



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P.

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Núcleo de Águas Subterrâneas

Proc. 0607/1/17171

**ANÁLISE E PARECER SOBRE A SITUAÇÃO AMBIENTAL NAS ÁREAS
DE CAPTAÇÃO DOS FUROS DE ABASTECIMENTO DO CONCELHO DE
PRAIA DA VITÓRIA – AÇORES**

Síntese, Conclusões e Recomendações

Lisboa, Janeiro de 2011

Estudo realizado para a Câmara Municipal da Praia da Vitória

Análise e Parecer sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores

Relatório Final da Avaliação das Águas Subterrâneas

RESUMO

O presente Estudo foi desenvolvido para a Câmara Municipal da Praia da Vitória pelos Departamentos de Hidráulica e Ambiente e de Geotecnia do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), entre Maio de 2009 e Dezembro de 2010.

No Estudo Análise e Parecer sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores, caracterizou-se o estado actual da qualidade e da quantidade das águas subterrâneas e perspectivas de evolução futura, interligando-os com os resultados e as conclusões dos relatórios finais da avaliação da qualidade dos solos e da prospecção geofísica.

O Relatório Final foi estruturado no seguinte conjunto de capítulos: (1) Objectivos e âmbito do estudo, (2) Área de estudo; (3) Clima; (4) Orografia; (5) Coberto vegetal; (6) Geologia; (7) Hidrografia; (8) Hidrogeologia; (9) Focos de poluição na área de estudo; (10) Modelação numérica do escoamento de águas subterrâneas; (11) Vulnerabilidade dos aquíferos à poluição; (12) Qualidade das águas subterrâneas; (13) Conclusões e recomendações.

Os trabalhos de caracterização da situação ambiental na área do concelho de Praia da Vitória, agora apresentados, tiveram por base a análise e a interpretação de um vasto conjunto de nova informação recolhida ao longo de um ano e meio de intenso trabalho, incluindo novos dados de caracterização litológica de logs (com seis novos furos no aquífero basal e dez novos piezómetros), de prospecção geofísica (40 perfis de resistividade eléctrica em 32 alinhamentos), de medição de características hidráulicas (sete ensaios de caudal e centenas de medições do nível piezométrico) e de qualidade das águas subterrâneas (11 610 análises químicas efectuadas em 54 pontos de água em diversos períodos). A informação foi ainda trabalhada num modelo numérico de escoamento para permitir compreender e justificar os resultados obtidos e para analisar possíveis cenários de evolução da situação actual.

A caracterização do estado ambiental das áreas estudadas permitiu analisar as situações principais de risco, com vista a virem a ser definidas, num futuro estudo, medidas de mitigação e de recuperação apropriadas.

Analysis and Technical Report about the Environmental Situation of *Praia da Vitória* County Supply Wells, Terceira Island, Azores

Final Report

ABSTRACT

This Study was developed for Câmara Municipal da Praia da Vitória by the Hydraulics and Environment Department together with the Geotechnique Department of the Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC (National Laboratory for Civil Engineering) between May 2009 and December 2010.

The Final Report is focused on the groundwater situation, presenting the conclusions of the Study, namely the present groundwater quality and quantity status, and their prospective future evolutions, under an integrative framework that incorporates the results and conclusions presented on the final reports dealing with the evaluation of soil quality and geophysical prospection studies.

The Final Report has the following structure: (1) Objectives and scope of the study, (2) Location of the study area, (3) Climate, (4) Orography, (5) Vegetation and land cover, (6) Geology (7) Hydrography, (8) Hydrogeology, (9) Pollution sources in the study area, (10) Mathematical modeling concerning groundwater flow, (11) Aquifer vulnerability to pollution, (12) Groundwater quality, (13) Conclusions and recommendations.

The characterization of Praia da Vitoria municipality environmental conditions, here presented, was built upon the analysis of a wide array of new information, including new data from the lithological interpretation of logs (pertaining to 6 new wells in the basal aquifer and 10 new piezometers), data from the geophysical prospection (40 resistivity profiles in 32 alignments), data from measurements of hydraulic characteristics (7 pumping tests and hundreds of piezometric level measurements) and data concerning groundwater quality (11 610 chemical analysis on 54 monitoring points, spanning over one year time period). The information gathered was also integrated into a numerical groundwater flow model, and interpreted, in order to understand and to validate the field data, and evaluate possible evolution scenarios for the present situation.

