

**Dissertação de Mestrado**

***Sistemas de Informação Geográfica  
e Ordenamento do Território***



**Análise hidro-histórica das águas subterrâneas do Porto,  
Séculos XIX a XXI: inventário, base de dados e cartografia SIG**

***Liliana Filipa da Silva Freitas***

Julho 2010



***Liliana Filipa da Silva Freitas***

**Análise hidro-histórica das águas subterrâneas do Porto,  
Séculos XIX a XXI: inventário, base de dados e cartografia SIG**

*Dissertação apresentada à Faculdade de Letras da Universidade do Porto, para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, realizada sob a orientação da Professora Doutora Nicole Devy-Vareta, Professora Associada do Departamento de Geografia da FLUP e co-orientação do Professor Doutor António Alberto Gomes, Professor Auxiliar do Departamento de Geografia da FLUP.*

Julho 2010



*Dedico esta dissertação:*  
*aos meus pais, pela compreensão, paciência*  
*e carinho essenciais ao alcance dos objectivos;*  
*ao Ivo e à Filipa pelo estímulo e apoio dedicados...*



## Agradecimentos

A concretização do estudo que conduziu à elaboração da presente dissertação contou com a colaboração científica de diversos professores, investigadores, técnicos, funcionários e proprietários dos terrenos da cidade do Porto e instituições associadas. Esta dissertação é uma contribuição para o projecto I&D GROUNDURBAN (*Urban Groundwater and Environmental Management in the Northwest Portugal*; POCI/CTE-GEX/59081/2004).

Em primeiro lugar um agradecimento à Professora Doutora Nicole Devy-Vareta (*FLUP*), que na qualidade de orientadora científica da dissertação acompanhou de forma exemplar todas as fases do estudo. Um sincero agradecimento pela partilha e pesquisa de bibliografia fundamental à elaboração da dissertação, assim como pela leitura do manuscrito original.

Ao Professor Doutor António Alberto Gomes (*DG-FLUP*), co-orientador científico da dissertação, pela dedicação e incentivo que demonstrou ao longo da elaboração da dissertação. Agradeço todas as conversas em gabinete, a partir das quais surgiram novas sugestões para encaminhar o estudo desenvolvido. Finalizando sem referir tudo, um agradecimento pela leitura crítica da dissertação.

Ao Professor Doutor Helder I. Chaminé (*LABCARGA/DEG-ISEP*), o meu sincero reconhecimento pelo apoio e dedicação constante ao longo de todo o estudo, nomeadamente, durante trabalho de gabinete e trabalho de campo. Um agradecimento pela disponibilização dos meios laboratoriais necessários para a realização de um estágio no *LABCARGA/ISEP*, pela amizade, incentivo constantes e leitura crítica do manuscrito original.

À Mestre Maria José Afonso (*LABCARGA/DEG-ISEP*), pelo cuidado na revisão da base de dados e por todos os materiais que me disponibilizou. Reconhecidamente agradeço a troca de ideias que mantivemos, ainda que estando dedicada ao seu trabalho de investigação em hidrogeologia urbana do grande Porto, amavelmente, sempre declarou a sua disponibilidade e total partilha de dados inéditos.

Aos colegas Mestres Rui Santos Silva e Patrícia Moreira (*LABCARGA/ISEP*), pela disponibilidade para me acompanharem no trabalho de campo, os quais contribuíram de maneira fundamental para o sucesso das jornadas de terreno. Um sincero agradecimento, pela forma como me integraram no *LABCARGA – LABORATÓRIO DE CARTOGRAFIA E GEOLOGIA APLICADA*. Obrigada pela vossa amizade e incentivo!

Aos colegas Mestres José Teixeira, Ana Pires e Catarina Rodrigues (*LABCARGA/ISEP*) pelo acompanhamento e motivação dedicados ao longo do trabalho de gabinete, nomeadamente na construção da Base de Dados SIG e troca de impressões sobre geomorfologia aplicada.

À amiga e colega Cátia Ferreira (*FLUP*), pelo constante companheirismo e motivação, assim como pela cedência de dados para o estudo.

Aos meus Pais, Irmão e Cunhada, que sempre compreenderam a necessidade que tive de dedicar o máximo tempo à realização de todo o trabalho que está por “trás” da presente dissertação.



## **Resumo**

A presente dissertação constitui uma abordagem metodológica multidisciplinar, relativamente a um recurso natural fundamental para a humanidade, a água subterrânea, tendo como área de análise, a cidade do Porto. Neste estudo, optou-se por seguir uma metodologia retrospectiva, cujo objectivo principal é a compreensão da localização das emergências de águas subterrâneas e da evolução do seu uso na cidade do Porto, estabelecendo alguma conexão com as modificações que o espaço urbano teve nos últimos cem anos. Como tal, recorreu-se à análise de bibliografia e cartografia variada, referente a épocas distintas, o que revelou dados passíveis de serem integrados numa Base de Dados Espacial (BDE), os quais, foram posteriormente integrados num Sistema de Informação Geográfica, dada a componente espacial que eles possuem.

Esta recolha crítica da informação disponível no acervo bibliográfico e cartográfico que contém elementos sobre as águas subterrâneas na cidade do Porto (Séculos XIX a XXI), assim como, a localização e georreferenciação da hidrotoponímia da cidade do Porto, conduziu à elaboração de um conjunto de informação espacial que permitiu fundamentar uma interpretação e comparação hidro-histórica da distribuição espacial e uso das águas subterrâneas na cidade, particularmente, para os períodos temporais da segunda metade do Séc. XIX e início do Séc. XX.

Os elementos cartográficos, provenientes da base de dados (BD) georreferenciados, facilitaram a procura de padrões espaciais entre as ocorrências das águas subterrâneas, o entendimento da distribuição dos topónimos relacionados com a hidrologia superficial e subterrânea da cidade.

A integração do inventário realizado na BD e, posteriormente, na plataforma SIG, constituiu uma importante ferramenta de representação, de pesquisa e da análise de dados relativa aos hidropontos espalhados pela cidade, no sentido em que promove o cruzamento de informação diversa (gráfica, tabular e bibliográfica) e permite, em parte, a compreensão da distribuição dos hidropontos.

A aplicação desta metodologia multidisciplinar assim como a concretização efectiva da ligação da BD com os SIG's, ajuda a suportar a estruturação dos actuais debates sobre a gestão da água nas cidades e da sua sustentabilidade, dada a importância que esta representa no quotidiano do ecossistema urbano.

## **Palavras-chave**

Águas subterrânea; História da água; Cidade do Porto; Base de Dados; SIG.



## **Abstract**

The aim of this thesis was to contribute to a basic natural resource for the mankind, the groundwater. The study area is the Oporto city. This study follows a retrospective methodology and a multidisciplinary approach, which intends to understand the use and location of the groundwater occurrences in Oporto urban area. In addition, a historical analysis of several bibliographical records will be included into a spatial database (BDE), and then integrated into a Geographic Information System (GIS).

The compilation and analysis of key information available in old bibliography and cartography about Oporto groundwater (namely, Centuries XIX to XXI) was made. The location and georeferencing of hydrotoponymy of Oporto city led to the elaboration of a set of spatial information for a hydro-historical interpretation about the use of groundwater in the urban area, particularly in the second half of XIX century and early twentieth century.

The data map obtained from the georeferenced database facilitated the search for spatial patterns in the occurrence of groundwater, such as understanding the distribution of the toponymy related to the surface hydrology and groundwater.

The integration of inventory held in the database and subsequently on the GIS platform, provided an important tool of representation, study and analysis of data on hydro-inventory points, which promotes the cross-check of varied information (graphical, tabular and bibliographical) and allows, in part, understanding the distribution of hydro-inventory points.

The multidisciplinary approach – namely historical geography, geomorphology, hydrogeology, GIS mapping – and a functional relationship of the database (BD) within GIS platform. This perspective will allow contribute to the current issues on water management in cities and their sustainability with the ecosystems.

## **Keywords**

Groundwater; History of water; Porto city; Database; GIS.



## **Acrónimos**

APRH – Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

BD – Base de Dados

BDE – Base de Dados Espacial

ESRI – Environmental Systems Research Institute

GPS – Global Position System (Sistema de Posicionamento Global)

INE – Instituto Nacional de Estatística

NHE - Nível Hidrostático

Shp – Shapefile

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SGBD- Sistema de Gestão de Base de Dados

Kml – Keyhole Markup Language

TC – Trabalho de campo



## Índice:

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Capítulo 1.....                                                          | 7  |
| 1. Introdução .....                                                      | 9  |
| 1.1 - Objectivos da dissertação .....                                    | 9  |
| 1.2 - Enquadramento da área de estudo .....                              | 10 |
| 1.2.1 - Enquadramento geográfico.....                                    | 10 |
| 1.2.2 - Enquadramento Geológico .....                                    | 12 |
| 1.2.3 - Enquadramento Geomorfológico .....                               | 14 |
| 1.3 – Estrutura e esquema da dissertação.....                            | 16 |
| Capítulo 2.....                                                          | 19 |
| 2. Materiais e métodos.....                                              | 21 |
| 2.1 - Pesquisa documental .....                                          | 21 |
| 2.2 - A Base de Dados Espacial – HidroGeoPorto .....                     | 28 |
| 2.2.1 - Modelo conceptual de relacionamentos .....                       | 29 |
| 2.2.2 Dicionário de dados.....                                           | 31 |
| 2.3 - Aplicação SIG: cartografia e análise de dados .....                | 33 |
| Capítulo 3.....                                                          | 35 |
| 3. A importância das águas subterrâneas em contexto urbano .....         | 37 |
| 3.1 – O ciclo hidrológico e a água subterrânea.....                      | 37 |
| 3.2 - Panorama actual .....                                              | 43 |
| Capítulo 4.....                                                          | 47 |
| 4. Águas subterrâneas na cidade do Porto: uma perspectiva geográfica.... | 49 |
| 4.1 - As águas subterrâneas na cidade do Porto (Séculos XIX – XX) .....  | 49 |
| 4.1.1 - Considerações históricas .....                                   | 49 |

## **Índice:**

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Capítulo 1.....                                                          | 7  |
| 1. Introdução .....                                                      | 9  |
| 1.1 - Objectivos da dissertação .....                                    | 9  |
| 1.2 - Enquadramento da área de estudo .....                              | 10 |
| 1.2.1 - Enquadramento geográfico.....                                    | 10 |
| 1.2.2 - Enquadramento Geológico .....                                    | 12 |
| 1.2.3 - Enquadramento Geomorfológico .....                               | 14 |
| 1.3 – Estrutura e esquema da dissertação.....                            | 16 |
| Capítulo 2.....                                                          | 19 |
| 2. Materiais e métodos.....                                              | 21 |
| 2.1 - Pesquisa documental .....                                          | 21 |
| 2.2 - A Base de Dados Espacial – HidroGeoPorto .....                     | 28 |
| 2.2.1 - Modelo conceptual de relacionamentos .....                       | 29 |
| 2.2.2 Dicionário de dados.....                                           | 31 |
| 2.3 - Aplicação SIG: cartografia e análise de dados .....                | 33 |
| Capítulo 3.....                                                          | 35 |
| 3. A importância das águas subterrâneas em contexto urbano .....         | 37 |
| 3.1 – O ciclo hidrológico e a água subterrânea.....                      | 37 |
| 3.2 - Panorama actual .....                                              | 43 |
| Capítulo 4.....                                                          | 47 |
| 4. Águas subterrâneas na cidade do Porto: uma perspectiva geográfica.... | 49 |
| 4.1 - As águas subterrâneas na cidade do Porto (Séculos XIX – XX) .....  | 49 |
| 4.1.1 - Considerações históricas .....                                   | 49 |

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.2 - Localização e distribuição das fontes de água subterrânea na cidade do Porto (finais do século XIX) .....  | 52  |
| 4.1.3 - Disponibilidade e qualidade versus evolução demográfica e consumo.....                                     | 55  |
| 4.2 - O quadro actual das águas na cidade do Porto .....                                                           | 63  |
| 4.2.1 - Ficha de Inventário hidrotopónimo.....                                                                     | 67  |
| 4.2.2 - Metodologia de preenchimento da ficha de inventário .....                                                  | 69  |
| 4.2.3 - Resultados do inventário hidrotopónimo .....                                                               | 72  |
| 4.2.4 - Cruzamento dos resultados do inventário com outra informação..                                             | 85  |
| 4.3 - Comparação entre a situação dos Séculos XIX e XXI .....                                                      | 91  |
| 4.4 - A BDE HidroGeoPorto: aplicabilidade e importância na análise das águas subterrâneas da cidade do Porto ..... | 93  |
| Capítulo 5.....                                                                                                    | 97  |
| 5. Conclusões .....                                                                                                | 99  |
| 5.1 - Considerações conclusivas.....                                                                               | 99  |
| 5.2 - Perspectivas futuras .....                                                                                   | 101 |
| 6. Bibliografia .....                                                                                              | 115 |
| 6.1. Referências bibliográficas .....                                                                              | 115 |
| 6.2. Endereços electrónicos.....                                                                                   | 120 |
| Anexos.....                                                                                                        | 123 |

## Índice de figuras

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Localização da área de estudo - o Concelho do Porto.....                                                                                                                                                                                                                                              | 10 |
| Figura 2 - O concelho do Porto: constituição das suas freguesias. ....                                                                                                                                                                                                                                           | 11 |
| Figura 3 - Evolução absoluta do número de habitantes na cidade do Porto (1864 - 2001) .....                                                                                                                                                                                                                      | 12 |
| Figura 4 – Esboço geológico do Porto (Chaminé et al., 2010a).....                                                                                                                                                                                                                                                | 13 |
| Figura 5 - Esboço geomorfológico da cidade do Porto e área ribeirinha de Vila Nova de Gaia.....                                                                                                                                                                                                                  | 15 |
| Figura 6 – Esquema da estrutura da dissertação (BDE – Base de Dados Espacial). .....                                                                                                                                                                                                                             | 17 |
| Figura 7 - Metodologia aplicada no desenvolvimento do estudo.....                                                                                                                                                                                                                                                | 21 |
| Figura 8 – Algumas das dissertações inaugurais do Laboratório de Bacteriologia do Porto, apresentados à Escola Médico-Cirúrgica do Porto, na temática da “Contribuição para a Higiene do Porto” sob a coordenação científica do Prof. Sousa Júnior (Fontes, 1908; Carteador Mena, 1908; Bahia Junior, 1909)..... | 22 |
| Figura 9 - O “Mappa Synoptico Estatistico-Historico dos Mananciaes Publicos” da cidade do Porto (Souza Reis, 1867). ....                                                                                                                                                                                         | 22 |
| Figura 10- A distribuição dos poços da cidade do Porto (segundo Carteador Mena, 1908). ....                                                                                                                                                                                                                      | 23 |
| Figura 11 – Alguns exemplos da cartografia antiga analisada referente a plantas antigas da cidade do Porto: 1- <i>A cidade do Porto - Planta redonda</i> (Balck, 1813), 2- <i>Oporto/Porto</i> (Clark, 1833).....                                                                                                | 24 |
| Figura 12 - Esquema relativo às tarefas executadas no trabalho de campo.....                                                                                                                                                                                                                                     | 25 |
| Figura 13 - Georreferenciação dos elementos inventariados e provenientes do trabalho de campo (1ª fase), base: <i>Google Earth Pro</i> .....                                                                                                                                                                     | 26 |
| Figura 14 - Modelo conceptual da BDE  <i>HidroGeoPorto</i> . ....                                                                                                                                                                                                                                                | 30 |
| Figura 15 - Dicionário de Dados - BDE. ....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 32 |
| Figura 16 - Distribuição da água na Terra (adaptado de Marsily, 1997). ....                                                                                                                                                                                                                                      | 37 |
| Figura 17 - Ciclo Hidrológico ou ciclo da água ( <a href="http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html">http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html</a> ).....                                                                                                                                                  | 38 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 18 - Cone de superfície de influência na bombagem de um furo (adaptado de González de Vallejo, 2002).....                                                                                                                                                              | 39 |
| Figura 19 - Circulação de água nos meios porosos, fracturados e cársticos (adaptado de González de Vallejo, 2002).....                                                                                                                                                        | 40 |
| Figura 20 - Demarcação das áreas do couto da Sé e de Cedofeita (Azevedo, 1960).....                                                                                                                                                                                           | 49 |
| Figura 21 - Mananciais e nascentes de água subterrânea referenciadas para abastecimento de água na cidade do Porto, nos finais do século XIX. Adicionalmente, são indicados os chafarizes e fontanários existente à data (compilado de Fontes, 1908; Bahia Junior, 1909)..... | 54 |
| Figura 22 - Esquema tipo do abastecimento de água nas cidades. ....                                                                                                                                                                                                           | 55 |
| Figura 23 – Distribuição dos poços (Carteado Mena, 1908) e variação da população em finais do Século XIX e início do Sec. XX.....                                                                                                                                             | 59 |
| Figura 24 – Atributos inventariados por Carteado Mena em 1908: 1 – Profundidade do nível hidrostático; 2 – Profundidade da coluna de água; 3 – Profundidade total do poço; 4 – Temperatura da água (A, B, C: ver texto). ....                                                 | 62 |
| Figura 25 - Ficha de hidrotoponímia utilizada no inventário de campo: o exemplo da Nascente do Bicalho (freguesia de Massarelos).....                                                                                                                                         | 65 |
| Figura 26 – Aspectos vários dos hidropontos registados durante o trabalho de campo. ....                                                                                                                                                                                      | 66 |
| Figura 27 - Esquema da ficha de inventário hidrotoponímico e respectivos atributos inventariados. ....                                                                                                                                                                        | 67 |
| Figura 28 - Humidade relativa e temperatura do ar, dia 3 de Março de 2010, RUEMA-Massarelos. ....                                                                                                                                                                             | 71 |
| Figura 29 – Mapa dos hidropontos inventariados (nascente, fontanário, lavadouro) na cidade do Porto, numa base hipsométrica. ....                                                                                                                                             | 74 |
| Figura 30 - Mapa dos hidrotopónimos da cidade do Porto decorrente do inventário hidrotoponímico implementado.....                                                                                                                                                             | 76 |
| Figura 31 – Síntese do inventário 2010: referências históricas.....                                                                                                                                                                                                           | 77 |
| Figura 32 - Condutividade eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) observada nos hidropontos.....                                                                                                                                                                                | 82 |

|                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 33 - Classes de valores dos parâmetros físico-químicos registados <i>in situ</i> nos hidropontos no decorrer do inventário - o Vale da Ribeira de Vilar, freguesia de Massarelos.....       | 83 |
| Figura 34 - Síntese do inventário: características da utilização. ....                                                                                                                             | 85 |
| Figura 35 – Bloco diagrama esquemático do Vale do Vilar: constrangimentos morfoestruturais, geotécnicos e hidrogeológicos.....                                                                     | 86 |
| Figura 36 – Comparação entre o substrato geológico e os parâmetros hidrogeológicos medidos nos hidropontos inventariados.....                                                                      | 89 |
| Figura 37 – As potencialidades da aplicação SIG com o cruzamento entre a BD e BDE: exemplo de hiperligação entre ambas para o caso do fontanário da Rua Abade Faria, localizado em Massarelos..... | 94 |

## **Índice de tabelas**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Síntese do Inventário Hidrotoponímico, implementado entre Fevereiro e Março de 2010. ....                                                                                                                                                                                                                         | 73 |
| Tabela 2 – Síntese do inventário: condições de ocorrência dos hidropontos. ..                                                                                                                                                                                                                                                | 79 |
| Tabela 3 – Síntese do inventário: Geomorfologia. ....                                                                                                                                                                                                                                                                        | 79 |
| Tabela 4 - Síntese do inventário: Temperatura da água (°C) e pH.....                                                                                                                                                                                                                                                         | 81 |
| Tabela 5 - Síntese do Inventário: Condutividade eléctrica (µS/cm). ....                                                                                                                                                                                                                                                      | 81 |
| Tabela 6 – Síntese do inventário: tipo litológico. ....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 84 |
| Tabela 7 – Classificação das águas, segundo a comparação entre a temperatura média anual do ar (14,4°C) e a temperatura da água dos hidropontos (as águas poderão ser consideradas termais, segundo o critério de Schöeller (1962), se a temperatura da água superior 4°C relativamente à temperatura média anual do ar). 91 |    |
| Tabela 8 –Evolução do número total de hidropontos na cidade do Porto. ....                                                                                                                                                                                                                                                   | 91 |
| Tabela 9 –Caudal medido nos hidropontos, segundo os inventários de 1887 e 2010.....                                                                                                                                                                                                                                          | 92 |

## Capítulo 1: Introdução





## **1. Introdução**

### **1.1 - Objectivos da dissertação**

Esta dissertação de mestrado surge como resultado de uma investigação onde o eixo principal prende-se com a criação e desenvolvimento de um sistema de informação geográfica (SIG), sob a temática da hidrogeografia histórica especialmente da sua componente hidrológica subterrânea, da área urbana do Porto. Nesta dissertação optou-se pelo emprego de uma metodologia hidro-histórica retrospectiva, baseada na hipótese de que o entendimento da evolução da quantidade/qualidade das águas, como a sua gestão à superfície, poderá contribuir para o conhecimento da situação actual do recurso água subterrânea, e contribuir para a consolidação de estudos prospectivos.

