pequeno);
 C) dispositivo dipolo-dipolo (grande e pequeno).

Junto à rotunda do Aeroporto das Lajes foi efectuada uma escavação, deixando visível um corte geológico. Aproveitou-se este facto para aí realizar mais um perfil de referência (Perfil *Padrão II*) (Figura 6).

Mediu-se no local, em três pontos, a espessura dos ignimbritos (material acastanhado na Figura 6). A comparação dos valores medidos, com aqueles obtidos no modelo para a camada de baixa resistividade (ρ < 80 ohm.m), permite constatar a existência de um bom ajuste entre os dois. A camada de resistividades mais elevadas (ρ > 80 ohm.m) corresponde às lavas (material acinzentado na Figura 6). As variações laterais de resistividade, que ocorrem nesta última camada, correspondem a zonas mais fracturadas (80 ohm.m < ρ < 240 ohm.m), na parte central do perfil e a zonas de rocha mais compacta (ρ > 240 ohm.m) nas suas extremidades.

Estes resultados ajudaram a calibrar e a interpretar os restantes modelos geoeléctricos face à geologia complexa presente no local.



Figura 6 – Modelo de resistividade eléctrica obtido para o perfil Padrão II. As setas indicam o extremo E do perfil.

4.2 Falha das Fontinhas/furo Fontinhas-Barreiro

Com o objectivo de se estudar o acidente geológico correspondente à denominada falha das Fontinhas e a eventual existência de uma pluma contaminante que atingisse o furo Fontinhas-Barreiro, procurou--se um alinhamento que fosse transversal a esta falha. O único alinhamento disponível correspondia a um antigo caminho de acesso a alguns terrenos agrícolas, situados em Acima do Cabouco. Contudo, a presença de inúmeras árvores caídas e de arvoredo denso na zona mais íngreme do caminho (Figura 7), que corresponderá à zona de rejeito da falha, inviabilizou a intersecção da mesma. O extremo SW dos perfis *PR11W* e *PR12DD* foi instalado junto a esta obstrução, para procurar obter o máximo de informação possível sobre este acidente geológico. Próximo do furo Fontinhas-Barreiro executou-se o perfil *PR13W* em posição paralela à falha, para procurar localizar uma eventual contaminação proveniente do *pipeline* dos Cinco Picos. Apresentam-se nas Figuras 10 e 11 os modelos de resistividade obtidos nestes perfis, salientando-se o seu baixo erro RMS.



Figura 7 - *Esquerda* – vista do caminho onde foram executados os perfis *PR11W* e *PR12DD* (a seta assinala o centro dos perfis). *Direita* – vista da zona densamente arborizada do topo *SW* dos perfis.



Figura 8 – Vista da metade NW do perfil PR13W.



Figura 9 – Imagem do Google abarcando apenas os perfis executados entre o Pico Celeiro e a Av. 25 de Abril.



Figura 10 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis PR11W (topo) e PR12DD (baixo).



Figura 11 - Modelo de resistividade obtido para o perfil PR13W.

Em termos geológicos, estes perfis foram executados em local de afloramento dos traquibasaltos dos Cinco Picos. Do ponto de vista geofísico, os modelos obtidos caracterizam-se por uma gama de resistividades reduzida, sensivelmente entre 40 e 320 ohm.m. Estes valores são interpretados como não sendo indicadores de terrenos contaminados, contrariamente ao que era expectável. A sua constituição geológica, sendo diferente da do perfil *Padrão II*, traduz-se, em termos geoeléctricos, por terrenos superficiais mais resistivos, o que leva a inferir que, em princípio, estaremos perante solos com menor teor em argila.

4.3 Local de antigo depósito Cinder Pit, no Pico Celeiro

Neste local, dada a presença de um dos potenciais focos de contaminação, os depósitos *Cinder Pit,* suspeitava-se que o subsolo estivesse contaminado. Após o desmantelamento recente dos depósitos, permaneceram as estruturas de betão, que constituíam a base do local e bacia de retenção de eventuais derrames de combustível devido a fuga ou a destruição dos depósitos.

Executou-se um perfil com o dispositivo de Wenner ao longo de uma junta de dilatação entre as lajes

LNEC – Proc. 0607/1/17171 Proc. Int. 504/541/1279 que constituíam a base desta bacia de retenção (Figura 12). Após uma primeira tentativa, infrutífera, em que se instalaram os eléctrodos na junta de dilatação, a Câmara Municipal de Praia da Vitória procedeu à abertura de pequenos buracos nas lajes, para se conseguir instalar os eléctrodos em contacto com o solo (Figura 12). Os erros de leitura associados foram assim reduzidos, perdendo-se poucos dados.