The characterization of the environmental conditions of the studied area allowed the analysis of the main risk situations, in order to ascertain, in a future study, the adequate mitigation and recovery measures.

Analyse et Avis Technique sur la Situation Environnementale des Puits de Bombage de la Municipalité de *Praia da Vitória*, Île Terceira, Azores

Rapport Final de l'Évaluation des Eaux Souterraines

SOMMAIRE

Cette étude a été développée pour la Mairie de *Praia da Vitória* par les Départements d'Hydraulique et Environnement et de Geotechnie du Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), entre mai 2009 et Décembre 2010.

Le Rapport Final présente les conclusions de l'étude le long de ces lignes, en définissant l'état actuel de la qualité et la quantité des eaux souterraines et les perspectives de développements futurs, en les reliant avec les résultats et les conclusions des rapports finals de l'évaluation de la qualité des sols et de la prospection géophysique.

Le Rapport Final a été structuré de l'ensemble de chapitres suivantes: (1) Objectifs et portée de l'étude, (2) Zone d'étude, (3) Météo (4); Orographie, (5) Couvert végétal, (6) Géologie, (7) Hydrographie; (8) Hydrogéologie, (9) Aires de pollution dans la zone d'étude (10) Modélisation numérique de l'écoulement des eaux souterraines; (11) Vulnérabilité des aquifères à la pollution; (12) Qualité des eaux souterraines; (13) Conclusions et recommandations.

Les travaux sur la caractérisation de la situation environnementale dans le domaine de la municipalité de *Praia da Vitoria*, aujourd'hui présenté, étaient fondées sur l'analyse et l'interprétation d'un large éventail de nouvelles informations recueillies au cours d'une année et demi de travail intense, y compris les données de caractérisation de nouveaux lithologiques journaux (avec six nouveaux trous dans l'aquifère de fond et des piézomètres dix), la prospection géophysique (40 profils de résistivité électrique en 32 alignements), la mesure des caractéristiques hydrauliques (sept essais de pompage et des centaines de mesures du niveau piezometric) et qualité des eaux souterraines (11 610 analyses chimiques effectuées dans 54 points d'eau à différentes périodes). Ces informations ont également été mélangées dans un modèle numérique pour l'écoulement qui a permis de comprendre et de justifier les résultats et d'analyser les scénarios possibles pour l'évolution de la situation actuelle.

La caractérisation de l'état écologique des zones étudiées ont permis d'analyser les principales zones de risque afin d'en arriver à définir dans une future étude, les mesures d'atténuation et de récupération appropriées.

NOTA TÉCNICA

O Relatório intitulado "Análise e Parecer Sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores - Relatório Final da Avaliação das Águas Subterrâneas", (Lobo-Ferreira *et al.*, 2010), cuja síntese se apresenta no presente documento, faz parte integrante de um conjunto de documentos elaborados para a Câmara Municipal da Praia da Vitória no âmbito do Estudo intitulado "Análise e Parecer Sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores", desenvolvido pelos Departamentos de Hidráulica e Ambiente e de Geotecnia do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), entre Maio de 2009 e Dezembro de 2010. De acordo com o Plano de Trabalhos foram desenvolvidas diversas componentes tendo sido elaborados o seguinte conjunto de relatórios finais:

1. "Análise e Parecer Sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores - Relatório Final da Avaliação das Águas Subterrâneas" (Lobo-Ferreira *et al.*, 2010).
2. "Prospecção Geofísica, pelo Método da Resistividade Eléctrica, no Concelho de Praia da Vitória, Açores" (R. Mota e M.E. Novo, 2010).
3. "Análise e Parecer Sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores - Avaliação da Caracterização da Contaminação de Solos Junto a Potenciais Focos de Poluição" (C. Jorge, 2010).