Deste modo, a investigação procura, por um lado inventariar, cartografar e interpretar a distribuição das nascentes de água subterrânea na cidade do Porto, comparando a situação actual com a situação do final do século XIX, assim como, facultar uma imagem quantitativa dos hidropontos<sup>1</sup> existentes na cidade e a respectiva análise de alguns parâmetros hidrogeológicos. A temporalidade da análise que se pretendeu desenvolver, possibilitou a observação da sustentabilidade deste recurso que naturalmente emerge em alguns pontos da cidade do Porto.

Intimamente relacionado com o objectivo fundamental do estudo, já salientado, surgem objectivos complementares que se traduzem em questões a serem respondidas mediante a vertente histórica e actual da pesquisa, a saber:

- Onde se localizam as nascentes de água subterrânea na cidade do Porto?
- Como se distribuem as captações de água subterrânea na área urbana?
- Que relação existe entre as nascentes e a ocorrência de hidrotopónimos?
- Como se caracterizava a água que abastecia a população da cidade do Porto nos Séculos passados e, em especial, no Século XIX?
- Qual o estado actual das águas subterrâneas na área urbana?
- Quais os benefícios na integração desta informação num SIG para posterior uso e análise espacial?

---

<sup>1</sup> Os hidropontos, nesta dissertação, consistem em nascentes, minas de água, mananciais, fontanários, chafarizes e lavadouros.

## 1.2 - Enquadramento da área de estudo

### 1.2.1 - Enquadramento geográfico

A área de estudo, o Concelho do Porto, localiza-se no Noroeste de Portugal Continental, nomeadamente no Distrito do Porto que é constituído por dezoito Concelhos (figura 1).

O Concelho do Porto encontra-se geograficamente limitado a Norte pelos Concelhos de Matosinhos e da Maia, a Este pelo de Gondomar e a Sul por Vila Nova de Gaia. O seu limite a sul é estabelecido pelo rio Douro.

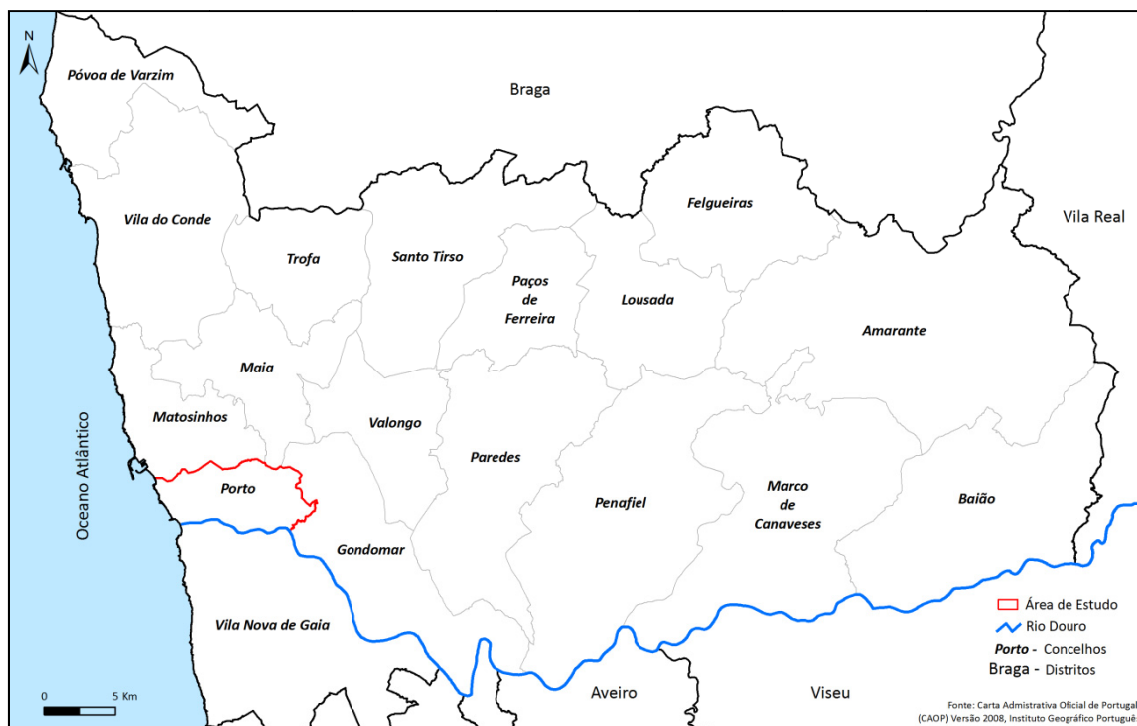


**Figura 1 - Localização da área de estudo - o Concelho do Porto.**

A cidade do Porto desenvolveu-se frente para o rio Douro, cujas águas correm em direcção à sua foz, local onde se juntam com as águas do Oceano Atlântico. O Concelho hoje dividido em quinze freguesias (figura 2), em que estas registam uma evolução em função da expansão da cidade e da sua população.

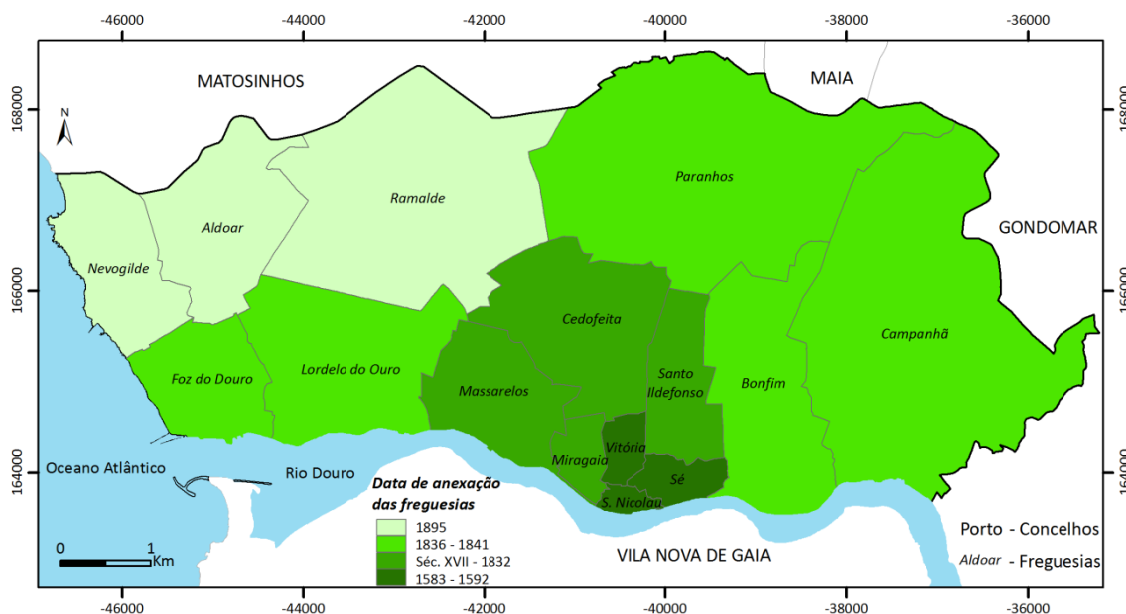


**Figura 2 - O concelho do Porto: constituição das suas freguesias<sup>2</sup>.**

Os primeiros povoados datam, pelo menos, do início do Século V d. C., desde que os Visigodos e os Suevos se instalaram na margem Norte do rio Douro. Os Romanos estabeleceram-se neste local no século I DC. O Porto tornou-se uma importante urbe desde o século XII, tendo-se desenvolvido ao longo das vertentes graníticas do rio Douro (*Oliveira Ramos, 2000*).

O povoamento do Porto era constituído, inicialmente, apenas por uma freguesia, a Sé. No ano de 1583, por determinação do Bispo D. Marcos de Lisboa passou a contar com três novas freguesias (*Oliveira Ramos, 2000*): S. Nicolau, Vitória e S. João de Belmonte, sendo que esta última passou a estar integrada na freguesia de S. Nicolau a partir de 1592. A maior parte da área destas freguesias estava envolvida pelas muralhas da cidade; no seu exterior existiam ainda numerosos núcleos populacionais e quintas hoje incorporadas nas freguesias de Santo Ildefonso, de Cedofeita, de Massarelos e de Miragaia (*Capela et al., 2008*).

Em 1836, foram anexadas as freguesias de Campanhã, de Foz do Douro e de Lordelo do Ouro (*Oliveira Ramos, 2000*). Nos anos seguintes, a cidade continuou a

<sup>2</sup> A elaboração deste mapa revelou-se pouco linear, uma vez que há dificuldades em descortinar na bibliografia a data da criação das freguesias até ao século XIX. Por outro lado, os limites administrativos actuais que serviram de base ao trabalho, não correspondem aos então existentes, nomeadamente no caso das freguesias de Cedofeita, Miragaia e S<sup>to</sup> Ildefonso. Ainda que existam e se tenha consciência destes problemas, a solução alcançada responde à descrição da evolução da cidade do Porto desde a sua criação.

crescer, por um lado com a anexação da freguesia de Paranhos (1837), e por outro, e devido à dimensão exagerada que S. Ildefonso apresentava, dividiu-se o seu território e surgiu a freguesia do Bonfim (1841). As últimas a fazer parte do Concelho foram: Nevogilde, Aldoar e Ramalde em 1895 (*Oliveira Ramos, 2000*).

Em 1895, a cidade estava organizada administrativamente da forma que hoje conhecemos e os limites da cidade coincidentes. O valor arquitectónico e patrimonial do núcleo antigo da cidade do Porto conduziu, em 1996, ao reconhecimento do “Centro Histórico do Porto” como Património Mundial da UNESCO.

Analisando a evolução da população retratada na figura 3, pode concluir-se que esta foi sempre aumentando desde 1864 até 1960, tendência que se alterou na década seguinte com um ligeiro decréscimo. Na década seguinte entre 1970 e 1981, observa-se um novo aumento da população nesta área urbana e, a partir de 1981, a população entra novamente numa fase de decréscimo que se prolonga até à actualidade.

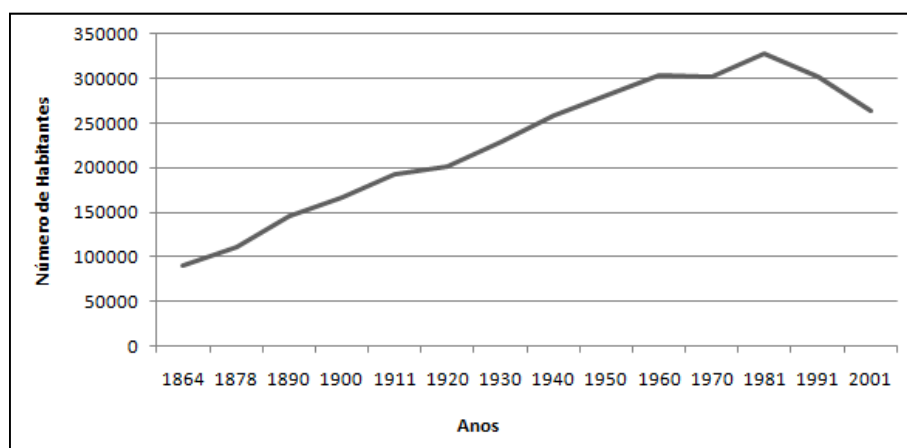


**Figura 3 - Evolução absoluta do número de habitantes na cidade do Porto (1864 - 2001) <sup>3</sup>.**

### 1.2.2 - Enquadramento Geológico

A área urbana do grande Porto enquadra-se num complexo contexto geodinâmico (*Chaminé, 2000*) e morfotectónico (*Araújo, 1991; Gomes, 2008*), sob a influência da evolução da megaestrutura denominada faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar (*Chaminé, 2000; Gomes, 2008*) que delimita, regionalmente, os terrenos da Zona Centro-Ibérica da Zona de Ossa-Morena (*Ribeiro et al., 2007*).

<sup>3</sup> Baseado nos Censos do Instituto Nacional de Estatística (INE), 1864 a 2001.

A cidade do Porto é caracterizada pela dominância de rochas graníticas (e.g., Sharpe, 1849; Barata, 1910; Rosas da Silva, 1936; Carrington da Costa, 1938; Carrington da Costa & Teixeira, 1957; Almeida et al., 2001; Chaminé et al., 2003, 2010a,b), sendo estas, maioritariamente, granitóides de duas micas, de grão médio e textura granular ( fácies granítica do Porto), de grão médio a grosseiro com megacristais de feldspato potássico ( fácies granítica de Contumil), de grão fino, predominantemente biotítico, deformado ( fácies granítica de Arrábida e da Afurada). Apesar da clara dominância dos granitóides (figura 4) ocorrem na cidade rochas de alto grau metamórfico, a Oeste, e rochas metassedimentares, a Leste, nomeadamente micaxistos, ortognaisses e milonitos na parte ocidental da cidade, assim como xistos e grauvaques na vertente oriental da cidade (Chaminé et al., 2003, 2010a).

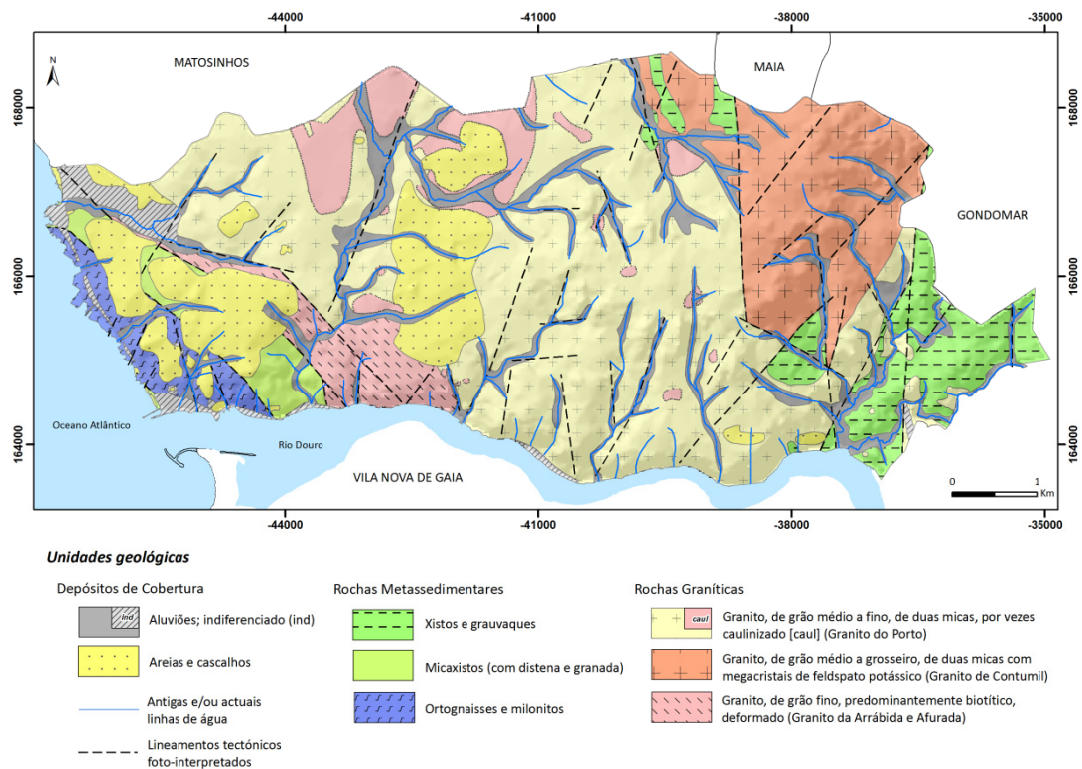


**Figura 4 – Esboço geológico do Porto (Chaminé et al., 2010a).**

A um nível mais recente podem encontrar-se depósitos de cobertura, como as areias e os cascalhos, na base dos relevos mais elevados e aluviões transportados pelas antigas e actuais linhas de água (Araújo et al., 2003).

Em termos de fracturação regional, as orientações dominantes apresentam direcções principais de NW-SE, NE-SW e NNE-SSW e W-E, predominando em termos de quadrante de inclinação as descontinuidades subverticais a verticais (*Chaminé et al., 2003*). A análise do estado de alteração/alterabilidade permitiu constatar que o resultado da meteorização das rochas graníticas da região é frequentemente patenteada pela arenização, caulínização e/ou decomposição do maciço da fácies granítica do Porto (*Begonha & Sequeira Braga, 2002*), que pode alcançar profundidades de superiores a 30 m.

### **1.2.3 - Enquadramento Geomorfológico**

Em termos geomorfológicos, a região está enquadrada no Maciço Ibérico (*Araújo et al., 2003*), correspondendo a uma vasta área aplanada, a plataforma litoral, a qual se desenvolve a partir de cotas abaixo dos 125 metros, subindo um pouco para Sul do Porto (figura 5).

Relativamente à organização geral da rede de drenagem, esta reflecte, em grande parte, a tectónica da área, especialmente, dos sistemas de fracturação regional (NW-SE a NNW-SSE, NE-SW a NNE-SSW e W-E; *cf. Araújo, 1991; Araújo et al., 2003; Chaminé et al., 2003*), impondo os traços morfoestruturais à região. Assim, estas estruturas maiores produzem uma compartimentação tectónica que, por sua vez, condiciona a distribuição das linhas de água, e consoante a litologia e a estrutura define-se uma rede hidrográfica, em geral, do tipo rectangular e/ou dendrítico.

A principal linha de água na região em estudo é o rio Douro, bem como uma série de tributários (*e.g.*, rio Tinto) e outros sistemas fluviais (*e.g.*, rio Leça). O rio Douro assume, no seu troço terminal (*ca.* 7km) uma orientação aproximada W-E, rodando para NNW-SSE na zona de confluência deste com o seu afluente da margem direita, o rio Tinto. Este rio apresenta uma orientação geral NNE-SSW, enquanto que o rio Leça exhibe orientações de NE-SW e NW-SE, com um traçado típico em baioneta o que denuncia condicionamento estrutural.