Apresenta-se, na Figura 13, o modelo de resistividade resultante, que teve um erro elevado face àqueles que se obtiveram na generalidade dos perfis realizados neste trabalho. Este erro tem como origem o facto de a corrente eléctrica, ao procurar um percurso que ofereça a menor resistência à sua transmissão, ter circulado essencialmente através das armaduras metálicas das estruturas de betão. Este facto pode ser indicativo de um terreno extremamente seco e, possivelmente, caso haja contaminação, esta seja de tal ordem que, no meio geológico em questão, muito resistivo (*cf.* secção seguinte), não consegue fazer sobrepor a sua capacidade de condução da corrente eléctrica à da estrutura de betão. Salienta-se que a transmissão da corrente eléctrica nos terrenos depende do teor em água destes e da presença de argila.



Figura 12 - *Esquerda* – vista da metade *SO* do perfil *PR4W*. *Direita* – pormenor da instalação de um eléctrodo no buraco aberto na junta entre duas lajes de betão armado, sendo visível o ferro da armadura.

Da observação do modelo de resistividade obtido ressalta, desde logo, uma estrutura de baixa resistividade, fora do comum e que se repete regularmente. A marcação dos pontos onde se encontram as juntas de dilatação entre as placas, constituídas por material isolante (à base de borracha), evidencia o que foi referido atrás: as formas regulares, de baixa resistividade, são as lajes de betão armado.



Figura 13 - Modelo de resistividade obtido para o perfil *PR4W*. Os traços verticais indicam a posição das juntas de dilatação entre as lajes de betão armado.

4.4 Tanques enterrados no Pico Celeiro/Canada do Coxo

Outro foco de potencial contaminação dos solos e, consequentemente, das águas subterrâneas é um local situado no Pico Celeiro, onde se encontram enterrados vários conjuntos de tanques. Apresenta--se, na Figura 14, um enquadramento dos perfis, dos tanques enterrados e de uma antiga exploração dos Basaltos Superiores de Pico Celeiro (bagacina), na Figura 15, o modelo de resistividade do perfil *PR1W* e, na Figura 17, este mesmo perfil enquadrado com os restantes perfis executados neste local.



Figura 14 - Vista do Pico Celeiro a partir da Serra de Santiago, com identificação dos perfis realizados neste local, assim como da sua posição relativa face aos depósitos identificáveis e à antiga exploração dos Basaltos Superiores de Pico Celeiro (bagacina). As elipses a azul delimitam zonas de baixa resistividade identificadas nos perfis.



Figura 15 – Modelo de resistividade obtido para o perfil *PR1W*. Assinalam-se a posição das coberturas dos tanques e das chaminés, existentes em cada patamar de depósitos (duas de cada lado da estrada em cada local (ver Figura 16)).



Figura 16 – Perfil *PR1W*. *Esquerda* - vista do perfil a partir do seu extremo NW – Direita – vista da secção situada entre os pontos 145 e 180.

O modelo de resistividade obtido para o perfil *PR1W* apresenta um erro elevado, devido, não apenas ao facto de aqui o subsolo não apresentar uma estrutura bidimensional, por via da presença dos depósitos enterrados, que deverão encontrar-se parcialmente debaixo do perfil e para Oeste deste, criando um significativo efeito tridimensional, como também por existirem gradientes muito fortes, com rápidas transições de baixas para altas resistividades e vice-versa. Contudo, são identificáveis três regiões de muito baixa resistividade, duas delas estendendo-se em profundidade, nos locais onde se situam os depósitos, e, a terceira, suspensa a cerca de 3 m da superfície e com cerca de 5 m de espessura. Considera-se que estas baixas resistividades serão devidas à presença de hidrocarbonetos, já biodegradados e misturados com água. Dada a posição elevada deste local, face aos terrenos situados no topo da Canada do Coxo, é provável que a zona de baixa resistividade, identificável no extremo Noroeste do modelo obtido para o perfil *PR2W* e centrada a cerca de 20 m de profundidade, se encontre relacionada com uma pluma de contaminação proveniente deste local.

No perfil *PR2W*, no local onde ocorre o afloramento de Traquibasaltos dos Cinco Picos, é identificável uma outra região de baixa resistividade, que se encontra no alinhamento entre um dos conjuntos de

depósitos enterrados a cota superior à do perfil e uma anomalia de muito baixa resistividade no perfil *PR3W*, centrada cerca da coordenada 150 m deste último e a cerca de 30 m de profundidade. Neste último perfil, e à medida que nos aproximamos da superfície, a resistividade vai aumentando gradualmente, mas permanecendo com valores baixos. A superfície do terreno neste perfil encontra-se sensivelmente à mesma cota da região de baixa resistividade que surge no perfil *PR2W*. Perante estes elementos, considera-se que a baixa resistividade desta zona será devida a alguma água retida nos traquibasaltos, com eventual contaminação na zona mais baixa (a cotas inferiores a 105 m). Para facilitar a análise de conjunto, juntamente com a localização dos depósitos, assinalaram-se com elipses azuis, na Figura 14, as zonas de baixa resistividade identificadas nestes três perfis.