São, ainda, parte integrante dos documentos finais os seguintes anexos:

- **Anexo 1** – Novo, M.E. (2010) - "Descrição Geológica Detalhada das Colunas Litológicas obtidas nas Carotes dos Novos Piezómetros", Laboratório Nacional de Engenharia Civil, NAS/DHA, 113 p.
- **Anexo 2** – Oliveira, N.P. (2010) - "Realização de Sondagens para Recolha de Amostras de Solos e Posterior Instalação de Piezómetros no Aquífero Superficial da Região do Graben das Lajes - Concelho de Praia da Vitória, Ilha Terceira – Açores". Direcção de Fundações e Geotecnia da Mota-Engil, 91 p.
- **Anexo 3** – Morais, J. (2010a) - "Relatório de Ensaios – Amostragem e Análise de Águas Subterrâneas". AmbiPar Control, L^{da.}, 254 p.
- **Anexo 4** – Morais, J. (2010b) - "Relatório de Ensaios – Amostragem e Análise de Solos". AmbiPar Control, L^{da.}, 88 p.
- **Anexo 5** – Aqualis (2010) – "Instalação de Furos e Piezómetros no Concelho de Praia da Vitória, Ilha Terceira – Açores". Aqualis L^{da.}

O trabalho foi desenvolvido em articulação com as diferentes equipas de trabalho e contou com o excelente apoio da Câmara Municipal de Praia da Vitória, nas pessoas do seu Presidente Dr. Roberto Monteiro e Vereador Paulo Messias, com a Força Aérea Portuguesa da Base das Lajes, através dos Senhores Tenente-Coronel Sousa Mendes e Capitão Pêva Soares e das Forças Aéreas Americanas da Base, em especial a Eng.^a Susana Simões e o Senhor Twidwell, a quem se agradece.

J.P. Lobo Ferreira
Coordenador do Projecto,
Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas do LNEC

FICHA TÉCNICA DE AUTORIAS DOS RELATÓRIOS FINAIS DO LNEC REFERENTES AO ESTUDO

Análise e Parecer sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores

1. Relatório Final da Avaliação das Águas Subterrâneas

Autorias do Núcleo de Águas Subterrâneas (NAS) do Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA) do LNEC:

- Investigador-Coordenador J.P. Cárcomo Lobo Ferreira (coordenador Geral do Projecto, autor desta Síntese do Relatório Final das Águas Subterrâneas),
- Investigadora Principal com Habilitação Teresa E. Leitão,
- Investigadora Auxiliar Maria Emília Novo,
- Bolseiro Luís S. Oliveira,
- Investigador Auxiliar Manuel Mendes Oliveira,
- Técnica Superior Maria José Henriques,
- Bolseiro Tiago Martins.

2. Relatório Final da Prospeção Geofísica, pelo Método da Resistividade Eléctrica, no Concelho de Praia da Vitória, Açores

Autoria do Núcleo de Geologia de Engenharia e Geotecnia Ambiental (NGEA) do Departamento de Geotecnia (DG) do LNEC:

- Investigador Auxiliar Rogério Mota (coordenador do Estudo).

Autoria do Núcleo de Águas Subterrâneas (NAS) do Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA) do LNEC:

- Investigadora Auxiliar Maria Emília Novo.

3. Relatório Final de Avaliação da Caracterização da Contaminação de Solos junto a Potenciais Focos de Poluição

Autoria do Núcleo de Geologia de Engenharia e Geotecnia Ambiental (NGEA) do Departamento de Geotecnia (DG) do LNEC:

- Investigadora Auxiliar Celeste Jorge (coordenadora do Estudo).

Análise e Parecer sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores

Síntese do Relatório Final das Águas Subterrâneas

1. Objectivos e Âmbito do Estudo

O Relatório intitulado "Análise e Parecer Sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores - Relatório Final da Avaliação das Águas Subterrâneas", apresenta os trabalhos desenvolvidos e os resultados finais obtidos no Estudo intitulado "Análise e Parecer sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimentos do Concelho da Praia da Vitória", iniciado em Maio de 2009 e terminado em Dezembro de 2010, no que diz respeito à componente de águas subterrâneas.

O principal objectivo deste Estudo foi a avaliação ambiental da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos ao longo de toda a área do concelho de Praia da Vitória onde existam captações que estejam a ser ou possam vir a ser afectadas por situações de poluição associadas às infra-estruturas da Base das Lajes, nelas se incluindo algumas importantes estruturas externas à área da base propriamente dita (ex.: *Cinder Pit Pipeline, Cinder Pit Fuel Tanks, South Tank Farm*). Este Estudo não se debruça, portanto, sobre outras eventuais origens de poluição que possam existir no Concelho.