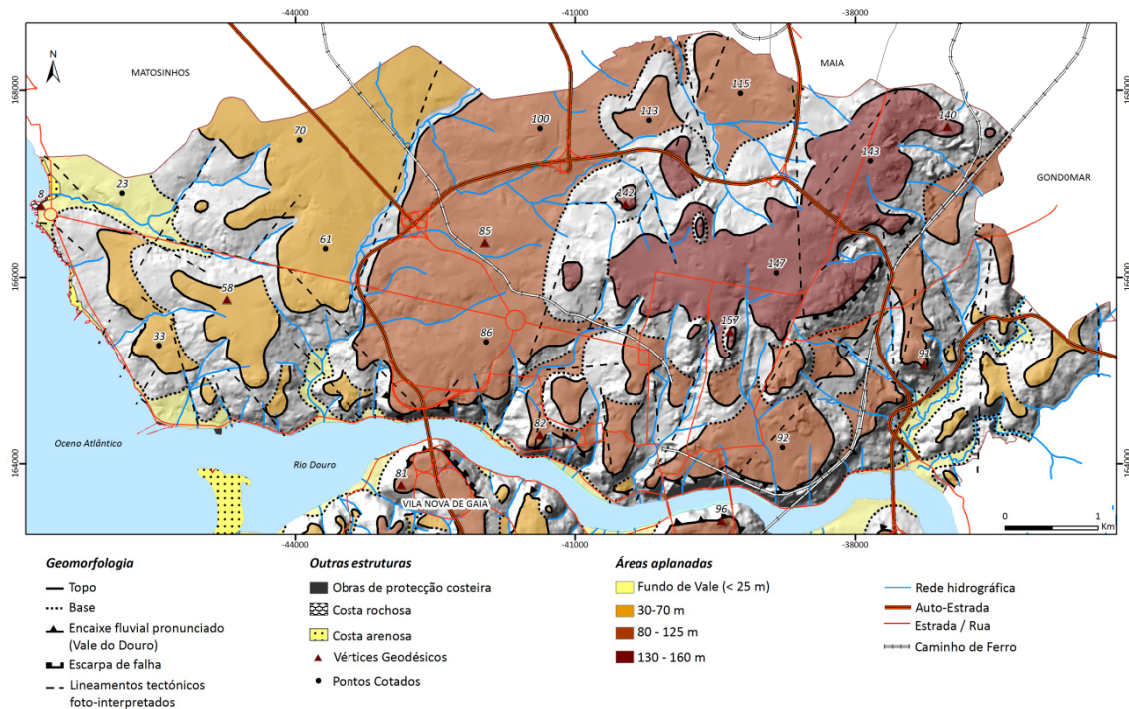


**Figura 5 - Esboço geomorfológico da cidade do Porto e área ribeirinha de Vila Nova de Gaia.**

A cidade do Porto, no que respeita à geomorfologia, caracteriza-se por uma variação entre áreas aplanadas e vales de pequenas linhas de água. As áreas aplanadas predominam entre os 80 e 125 metros de altitude (figura 5). Observa-se, ainda, uma gradação de altitude desde o Oceano Atlântico em direcção ao interior, com uma orientação aproximadamente W-E.

As áreas aplanadas inferiores (fundo de vale) surgem essencialmente no extremo oeste da cidade, junto ao Castelo do Queijo e nos vales dos Rio Tinto e Rio Torto.

Na freguesia de Ramalde e Lordelo do Ouro surge uma grande área aplanada com altitudes compreendidas entre os 60 e 70 metros. Para oeste desta área desenvolvem-se uma série de áreas aplanadas de menor extensão e altitudes decrescentes em direcção ao litoral.

Na parte leste da cidade ocorrem as áreas aplanadas mais elevadas, com altitudes que podem atingir os 160 metros. Rodeando esta extensa área elevada, surgem uma série de áreas aplanadas com cotas entre 80 e 125 metros, por vezes fortemente entalhadas pelas linhas de água, das quais a área entre o Campo Alegre – Boavista – Francos – Amial constitui um dos melhores exemplos.

### **1.3 – Estrutura e esquema da dissertação**

Com a investigação da presente dissertação, pretendeu-se, como se referiu anteriormente, obter um retrato da situação da hidrogeografia histórica, na sua componente hidrológica subterrânea, na cidade do Porto, bem como tecer algumas considerações sobre a sustentabilidade do recurso natural, a água.

Para alcançar os objectivos propostos procedeu-se à realização de um inventário de campo<sup>4</sup> dos hidropontos existentes na cidade (figura 6). Para o efeito, procedeu-se à criação e desenvolvimento original de uma ficha de inventário hidrotoponímico para a recolha sistemática de todos os elementos de campo e gabinete. Na delineação da campanha de campo recorreu-se à informação hidro-histórica dos levantamentos realizados, no âmbito das antigas teses de graduação da Escola Médica-Cirúrgica da Universidade do Porto, entre 1908 e 1909. Os elementos de campo inventariados foram exaustivamente cruzados de forma sistemática, em especial com os dados de *Fontes (1908)*, de *Carteado Mena (1908)* e de *Bahia Junior (1909)*, tendo sido introduzidos numa base de dados espacial (BDE) concebida para o efeito, tomando a designação de BDE|*HidroGeoPorto*. A partir desta evoluiu-se para a georreferenciação da informação em ambiente SIG. Este facto possibilitou a realização de uma cartografia e também a compreensão da distribuição dos hidropontos e a sua relação com a toponímia da cidade. Por fim, tentou-se, ainda, analisar criticamente a sustentabilidade deste recurso natural ao longo do século XX e dealbar do Século XXI.

No que diz respeito à estrutura da dissertação, está organizada em cinco capítulos fundamentais. No presente capítulo introdutório, apresentam-se os objectivos, esboçam-se os enquadramentos da área de estudo no que diz respeito à população, à geologia e geomorfologia urbanas e, ainda, se apresentam as linhas força da estrutura da dissertação. Segue-se o segundo capítulo que consiste na exposição dos materiais e métodos utilizados na realização da dissertação. No terceiro capítulo, pretendeu-se abordar genericamente a importância, numa perspectiva da geografia

---

<sup>4</sup> Para o efeito, efectuou-se um estágio científico no domínio da hidrogeologia prática e recebeu-se todo o apoio logístico do Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada do Instituto Superior de Engenharia do Porto, em particular no trabalho de campo dos bolseiros de investigação Eng<sup>o</sup> R. Santos Silva, da Eng<sup>a</sup> P. Moreira e da docente Dra. M.J. Afonso, sob coordenação do Prof. Doutor H.I. Chaminé em estreita articulação com os orientadores da dissertação.

histórica, das águas subterrâneas quanto à sua importância em áreas urbanas, assim como a relevância que estas representam na actualidade. O quarto capítulo incidiu na apresentação do caso de estudo em si, ligado à cidade do Porto. Neste capítulo sintetizam-se os resultados segundo as duas escalas temporais utilizadas, nomeadamente a aplicação dos dados da BDE, resultando nos elementos cartográficos apresentados. Para finalizar, sintetizam-se as considerações finais assim como se apresentam perspectivas futuras para a continuidade do trabalho.

A figura 6 pretende resumir de uma forma esquemática o cerne desta dissertação desde a definição do(s) objectivo(s) às diversas fases de trabalho e finalmente aos principais resultados alcançados.

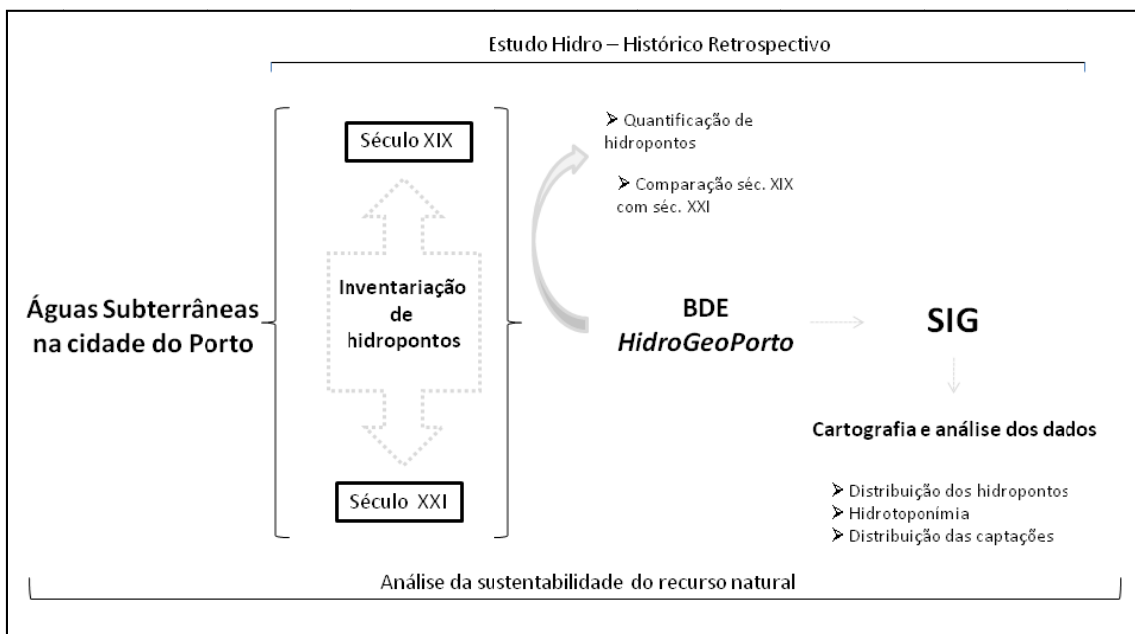


**Figura 6 – Esquema da estrutura da dissertação (BDE – Base de Dados Espacial).**



## Capítulo 2: Materiais e métodos





## 2. Materiais e métodos

A realização desta dissertação passou pela aplicação de diversas metodologias e técnicas que podem ser integradas em três fases distintas: 1) pesquisa documental, criação de uma ficha de inventário de hidrotoponímia e trabalho de terreno; 2) criação da Base de Dados Espacial (BDE); 3) visualização, análise de dados e cartografia SIG.

De forma sintética e esquemática, o percurso metodológico aplicado para a concretização desta dissertação é apresentado na figura 7.

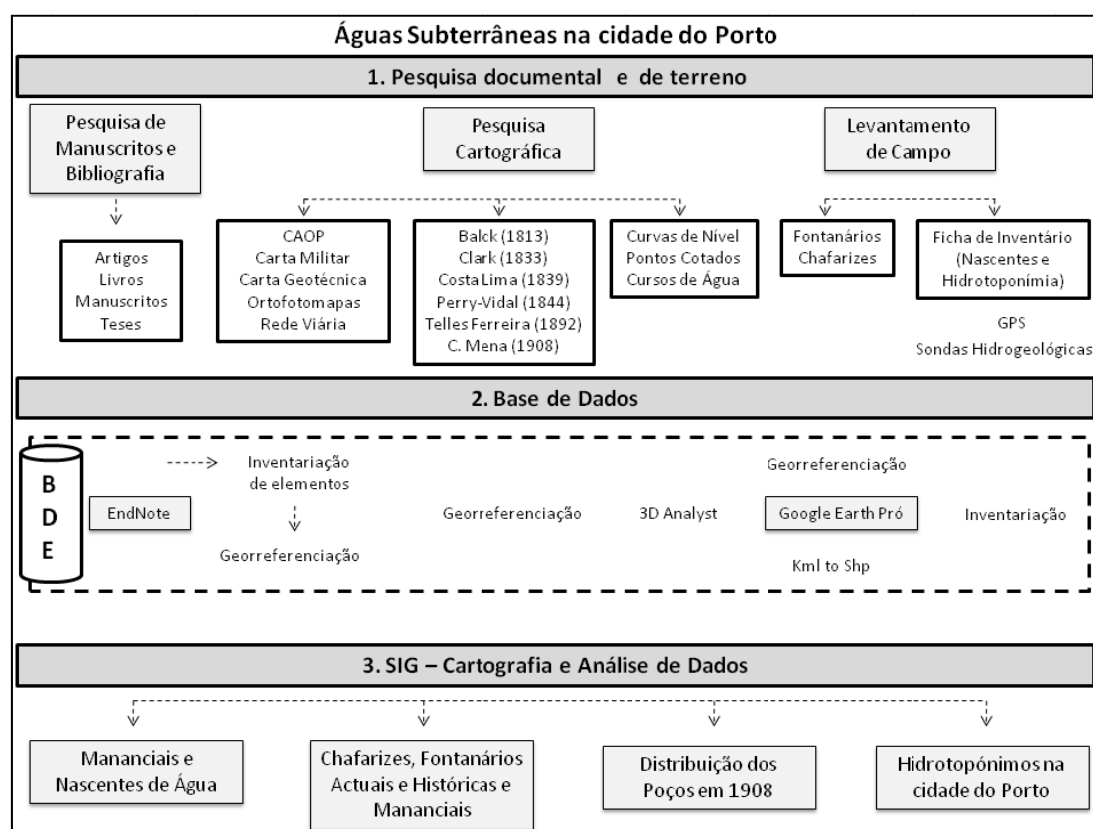


Figura 7 - Metodologia aplicada no desenvolvimento do estudo.

### 2.1 - Pesquisa documental

Tal como é possível observar na figura 7, a primeira fase que envolveu uma intensa pesquisa documental, concretizou-se na recolha de três tipos de materiais distintos: bibliografia sobre a temática, cartografia histórica da cidade do Porto e levantamentos de campo para a elaboração do inventário de hidropontos na cidade.

A pesquisa bibliográfica focalizou-se no tema das águas subterrâneas para o abastecimento do Concelho do Porto. As águas subterrâneas eram até finais do século

XIX responsáveis pelo abastecimento diário da população da cidade (Amorim & Pinto, 2001). Desse modo, foram consultados numerosos documentos com informações de índole variada que abordam o tema das águas subterrâneas e superficiais na cidade, tais como: livros, relatórios, teses (figura 8), artigos científicos e de divulgação, manuscritos e mapas antigos (figura 9), bem como trabalhos de investigação hidrogeológica recentes no âmbito do projecto GROUNDURBAN (e.g., Afonso *et al.*, 2007a,b, 2009, 2010; Devy-Vareta *et al.*, 2009; Chaminé *et al.*, 2010a; Freitas *et al.*, 2010) e de elementos da tese de doutoramento de Afonso (*in prep.*).

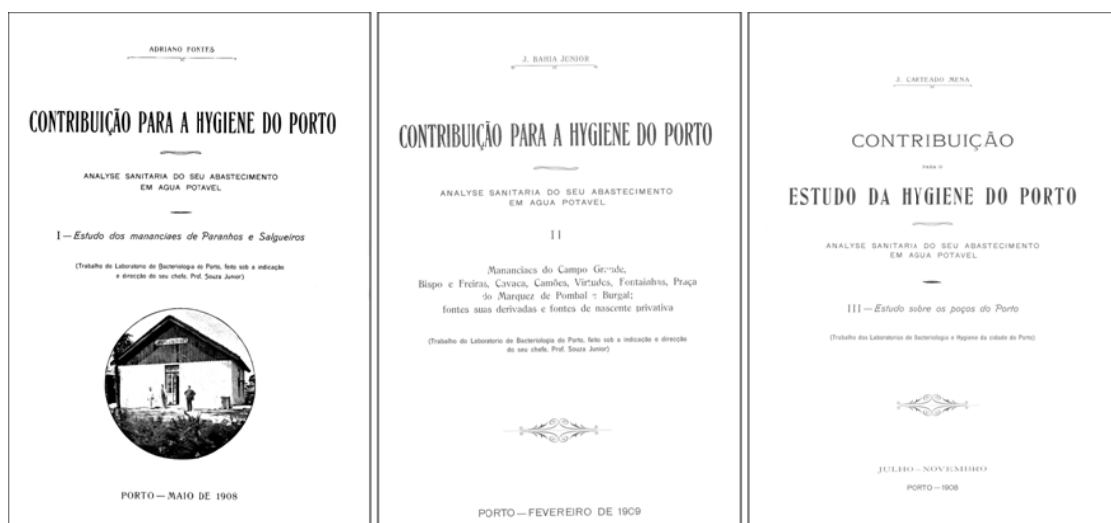


Figura 8 – Algumas das dissertações inaugurais do Laboratório de Bacteriologia do Porto, apresentados à Escola Médico-Cirúrgica do Porto, na temática da “*Contribuição para a Higiene do Porto*” sob a coordenação científica do Prof. Sousa Júnior (Fontes, 1908; Carteador Mena, 1908; Bahia Junior, 1909).



Figura 9 - O “Mappa Synoptico Estatistico-Historico dos Mananciaes Publicos” da cidade do Porto (Souza Reis, 1867).

Dentre os inúmeros trabalhos consultados destaca-se, o “Estudo dos Poços do Porto” (*Carteado Mena, 1908*) que foi particularmente importante: possibilitou a georreferenciação<sup>5</sup> dos poços existentes no início do século XX, uma vez que o trabalho apresenta um exaustivo trabalho de campo, fornecendo por um lado a localização e por outro a descrição pormenorizada de cada poço e suas características principais (figura 10).

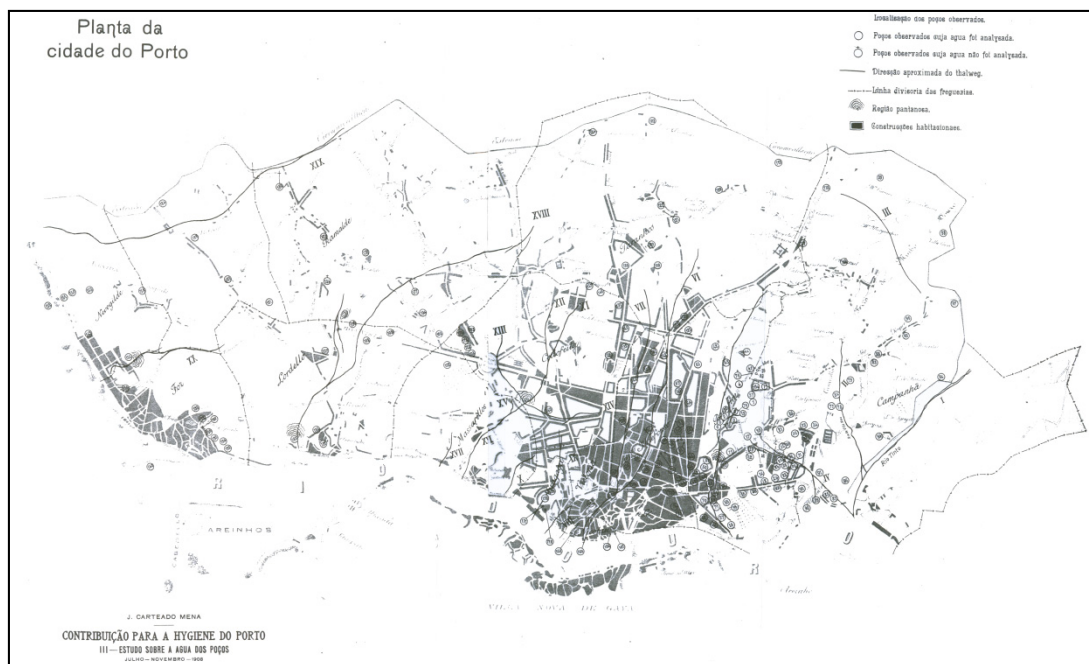


**Figura 10- A distribuição dos poços da cidade do Porto (segundo *Carteado Mena, 1908*).**

À pesquisa bibliográfica, seguiu-se a procura de documentos cartográficos de diversos períodos, nomeadamente, plantas antigas da cidade que ilustram as fases de crescimento e expansão da cidade (figura 11). Estes documentos, em conjunto, permitiram descortinar e interpretar as informações presentes na bibliografia, nomeadamente, as que se referiam à localização de muitas nascentes e fontanários da cidade.

<sup>5</sup> Adverte-se os leitores que a localização dos poços no mapa original de 1908 manifesta algumas imprecisões quando se executa a sua georreferenciação na cartografia actual. No entanto, a forma da cidade e a base rodoviária em que se executa a cartografia dos poços permite considerar que a localização atribuída na cartografia actual é muito aproximada, particularmente, para a sua análise em mapas de média a pequena escala.