O extremo Sudoeste do perfil *PR2W* terminou no limite do corte da exploração de bagacina. Este material prolongar-se-á para Oeste até, pelo menos, às coordenadas 160 m dos perfis *PR2W* e *PR3W e*, para Sul e Sudeste, dado que, nos perfis executados a cerca de 500 m destes, em Cruz do Pico, e que se apresentam na secção seguinte, também ocorrem resistividades elevadas e numa extensão apreciável. A elevada porosidade dos piroclastos pertencentes à formação dos Basaltos Superiores de Pico Celeiro será a responsável pelas elevadas resistividades deste material (> 4.000 ohm.m).



Figura 17 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis *PR1W* (**A**), *PR2W* (**B**) e *PR3W* (**C**), dispostos nas suas posições relativas e em cotas descendentes de **A** para **C**.

4.5 Cruz do Pico/furo Areeiro

Apresentam-se, na Figura 18, o enquadramento dos seis perfis executados neste local, na Figura 19, os perfis executados na direcção NW-SE, na Figura 20, os perfis de menores dimensões executados no extremo SE dos anteriores e, na Figura 21, uma composição destes últimos com o perfil *PR10W*, com uma escala gráfica diferente, para melhor leitura dos resultados.







Figura 19 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis PR8DD, PR9DD e PR10W.



Figura 20 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis *PR5W*, *PR6W* e *PR7W*, dispostos nas suas posições relativas e em cotas descendentes de **A** para **C**.

A análise dos modelos de resistividade obtidos para os perfis executados neste local, permite evidenciar dois aspectos: (1) uma grande área de elevada resistividade, que se prolonga até cerca de 20 m de profundidade a cotas mais elevadas, onde também é mais contínua lateralmente e (2) a ocorrência de duas estruturas verticais intersectadas pelos perfis *PR9DD* e *PR10W*, nas coordenadas 40 m e 280 m, sendo que esta última ainda é cruzada pelo extremo NW do perfil *PR8DD*. A zona de elevada resistividade corresponderá aos Basaltos Superiores de Pico Celeiro, enquanto que as estruturas verticais de baixa resistividade deverão corresponder a descontinuidades geológicas, especialmente devido ao facto de a sua forma alongada e vertical surgir igualmente bem marcada com o dispositivo de Wenner. No local correspondente à coordenada 280 m, onde ocorre uma anomalia de baixa resistividade, existe a coincidência de o perfil cruzar o *pipeline* e de aí se encontrar cartografada uma falha. A conjugação da ocorrência de uma falha, que facilita a infiltração da água, com a presença do *pipeline* poderá ser a razão da origem de uma resistividade tão baixa (<10 ohm.m) neste local.

De acordo com os elementos disponibilizados pela Base Aérea das Lajes, o perfil *PR5W* cruza o *pipeline* cerca da coordenada 72 m. Tendo em conta o valor elevado da resistividade do meio envolvente, considera-se que a anomalia de relativa baixa resistividade presente neste ponto corresponderá a uma contaminação proveniente do *pipeline*.

O nível subjacente aos Basaltos Superiores de Pico Celeiro, onde a resistividade eléctrica tem valores na ordem das centenas de ohm.m, deverá corresponder aos Traquibasaltos dos Cinco Picos.



Figura 21 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis *PR5W* (**A**), *PR6W* (**B**), *PR7W* (**C**) e PR10W (**D**) com escala gráfica diferente daquela apresentada nas figuras anteriores. As setas a traço cheio indicam os pontos onde os perfis *PR6W* e *PR7W* se cruzam com o perfil *PR10W*. O extremo SW do perfil *PR5W* encontra-se a W e a N do extremo SW do perfil *PR10W*, e a uma cota superior.

4.6 Canada dos Batistas/Av. 25 de Abril

Entre o local, na Canada dos Batistas, onde existiram dois depósitos de combustível cilíndricos (Figura 22) e a Av. 25 de Abril executaram-se sete perfis (Figura 23) procurando seguir o *pipeline*, de acordo

com as informações existentes sobre a sua possível localização. No local do perfil *PR18W*, o proprietário de um dos terrenos atravessados pelo perfil informou que uma laje de betão, com cerca de 4 m x 4 m, era a tampa de uma caixa de válvulas com cerca de 2 m de altura que, quando da sua abertura para o estudo realizado pela Base Aérea, continha uma mistura de água com combustível.



Figura 22 - Perfil *PR14W* – vista norte-sul.



Figura 23 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis 20 a 14 (de cima para baixo e no sentido Av. 25 de Abril - Canada dos Batistas). A seta indica o ponto estimado de intersecção com o *pipeline*. No perfil *PR18W* indica-se a posição de uma caixa de válvulas. No perfil *PR14W* assinala-se a posição aproximada dos tanques, de acordo com a planta existente.