Com vista a se atingir este objectivo, os trabalhos foram estruturados nas seguintes partes, incluindo componentes de âmbito mais abrangente que auxiliaram a enquadrar a avaliação ambiental da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos da área em estudo, bem como a prever a sua evolução:

1. Caracterização com recurso à prospecção geofísica das áreas onde pode ocorrer a migração da poluição para as águas subterrâneas – que incluiu:

- a. Localização das zonas poluídas associadas às estruturas de apoio à actividade da Base das Lajes.
- b. Contribuição para a caracterização das falhas das Fontinhas e de Santiago.
- c. Identificação de eventuais zonas impermeáveis, que poderão funcionar como barreiras de aquíferos suspensos.
- d. Contribuição, 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.

2. Avaliação da qualidade dos solos nas áreas focais da poluição – que incluiu:

- a. Análise de estudos anteriores realizados na área sobre a caracterização da qualidade dos solos.
- b. Acompanhamento da realização de novas sondagens de amostragem e da recolha de amostras de solos, a várias profundidades, para análise laboratorial.

- c. Análise da informação obtida e caracterização do presente estado de contaminação dos solos, a diversas profundidades.
- d. Localização de eventuais manchas de contaminação nos solos.
- e. Determinação da sua profundidade, intensidade e tipo.

3. Avaliação da qualidade e quantidade das águas subterrâneas, com ênfase nas zonas de captação e nas áreas entre estas e os focos de poluição – que incluiu:

- a) Actualização do inventário dos pontos de água e identificação das infra-estruturas preexistentes com condições para monitorização de água.
- b) Acompanhamento parcial dos trabalhos de instalação dos novos piezómetros e dos furos de ensaio.
- c) Acompanhamento parcial dos ensaios de caudal realizados.
- d) Descrição da geologia atravessada pelas sondagens para instalação dos novos piezómetros com vista a identificar e caracterizar zonas preferenciais de migração dos poluentes entre os aquíferos superficiais e os mais profundos (ex.: falhas).
- e) Monitorização das águas subterrâneas em vários períodos diferentes, nas formações hidrogeológicas suspensas e no aquífero basal (acompanhamento com sondas e recolha manual de amostras de água).
- f) Análise da informação recolhida para localização das principais manchas de poluição nas águas subterrâneas e sua extensão.
- g) Caracterização dos tipos de contaminantes presentes nos solos e nas águas subterrâneas (com especial destaque para os provenientes de focos de poluição associados à Base das Lajes e suas infra-estruturas de armazenamento e transporte de hidrocarbonetos de petróleo).
- h) Caracterização do funcionamento hidráulico e principais características hidrodinâmicas das formações.

4. Modelação numérica das formações hidrogeológicas presentes – que incluiu:

- a) Análise de estudos hidrogeológicos anteriores realizados na área de estudo.
- b) Elaboração de um modelo de escoamento das formações hidrogeológicas suspensas e do aquífero basal, com incorporação das zonas preferenciais de ligação hidráulica (indiciadas pela prospecção geofísica e resultados das carotes obtidas pela instalação dos piezómetros).
- c) Calibração do modelo, em função dos dados conhecidos de estudos anteriores e dos dados obtidos neste estudo.
- d) Realização de simulações com vista a obter respostas às seguintes questões:
 - d.1) Análise da hidrodinâmica local e regional com vista à definição dos percursos preferenciais de migração da poluição e, assim, de cenários futuros de possíveis situações de risco.
 - d.2) Identificação de captações que possam estar actualmente em risco imediato de contaminação.
 - d.3) Previsão de cenários futuros de evolução e migração das plumas contaminantes para identificar possíveis situações de risco para os furos de abastecimento urbano.
 - d.4) Áreas de acção para a protecção de captações.
 - d.5) Definição de eventuais zonas a necessitar de reabilitação.

5. **Estratégias de protecção das águas subterrâneas** (eventualmente a desenvolver numa fase de estudo posterior) – que incluiu uma breve referência a:
- Definição de estratégias de protecção da qualidade das águas subterrâneas, nomeadamente de furos de captação.
 - Referência à necessidade de acompanhamento da situação e da reabilitação de áreas específicas dentro das áreas militares poluídas.

2. Área de Estudo

A área de estudo localiza-se no sector oriental da ilha Terceira, Açores (Fig. 1), numa faixa orientada NW-SE, designada por Graben das Lajes, com cerca de 8,5 a 10 km de extensão e 3,5 a 4 km de largura, estendendo-se entre Praia da Vitória - Cabo da Praia, a sul, e Vila Nova, a norte. Este graben é uma depressão alongada, de origem tectónica, delimitada por duas escarpas de falha: (1) escarpa de Santiago, que delimita o sector da Serra de Santiago a Oeste, ao longo de uma direcção NW-SE e (2) a escarpa das Fontinhas - Pico Celeiro, que define o bordo nordeste da Serra do Cume. O graben das Lajes está assim compreendido entre a Serra de Santiago, a ENE, e a Serra do Cume, a WSW, e o mar respectivamente a norte e a sul.