**Figura 11 – Alguns exemplos da cartografia antiga analisada referente a plantas antigas da cidade do Porto: 1- A cidade do Porto - Planta redonda (Balck, 1813), 2- Oporto/Porto (Clark, 1833).**

O prosseguimento da investigação suscitou a necessidade de pesquisar outros documentos cartográficos mais recentes, os quais, assumiram uma relevante importância, primando pela actualidade da representação do território, salientando-se: cartografia de base como a carta militar à escala 1/25000 (folha 122, Instituto Geográfico do Exército, Lisboa), ortofotomapas (Câmara Municipal do Porto), carta administrativa oficial de Portugal (IGP, versão 2008 - <http://www.igeo.pt/produtos/cadastro/caop/inicial.htm>), carta geotécnica da cidade do Porto (COBA, 2003) e rede viária (formato vectorial, Base Topográfica, C.M.P., 2005). Todos estes documentos revelam-se fundamentais para a realização das fases subsequentes do trabalho.

No que respeita ao trabalho de campo este subdividiu-se em dois tipos de tarefas, cujo âmbito espacial é idêntico, mas que se distinguiram pela escala temporal, reflectindo assim resultados diferentes. Em primeiro lugar, o objectivo foi obter a georreferenciação de fontanários, chafarizes e nascentes discriminados na bibliografia antiga e recente (finais do século XIX ao século XX), seguindo-se a inventariação da localização e situação actual (século XXI) dos hidropontos principais relacionados à água subterrânea na cidade (figura 12).

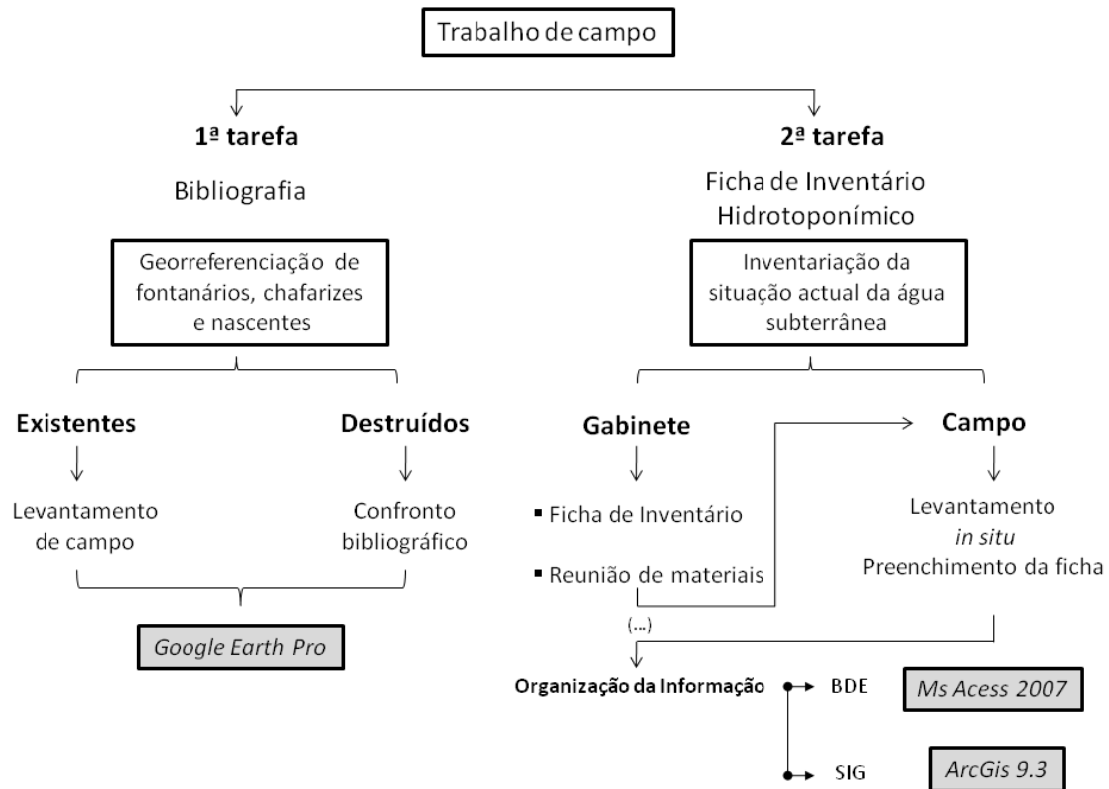


**Figura 12 - Esquema relativo às tarefas executadas no trabalho de campo.**

Para a georreferenciação de todos estes elementos e o entendimento da respectiva dinâmica espaço-temporal, foi necessário integrar metodologias diferentes, *i.e.* confronto bibliográfico e cartográfico, complementado com trabalho de campo, que resultassem numa localização georreferenciada precisa. Esta integração justifica-se pelo facto de alguns elementos terem desaparecido ao longo do período estudado, facto que está muito documentado na bibliografia (*e.g.*, Baltazar Guedes, 1669; Leite, 1836; Gavand, 1864; Souza Reis, 1867; Ferreira da Silva, 1881; Bourbon e Noronha 1885; Jorge, 1888; Ferreira da Silva, 1889; D'Andrade Junior, 1895; Fontes, 1908; Carteador Mena, 1908; Bahia Junior, 1909; Guedes, 1917; CMP, 1932; Lima, 1936).

Deste modo, iniciou-se o processo de georreferenciação a partir dos elementos encontrados na actualidade. Para tal, realizou-se trabalho de campo com vista ao reconhecimento e confirmação da existência das nascentes, dos fontanários e dos chafarizes (ver Anexo 1). Durante o trabalho de campo foram tomadas anotações relativas a cada elemento identificado e a sua localização efectuada através do *Google Earth Pro* (coordenadas latitude e longitude no datum WGS84).



em ambiente SIG, seguiu a metodologia anteriormente descrita. No entanto, surgiu outra dificuldade que se prende com a alteração da toponímia urbana, facto que facilmente se compreende pelo forte crescimento da cidade e reorganização urbanística que decorreu no período em questão (Serén & Pereira, 2000). Para ultrapassar esta dificuldade, revelou-se fundamental a georreferenciação das fontes cartográficas antigas. Várias foram as cartas antigas analisadas e georreferenciadas, salientando-se: *Cidade do Porto* também chamada de “*Planta Redonda*” (Balck, 1813); *Porto* (Clark, 1833); *Planta Topographica da Cidade do Porto* (Lima 1839); *Planta da Cidade do Porto* (Perry-Vidal, 1865); *Carta Topographica da Cidade do Porto* (Telles Ferreira, 1892); “*Carta dos Poços*”, anexada na obra *Contribuição para o estudo da hygiene do Porto: analyse sanitária do seu abastecimento em água potável, estudo sobre os poços do Porto* (Carteado Mena, 1908).

No que diz respeito ao trabalho de campo, efectuou-se ainda um segundo tipo de tarefas, realizadas de forma a satisfazer três objectivos: 1) georreferenciar os fontanários e chafarizes indicados na bibliografia e conservados na actualidade; 2) georreferenciar as emergências de águas subterrâneas indicadas na bibliografia; 3) obter um retrato da actual situação das águas subterrâneas na cidade do Porto, que permitisse a comparação entre a situação actual e o passado, nomeadamente, nos finais do século XIX e no dealbar do século XX.

Para cumprir estes objectivos, em primeiro lugar, realizou-se um trabalho de gabinete que visou a recolha e organização prévia de todos os materiais necessários para efectivar o trabalho no terreno. Para o inventário elaborou-se uma ficha de hidrotoponímia adequando-a aos objectivos específicos do trabalho de campo em que se procurou, entre outros, registar a localização rigorosa dos pontos de água amostrados (designados, como se referiu, por hidropontos), a sua acessibilidade, aspectos da hidrotoponímia, as condições hidrogeológicas e hidroclimatológicas, traços geomorfológicos e condições da utilização. Esta ficha contempla (ver capítulo 4, ponto 4.2.1), ainda, uma série de parâmetros hidrogeológicos e climatológicos, a medir em cada ponto de amostragem, que caracterizem a emergência na actualidade e permitam uma comparação com os dados históricos, tais como: a medição do caudal, a temperatura da água (°C), o pH, a condutividade eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), a temperatura do ar (°C), a humidade relativa (%), entre outros. Posteriormente, à preparação da ficha

de inventário, reuniram-se todos os outros materiais necessários, tais como: a construção de uma base dados (*geodatabase*) com a informação importante para o levantamento de campo (*e.g.*, localização das nascentes, rede viária do Concelho do Porto, ortofotos); a preparação de um projecto SIG com recurso ao GPS Trimble GeoExplorer (aparelho com precisão decimétrica) que permitiu a localização rigorosa dos hidropontos; um aparelho multiparamétrico (Hanna) para a medição dos parâmetros físico-químicos usualmente utilizados em inventários hidrogeológicos<sup>6</sup>. No gabinete definiram-se ainda os percursos a efectuar, de forma a visitar todas as nascentes identificadas na bibliografia e outras que pudessem surgir durante os reconhecimentos de terreno. O levantamento de campo decorreu durante os meses de Fevereiro e de Março de 2010.

## **2.2 - A Base de Dados Espacial – HidroGeoPorto**

Conforme o percurso metodológico apresentado na figura 6, seguiu-se então a segunda fase, ou seja, a criação das bases de dados (BD) que correspondem essencialmente, a uma colecção organizada de dados, *i.e.* uma BD bibliográfica<sup>7</sup> e uma BD geográfica.

A criação da BD geográfica, denominada *HidroGeoPorto*, revelou-se de extrema pertinência, uma vez que existia uma quantidade de informação sobre a temática das águas subterrâneas mas que se encontrava dispersa e desorganizada. Logo, o armazenamento e organização de toda esta informação pode ser optimizada através a criação de uma BD, neste caso, BD espacial (BDE) dada a componente geográfica da informação armazenada.

Como o próprio nome indica, nesta BDE está integrada toda a informação que se recolheu e que tem uma relação directa com o objecto de estudo, as águas subterrâneas na cidade do Porto.

---

<sup>6</sup> Ambos aparelhos foram cedidos pelo Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada (LABCARGA) do ISEP.

<sup>7</sup> No que respeita à BD bibliográfica, inseriram-se numa base de dados criada automaticamente através de um programa informático de gestão bibliográfica, o *EndNote*, todas as referências consultadas ao longo do estudo. Este software permite a realização de pesquisas *online*, a edição de referências e sua posterior inserção no formato de bibliografia.

A concretização desta BDE executou-se no *software Microsoft Office Access*, correspondente a um Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) e que consiste numa colecção de objectos, nomeadamente tabelas, formulários, relatórios e consultas. As tabelas, são o objecto em que guarda a informação, podendo a mesma BD conter uma ou mais tabelas relacionadas entre si.

Tal como para qualquer BD, a criação da nossa BD passou por cinco etapas fundamentais: elaboração do modelo conceptual, elaboração do modelo lógico, a normalização da BD, a implementação da BD (modelo físico) e operacionalização da BD.

A concretização da BDE|*HidroGeoPorto*, passou também por estas etapas, sendo que, à elaboração do modelo conceptual (1ª abordagem do problema) seguiu-se o modelo lógico que apresenta uma solução inicial ao problema, a qual foi validada e implementada com a criação da BD no SGBD.

### **2.2.1 - Modelo conceptual de relacionamentos**

O modelo conceptual consiste numa representação da organização dos dados armazenados na BDE. Neste, podem criar-se as suas entidades, atributos e relacionamentos entre as entidades. A implementação da BDE depende da construção do modelo conceptual (figura 14).

O modelo da BDE *HidroGeoPorto* compreende nove entidades, que correspondem a tabelas que estruturam de forma lógica os atributos (*Chen, 1977*). Entre as entidades, oito são geográficas e correspondem a temas aos quais se atribuem pictogramas: pontos, linhas e polígonos. Estas entidades estão relacionadas entre si, de forma geográfica, como se pode observar no modelo conceptual que corresponde ao modelo E-R (entidade – relação) da BDE. O modelo conceptual apresentado expõe oito relações entre as entidades.

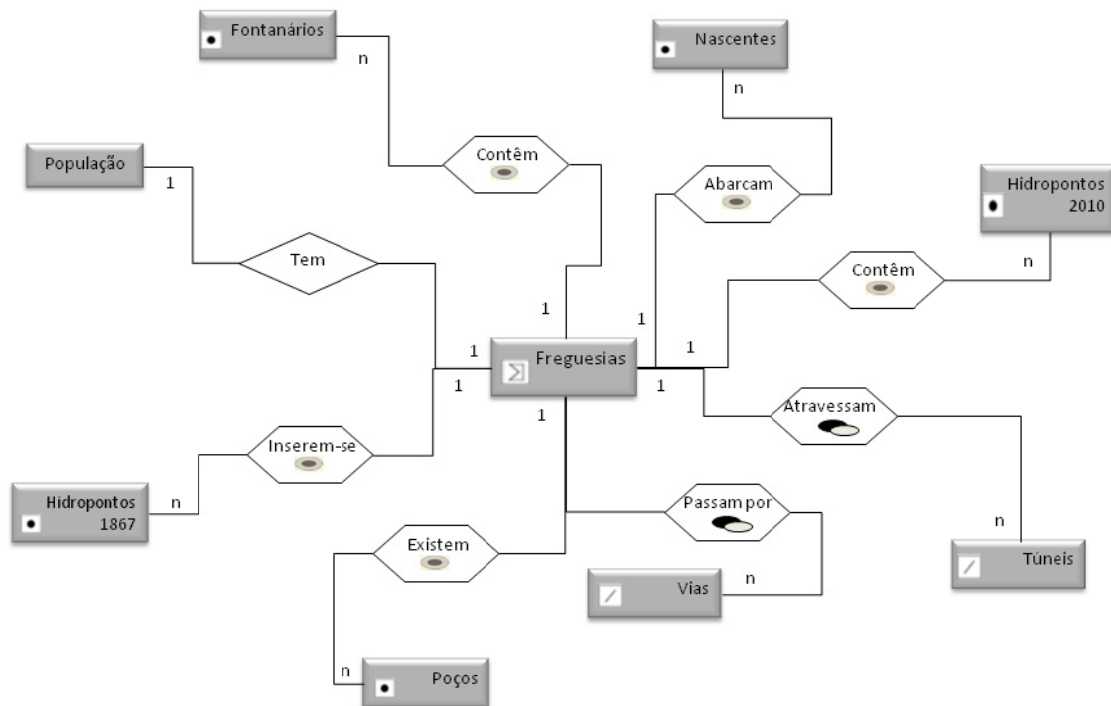


**Figura 14 - Modelo conceptual da BDE|HidroGeoPorto.**

Neste modelo pode ainda analisar-se o grau do relacionamento, ou seja, a cardinalidade dos relacionamentos. Esta pode ser de um para um (1:1), um para muitos (1:n) e muitos para muitos (n:m).

Num relacionamento de 1:1, a chave primária e os atributos do relacionamento passam para qualquer uma das tabelas. Como exemplo deste tipo de relacionamento temos, a relação entre a entidade freguesias e a entidade população, em que a uma freguesia corresponde um total de população e essa população apenas pertence a essa freguesia.

No relacionamento 1:n, maioritariamente presente no modelo da BDE|HidroGeoPorto, a chave primária e os atributos do relacionamento migram no sentido 1 para muitos, ou seja, entre a entidade freguesias e a entidade nascentes, a uma nascente está apenas associada uma freguesia e uma freguesia pode ter mais que uma nascente.

Uma relação m:n, traduz-se numa nova tabela que recebe as chaves primárias e atributos de ambas as entidades, neste modelo não existem relações deste tipo.

Se por um lado, o modelo conceptual corresponde a uma primeira representação do problema em análise, por outro, o modelo lógico apresenta-se como

uma primeira solução. Dada a organização dos dados em tabelas bidimensionais (relações), o modelo lógico é também ele relacional.

No caso concreto da tabela relativa ao inventário de 2010 (entidade – Hidropontos 2010), esta foi organizada segundo a ficha de inventário que se utilizou no levantamento de campo. As linhas da tabela equivalem aos registos e as colunas a campos desses registos. Cada linha representa uma ficha de inventário.

Ao longo do período de construção da BDE (modelo conceptual e modelo lógico), foi necessário validar e corrigir o modelo inicial, como tal a normalização da BD desenvolveu-se no decorrer deste. A BDE deve ser normalizada de modo a evitar redundância na informação, inconsistência assim como anomalias na inserção dos dados (*Chen, 1977*).

Após a normalização da BDE, resta a sua implementação (modelo físico), ou seja, a criação da BDE no SGBD. De forma lógica e organizada chega-se à operacionalização da BD, que corresponde à introdução da informação na BDE.

### **2.2.2 Dicionário de dados**

A grande vantagem da construção de uma BD corresponde à possibilidade de partilha de informação. O facto de várias pessoas conseguirem aceder à BD, durante a sua elaboração e mais tarde como utilizadores, justifica a necessidade de tornar claros todos os conceitos que nela constam. Desse modo, preparou-se um dicionário de dados para clarificar os conceitos associados às entidades, aos atributos e aos relacionamentos, possibilitando a todos os utilizadores usufruir conscientemente da BDE (figura 15).

A criação do dicionário de dados reduz possíveis dificuldades que possam adulterar a compreensão de todos os elementos que compõe a BDE, nomeadamente as suas entidades e atributos.

No SGBD, ou seja, o documento da BD em *MS Access*, é possível realizar uma descrição de cada um dos atributos das tabelas, sendo que para verificar isto é necessário estar na vista de estrutura das tabelas.

| TEMAS                     | CLASSES                | NÍVEIS            | ATRIBUTOS                                                                                                                                                                                       | ENTIDADES         |
|---------------------------|------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Informação Administrativa | Elementos Geográficos  | Distritos         | Cód_distritos; nome                                                                                                                                                                             | Polígono          |
|                           |                        | Concelhos         | Cód_concelho; nome                                                                                                                                                                              | Polígono          |
|                           |                        | Freguesias        | Cód_freguesia; nome                                                                                                                                                                             | Polígono          |
| Informação Histórica      | Elementos Estatísticos | População         | Cód_freguesia; Área_km²<br>Pop_1864; Pop_1878; Pop_1890;<br>Pop_1900; Pop_1911; Pop_1920;<br>Pop_1930; Pop_1940; Pop_1950;<br>Pop_1960; Pop_1970; Pop_1981;<br>Pop_1991; Pop_2001; Var_pop      | Polígono<br>Ponto |
|                           |                        |                   |                                                                                                                                                                                                 |                   |
|                           | Inventário 1867        | Hidropontos 1867  | ID; nome; x; y; cód_freg;<br>mananciais; minas; nascentes;<br>fontes públicas                                                                                                                   | Ponto             |
|                           |                        | Poços             | ID; x; y; cód_freg; profundidade<br>total; coluna de água; nível<br>estático                                                                                                                    | Ponto             |
|                           | Inventário 1908/9      | Fontanários       | ID; nome; x; y; cód_freg;<br>manancial; tipo; análise<br>bacteriológica (...)                                                                                                                   | Ponto             |
|                           |                        | Nascentes         | ID; nome; x; y; cód_freg;<br>manancial; nº bactérias                                                                                                                                            | Ponto             |
| Panorama Actual           | Inventário 2010        | Hidropontos 2010  | ID; designação; tipo;<br>coordenadas; acesso;<br>proprietário; hidrotoponímia;<br>referências históricas;<br>cond_ocorrência;<br>geomorfologia; hidrogeologia;<br>hidroclimatologia; utilização | Ponto             |
| Factores Explicativos     | Geomorfologia          | Litologia         | tipo; unidade litológica                                                                                                                                                                        | Polígono          |
|                           |                        | Falhas            | tipo; orientação                                                                                                                                                                                | Linha             |
|                           |                        | Altitude          | curvas de nível; pontos<br>cotados                                                                                                                                                              | Linha; Ponto      |
|                           |                        | Morfologia        | tipo; unidade morfológica                                                                                                                                                                       | Polígono          |
|                           |                        | Rede hidrográfica | tipo; orientação                                                                                                                                                                                | Linha             |

Figura 15 - Dicionário de Dados - BDE.