Figura 24 - Esquerda – vista da metade NE do perfil PR18W. Direita – vista do perfil PR19W (sentido SW-NE). Da análise aos modelos de resistividade obtidos para os perfis *PR14W* a *PR20W* destacam-se dois factos: (1) a baixa resistividade em toda esta área, pontualmente com algumas zonas de mais elevada resistividade nos perfis executados a cotas mais elevadas e (2) a presença de uma anomalia de baixa resistividade no local em que cada perfil intersecta o *pipeline*.

No perfil executado no local dos antigos depósitos, *PR14W*, ocorrem anomalias de baixa resistividade com alguma extensão lateral e confinadas na sua base, a cerca de 10 m de profundidade, e que poderão corresponder a uma zona de terreno com algum grau de contaminação. Aparentemente, existirá um nível subjacente que funcionará como barreira à difusão em profundidade, especialmente no sector NW do perfil, porquanto a parte central do mesmo possui baixa resistividade até à profundidade máxima de investigação, pelo que aí não existirá essa barreira.

A presença em todos os perfis, precisamente onde estes cruzam o *pipeline*, de uma anomalia de baixa resistividade, aponta para a existência de alguma contaminação proveniente deste.

A área abrangida por estes perfis corresponde a uma região de afloramento dos Traquibasaltos dos Cinco Picos, com o extremo SW do perfil *PR19W* a intersectar uma pequena secção de ignimbritos das Lajes.

4.7 Posto 1/Pista/Sul Aeroporto

Desde há muitos anos, que há depósitos de combustível na entrada principal da Base Aérea (Posto 1) (Figura 25), tendo existido um segundo conjunto de depósitos, até há pouco tempo, na actual zona ajardinada contígua ao parque de estacionamento (Figura 26). Nesta área, a Base Aérea efectuou, recentemente, um estudo envolvendo prospecção geoeléctrica e sondagens. Para obter um termo de comparação entre os resultados agora obtidos, no exterior da Base, e aqueles obtidos nesse estudo,
no seu interior, utilizou-se o alinhamento mais a Sul então executado, aproveitando as perfurações na estrada e na pista efectuadas para instalação dos eléctrodos. Para além deste alinhamento, foi ainda utilizado um outro, a 25,5 m deste e mais próximo da vedação da Base Aérea (Figura 27). Em cada alinhamento foram executados dois perfis, todos com recurso ao dispositivo de Wenner. Utilizaram-se distâncias dipolares de 2 e 4 m, no primeiro alinhamento e, de 5 e 10 m, no segundo, sendo que, neste último caso, utilizou-se o dispositivo pequeno, para melhorar a resolução na parte central do perfil.

Para além destes quatro perfis, foram ainda realizados mais três perfis a SE da pista, na berma SE da estrada 2-2 e no terreno contíguo a esta.



Figura 25 – Fotos documentando a existência de depósitos cilíndricos de combustível no Posto 1. *Esquerda* - foto antiga existente num café em Praia da Vitória. *Direita* - foto actual.



Figura 26 - Vista aérea do extremo SE da pista e da zona do Posto 1. As elipses assinalam os conjuntos de depósitos aí existentes à data da fotografia aérea (imagem cedida pela Força Aérea Portuguesa).



Figura 27 - Esquerda - Perfis PR25W e PR26W. Direita – Perfis PR27W e PR28W.



Figura 28– Imagem do Google enquadrando os perfis executados na zona do posto 1 e do Juncal. A elipse a encarnado assinala os pontos dos perfis *PR29W*, *PR30W* e *PR31W* onde ocorre uma anomalia de elevada resistividade. As elipses a azul assinalam as áreas onde ocorrem anomalias de muito baixa resistividade nos perfis *PR25W*, *PR26W*, *PR27W*, *PR28W* e *PR29W*.

Apresentam-se, na Figura 29, os modelos obtidos para os perfis *PR25W* a *PR31W*. Dada a presença de zonas de muito baixa resistividade nos perfis *PR25W*, *PR26W*, *PR27W* e *PR28W*, que não ficam bem visíveis com a escala de resistividades utilizada, produziu-se uma segunda figura com outra escala para clarificar a leitura destas zonas (Figura 30).

Da análise aos modelos de resistividade eléctrica obtidos para os perfis executados neste local, destacam-se a presença de uma região de altas resistividades cerca da coordenada 80 m dos perfis *PR29W*, *PR30W* e *PR31W* e várias anomalias de muito baixa resistividade nos perfis *PR25W*, *PR26W*, *PR27W* e *PR28W*.



Figura 29 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis *PR25W* a *PR31W*, dispostos de acordo com a sua posição relativa.



Figura 30 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis PR25W, PR26W e PR28W, com escala de maior pormenor.