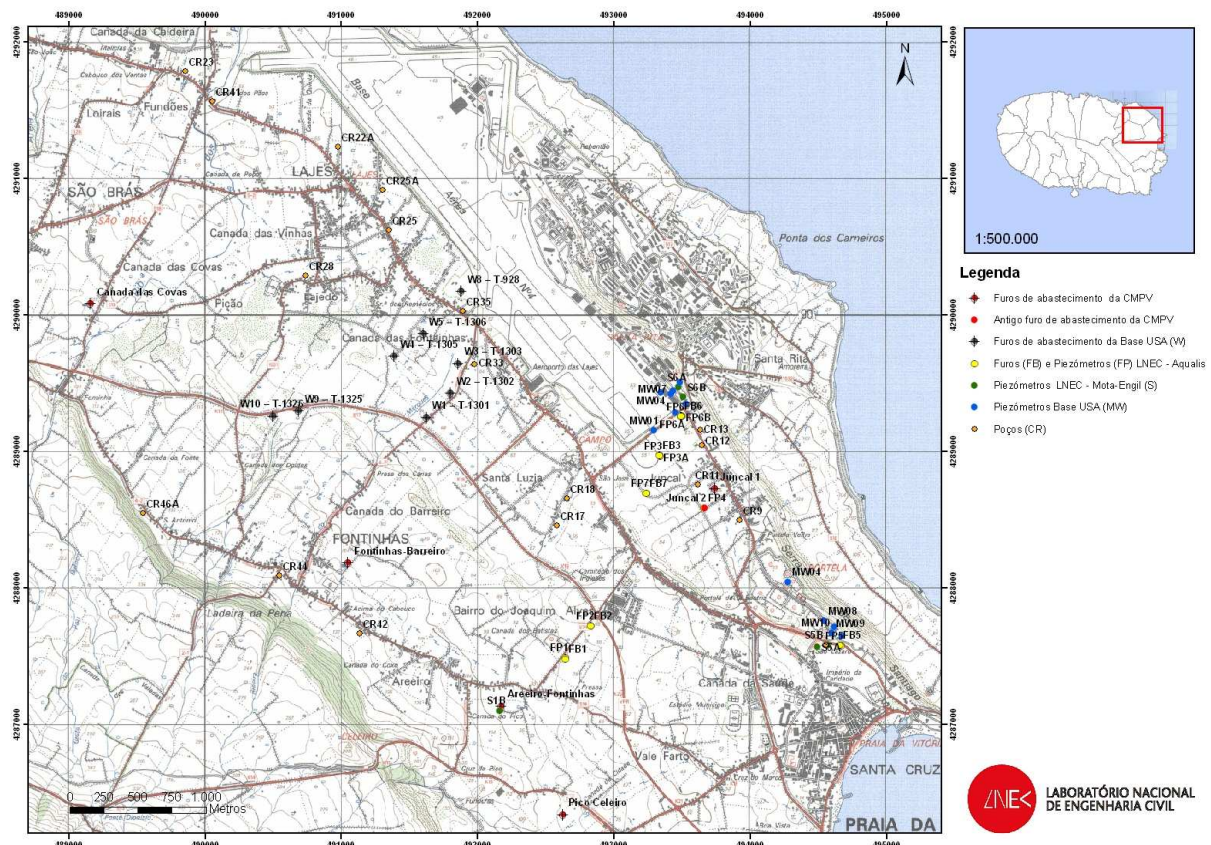


Fig. 1 – Localização dos pontos de amostragem de águas subterrâneas na área de estudo

3. Síntese, Conclusões e Recomendações

No Relatório intitulado "Análise e Parecer Sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores - Relatório Final da Avaliação das Águas Subterrâneas", (Lobo-Ferreira *et al.*, 2010)¹, apresentaram-se os trabalhos desenvolvidos e as conclusões obtidas relativamente ao estado actual da qualidade e da quantidade das águas subterrâneas e perspectivas de evolução futura, face ao objectivo principal do Estudo, *i.e.* a "avaliação ambiental da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos ao longo de toda a área do concelho de Praia da Vitória onde existam captações que estejam a ser ou possam vir a estar afectadas por situações de poluição associadas às infra-estruturas da Base das Lajes".