Na figura 15, correspondente ao dicionário da dados, podem observar-se as várias entidades e os atributos que as compõe. De modo a exemplificar a leitura desta figura, passar-se-á a análise do tema informação histórica.

O tema da informação histórica apresenta três classes, dentro das quais se encontram os níveis ou *layers* de informação caracterizados segundo o tipo de entidade geográfica que representam.

A classe dos elementos estatísticos compreende a entidade da população. A chave primária desta entidade é o código da freguesia, código a partir do qual se pode relacionar esta tabela com a entidade das freguesias que possui a componente espacial. Regressando à entidade população, assinalam-se os vários atributos que a compõe que, consistem em grande, parte nos dados presentes para os vários recenseamentos da população, realizados e associados à unidade geográfica das freguesias.

A classe do inventário de 1867 (*Souza Reis, 1867*), surge a entidade pontual fontanários, a qual compreende os atributos relativos à localização e identificação do elemento, assim como uma listagem, à época, de todos os mananciais, minas, nascentes e fontes públicas.

No que respeita à classe do inventário de 1908/9, esta contém três níveis de informação referentes aos poços, aos fontanários e nascentes. Comum a todas estas entidades pontuais, temos o ID (número de identificação), a localização e o código da freguesia. Os atributos que não são comuns correspondem a informações recolhidas aquando do trabalho de inventário realizado.

### **2.3 - Aplicação SIG: cartografia e análise de dados**

Pela componente espacial presente na informação, recolhida e armazenada na BDE, a espacialização da mesma revelou-se como fundamental para a análise e compreensão da distribuição do recurso endógeno – a água na cidade do Porto. Para tal, recorreu-se intensamente ao software *ArcGis 9.3* no qual se foi reunindo todos os dados espaciais do projecto.

A criação da base de dados geográficos (BDE) para uma aplicação SIG implicou a integração de toda a informação proveniente da análise bibliográfica e levantamento de campo.

A BD para a integração SIG implicou também a criação de uma *Geodatabase*, através da ferramenta *ArcCatalog*, que corresponde a uma ferramenta de gestão da informação que permite armazenar informação espacial e atributos no mesmo SGBD. As entidades gráficas (pontos, linhas e polígonos) foram armazenadas de forma

estruturada em colecções de classes (*Feature Dataset*), sendo que as classes (*Feature Class*) equivalem às tabelas, seus atributos e relações. Seguiu-se a importação de vários temas geográficos como as divisões administrativas e a rede viária, entre outros, ao que se acrescentou a criação de *Feature Classes* para a posterior georreferenciação de elementos pertinentes ao estudo, como a localização dos poços (figura 10) obtida a partir do trabalho de Carteador Mena (1908).

De acordo com os objectivos deste estudo, faltava ainda a georreferenciação da toponímia relacionada com a existência de água superficial e subterrânea, ou seja, a hidrotoponímia. Para tal utilizou-se a mesma metodologia retrospectiva, *i.e.*, da actualidade para o passado. Dessa forma, analisou-se a base actual da rede viária do Porto e seleccionaram-se todos os topónimos relacionados com hidrografia e água em geral. Para obter os topónimos modificados ao longo do tempo recorreu-se, por um lado, à cartografia antiga (entretanto, georreferenciada) assim como à *Carta Topographica da Cidade do Porto* (Telles Ferreira, 1892), confrontando, deste modo, as denominações dos locais actuais com as do passado. Foi ainda necessário recorrer a bibliografia (Rebello da Costa, 1788; Cunha, 1999) cujo objecto de estudo é a toponímia e a sua evolução ao longo dos tempos para conseguir desvendar topónimos que pudessem ter sido alterados ao longo do tempo.

A integração de toda a informação nos sistemas de informação geográfica possibilitou a elaboração de todos os elementos cartográficos presentes na dissertação. Sendo que, através destes, foi possível encontrar alguma resposta para todos os objectivos propostos inicialmente, favorecendo a análise da sustentabilidade das águas subterrâneas na cidade do Porto.

### Capítulo 3: A importância das águas subterrâneas em contexto urbano





### 3. A importância das águas subterrâneas em contexto urbano

#### 3.1 – O ciclo hidrológico e a água subterrânea

A água é um recurso fundamental para a sobrevivência da humanidade, como tal, em qualquer época é um tema fulcral de estudo, uma vez que a sua existência condiciona a subsistência de vida na superfície terrestre. De facto, as primeiras sociedades centraram a sua existência nas proximidades de nascentes e riachos (*Hardcastle, 1987*). Esta circunstância justifica a íntima relação entre a água e a humanidade ao longo da história, daí que compreender a história da água é assimilar a relação entre o mundo natural e humano (*Tempelhoff et al., 2009*). Desde sempre que as sociedades competem pela água. A sua gestão e a relação social com o recurso; são factores indispensáveis para a compreensão de cenários futuros no que respeita à utilização da água (*Tempelhoff et al., 2009*).

A água com características apropriadas para consumo é muito escassa, porque de toda a água existente no planeta, 97% é salgada e encontra-se nos oceanos. Dos restantes 3%, 77% está nas calotes geladas e glaciares, 22% constituem a água subterrânea e 1% corresponde aos rios, lagos, solos e atmosfera. Excluída a água das calotes geladas e glaciares, a água doce utilizável representa oito milhões e meio de quilómetros cúbicos (8 500 000 km<sup>3</sup>), isto é 0,6% de toda a água do nosso planeta (*Marsily, 1997; Fetter, 2001*), figura 16.

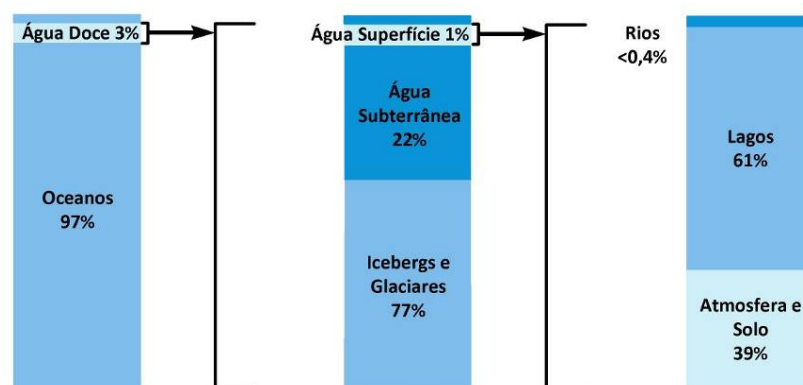


Figura 16 - Distribuição da água na Terra (adaptado de Marsily, 1997).

A Hidrogeologia (ou Hidrologia Subterrânea) pode ser entendida, genericamente, como o domínio científico que estuda as águas subterrâneas e

enquadra as relações entre os processos geológicos e a água (Fetter, 2001). É, assim, um ramo da Hidrologia entendida como a ciência que estuda a ocorrência, distribuição, movimento e fenómenos físico-químicos de todas as águas da Terra.

As águas subterrâneas integram a componente não visível e mais lenta do ciclo da água (figura 17). O tempo decorrido entre a infiltração de uma gota de água da chuva no terreno até à sua aparição em nascentes, galerias, poços, furos, ou outras manifestações naturais ou forçadas, pode variar entre alguns meses a vários anos; centenas ou milhares de anos no caso das águas minerais e termominerais de circuito lento e profundo. Este ciclo é movido pela acção da gravidade, embora para as águas mais profundas possam ser aduzidos outros mecanismos (Fetter, 2001).

A água é a única substância que existe, em circunstâncias normais, em todos os três estados da matéria (sólido, líquido e gasoso) na Natureza. A coexistência destes três estados implica que existam transferências contínuas de água de um estado para outro; esta sequência fechada de fenómenos pelos quais a água passa do globo terrestre para a atmosfera e regressa é designado por Ciclo Hidrológico ou Ciclo da Água (Marsily, 1997; Fetter, 2001). O ciclo hidrológico actua, assim, como um agente modelador da crosta terrestre devido à erosão e ao transporte e deposição de sedimentos por via hidráulica, condicionando a cobertura vegetal e, de modo mais genérico, toda a vida na Terra. Este ciclo é, pois, um dos pilares fundamentais do ambiente, assemelhando-se, no seu funcionamento, a um sistema de destilação global.



Figura 17 - Ciclo Hidrológico ou ciclo da água

(<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>).

Na natureza existe uma ampla gama de formações geológicas com capacidades diferenciadas para armazenar e transmitir a água. Em hidrogeologia, é normal dividir as formações geológicas em quatro grupos (Fetter, 2001): aquíferos, aquíclodos, aquíardos e aquífugos. Denomina-se de *aquífero*, qualquer formação geológica subterrânea, permeável, capaz de armazenar água e que permite a circulação desta pelos seus poros, fissuras e fracturas, de modo que o Homem possa aproveitá-la em quantidade economicamente viável para satisfazer as suas próprias necessidades e abastecer as actividades relacionadas com a agricultura, indústria e pecuária. Nos aquíferos podem ser executadas captações para satisfação das necessidades humanas.

Quando se extrai água de um poço ou furo, o nível da água baixa no mesmo e no aquífero circundante. Contudo, o nível da água desce mais na captação do que no aquífero, diminuindo gradualmente à medida que aumenta a distância até que a sua influência fique nula. Este raio de influência formado em torno do poço é um grande cone em termos de superfície de influência, em que essa se designa por superfície piezométrica “dinâmica”. O nível da água, referido ao terreno, nessa superfície é o nível dinâmico. O nível que existia antes da extracção é o nível estático (figura 18).

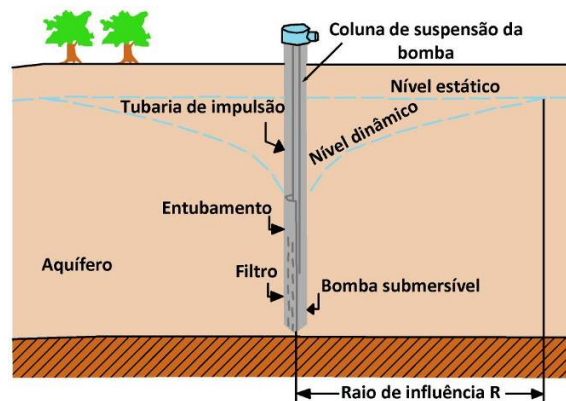


**Figura 18 - Cone de superfície de influência na bombagem de um furo (adaptado de González de Vallejo, 2002).**

Na natureza existem diferentes tipos de aquíferos, do ponto de vista da sua estrutura, podem ser divididas em três tipos (Fetter, 2001; González de Vallejo, 2002): i) Aquíferos porosos; ii) Aquíferos fissurados; iii) Aquíferos cársicos. Nos aquíferos porosos, a permeabilidade deve-se à sua porosidade intergranular, visto ser constituído por cascalho, areia e todos os materiais detríticos de pequenas dimensões.

Como a textura do meio é constituída por grãos permite que a água se armazene e circule por entre eles. Contudo, se o material granular for muito fino ou argiloso diminuem as características do meio para o armazenamento e transporte de água. Os meios granulares são em geral constituídos por materiais porosos que lhes conferem as melhores propriedades como “armazém” de água e só em escala muito reduzida existem meios granulares muito homogéneos. Os aquíferos cuja permeabilidade se deve a fissuras, a fracturas/falhas e a diaclases denominam-se de fissurados ou fracturados, os mais representativos são os granitos, gnaisses, xistos e outras rochas cristalinas. Os aquíferos cársicos são, de um modo geral, pouco homogéneos, embora possam, por vezes, apresentar uma homogeneidade mais consistente, devido a um processo de dissolução nas formações carbonatadas por acção da água, dando-se assim a carsificação (figura 19).

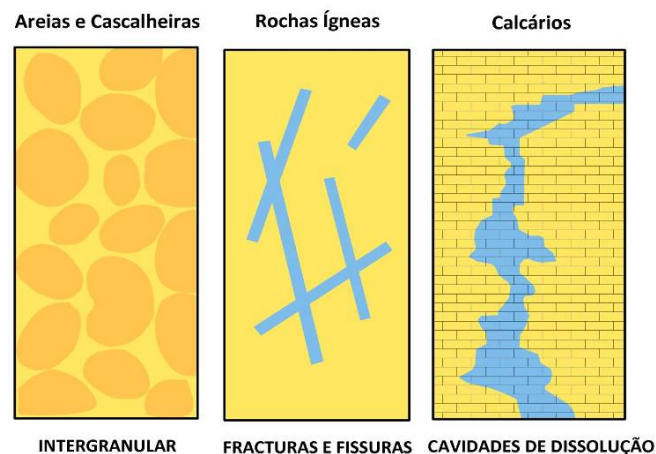


**Figura 19 - Circulação de água nos meios porosos, fracturados e cársicos (adaptado de González de Vallejo, 2002).**

A água é um excelente solvente e pode conter inúmeras substâncias dissolvidas. Ao longo do seu percurso vai interagindo com o solo e formações geológicas, dissolvendo e incorporando substâncias. A água está contaminada quando a sua composição foi alterada de tal forma que a torna imprópria para um determinado fim. A deterioração da qualidade da água subterrânea pode ser provocada de maneira directa ou indirecta, por actividades humanas ou por processos naturais, sendo mais frequente a acção combinada de ambos os factores (Fetter, 2001; Custodio, 2004).

### **3.2 - Considerações históricas**

O abastecimento de água nas áreas urbanas é uma questão que desde sempre se revelou como um pilar de todas as sociedades. Desde as primeiras civilizações que todas as fontes de água como os rios, lagos, nascentes, águas subterrâneas e água das chuvas têm sido exploradas de modo a garantir o abastecimento de água (*Mays et al., 2007*).

A civilização Grega foi uma das pioneiras na reflexão sobre as técnicas de abastecimento de água em ambiente urbano. Estas técnicas consistiam na utilização de aquedutos para a circulação da água, de cisternas para armazenar a água das chuvas, poços e chafarizes, balneários públicos e outras instalações sanitárias (*Mays et al., 2007*). Todos estes conhecimentos foram implementados e disseminados pela Europa com a expansão do império Romano (*Biswas, 1985*). A sua queda representou um retrocesso no que respeita aos conhecimentos tecnológicos relativos aos recursos hídricos, nomeadamente, em relação aos sistemas de abastecimento de água e saneamento, mergulhando as cidades europeias num ambiente de profunda insalubridade, panorama que apenas se alterou a partir do Século XIX (*Mays et al., 2007*).

Face a uma Europa insalubre e estagnada tecnologicamente a ruptura ocorreu aquando do processo da Revolução Industrial, que se iniciou na Inglaterra, em meados do Século XVIII e que acabou por se disseminar por toda a Europa e pelo mundo (*Biswas, 1985; Custodio, 2004*). O processo evolutivo da revolução industrial teve impactos sociais, económicos e ambientais, nomeadamente a degradação ambiental causada pela intensificação e diversificação das actividades humanas e sua concentração nas cidades (*Barles, 2007*). A concentração da população nas cidades implicou logo, uma maior necessidade de água para o abastecimento da população. Por outro, verificou-se uma maior concentração de resíduos face à inexistência de uma rede de esgotos, os quais muitas vezes eram despejados nos cursos de água provocando a sua contaminação e poluição (*Baret-Bourgoin, 2005; Dagenais & Durand, 2006; Barles, 2007*).

O ambiente insalubre que se vivia nas cidades começa a ser apontado como o factor responsável pela propagação das doenças que dizimavam as populações, uma

vez que se considerou ser a má qualidade da água, a responsável pela contaminação e disseminação de doenças e epidemias como a cólera (*Snow, 1855; Bunnel, 2005; Graber, 2007*).

O abastecimento de água era realizado através dos fontanários existentes nas cidades, fornecendo estes, água em pouca quantidade. Como tal, a população recorria fortemente a poços que apesar da má qualidade da água, possibilitavam a manutenção das actividades industriais em áreas distantes dos cursos de água. Para os usos domésticos, em várias cidades, recorria-se aos chamados “aguadeiros” que carregavam a água desde os cursos de água até à cidade (*Silva, 2000; Graber, 2007*).

A título de exemplo, em Paris, o principal recurso hídrico utilizado para o abastecimento da população, era o Rio Sena que, funcionava também como esgoto da indústria, estava muito poluído assim como era insuficiente face à população crescente. Esta situação suscitou críticas que conduziram à procura de novas alternativas, novos sistemas de abastecimento para responder a todas as necessidades/ usos que a população atribuía à água, tendo sido promovidos estudos sobre a qualidade da água (*Graber, 2007*).

É neste contexto que se desenvolveu uma consciência higienista relacionada fundamentalmente com as questões relativas à saúde pública (*May, 1950; McLeod, 2005*). Remover todos os resíduos e impedir a estagnação destes, nas águas superficiais das vias públicas, seriam os principais objectivos. A par do desenvolvimento de novos sistemas de abastecimento domiciliário de água desenvolveu-se então uma rede de drenagem de águas residuais – os esgotos (*Dagenais & Durand, 2006*). No Século XIX, a limpeza do ambiente urbano é visto com um pré-requisito para alcançar a modernidade, assim como, uma forma de elevar a moralidade das sociedades (*Dagenais & Durand, 2006*).

Em muitas cidades europeias sentem-se os mesmos problemas e como tal surgem estudos aplicados a cada região, como é o caso de Grenoble em França, onde, a partir de 1888, se começa a abastecer algumas casas com água da companhia, mantendo-se o abastecimento dos fontanários públicos, acessível para a maior parte da população (*Baret-Bourgoin, 2005*). A rede de canalizações em construção nas cidades para o abastecimento público tinha em consideração a localização dos

fontanários sendo, estes, também alvo de fornecimento de água canalizada, dada a inquinação das nascentes (*Baret-Bourgoin, 2005*).

Em todas as cidades europeias que passaram pelo processo da revolução industrial, observa-se uma evolução respeitante ao sistema de abastecimento de água, fossem elas abastecidas por recursos hídricos quer superficiais quer subterrâneos (*Tempelhoff et al., 2009*).

A este processo evolutivo não ficou indiferente a cidade do Porto que a partir de meados do século XIX, foi palco de vários estudos que visavam alterar e melhorar o abastecimento de água ao núcleo urbano, onde a população aumentava de forma galopante (*Gavand, 1864; Silva & Matos, 2004*).

### **3.2 - Panorama actual**

De acordo com o que foi anteriormente referido, deve salientar-se que na actualidade as águas subterrâneas mantêm um papel importante nas áreas urbanas, e correspondem ao objecto de estudo de um ramo do conhecimento, a *hidrogeologia urbana* (*Custodio, 2004; Afonso et al., 2007, 2010*).

A hidrogeologia urbana segue os princípios básicos da hidrologia, uma vez que estuda o fluxo de água subterrânea, a recarga dos aquíferos, os usos que lhe atribuem e a qualidade da água, relacionando-o com a transformação do espaço urbano e todas as consequências que daí advêm.

Os aquíferos que se localizam nas áreas urbanas ou nas suas proximidades, são explorados intensamente para o abastecimento das populações, condicionando fortemente a recarga e manutenção dos recursos hídricos subterrâneos, uma vez que a alteração do terreno a nível superficial, modifica as condições de recarga dos aquíferos. A forte exploração deste recurso não é a única ameaça, dado que a contaminação a que a água está sujeita, pelas diversas actividades humanas, como a utilização de produtos químicos na agricultura, as actividades agro-pecuárias, o mau isolamento das fossas sépticas e os aterros de lixos urbanos, entre outras actividades, constituem ameaças à manutenção do recurso. Quando a água superficial entra em

contacto com estes poluentes, dissolve-os e mediante a sua infiltração no solo vão contaminar as águas subterrâneas (Fetter, 2001).