Correlaciona-se a região de altas resistividades, presente na extremidade SW dos perfis *PR29W*, *PR30W* e *PR31W*, com unidades basálticas subjacentes aos ignimbritos. A anomalia de alta resistividade centrada cerca da coordenada 80 m poderá corresponder a uma variação lateral na estrutura da escoada em termos de fracturação/porosidade (*cf.* Figura 3 e Figura 29).

Quanto às anomalias de baixa resistividade, elas caracterizam-se por valores extremamente baixos. Aquela situada mais a SW, nos perfis *PR27W*, *PR28W* e *PR29W*, fica situada precisamente onde se encontra a caixa de válvulas do *pipeline* desactivado, proveniente do Pico Celeiro (*Cinder Pit pipeline*), e cujo trajecto foi objecto de análise na secção anterior, pelo que deverá existir contaminação por hidrocarbonetos neste local. Embora o *pipeline* se encontre desactivado, constatou-se no local a ocorrência de um forte odor a compostos orgânicos voláteis (gás). As restantes anomalias ocorrem nos locais onde já existiram depósitos de combustível (perfis *PR25W* e *PR26W*) e onde, de acordo com a bibliografia consultada, ocorreu, em tempos, uma fuga de combustível (perfis *PR27W* e *PR28W*). Como o perfil PR29W não pode ser prolongado para E, devido ao tráfego na rotunda em frente do Posto 1, não foi possível verificar se estas últimas anomalias se prolongam para SE, i.e. na direcção do furo do Juncal.

Em termos geológicos, o presente local situa-se em área de afloramento dos Ignimbritos das Lajes (*cf.* camada superior do perfil *Padrão II*) sobrejacente aos Traquibasaltos dos Cinco Picos.

Da análise aos modelos obtidos ressalta ainda a falta de evidência de um nível mais impermeável à difusão vertical das águas superficiais e, consequentemente, de eventuais contaminantes, com eventual excepção da extremidade SW dos perfis *PR29W*, *PR30W* e *PR31W*.

4.8 "Pier 7"

No local da Base Aérea, junto à pista, onde até há pouco tempo existiu um conjunto de depósitos de combustível enterrados, foram executados três perfis de reduzidas dimensões, dado o espaço disponível, e separados de 7 m entre si. Apresentam-se, na Figura 31, o enquadramento dos perfis e, na Figura 33, os modelos de resistividade obtidos.



Figura 31 - Vistas aéreas do local do antigo "*Pier 7*", onde foram executados os perfis *PR22W*, *PR23W* e *PR24W*. Esquerda - antiga imagem aérea (cedida pela Força Aérea Portuguesa). Direita – imagem obtida a partir do Google Earth.



Figura 32 - Perfil PR23W. Vista no sentido SW-NE



Figura 33 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis *PR22W* a *PR24W*.

Da análise aos modelos obtidos para os perfis executados neste local destaca-se, desde logo, a grande diferença entre o perfil *PR24W* e os restantes, apesar da curta distância que os separa. Consultando a carta geológica (Figura 3), constata-se que estes perfis foram executados na zona de transição entre os Traquibasaltos dos Cinco Picos e os Ignimbritos das Lajes, sendo que o perfil *PR24W* terá sido executado em terrenos desta última formação que, em termos geoeléctricos, é caracterizada por baixos valores de resistividade eléctrica, tal como se constatou no perfil *Padrão II*. Associada a esta natureza geológica do terreno, deve ocorrer ainda a presença de água intersticial e, eventualmente, alguma contaminação, considerando a presença de valores baixos da resistividade (< 10 ohm.m).

4.9 Falha de Santiago (Saída de águas pluviais a norte da Base/Juncal/Parque de combustíveis)

Apresentam-se nesta secção os resultados de três perfis que, apesar de muito distantes entre si, têm em comum o facto de todos intersectarem a posição onde, em cada local, se encontra cartografada a falha de Santiago.

Aquele situado mais a Norte foi executado à saída do sistema de águas pluviais existente na periferia Norte da Base Aérea, atravessando a estrada que ladeia a Base, a linha de água e, por fim, entrando na Base. Quando da realização do perfil, existiam no local cordões para absorção de hidrocarbonetos na água. Da observação do modelo de resistividade obtido para este perfil (Figura 35), destaca-se o facto de a linha de água apresentar uma resistividade elevada, o que é, desde logo um contra-senso.