Com vista a se atingir este objectivo, os trabalhos foram abrangentes, incluindo componentes de âmbito diverso que auxiliaram a enquadrar a avaliação ambiental da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos da área em estudo, nomeadamente através da análise do clima, da orografia, da hidrogeologia, dos focos de poluição na área de estudo, da vulnerabilidade dos aquíferos à poluição, da qualidade dos solos, da caracterização geofísica e, finalmente, da qualidade das águas subterrâneas e da modelação do escoamento.

Os **trabalhos desenvolvidos** tiveram por base uma aprofundada análise da área de estudo, efectuada nomeadamente através de:

- Prospecção geofísica (pelo método da resistividade eléctrica) com a realização de 40 perfis em 32 alinhamentos, cujo objectivo foi auxiliar à localização das zonas poluídas associadas às estruturas de apoio à actividade da Base das Lajes, identificar eventuais zonas impermeáveis em falhas e melhor orientar a selecção dos locais a perfurar.
- Instalação de novas infra-estruturas: seis furos e sete piezómetros no aquífero basal; oito piezómetros em formações hidrogeológicas suspensas, localizadas durante as perfurações ou sondagens. O objectivo foi caracterizar a litologia/geologia/hidrogeologia regional, permitir efectuar os ensaios de caudal e facultar a monitorização quantitativa e qualitativa das águas subterrâneas.
- Realização de sete ensaios de caudal no aquífero profundo, visando determinar as propriedades hidráulicas do aquífero basal.
- Medição de níveis piezométricos em cerca de 60 pontos de água, manualmente e com sondas de registo contínuo, com o objectivo de caracterizar os sentidos do escoamento subterrâneo e analisar os efeitos de maré no aquífero basal.
- Análises *on site* e laboratoriais em 14 sondagens para recolha de amostras de solos a diferentes profundidades.

¹ LOBO-FERREIRA, J.P., LEITÃO, T. E., NOVO, M.E., OLIVEIRA L. S., OLIVEIRA, M.M., HENRIQUES M. J. E MARTINS, T. 2010 - "Análise e Parecer Sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores - Relatório Final da Avaliação das Águas Subterrâneas". Relatório 424/2010- NAS, 196 pp.

- Monitorização *in situ* e recolha de cerca de 90 amostras de água em 54 pontos de água, em diversos períodos e a diferentes profundidades, para realização de 11 610 análises químicas.

A análise do conjunto de informação acima referido, bem como o seu processamento e integração no modelo numérico de escoamento, permitiu retirar as seguintes **conclusões**:

- O **modelo hidrogeológico conceptual** simplificado da região em estudo pode ser definido por (1) um nível superior (designado por formações hidrogeológicas suspensas) composto por (a) formações hidrogeológicas superficiais e (b) formações hidrogeológicas intermédias e (2) um sistema aquífero de base.
 - As duas primeiras formações resultam da ocorrência de níveis sub-horizontais de baixa permeabilidade, intercalados nas formações vulcânicas, que funcionam basicamente como aquíferos, tendo extensão suficiente para permitir a retenção de águas no corpo hidrogeológico. Origina-se deste modo um conjunto de várias unidades hidrogeológicas descontínuas.
 - O sistema aquífero de base é livre na área de Estudo monitorizada pelo LNEC. Na zona costeira alimenta um conjunto de nascentes litorais (e exurgências submarinas). É um aquífero fracturado, de produtividades médias a elevadas, com alguma variabilidade espacial dependente das características hidrogeológicas.
- Estes dois níveis estão em contacto hidráulico através de drenância, tendo sido considerado um valor de recarga do aquífero basal que se situa entre os 15 % e os 20 % da recarga dos aquíferos superficiais. A maior ou menor interligação entre estes dois sistemas depende, também, do grau de fracturação e de alteração local.
- Confirma-se a presença de **áreas restritas declaradas como poluídas** destacando-se as dos perímetros de *South Tank Farm* (DISCO Site 5001) e junto à Porta de Armas (DISCO Site 3001).
 - Os compostos encontrados em ambas as áreas incluem hidrocarbonetos aromáticos (BTEX), PAHs, compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis, halogenados e não halogenados e metais pesados.
 - Na *South Tank Farm* os locais mais afectados mantêm-se os mesmos na última década, mostrando uma aparente estagnação da pluma de hidrocarbonetos, apesar de haver variações na concentração dos poluentes entre as amostragens.
 - Fora, e a jusante, do perímetro da *South Tank Farm* regista-se uma quase ausência de contaminantes, o que confirma que a pluma de hidrocarbonetos se encontra relativamente imóvel.
 - Nesta área não se exclui totalmente a possibilidade de poder ocorrer contaminação do aquífero de base por migração directa dos contaminantes. Contudo, os dados históricos apontam para uma contenção física do problema.