No que concerne à intensa exploração que se faz das águas subterrâneas, segundo Miquel *et al.* (2003), resulta do fracasso da acção pública nomeadamente: pelo desrespeito e não cumprimento do quadro legal, o qual, por vezes não se enquadra na realidade local, a sobreposição institucional relativamente à gestão das águas e a sobreposição dos interesses individuais face aos colectivos.

A utilização da água subterrânea transformou-se ao longo do tempo, sendo que actualmente, também é usada na irrigação de campos de golfe, na criação de neve artificial e mesmo para aquecimento, uma vez que a temperatura da água no solo aumenta 1°C por cada 30 metros de profundidade (Miquel *et al.*, 2003). Estas utilizações conduzem à abertura de mais poços/furos de modo a captar águas subterrâneas, o que por um lado põe em causa a quantidade /recarga do aquífero e por outro, a sua qualidade, uma vez que a abertura dos poços/furos é realizada sem grandes cuidados. Se o aquífero se localizar junto da área costeira, e a sua exploração excessiva pode conduzir à salinização do aquífero, uma vez que a retirada de água é compensada pela entrada de água do mar, dado que a recarga do aquífero corresponde a processo lento (Miquel *et al.*, 2003). O uso intensivo dos aquíferos pode superar a sua capacidade de recarga, levando-os ao esgotamento do recurso e como tal, ao abandono da sua exploração (Custodio, 2004).

Após uma utilização intensiva dos aquíferos e a consequente redução na disponibilidade das águas subterrâneas, pelos problemas anteriormente enunciados, é possível voltar a um panorama sustentável no que respeita ao recurso (Carvalho & Chaminé, 2007). Para tal, basta a tomada de consciência por parte das entidades competentes, da importância que as águas subterrâneas adquirem no sentido de armazenamento do precioso líquido. Deste modo, apenas a coordenação entre os vários centros de decisão pode reverter a degradação do armazenamento subterrâneo da água.

Segundo a Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, as águas subterrâneas são responsáveis por 65% das águas destinadas ao consumo humano na Europa, sendo que 60% das cidades europeias exploram acima do conveniente, questionando-se a manutenção deste recurso fundamental.

Pela importância que a água assume na sociedade, existe legislação a vários níveis de modo a proteger as águas. A nível Europeu, a publicação da Directiva da Água, evidencia a posição do Parlamento Europeu em relação ao recurso. Esta directiva lança as metas que todos os estados membros têm de alcançar. Sendo o objectivo desta directiva “assegurar a redução global da poluição das águas subterrâneas e evitar o seu agravamento” (*Directiva, 2000/60/CE*), os estados membros têm de criar condições e legislação que assegurem no próprio país o cumprimento da directiva.

Em Portugal, a lei que traduz esta directiva corresponde ao decreto-lei nº 382/99 de 22 de Setembro. Neste decreto-lei, assume-se a questão da poluição das águas subterrâneas, salientando a dificuldade de reverter esta situação, dada a duração que as actividades poluentes adquirem. Segundo a mesma lei, a protecção das águas subterrâneas consiste num objectivo estratégico para o desenvolvimento sustentável do país.

Como instrumento de protecção das águas subterrâneas salienta-se o estabelecimento de perímetros de protecção das captações de água (decreto-lei nº 382/99 de 22 de Setembro) que visam a prevenção e redução da poluição das águas subterrâneas. A definição destes perímetros desenvolve-se através da realização de estudos hidrogeológicos, nos quais se tem em consideração o caudal da exploração, as condições das captações e as características dos aquíferos explorados (*decreto-lei nº 382/99 de 22 de Setembro*).

Como é possível concluir, a ameaça à manutenção das águas subterrâneas, é cada vez mais uma questão que preocupa as sociedades, pela importância do recurso. Logo, a construção e implementação de legislação relativa à protecção das águas subterrâneas, manifesta uma vontade em reverter a degradação das reservas de água subterrânea.



## Capítulo 4: As águas subterrâneas na cidade do Porto: uma perspectiva geográfica



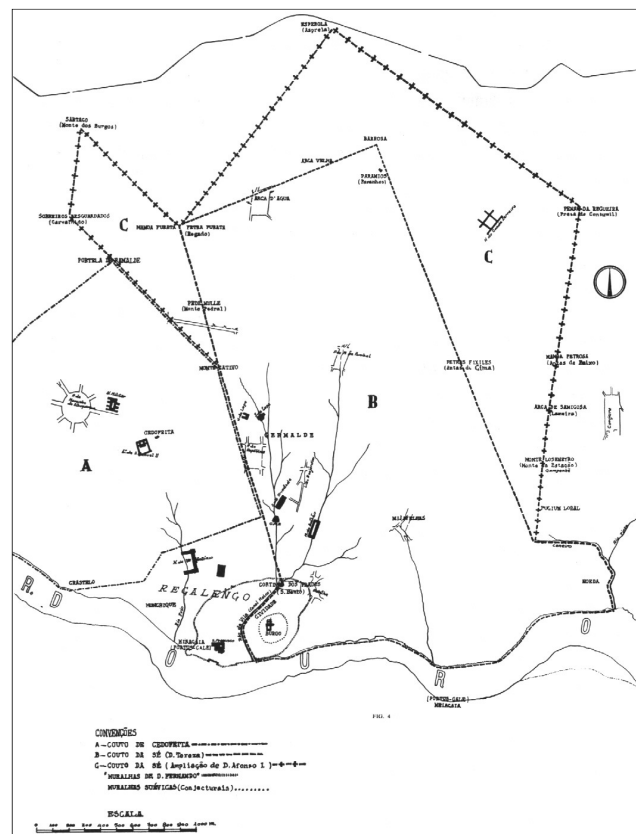


## 4. Águas subterrâneas na cidade do Porto: uma perspectiva geográfica

### 4.1 - As águas subterrâneas na cidade do Porto (Séculos XIX – XX)

#### 4.1.1 - Considerações históricas

Um momento fundamental para o desenvolvimento da cidade do Porto ocorreu em 1123, quando D. Teresa de Leão concedeu, através da Carta de Foral ao Bispo D. Hugo, um enorme território para seu couto e de seus sucessores (figura 20). Dentro da área coutada, o Bispado acumulava direitos eclesiásticos e direitos senhoriais. A Carta de Foral visava promover o povoamento, enquadrava a vida económica, determinava os impostos a cobrar, impunha a uniformização das medidas e regulava as multas judiciais (Azevedo, 1960). A partir deste momento, o Porto inicia o processo de transformação num centro urbano progressivamente mais dinâmico, atraindo mais população à cidade (Oliveira Ramos, 2000; p. 131).



Em 1339, o Porto era já um importante centro comercial e marítimo. Sendo uma cidade amuralhada — a segunda muralha, a chamada Muralha Fernandina datada de 1370 (*Oliveira Ramos, 2000; p. 134*) — vê a sua população aumentar e o seu território alastrar para os arrabaldes, implicando a necessidade de resolver as dificuldades abastecimento de água sentidas pela população. “*O abastecimento de água à população da cidade do Porto foi efectuada à custa de inúmeros cursos de água — ribeiros, minas, poços ou bolhões — que, graças à constituição granítica dos terrenos e ao clima chuvoso, brotavam do subsolo em quantidade*” (*Amorim & Pinto, 2001; p. 32*).

No período Filipino (1580-1630) decorre um novo surto de desenvolvimento no que respeita ao urbanismo, assim como, no abastecimento de água, concretizado, pela decisão de fazer a captação de água do manancial de Paranhos (*Ribeiro da Silva, 1888; Amorim & Pinto, 2000; p. 38-39*), utilizando-se esta água para o abastecimento dos fontanários e chafarizes distribuídos pela cidade intramuros (*Oliveira Ramos, 2000; p. 260-261*). Estas águas, juntamente com as provenientes de outras nascentes eram conduzidas por galerias subterrâneas ou aquedutos de modo a alcançar os habitantes da cidade (*Amorim & Pinto, 2001; p.32*).

Na segunda metade do século XVIII, pela figura de João de Almada e Melo, desenvolveu-se uma nova revolução no que respeita ao ordenamento do território urbano. De facto, na época a cidade do Porto é considerada como uma das mais insalubres da Europa (*Jorge, 1888, 1891; Lemos, 1914; p. 22; Oliveira Ramos, 2000; p. 378*). “Em meados do século XIX, a cidade do Porto começou a perceber que a água disponível começava a ser escassa, principalmente na época estival, em que algumas nascentes chegavam a secar. E como, em geral, cada linha de água fornecia um conjunto de fontes e chafarizes ligados sequencialmente, quando a nascente secava, todo o seu circuito de alimentação era quebrado, com evidentes prejuízos para a população abrangida.” (*Amorim & Pinto, 2001; p. 52*).

Em 1825, a câmara municipal realizou uma vistoria às canalizações das águas subterrâneas, devido ao mau estado destas em grande parte, detectada pela perda de águas que se registava. Dessa vistoria provém a decisão de reconstruir os túneis que conduziam as águas de Paranhos e Salgueiros até à Arca Sá de Noronha, em 1838 (*Amorim & Pinto, 2001; p.45*). Estas águas, conhecidas pela sua elevada qualidade,

rapidamente perderam este rótulo pela má utilização que a população lhe atribuía, comprometendo a qualidade da água distribuída (Amorim & Pinto, 2001; p. 50).

Se por um lado, a quantidade de água proveniente das nascentes e mananciais se revelava, claramente, insuficiente, por outro a constante inquinação das águas comprometia a saúde dos consumidores. Como tal, as autoridades, tomaram como fundamental a resolução do abastecimento público de água, *i.e.*, em quantidade e qualidade (Gavand, 1864; Cordeiro, 1993).

Neste contexto, a malha urbana em contínuo crescimento vê cada vez mais a sua população sair do interior das muralhas, em direcção aos arrabaldes, por duas razões fundamentais: 1) a procura de melhores condições de higiene por parte da população mais rica; 2) a instalação próxima das indústrias pela população mais carenciada que se concentrava em “ilhas” sociais (Lemos, 1914; p. 14; Oliveira Ramos, 2000; p. 383).

A viragem de século ficou marcada por uma instabilidade política e económica, provocando a retracção da natalidade, assim como, impulsionando mudanças urbanísticas em desenvolvimento. Só nos anos 20 do século XIX a cidade retoma o seu desenvolvimento, salientando-se a atracção que as áreas envolventes à cidade demonstram.

Entretanto, no século XIX, surgem novas preocupações nas cidades de todo o mundo, sendo estas vistas como locais “... *particularmente insalubres, que exibiam taxas de mortalidade bastante mais elevadas ... o processo de industrialização, aliado a um crescimento rápido da concentração demográfica, favoreceu a propagação de doenças infecciosas.*” (Maia, 2000; p. 584)

No Porto, as preocupações higienistas também existiram, sendo um dos exemplos o estudo de um engenheiro francês, Eugène Henri Gavand (1864), cujo objectivo seria o de apresentar uma solução para melhorar o abastecimento domiciliário de água, no que respeita à quantidade e qualidade. No caso da área de estudo, foram vários os trabalhos que apontavam o rio Sousa como o mais favorável para a captação das águas, como se veio a concretizar em 1882 (Gavand, 1864; Silva, 1881). As águas que até então abasteciam a cidade, acessíveis através de fontanários ou chafarizes e poços, seriam também nesta época alvo de análise das suas propriedades (Bourbon e Noronha, 1885; D’ Andrade Júnior, 1895).

No início do século XX, marcado por uma elevada mortalidade na cidade, surge através da Escola Médico-Cirúrgica do Porto uma grande preocupação com as causas de tal flagelo social. Deste modo, realizam-se diversos trabalhos académicos que caracterizam todo o ambiente de insalubridade da cidade, assim como, qualificam e quantificam a água, que grande parte da população consumia na época, ou seja a água dos mananciais e nascentes de águas subterrâneas. Após o trabalho *Insalubridade do Porto* (Antas, 1902), salienta-se a fundamental *Contribuição para a Hygiene do Porto: analyse sanitária do seu abastecimento em água potável (1908 - 1909)*. É composta por duas dissertações inaugurais e um trabalho cuja temática se prende com as questões da higiene muito em voga na época, apresentados à Escola Médico-Cirúrgica do Porto, cada uma constituindo uma parte da obra global. A primeira estuda os mananciais de Paranhos e Salgueiros (Fontes, 1908), a segunda os mananciais do Campo Grande, Bispo e Freiras, Cavaca, Camões, Virtudes, Fontainhas, Praça do Marquês de Pombal e Burgal (Bahia Junior, 1909). O trabalho encomendado pelo *Laboratório de Bacteriologia e Hygiene* da cidade do Porto visava fazer um inventário dos poços existentes na cidade da época (Carteado Mena, 1908).

A breve contextualização da evolução da cidade do Porto, anteriormente apresentada, enquadra a análise que iremos desenvolver seguidamente na localização e distribuição dos hidroponos relacionados com as águas subterrâneas da cidade do Porto, que como vimos seriam a base do abastecimento de água à população durante séculos.

#### **4.1.2 - Localização e distribuição das fontes de água subterrânea na cidade do Porto (finais do século XIX)**

Sendo um dos objectivos da dissertação conhecer a distribuição espacial das nascentes, dos fontanários, dos chafarizes<sup>8</sup>, referidos na bibliografia consultada, com o intuito de reflectir, de certo modo, sobre a formação da cidade do Porto dentro dos

---

<sup>8</sup> Neste trabalho a terminologia usada está de acordo com os vocábulos empregues em estudos hidrogeológicos: nascente ou fonte, fontanário, marco fontanário e chafariz. Os três últimos vocábulos referem-se à existência de uma infraestrutura.

limites actuais do Concelho (figura 21). Os levantamentos realizados em 1908-1909 (*Fontes, 1908; Bahia Junior, 1909*) no âmbito da higienização da cidade revelam a mancha urbana do mapa de Augusto Telles Ferreira (1892), com maior concentração de edifícios, de Oeste para Leste, entre o Rio do Vilar, bem como observa-se bem marcado no mapa com um alinhamento de fontanários e nascentes, o manancial de Salgueiros e o do Campo 24 de Agosto.

Ao longo das estradas e vias, antigas ou rasgadas na época, densificavam-se as construções. É no núcleo central da cidade que se regista actualmente, a maior proporção de fontanários desaparecidos ou removidos para outros locais. O alargamento da rede canalizada da “Água da Companhia” e a renovação urbana levou à destruição ou remoção de numerosos chafarizes e fontanários alimentados pelos mananciais públicos referidos na documentação. Apenas as águas de Paranhos, que chegavam às fontes do Porto desde o início do século XVII, misturadas com as de Salgueiros em 1838, circulam actualmente nas galerias subterrâneas da cidade.

Há cerca de 150 anos, os mananciais públicos, a maior parte localizada acima dos 80 m de altitude, e outras nascentes privadas forneciam a água das fontes no centro urbano. A quase totalidade dos fontanários com nascente própria hoje existentes deixaram de ter água, e somente alguns conservaram a sua função. Repare-se que estes últimos, alguns já referidos na Idade Média, se encontram nas áreas topograficamente mais baixas da cidade, tais como a Fonte da Colher em Miragaia (5 metros), as da rua de D. Pedro V e do Caco (oriundas do Morro da Pena, 40 metros), da Cantareira (Foz do Douro, 4 metros) ou do Esteiro da Campanhã (16 metros).

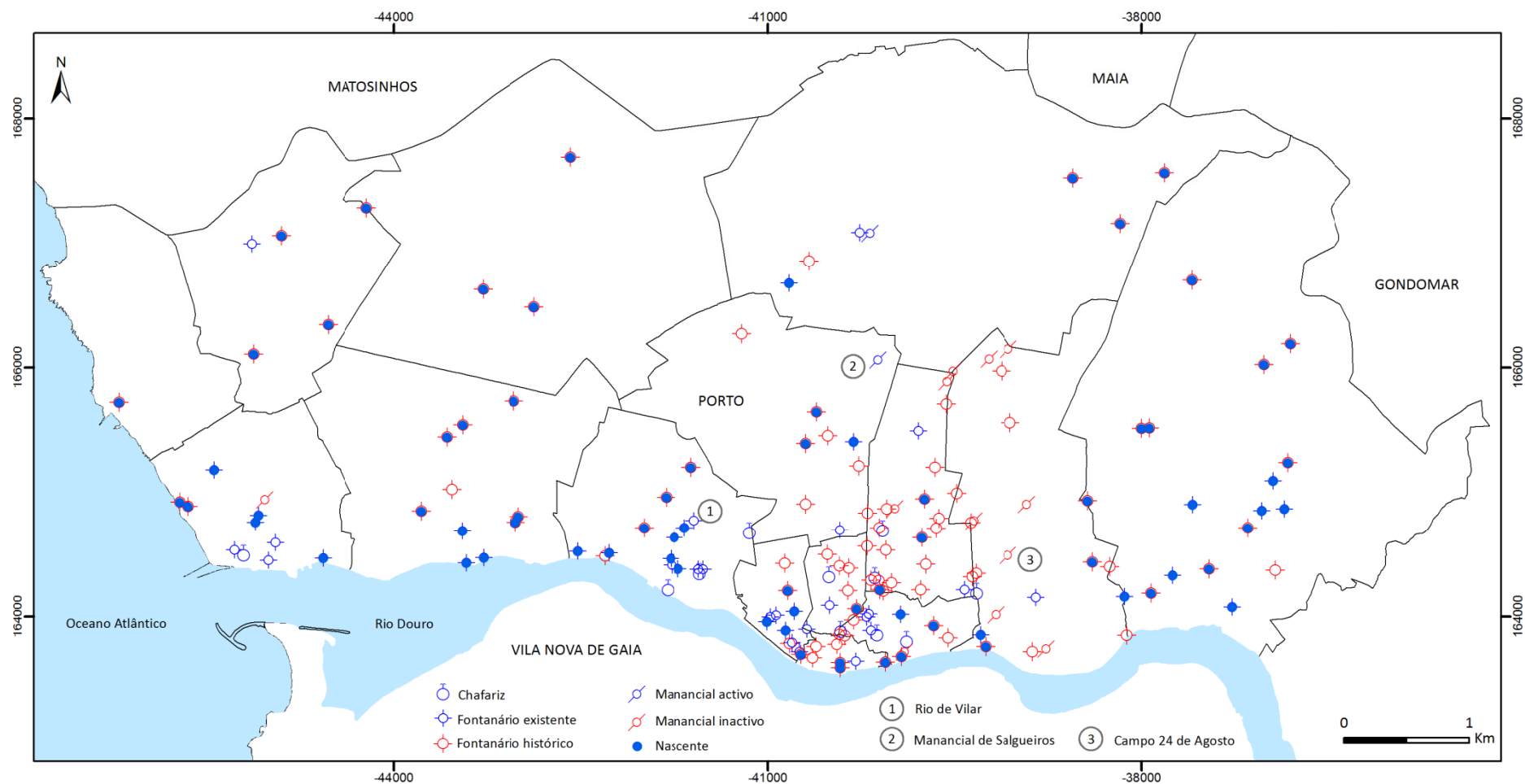


**Figura 21 - Mananciais e nascentes de água subterrânea referenciadas para abastecimento de água na cidade do Porto, nos finais do século XIX. Adicionalmente, são indicados os chafarizes e fontanários existente à data (compilado de *Fontes, 1908; Bahia Junior, 1909*).**

#### 4.1.3 - Disponibilidade e qualidade versus evolução demográfica e consumo.

Pela análise da bibliografia, anteriormente citada, pode referir-se um certo paralelismo na evolução do abastecimento da água no Porto com outras cidades europeias (Amorim & Pinto, 2001), pois segue-se quase sempre a mesma lógica, ou seja, inicialmente o abastecimento de água é assegurado pela existência de nascentes, cujas águas são canalizadas passando a abastecer um sistema público de fontanários (figura 22). Seguidamente, o sistema de abastecimento evoluiu para a abertura de poços devido à quantidade de água necessária para uma população em ritmos de crescimento acelerado (Cordeiro, 1993).