No entanto, se os hidrocarbonetos presentes no local – daí os cordões absorventes – ainda não iniciaram o processo de biodegradação, a sua resistividade é elevada, o que justifica esta anomalia de alta resistividade. Este perfil possui, ainda, a particularidade de apresentar uma anomalia de baixa resistividade, situada sob a estrada. A possível origem para esta anomalia, poderá ser o facto de a falha de Santiago, que é intersectada pelo perfil no extremo SE deste, ser impermeável, retendo as águas superficiais e, provocando assim uma redução da resistividade eléctrica neste local. Esta característica impermeável do acidente geológico que constitui a falha de Santiago, foi igualmente deduzida para o correspondente acidente na parte W do *graben* das Lajes (falha das Fontinhas), com base num perfil geoeléctrico realizado com Áudio-Magnetotelúrica entre o limite NE do *graben* e a costa sul da ilha, atravessando as caldeiras dos Cinco Picos e Guilherme Moniz (Santos et al., 2006). Encontra-se assinalada no modelo (Figura 37) a possível interpretação para a localização da falha de Santiago.







Figura 35 - Modelo de resistividade obtido para o perfil *PR21W*. A linha a traço interrompido indica a possível localização da falha de Santiago neste local.

Os perfis *PR32W* e *PR33DD* (Figura 36), foram executados na zona do Juncal no mesmo alinhamento normal à falha de Santiago. Os modelos resultantes são apresentados na Figura 37, onde se assinala a fronteira geoeléctrica que, geologicamente, corresponderá à falha de Santiago. Toda a região de baixa resistividade corresponderá a um nível aquífero, confirmado pelo poço existente a cerca de 10 m do início SW dos perfis.



Figura 36 - Perfis *PR32W* e *PR33DD*. Vista a partir do extremo SW. A seta a traço cheio assinala o centro dos dispositivos. A seta a traço interrompido assinala o poço vizinho do perfil (CR13).





Apresentam-se, na Figura 39, os modelos de resistividade obtidos para os dois perfis executados um pouco a Sul do Parque de Combustíveis da Base Aérea, em direcção perpendicular à falha de Santiago e coincidentes.



Figura 38 - Perfis PR34W e PR35DD, realizados a Sul do Parque de Combustíveis. Esquerda – vista para o extremo SW. Direita - vista para o extremo NE, incluindo a Serra de Santiago.



Figura 39 - Modelos de resistividade obtidos para os perfis *PR34W* e *PR35DD*. A linha a traço interrompido indica a possível localização da falha de Santiago neste local.

Estes perfis foram executados em área de afloramento de Traquibasaltos dos Cinco Picos. Da análise dos modelos ressalta, desde logo, a presença de uma área alongada horizontalmente, sita entre os 8 m e de 30 m de profundidade, de resistividade mais elevada face ao ambiente geoeléctrico de muito baixa resistividade onde se insere. Esta área deverá corresponder a um nível um pouco menos permeável, mas que não deverá constituir barreira significativa à circulação vertical das águas.

O extremo NE dos perfis apresenta resistividades idênticas às desta área, o que se atribui à presença da falha de Santiago, e indicia que esta deverá funcionar, uma vez mais, como barreira à circulação das águas.

5 Considerações finais

Numa fase anterior à elaboração do presente relatório, a partir de uma análise preliminar dos modelos de resistividade obtidos para os perfis executados, procedeu-se à definição dos locais para a execução de sondagens para o estudo da contaminação dos solos (Sondagens S1 a S8) e para a execução de furos para o estudo hidrogeológico (Furos F1 a F8) (Figura 40).



Figura 40 - Imagem do Google com implantação de alguns dos perfis executados e dos locais seleccionados para execução dos furos de sondagem para amostragem de solos (S1A a S7B) e dos furos para o estudo hidrogeológico (F1 a F8 – F2 coincide com S2A; F4 não foi marcado e F5 encontra-se sobreposto com a marca do furo S5A).

A análise dos modelos de resistividade eléctrica, apresentada no capítulo anterior, permitiu identificar descontinuidades geofísicas que possuem correspondência espacial com descontinuidades geológicas anteriormente assinaladas (Carta Vulcanológica da Ilha Terceira (1/200 000), Lloyd e Collis (1981), Rodrigues (1993, 2002)), nomeadamente a falha de Santiago e a falha do Areeiro. Foi ainda possível identificar locais potencialmente contaminados por hidrocarbonetos. Estes locais presumivelmente contaminados são:

- local dos tanques enterrados no Pico Celeiro;
- área de implantação do Cinder Pit pipeline e no antigo local de armazenamento de combustível no Bairro da Joaquina;
- zona do Posto 1 (Main Gate);
- local do antigo Pier 7;
- saída da descarga de águas pluviais a norte da Base Aérea (North Storm Sewer).

A partir dos modelos de resistividade eléctrica apenas foi possível identificar eventuais níveis impermeáveis discretos que impeçam a difusão vertical de água e, consequentemente, eventuais contaminações provenientes da superfície.

6 Referências bibliográficas

Carta Vulcanológica da Ilha Terceira (1/200 000) do Centro de Vulcanologia da Universidade dos Açores, 1990.

Lloyd, E.F. e Collis, S. K., 1981. Carta Geológica da Terceira (1/25 000). Relatório interno da Secretaria Regional do Comércio e Indústria.