Por outro lado, a distância a furos de captação para abastecimento (Juncal) é superior a 1 km e o sentido preferencial do escoamento dá-se para SE, impedindo a chegada natural de poluentes a locais situados a montante.

- Nos piezómetros junto à Porta de Armas há bastante heterogeneidade de concentrações entre as amostras realizadas em diferentes períodos e, também, a diferentes profundidades.
- Neste DISCO Site 3001 referem-se, pelo menos, duas plumas separadas de hidrocarbonetos cujas concentrações estão acima dos valores permitidos.
- Nas formações suspensas fora desse perímetro (o sentido do escoamento subterrâneo processa-se, essencialmente, para SSE) observam-se concentrações de hidrocarbonetos, e.g. piezómetro FP3A, embora não excedam os limites standard definidos.
- No aquífero de base, a **água de abastecimento público apresenta boa qualidade**, sendo o cloreto e, raramente, o sódio os dois parâmetros a apresentar concentrações acima dos valores standard utilizados. Não se observa a presença de hidrocarbonetos acima dos valores de água potável, estando a maioria das análises abaixo os limites de detecção utilizados.
- Noutros pontos do aquífero de base com amostragem a níveis constantes:
 - Foi possível observar a presença de hidrocarbonetos em vários pontos de análise, embora a sua presença não tenha sido confirmada para diferentes períodos de monitorização.
 - Foram muito raros os casos em que as concentrações medidas excederam os limiares utilizados (apenas o caso do FP6 e FB6, note-se que furo FB6 não traduz o comportamento do aquífero basal), o que não deixa de corroborar a hipótese de um fenómeno de migração de poluentes da superfície para pontos de água captando o aquífero basal.
- Em relação aos restantes elementos químicos sobre o estado geral de qualidade das águas do aquífero basal, observa-se uma influência da maré em todos os furos profundos da ilha, o que não implica a existência de intrusão marinha. Esta pode, sim, ser potenciada no caso de furos cujos ralos captem a água salobra existente sob a lentícula de água doce ou no caso de rebaixamento por captação excessiva de água.
- Um outro elemento que ocorre em concentrações por vezes elevadas, embora não excedendo a norma de qualidade, é o ião nitrato. A sua presença no aquífero profundo revela também a influência da ocupação do solo, bem como a utilização indevida dos poços tradicionais como fossas sépticas que se regista na Ilha.
- Além dos elementos maiores acima referidos há um conjunto de metais pesados que foram analisados e que apresentam por vezes concentrações acima do valor standard. Refere-se o caso do alumínio, crómio, cobalto, ferro, chumbo, manganés, molibdénio,

níquel, prata e vanádio. A presença de quase todos estes elementos pode dever-se ao próprio meio geológico por onde circulam. Constitui excepção a presença de chumbo e manganés, cujas maiores concentrações se encontram nas áreas poluídas. Importa, pois, que durante a elaboração do Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos Açores esta temática seja aprofundada no sentido de se definir a Concentração de Fundo Geoquímico destas águas, *i.e.* a *concentração de uma substância ou o valor de um indicador numa massa de água subterrânea correspondente à ausência de modificações antropogénicas*, de forma a que os "limites de qualidade" que possam vir a ser definidos tendo em consideração a realidade hidrogeoquímica da Ilha, podendo ser necessário prever uma situação de excepção para alguns elementos.