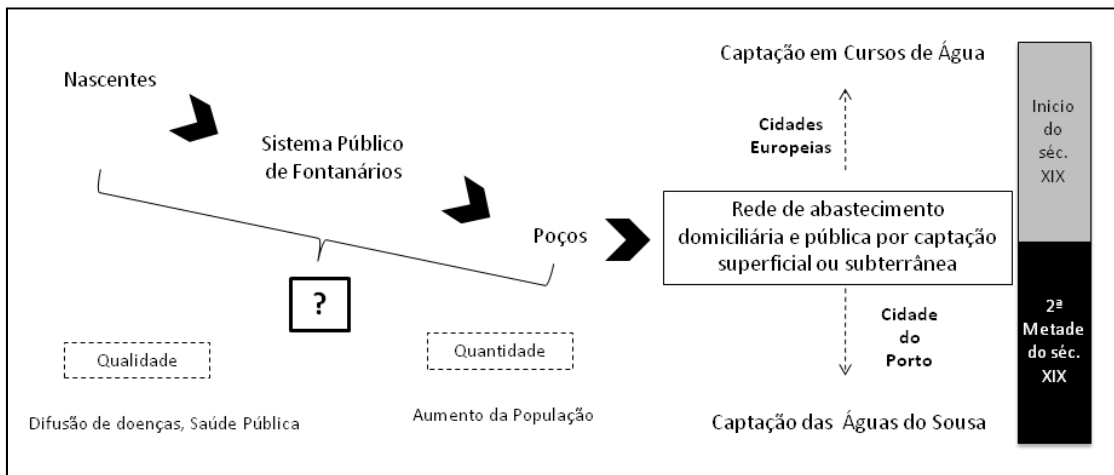


Figura 22 - Esquema tipo do abastecimento de água nas cidades.

Ora, no período em análise, por excelência, ocorreu o processo da chamada “Revolução Industrial”, que se caracterizou pelo rápido aumento das populações urbanas (Oliveira Ramos, 2000), dado que são as cidades e as periferias que oferecem mais oportunidades de trabalho. A cidade do Porto passou também por este rápido processo de aumento da população pela atracção que o desenvolvimento industrial desempenhava sobre os potenciais operários. Toda esta população necessitava de um tecto para viver, surgindo então “construções que se acumulavam umas sobre as outras e encherem-se duma população excessiva. Dessa acumulação de gente em espaços limitados resultou uma situação sanitária especial, desfavorável (...)” (Lemos,

1914 p. 14), propiciando, assim, o desenvolvimento e propagação de doenças infecciosas (*Maia, 2000 p. 584*).

Quando a população aumenta surgem inevitavelmente, questões relativas à quantidade e qualidade da água disponível, uma vez que as águas subterrâneas começam a reflectir uma certa inquinação, pela ausência de saneamento e isolamento das fossas que facilitam a infiltração de detritos, contaminando os aquíferos e repercutindo-se na saúde pública (*Maia, 2000 p. 588*).

Neste contexto insalubre, surge, igualmente, em várias cidades europeias uma preocupação com a higiene como forma de controlar as epidemias (*Amorim & Pinto, 2001*). A água era uma forma de transmissão de doenças, e o movimento pela higiene mostrava a necessidade de controlar a qualidade das águas que eram consumidas pela população, nomeadamente com a determinação do grau hidrotimétrico<sup>9</sup> de modo a detectar locais onde a água estivesse inquinada (*Cordeiro, 1993*).

Cerca de 1840, após um período de estagnação durante o primeiro terço do século, calcula-se que a população do Porto nos limites actuais da cidade contava cerca de 60.000 habitantes (*Serén & Pereira, 2000*). Em pouco menos de cinco décadas (1864-1911), a população residente aumentou espantosamente, de 89.349 para 191.890 habitantes, correspondendo a um acréscimo de 114,5% em relação à população que existia no ano de 1864, altura do I Recenseamento Geral da População. Este facto teve consequências a diversos níveis, nomeadamente sociais, económicos e espaciais, que se encontram intimamente relacionadas, pois o aumento da população levou a uma necessidade de resposta em termos de alimento, água, organização do trabalho e alojamento para a manutenção das famílias. Destas, salientamos particularmente as novas exigências no consumo de água, que começa a escassear face à procura deste recurso essencial para a vida de cidade<sup>10</sup>. Por outro lado, o limite da cidade ficou confinado às sete freguesias do actual centro até ao arranque do

---

<sup>9</sup> Em química, denomina-se dureza da água à concentração de compostos minerais que há numa determinada quantidade de água, particularmente magnésio e cálcio. Sendo estes a causa da dureza da água, e o grau de dureza é directamente proporcional à concentração de sais metálicos.

<sup>10</sup> Já em 1864, E. Gavand dizia que “*todas as fontes do Porto reunidas não dão mais de 8 a 9 litros de água por dia e por habitante no verão*” (p. 30), o que este considera muito insuficiente. Cita alguns exemplos das quantidades distribuídas em cidades europeias, tais como Londres (112 L), Génova (110L), Paris (90 L), Munique (80 L), Genebra (76 L) ou Madrid (70 L) (*Gavand, 1864; p. 23-24*).

aumento populacional da segunda metade de século, e como consequência deste aumento, deu-se o alargamento dos limites da cidade nos finais do século XIX<sup>11</sup>.

O cálculo da variação da população neste período reflecte um aumento geral em todas as freguesias do concelho, embora não de forma homogénea. É de salientar a freguesia de S. Nicolau, na qual se regista uma evolução negativa da população, o que pode ser justificado pelas renovações urbanísticas empreendidas no centro histórico (abertura de novas vias, que conduziam a população para fora do núcleo histórico). Note-se, aliás, que nesta freguesia, já com uma forte densidade de edifícios o que impossibilitava a sua expansão, não existe nenhum poço que possa facultar o acesso à água exigida pelo aumento da população (figura 23), isto, de acordo com o levantamento realizado por Carteador Mena (1908). Segundo o mesmo levantamento, a metade oriental da cidade apresenta uma elevada densidade de poços correspondendo às freguesias que mais viram aumentar a sua população, nomeadamente, as freguesias do Bonfim, de Campanhã, de Cedofeita e de Paranhos. A distribuição dos poços parece acompanhar o traçado de vias, como se observa para S. Roque da Lameira, na freguesia de Campanhã, locais onde se concentrava a população. Destaca-se também muito nitidamente, a freguesia do Bonfim, dado o elevado número de poços inventariados, caracterizando-se esta freguesia por um aumento da população responsável por 19,7 % do aumento total que se deu na cidade entre 1864 e 1911.

Nesta freguesia, como em outras, na época, assistiu-se a um surto industrial que justifica um explosivo aumento da população acompanhado pela densificação da mancha urbana (*Oliveira Ramos, 2000*). A existência da indústria nestes territórios vai incrementar a contaminação das águas subterrâneas e superficiais, e como tal, a solução passa pela captação de águas subterrâneas a maiores profundidades procurando, por um lado, melhor qualidade e por outro maior quantidade (*Gavand, 1864; Ferreira da Silva, 1889*). No entanto, a falta generalizada de saneamento e a escassez da água faz-se sentir cruelmente nas áreas mais sobrepovoadas marcadas

---

<sup>11</sup> Com as reformas administrativas do liberalismo de 1836, a cidade estendeu-se ao longo do rio Douro, anexando Campanhã a leste, e Lordelo e Foz do Douro a oeste. Em 1837, agrega-se Paranhos à cidade, e finalmente em 1895, integram-se Ramalde, Aldoar e Nevogilde. A freguesia de Bonfim foi criada em 1841 com áreas de S<sup>o</sup> Ildefonso, Campanha e Sé.

pela pobreza. Na segunda metade do século XIX, a taxa de mortalidade ronda os 30 por mil, podendo ser ainda mais elevada nas *ilhas*, forma de alojamento popular que muito se desenvolve então (*Lemos, 1914*), calculando-se que cerca de um terço da população portuense vivia em *ilhas* por volta de 1900 (*Serén & Pereira, 2000*). Enquanto se estendia a rede da água canalizada, fontanários e poços continuam a abastecer grande parte da população, propiciando o alastramento de epidemias de cólera, do tifo e de disenterias pela inquinação das águas (*e.g., Silva, 1881; Jorge, 1888; Fontes, 1908*) por isso a sustentabilidade do georrecurso tinha atingido o ponto de ruptura com graves repercussões na saúde pública.

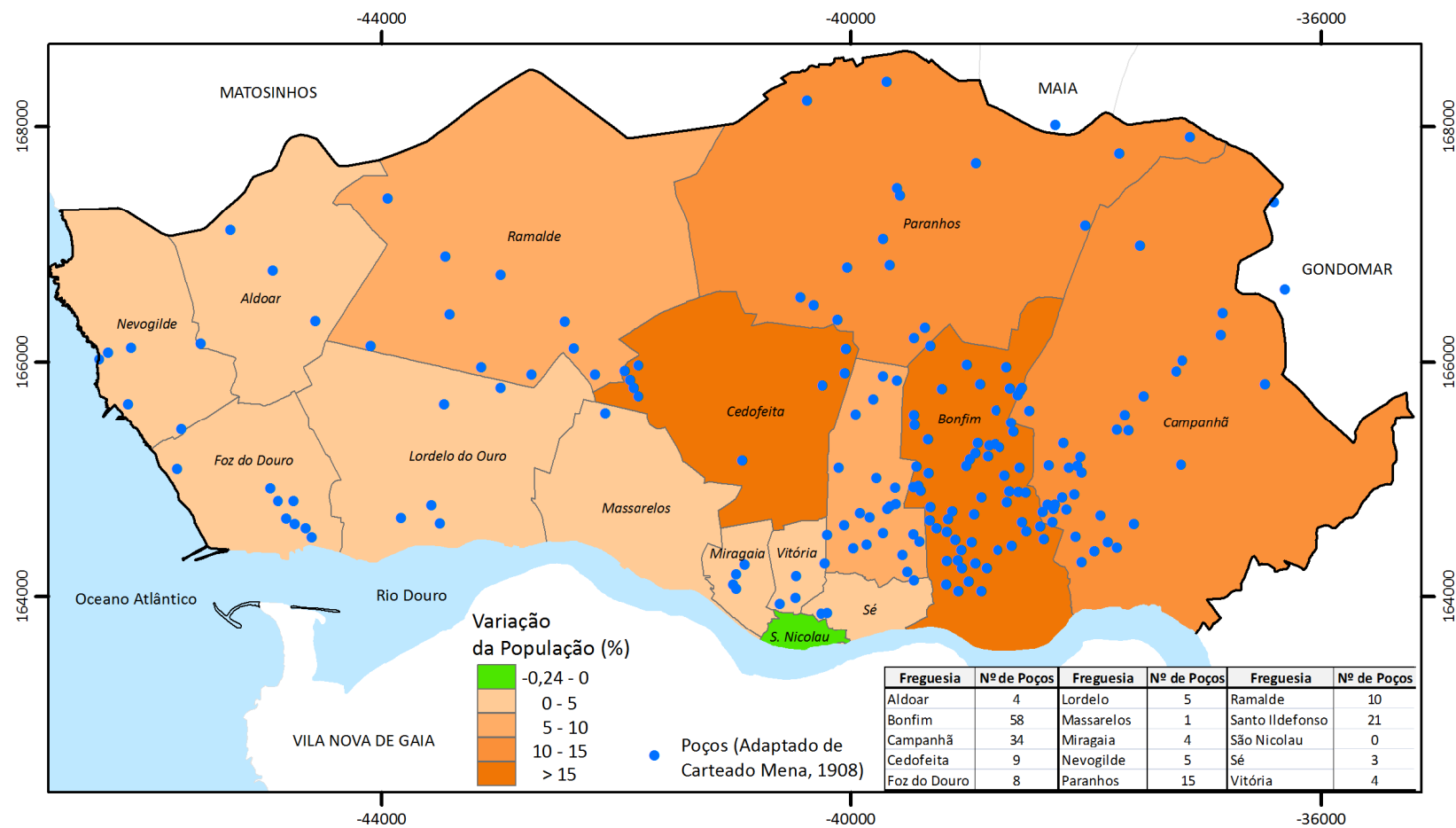


Figura 23 – Distribuição dos poços (Carteado Mena, 1908)<sup>12</sup> e variação da população em finais do Século XIX e início do Sec. XX.

<sup>12</sup> O aumento da população por freguesia foi normalizado usando o valor de incremento total da população (Pop) da cidade [Pop freguesia (1911-1864)/Pop concelho (1911-1864)\*100].

O inventário dos poços, de 1908 (*Carteado Mena, 1908*), revela uma série de medições e quantificação hidro-paramétrica tais como: a largura do poço, a profundidade do nível do solo ao nível da água, a profundidade da coluna de água, a temperatura ao nível do solo e a temperatura da água. Estes dados foram acrescentados na BD e, posteriormente, associados na análise da distribuição dos poços.

O inventário de 1908 decorreu durante os meses de Verão do mesmo ano, iniciado em Junho e terminado em Outubro. No canto superior direito dos mapas 1, 2 e 3 que constituem a figura 24, representou-se de forma esquemática as medições das características individuais de cada poço. A profundidade “A” corresponde à medição efectuada desde a superfície do poço até ao contacto com o nível da água (profundidade do nível hidrostático ou nível freático); a medição “B” é a correspondência em metros da coluna de água; a terceira medida corresponde à junção destas duas, revelando a profundidade total do poço em relação à superfície.

Como se visualiza na figura 24, a integração dos dados no SIG, permite a obtenção de superfícies estimadas com base nos valores recolhidos<sup>13</sup>. Assim foram estimadas quatro superfícies que revelam as medições realizadas no poço, quanto às características da água e do poço em si.

No mapa 1 da figura 24 representa-se a distância entre o nível do terreno e o nível da água, ou seja a profundidade do nível hidrostático<sup>14</sup> (NHE). Com estas informações, facilmente se pode obter, em ambiente SIG, o nível estático da água, que corresponde a um valor de cota. A subtracção entre os valores da altitude da superfície e a medição “A” resulta na cota a que se encontra o NHE. Dessa forma verifica-se que a profundidade do NHE é maior na área central-ocidental da cidade, concretamente na área cujo subsolo é composto por um meio hidrogeológico fracturado do Porto (figura 4), na qual existem sectores muito caulinizados, portanto, um substrato com

---

<sup>13</sup> Para estimação das superfícies optou-se pela aplicação do interpolador IDW (Inverso da Distância) no software ArcGis 9.3, que se baseia na dependência espacial, ou seja, quanto mais próximo maior será a correlação espacial. Sendo que a superfície corresponde a uma grelha regular de pixéis, quanto mais próximos estes estiverem da célula com o valor conhecido, maior será a correlação entre eles.

<sup>14</sup> O nível hidrostático, também designado por nível freático, corresponde à profundidade a que a água se encontra numa determinada área. Este varia ao longo do ano, consoante a variação da temperatura e da frequência de precipitação (*Fetter, 2001*).

características mais impermeáveis devido aos materiais argilosos (Afonso, 1997, 2003; Afonso et al., 2007, 2009). Daí, ser necessário escavar a maior profundidade para obter água. Em contrapartida, o NHE é menor no vale do rio da Vila, onde os poços são feitos nos aluviões do rio (i.e., um meio hidrogeológico poroso), com maior quantidade de água, por isso, o NHE encontra-se perto da superfície.

As áreas com uma coluna maior de água no poço (mapa 2, figura 24), correspondem, mais ou menos, aquelas em que o NHE é menor (i.e., mais superficial) e as áreas com uma altura menor de água no poço, correspondem mais ou menos aquelas em que o NHE é maior (ou seja, mais profundo).

Estas considerações parecem confirmar um dado lógico em que a profundidade dos poços (mapa 3, figura 24) é maior nas zonas onde o NHE está mais profundo.

No que respeita à temperatura da água, a visualização dos dados demonstra a existência de três pontos “quentes” ( $T > 23^{\circ}\text{C}$ ) isolados, que se distinguem inequivocamente dos restantes. Seria uma análise interessante, comparar a temperatura da água com a temperatura média anual do ar à época, o que segundo Schöeller (1962)<sup>15</sup>, possibilitava a classificação das águas em termais, normais e frias; no entanto, a dificuldade em aceder às séries climatológicas condicionou a obtenção deste interessante resultado.

---

<sup>15</sup> Segundo este autor, para ser considerado uma “água quente”, a temperatura da água medida terá de ser superior a cerca de  $4^{\circ}\text{C}$  da temperatura média anual do ar da região.

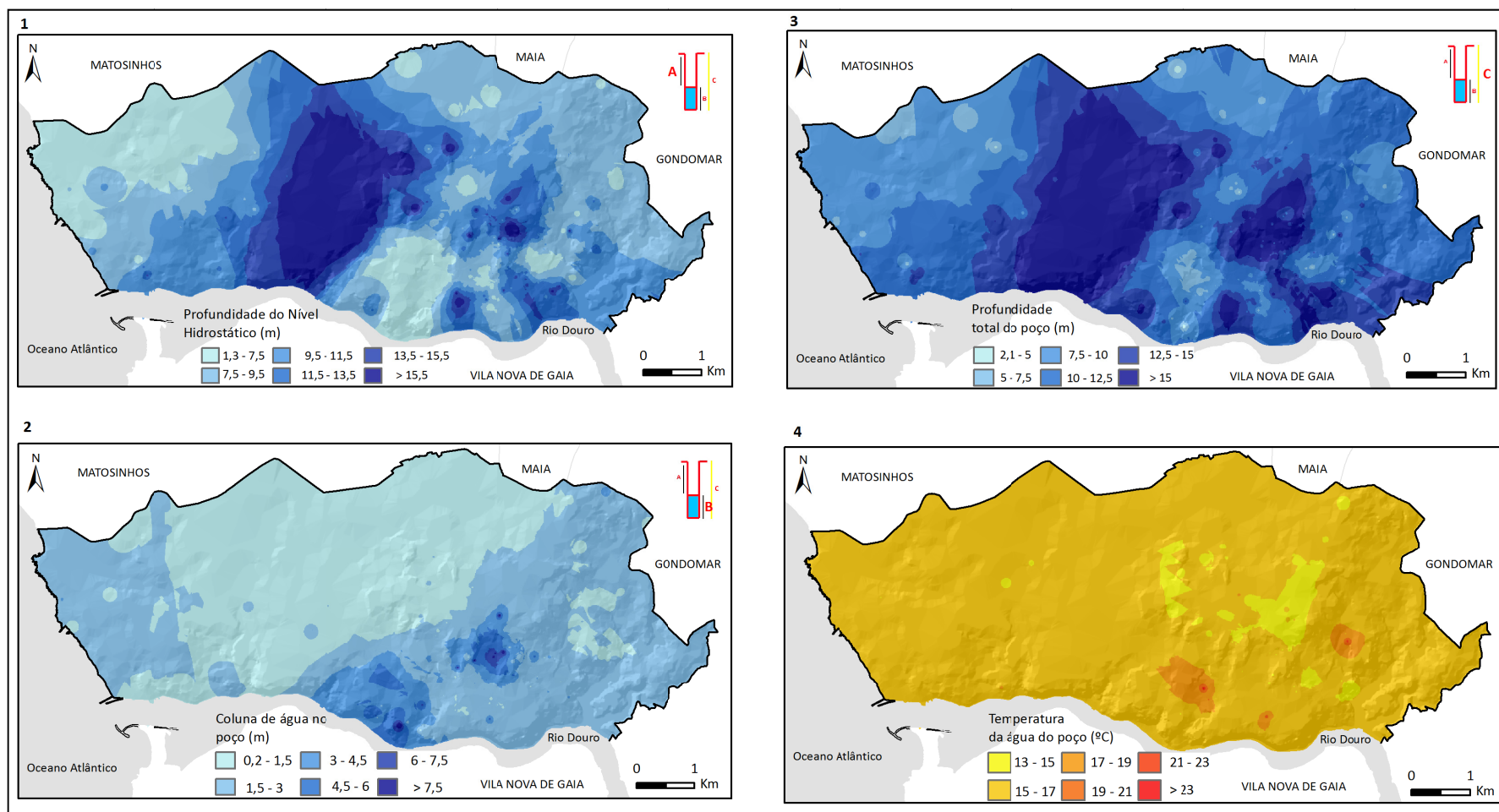


**Figura 24 – Atributos inventariados por Carteador Mena em 1908: 1 –Profundidade do nível hidrostático; 2 – Profundidade da coluna de água; 3 – Profundidade total do poço; 4 – Temperatura da água (A, B, C: ver texto).**

#### **4.2 - O quadro actual das águas na cidade do Porto**

Como foi anteriormente referido, a obtenção da situação actual das águas subterrâneas na cidade do Porto realizou-se através da implementação de um inventário de campo, o qual decorreu entre os meses de Fevereiro e de Março de 2010. Todavia, o mês de Janeiro foi dedicado na criação e preparação da ficha de inventário hidrotoponímico e no ensaio da metodologia de campo. Neste mês efectuaram-se algumas saídas de campo para se testar uma versão preliminar da ficha de inventário criada o que resultou, numa melhoria significativa para a versão final utilizada nesta dissertação.