Rodrigues, F.C., 1993 – Hidrogeologia da Ilha Terceira: Contributo para o seu Conhecimento. Angra do Heroísmo, Universidade dos Açores, Departamento de Ciências Agrárias, Tese de Mestrado, pp. 139.

Rodrigues, F.C., 2002 – Hidrogeologia da Ilha Terceira. Tese de Doutoramento, Universidade dos Açores.

Santos, F., Trota, A., Soares, A., Luzio, R., Lourenço, N., Matos, L., Almeida, E., Gaspar, J.L., Miranda, J. M., 2006. Na áudio-magnetotelluric investigation in Terceira Island (Azores). Journal of Applied Geophysics, 59, 314-323.

Zbyszewski, G., Cândido Medieros, A., Ferreira, O., Assunção, C., 1971. Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000. Notícia explicativa da folha Ilha Terceira. Serviços Geológicos de Portugal. 43 p.

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Março de 2010

Vistos

Autoria

O Chefe do Núcleo de Geologia de Engenharia e

Geotecnia Ambiental

Filipe Telmo Jeremias

R-géria Rogério Mota

Geofísico

Investigador Auxiliar

Varia Builia Nois

Maria Emília Novo

Geóloga

Investigadora Auxiliar

A Directora do Departamento de Geotecnia

20000 Galade

Laura Caldeira

O Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas

João Paulo Cárcomo Lobo Ferreira

A Directora do Departamento de Hidráulica e Ambiente

Refad de Suda North

Rafaela Matos

ANEXO A

Descrição sumária do método de resistividade eléctrica

Descrição sumária do método de resistividade eléctrica

A.1 - Introdução

A prospecção por métodos eléctricos baseia-se na geração de um campo eléctrico, através da injecção de corrente eléctrica no terreno por meio de dois eléctrodos metálicos, e medição da diferença de potencial eléctrico entre dois outros pontos.

As variações mais significativas do campo eléctrico podem corresponder a heterogeneidades litológicas ou a anomalias de resistividade dos materiais. O grau de variação da distribuição de potenciais depende do contraste de resistividade entre as estruturas subsuperficiais anómalas e o meio envolvente, dependendo ainda, a detecção das anomalias, da sua posição relativa face ao dispositivo utilizado. Tendo em conta que a corrente eléctrica se propaga no terreno principalmente através do electrólito composto pela água existente nos vazios do solo e pelos sais nela dissolvidos, a resistividade depende não só da porosidade do material que compõe o terreno, como também do seu teor em água e do nível de iões nela dissolvidos. Outro factor que influi igualmente na transmissão da corrente eléctrica é a presença de argila.

A.2 – Dispositivos de prospecção geoeléctrica

Existem diversos dispositivos de prospecção geoeléctrica, todos eles tetraelectródicos, sendo dois eléctrodos de potencial (*P1* e *P2*) e dois de corrente (*C1* e *C2*), tal como se representa no esquema apresentado na Figura A. 1:



Figura A. 1 – Dispositivo tetraelectródico

Teoricamente a diferença de potencial eléctrico ΔV existente entre os pontos *P1* e *P2*, respectivamente às distâncias r_1 e r_2 dos eléctrodos *C1* e C2 onde é injectada a corrente eléctrica *I*, num semi-espaço de resistividade eléctrica ρ , homogéneo e isotrópico, é dada por:

$$\Delta V = G \frac{l \rho}{2\pi} \tag{1}$$

onde:

 ΔV - diferença de potencial eléctrico, entre os pontos P1 e P2 (V);

G - factor geométrico (depende da configuração electródica utilizada);

I - intensidade da corrente eléctrica injectada no terreno (A);

 ρ - resistividade eléctrica do meio (ohm.m);

 2π - constante correspondente ao semi-espaço considerado.

Uma vez que, apenas teoricamente, estamos perante um meio homogéneo e isotrópico, a resistividade eléctrica do meio que se obtém na realidade não é uma resistividade ohmica, mas sim uma resistividade eléctrica aparente (ρ_a), cuja expressão de cálculo se obtém da equação anterior:

$$\rho_a = 2\pi G' \frac{\Delta V}{I} \tag{2}$$

onde G'=1/G

Para o dispositivo denominado de Schlumberger o factor geométrico é dado por:

$$G' = \frac{AB^2 - MN^2}{8MN} \tag{3}$$

onde A e B designam os eléctrodos de corrente e M e N os eléctrodos de potencial do campo eléctrico, tal como se representa na figura seguinte:



Figura A. 2 - Dispositivo de Schlumberger (r₁=r₂»a).