- O estudo realizado para análise da **qualidade dos solos** por Jorge (2010) (*cf.* Anexo 1 deste Relatório de Síntese) permite concluir:
 - Numa primeira aproximação, que não existe uma situação de contaminação de solos por compostos orgânicos, nos locais interessados, apesar de se ter encontrado na sondagem S5A/S5B um aspecto oleoso na água superficial do local (solo alagado) e de se terem medido *on site* valores de VOCs de 10,5 ppm. Quanto ao índice fenol, várias amostras apresentaram valores acima do limite de 0,5 mg.kg⁻¹.
 - Quanto aos metais, verificou-se um conjunto de elementos que apareceram em grande parte das amostras de solos analisadas em laboratório, essencialmente acima dos critérios da USEPA, como sejam: As, Co, Fe, Mn e V. Nenhum destes elementos ultrapassaram os valores limites da Legislação da Holanda e só para o Co e V há valores superiores aos limites impostos pela Legislação de Ontário (Jorge, 2010).
- **Os estudos geofísicos** realizados por Mota e Novo (2010) para a análise dos modelos de resistividade eléctrica (*cf.* Anexo 2 deste Relatório de Síntese) permitiram 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 Areiro. 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, conseqüentemente, eventuais contaminações provenientes da superfície.

Atendendo às conclusões apresentadas propõe-se um conjunto de **recomendações** tendo em vista a protecção dos recursos hídricos subterrâneos da área de estudo, em especial do aquífero basal de vulnerabilidade intermédia que serve para abastecimento doméstico:

- A definição de medidas de reforço das infra-estruturas de armazenamento e/ou transporte de produtos perigosos, nomeadamente de combustíveis, na Base das Lajes de forma a evitar novos derrames, atendendo também à questão da sua estabilidade face à sismicidade da Ilha.
- A articulação de um programa de acções com a Base Americana no sentido de serem tomadas medidas de contenção e de reabilitação das áreas reconhecidas como poluídas, programa esse que deverá ser acompanhado por técnicos portugueses.
- A manutenção de um programa de controlo da qualidade da água através da monitorização semestral nos novos furos e piezómetros instalados, bem como para os furos da CMPV, para o conjunto de parâmetros cujas concentrações se encontram acima dos limites de detecção, tendo em vista acompanhar a evolução da situação. Este programa deverá:
 - ser reajustado face aos resultados, designadamente na componente relativa aos metais pesados e hidrocarbonetos;
 - ser complementar e estar em estreita articulação com os trabalhos desenvolvidos e as análises efectuadas pela Base Americana dentro dos perímetros militares poluídos, para os piezómetros nas formações hidrogeológicas suspensas.
- O uso de isótopos para datação de águas e análise da idade de recarga.
- O aprofundamento do estudo da recarga, por análise da variação do nível piezométrico designadamente através do uso de sondas instaladas a diferentes níveis hidrogeológicos, por períodos mais longos e noutras áreas da Ilha.
- A análise da espessura da lentícula de água doce sobrenadante à água salgada no interior da ilha, nos furos da CMPV, em situação de não bombagem.
- A realização de estudos complementares em áreas ainda não contempladas que se localizem a jusante de potenciais focos de poluição, nomeadamente da Cova das Cinzas; neste Estudo essa análise foi parcialmente efectuada mas não incluiu as áreas a montante dos furos de captação da Base Aérea Americana.

Importa, por fim, referir que o conhecimento agora adquirido não esgota a caracterização de todas as áreas potencialmente afectadas por poluição. Com base nos recursos financeiros disponíveis, procurou-se centrar e aprofundar o conhecimento nas áreas a montante dos furos de abastecimento e a jusante dos principais focos de poluição relacionados com a actividade da Base das Lajes identificados. Os resultados da prospecção geofísica apontam outras áreas, possivelmente de menor importância e expressão, que deverão ser alvo de novos estudos.

Como **conclusão global** refere-se que, pese embora a caracterização do estado ambiental das áreas analisadas ter confirmado a presença de áreas poluídas na região estudada, apenas se mediu uma situação de concentração de poluentes acima dos valores permitidos em furos e/ou piezómetros que captam no aquífero basal. Tal já havia sido identificado nalguns furos de abastecimento da Base Americana. Note-se, contudo, que a simples presença em diversos pontos de água de concentrações acima dos limites de detecção é um indício de uma potencial situação de risco que importa continuar a monitorizar no futuro. Nesse processo, as origens de poluição devem ser controladas e o processo de reabilitação, natural e/ou induzido, das áreas restritas afectadas deve ser posto em marcha pela Força Aérea Americana, sob supervisão do Estado Português, predispondo-se o LNEC a colaborar num futuro estudo para a proposta de medidas de mitigação e de recuperação apropriadas.

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil,

Janeiro de 2011

O Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas



J.P. Cárcamo Lobo Ferreira
Doutor em Engenharia Civil
Investigador-Coordenador