Uma Sondagem Eléctrica Vertical pode ser realizada com um dispositivo do tipo Wenner, em que as distâncias entre eléctrodos são sempre iguais entre si (*C1P1=P1P2=P2C2=a*), ou com o dispositivo de Schlumberger. As sondagens eléctricas verticais consistem na medição da resistividade aparente com intervalos crescentes das distâncias entre eléctrodos, mantendo o ponto central fixo. A interpretação das sondagens eléctricas verticais é feita a partir da representação das resistividades aparentes medidas *versus* semi-espaçamento entre eléctrodos de injecção (AB/2), num gráfico bi-logarítmico.

O dispositivo de Dipolo-Dipolo é, igualmente, um dispositivo tetraelectródico, diferindo dos anteriores pelo facto de a injecção de corrente ser feita nos dois primeiros eléctrodos (dipolo de injecção) e as leituras de potencial serem feitas nos dois seguintes (dipolo de leitura), avançando ao longo de um alinhamento, normalmente até perfazer 10 leituras, após o que o dipolo de injecção avança para a posição seguinte no alinhamento, repetindo-se o processo de leituras, e assim sucessivamente até ao fim do alinhamento (perfil). Na Figura A. 3 apresenta-se um esquema com o princípio do funcionamento do dispositivo Dipolo-Dipolo. Os valores de resistividade aparente assim obtidos são representados sob a forma de pseudo-secção bidimensional de resistividades.



Figura A. 3 – Esquema de injecções de corrente e leitura de potenciais do dispositivo Dipolo--Dipolo.

A.3 - Tomografias de Resistividade Eléctrica

As Tomografias de Resistividade Eléctrica resultam da inversão da pseudo-secção de resistividades aparentes, obtidas com um dispositivo constituído por um alinhamento de eléctrodos, interligados por meio de um cabo multi-condutor, e representam graficamente uma imagem bidimensional do terreno em profundidade, em termos de resistividade.

A metodologia de trabalho consiste, basicamente, na disposição em linha de eléctrodos igualmente espaçados entre si (41 eléctrodos, espaçados de até um máximo de 20 m, no caso do equipamento que o LNEC dispõe) e ligados ao cabo multi-condutor, encontrando-se este ligado ao aparelho *ES 464* e ao resistivímetro *ABEM Terrameter SAS 4000* (Figura A. 4), de acordo com o esquema apresentado na Figura A. 5.



Figura A. 4 - Equipamento de resistividade (ABEM Terrameter 4000 e Sistema Lund).

Para obter uma melhor cobertura na zona mais superficial do terreno, é utilizada uma malha de eléctrodos mais apertada, pelo que são ligados mais 20 eléctrodos nas posições intermédias de cada par de eléctrodos já instalados nas bobines centrais (2 e 3). O perfil fica assim com um total de 61 eléctrodos, após o que se procede à execução das leituras de resistividade aparente, feita sequencialmente utilizando os 41 eléctrodos igualmente espaçados das 4 bobines com a maior distância dipolar e, posteriormente, apenas os 41 eléctrodos das duas bobines centrais com a menor distância dipolar. Estas leituras podem ser feitas, entre outros, segundo os dispositivos dipolo-dipolo, polo-dipolo e Wenner. Quando as leituras são feitas segundo o dispositivo de Wenner, este alinhamento de multi-eléctrodos também pode ser designado por *Sondagens Eléctricas Verticais Contínuas*.



Figura A. 5 – Esquema do sistema de multi-eléctrodos (ABEM Terrameter 4000 e Sistema Lund).

ANEXO B

Método de resistividade eléctrica

Dados de campo e resultados do seu processamento







Figura B. 2 - Perfil Padrão I W G+P - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 4 - Perfil Padrão I DD G+P - dados de campo e resultados do processamento.



Figura B. 5 - Perfil Padrão II - dados de campo e resultados do processamento.





Figura B. 7 - Perfil PR2W - dados de campo e resultados do processamento.



Figura B. 8 - Perfil PR3W - dados de campo e resultados do processamento.



Figura B. 9 - Perfil PR4W - dados de campo e resultados do processamento.



Figura B. 10 - Perfil PR5W - dados de campo e resultados do processamento.



Figura B. 11 - Perfil PR6W - dados de campo e resultados do processamento.



Figura B. 12 - Perfil PR7W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 14 - Perfil PR9DD - dados de campo e resultados do processamento.






Figura B. 16 - Perfil PR11W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 18 - Perfil PR13W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 20 - Perfil PR15W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 22 - Perfil PR17W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 24 - Perfil PR19W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 26 - Perfil PR21W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 28 - Perfil PR23W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 30 - Perfil PR25W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 32 - Perfil PR27W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 34 - Perfil PR29W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 36 - Perfil PR31W - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 38 - Perfil PR33DD - dados de campo e resultados do processamento.







Figura B. 40 - Perfil PR35DD - dados de campo e resultados do processamento.

LNEC – Proc. 0607/1/17171

Divisão de Divulgação Científica e Técnica - LNEC