O inventário de campo, predominantemente realizado durante o mês de Fevereiro, foi precedido de um trabalho de gabinete minucioso. As tarefas a realizar no campo foram organizadas de modo a otimizar ao máximo o trabalho de terreno, percorrendo todos os locais onde se apontavam referências à existência de hidropontos (*Baltazar Guedes, 1669; Leite, 1836; Souza Reis, 1867; Fontes, 1908; Bahia Junior, 1909*). Todos estes locais foram visitados de modo a confirmar na actualidade a existência dos referidos hidropontos; no entanto, nem todos foram confirmados (53), justificando-se em parte por aquilo que se pode denominar como dificuldades do inventário de campo que passaremos, seguidamente, a explicitar.

Como foi anteriormente clarificado, este estudo desenvolveu-se segundo uma metodologia retrospectiva, na qual existe um desfasamento temporal, aproximadamente, de cem anos. Sendo assim, e como seria expectável, a cidade do Porto assistiu a um enorme desenvolvimento e expansão do seu espaço urbano. As modificações ocorridas durante a revolução urbanística passada constituíram o principal constrangimento na realização do inventário de campo. As freguesias, cujo território foi tardiamente anexo à cidade do porto, mantiveram as características rurais até mais tarde. No entanto durante a expansão da cidade, muitas das nascentes foram ignoradas e aterradas, de modo a ser construído o espaço urbano que se conhece actualmente, com todas as infra-estruturas e edificação existente. Deste modo, a transformação do espaço urbano camuflou algumas nascentes que outrora

seriam fundamentais para o abastecimento da população, as quais, foram substituídas pelo sistema domiciliário de abastecimento de água.

As alterações urbanísticas foram responsáveis pela remoção ou destruição de fontanários, os quais, em muitos casos se localizavam junto da nascente. Desse modo e dando lugar a outras construções perdeu-se o sinal da existência dos hidropontos. Constatou-se ainda que muitos dos fontanários anteriormente abastecidos por água de nascente, são actualmente abastecidos por água da rede pública.

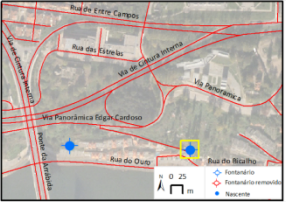
Uma outra dificuldade sentida relaciona-se com questões mais técnicas, nomeadamente, com a utilização do GPS. A obtenção de satélites em número suficiente para o posicionamento dos hidropontos nem sempre foi instantânea. Na área referente ao centro histórico, densamente urbanizado desde os primórdios da cidade, os prédios apresentam alturas consideráveis que dificultam a recepção de sinal e complicam a georreferenciação dos hidropontos, levando à necessidade de corrigir, *a posteriori*, a localização de alguns dos pontos.

Por outro lado, a própria localização dos hidropontos, por vezes em terreno privado, exigiu alguma persistência, sendo necessário voltar aos mesmos locais várias vezes até ser possível contactar com os proprietários, de modo a aceder às nascentes. Este facto demonstra a contribuição fundamental que muitos residentes amavelmente nos propiciaram, mas, outros não nos facultaram acesso às emergências de água.

Cada um dos hidropontos localizados corresponde a uma entrada na base de dados entretanto desenvolvida, como tal, a cada hidroponto corresponde igualmente uma ficha de inventário (figura 25). Pelo conhecimento adquirido na bibliografia, nomeadamente no que concerne ao facto de no mesmo fontanário poder existir, em bicas distintas, água proveniente de mananciais diferentes, realizaram-se medições dos parâmetros em cada uma das bicas. Desse modo, apesar de não terem sido reveladas situações de dualidade na origem da água, no caso dos fontanários com mais de uma bica preencheu-se uma ficha para cada bica.

De uma forma geral pode referir-se que, apesar da alteração do papel das águas subterrâneas no quotidiano da população da cidade, estas continuam a emergir e a circular no maciço e, em muitos casos, por galerias subterrâneas construídas para o efeito para conduzirem as águas e serem colectadas em várias Arcas e, bem assim, abastecendo em vários casos, os lavadouros disseminados pela cidade. De bom grado,

a população as recebe e utiliza, actualmente, como se verificou no lavadouro das Fontainhas (Freguesia do Bonfim) e o lavadouro da Ervilha (Freguesia da foz do Douro). Assistiu-se até à utilização destas para a limpeza pontual do espaço público da cidade, embora a título privado (figura 26).

|                                                                                   |                                                                           |                                                                                   |                                             |                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Nº de inventário:</b>                                                          | 21                                                                        | <b>Designação:</b>                                                                | Nova do Bicalho                             | <b>Tipo:</b>                                                                        | Nascente  |
|  |                                                                           |  |                                             |  |           |
| Planta de Localização                                                             |                                                                           | Foto: Março 2010                                                                  |                                             | Ref.biblio.: Bahia Junior (1909)                                                    |           |
| Folha nº:                                                                         | 122                                                                       | Carta Militar de Portugal 1/25000                                                 | Cota (m):                                   | 14                                                                                  |           |
| Coordenadas:                                                                      | Geográficas (WGS84)                                                       |                                                                                   | Lat:                                        | 41º 08' 55,181" N Long: 08º 38' 12,298" W                                           |           |
|                                                                                   | Hayford-Gauss Militar                                                     |                                                                                   | M:                                          | 157723 P: 464512                                                                    |           |
| Acesso:                                                                           | Fácil: x                                                                  | Difícil: -                                                                        | Condicionado:                               | - Sem acesso: -                                                                     |           |
| Obs:                                                                              | -                                                                         |                                                                                   |                                             |                                                                                     |           |
| <b>Proprietário:</b>                                                              |                                                                           |                                                                                   |                                             |                                                                                     |           |
| Câmara Municipal:                                                                 | x                                                                         | Outro:                                                                            | -                                           |                                                                                     |           |
| Morada actual:                                                                    | Calçada da Arrábida                                                       |                                                                                   | Morada antiga:                              | Calçada do Bicalho                                                                  |           |
| <b>Hidrotoponímia:</b>                                                            |                                                                           |                                                                                   |                                             |                                                                                     |           |
| <b>Categorias</b>                                                                 |                                                                           | <b>Referências Históricas *</b>                                                   |                                             |                                                                                     |           |
| Hidrologia superficial:                                                           | -                                                                         | Caudal (Pena):                                                                    | Características:                            | Passado:                                                                            | Presente: |
| Hidrologia subterrânea:                                                           | x                                                                         | Ant. XVII:                                                                        | -                                           | Privada                                                                             | -         |
| Topografia / Geomorfologia:                                                       | -                                                                         | Séc. XVII:                                                                        | -                                           | Pública:                                                                            | x         |
| Flora:                                                                            | -                                                                         | 1836:                                                                             | -                                           | C/ fontanário                                                                       | x         |
| Tradição Oral:                                                                    | -                                                                         | 1867:                                                                             | x                                           | S/ fontanário                                                                       | -         |
| Outros:                                                                           | -                                                                         | 1908/9:                                                                           | x                                           | Lavadouro                                                                           | x         |
| Topónimos associados:                                                             | 2                                                                         | Obs:                                                                              | -                                           | Ano                                                                                 | -         |
| <b>Condições de Ocorrência:</b>                                                   |                                                                           |                                                                                   |                                             |                                                                                     |           |
| Tubo (diâmetro):                                                                  | 2 cm                                                                      | Nascente:                                                                         | x                                           | Mina Água:                                                                          | x         |
| Área alagada / charca:                                                            | -                                                                         | Solo (S) / Rocha (R):                                                             | R                                           | Outra:                                                                              | -         |
| <b>Geomorfologia**</b>                                                            |                                                                           |                                                                                   |                                             |                                                                                     |           |
| Planalto (T; B):                                                                  | -                                                                         | Encosta (T; I; B):                                                                | I                                           |                                                                                     |           |
| Vale (T; I; B):                                                                   | -                                                                         | Obs:                                                                              | Encaixe fluvial pronunciado (Vale do Douro) |                                                                                     |           |
| <b>Hidrogeologia / Hidroclimatologia:</b>                                         |                                                                           |                                                                                   |                                             |                                                                                     |           |
| Data:                                                                             | 09-03-2010                                                                | Hora:                                                                             | 09:41                                       | Cheiro:                                                                             | Inodoro   |
| Límpida:                                                                          | x                                                                         | Turva:                                                                            | -                                           | Caudal (L/s):                                                                       | 0,3       |
| Temp. ar (°C):                                                                    | 8,5                                                                       | Temp. água (°C):                                                                  | 15,1                                        | pH:                                                                                 | 7,94      |
| Hum. relativa(%):                                                                 | 49                                                                        | Cond. Eléctrica (µS/cm):                                                          | 447                                         | Obs:                                                                                | -         |
| Litologia:                                                                        | Granito de grão médio a fino, duas micas, deformado (Granito da Arrábida) |                                                                                   |                                             |                                                                                     |           |
| Tectónica:                                                                        | Falha NNE-SSW                                                             |                                                                                   |                                             |                                                                                     |           |
| <b>Utilização:</b>                                                                |                                                                           |                                                                                   |                                             |                                                                                     |           |
| Consumo humano:                                                                   | -                                                                         | Uso industrial:                                                                   | -                                           |                                                                                     |           |
| Uso agrícola:                                                                     | x                                                                         | Obs:                                                                              | Imprópria para consumo                      |                                                                                     |           |
| Preenchido por:                                                                   | Liliana Freitas                                                           | Verificado por:                                                                   | NDV / AG                                    |                                                                                     |           |
| Data de preenchimento:                                                            | 10-03-2010                                                                | Data de verificação:                                                              | 15-03-2010                                  |                                                                                     |           |

\* Novais (finais séc. XVII); Baltazar Guedes (1669); Leite (1836); Souza Reis (1867); Fontes (1908); Bahia Junior (1909)

\*\* T- Topo; I- Intermédio; B- Base

Figura 25 - Ficha de hidrotoponímia utilizada no inventário de campo: o exemplo da Nascente do Bicalho (freguesia de Massarelos).



**Figura 26 – Aspectos vários dos hidropontos registados durante o trabalho de campo.**

#### 4.2.1 - Ficha de Inventário hidrotoponímico

A perspectiva retrospectiva e multidisciplinar presente em todo o estudo sugere um cunho multidisciplinar à própria ficha de inventário, sendo que a ideia base para a sua construção seria a conjugação e organização de toda a informação recolhida (figura 27).

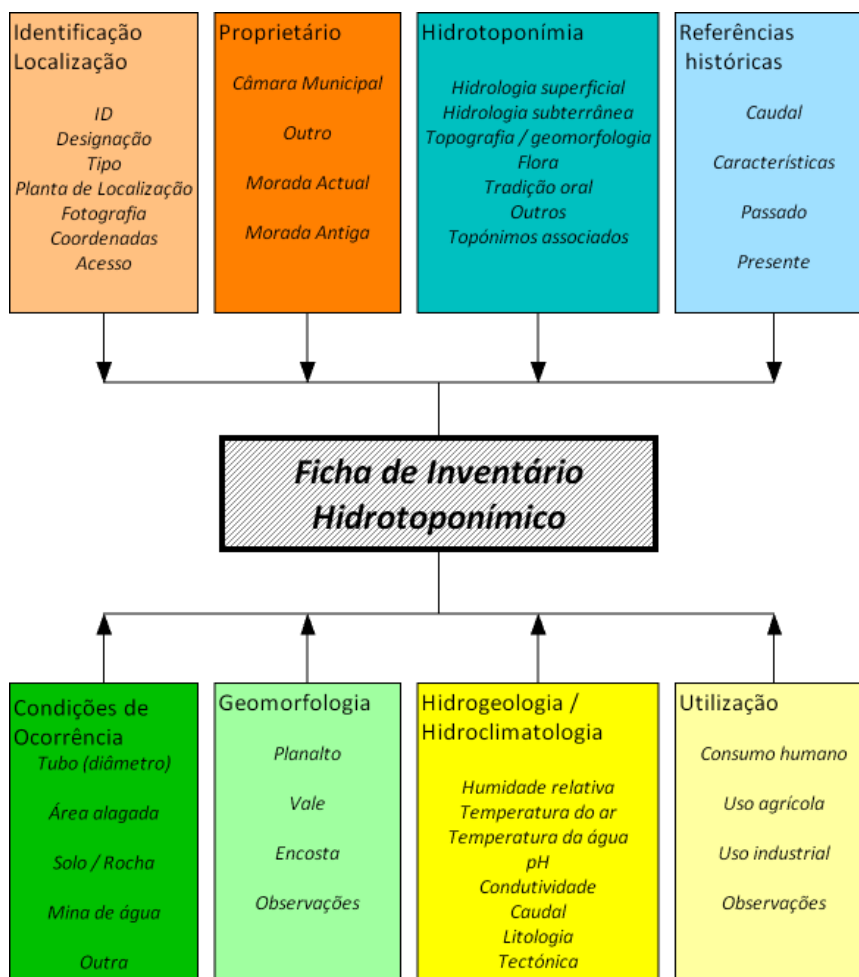


**Figura 27 - Esquema da ficha de inventário hidrotoponímico e respectivos atributos inventariados.**

A ficha de inventário está organizada segundo oito grandes grupos de informação, cada um destes correspondendo quase, ao contributo de uma disciplina científica para o estudo. Seguidamente, faremos uma breve abordagem a cada um dos grupos de modo a clarificar os seus conteúdos.

A primeira preocupação considerada na ficha de inventário relacionou-se com a questão da identificação inequívoca de cada um dos hidropontos, nomeadamente a atribuição de um ID, correspondente ao número que identifica o hidroponto, assim como, a sua designação e a tipificação que lhe é atribuída. Ainda neste grupo, procedeu-se à localização dos hidropontos, cujas coordenadas se apresentam em dois sistemas, geográficas e rectangulares. A estas informações restava apenas uma referência às condições de acesso a cada hidroponto.

Uma observação também sistematizada na ficha corresponde à designação do proprietário, assim como, a referência da morada actual e antiga. Este procedimento justificou-se pela alteração na localização do elemento, em virtude dos cem anos que passaram desde o inventário de 1909 até ao actual inventário.

O terceiro grupo de informação compreende a criação de uma proposta de classificação da toponímia da cidade relativamente à pertença relação que ela evidencia com as águas da cidade (*Devy-Vareta et al., 2009*)<sup>16</sup>, nomeadamente, hidrologia de superfície ou subterrânea, assim como, uma referência à topografia, geomorfologia, flora e tradição oral relacionada com água. De forma simplificada, pretendeu-se com esta classificação categorizar a toponímia da cidade e salientar a importância que a água adquire nos topónimos urbanos.

Continuando a explanação da ficha de inventário, segue-se uma contribuição histórica relacionada com uma síntese das obras que ilustram a evolução do sistema de abastecimento de água na cidade, salientando as obras que descrevem como se desenvolveu o sistema de abastecimento, assim como, os recursos envolvidos.

Posteriormente, sistematizaram-se as condições de ocorrência do hidroponto, nomeadamente, se a água emerge através de um tubo, se corresponde a uma área alagada, uma mina de água, e ainda o tipo de substrato da emergência, se é solo ou rocha.

Distinguiu-se, ainda, o grupo da geomorfologia do terreno associado à localização do hidroponto, de modo a caracterizar o contexto geomorfológico em que

---

<sup>16</sup> Foi efectuada uma pesquisa exaustiva à bibliografia da especialidade, em particular em livros de referência de Hidrogeologia e Hidrologia, sobre a existência de uma classificação de hidro-topónimos que resultou infrutífero. Da reflexão preliminar foi apresentada uma proposta em Devy-Vareta et al. (2009), durante o VII Congresso da Geografia Portuguesa, e agora retomada e aprofundada na dissertação.

ocorre o hidroponto, nomeadamente, classificando-o entre áreas de planalto, vale ou encosta.

Segue-se a contribuição da hidrogeologia e hidroclimatologia. Neste grupo estão sintetizadas informações relativas às características da água, nomeadamente a percepção *in situ* da sua cor ou cheiro, e a medição de caudal (L/s). Por outro lado, mediram-se parâmetros hidrogeológicos como a condutividade eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), a temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ) e o pH. De modo a acrescentar a componente climatológica existe também referência à temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e à humidade relativa (%). Ainda neste grupo são adicionadas informações geológicas regionais relativas ao contexto litológico e tectónico em que cada hidroponto está inserido.

Na conclusão da ficha de inventário existe um último grupo no qual se observa qual o tipo de utilização atribuído a cada hidroponto, se corresponde à utilização agrícola, industrial e se a água está imprópria para o consumo.

#### **4.2.2 - Metodologia de preenchimento da ficha de inventário**

O preenchimento da ficha de inventário desenvolveu-se em momentos e ambientes distintos, facto que se justifica pelo tipo de informação a registar. Por um lado existe a informação histórica facilmente alcançável em gabinete, e por outro, as informações dependentes da observação recolhidas no decorrer do trabalho de campo.

A inserção dos dados na ficha não ocorreu de forma estanque, ou seja, correspondeu a um processo dinâmico de assimilação e recolha de informação, sendo que, aquando do início do trabalho de campo, os vários campos desta ficha que continham informações de cariz histórico estavam já preenchidos. Além disso, efectuou-se uma revisão exaustiva às várias versões das fichas preenchidas, com o intuito de minimizar erros ou imprecisões.

Em gabinete, começou-se por realizar uma minuciosa confrontação bibliográfica, de modo a recolher informações pertinentes e rigorosas, nos documentos que retratam como se desenvolveu o sistema de abastecimento de água à cidade do Porto. Da análise da referida bibliografia, na ficha de inventário,

sintetizaram-se referências a caudais históricos medidos nos hidropontos (penas de água<sup>17</sup>), assim como, se preparou uma caracterização visual dos hidropontos à luz do início do século XX, nomeadamente pela recolha de fotografias dos hidropontos que, por sua vez, seriam inseridos na ficha de inventário.

Ao trabalho de gabinete seguiu-se o inventário na cidade, durante o qual foi possível completar todos os campos que estavam dependentes de observação directa e medição dos parâmetros.

Cada hidroponto corresponde a uma ficha de inventário e para cada ficha de inventário realizou-se a medição de coordenadas através da utilização do GPS. Uma vez que o inventário de campo se realizou durante o mês de Fevereiro e, especialmente, no mês de Março, optou-se por exportar para *shapefile* os pontos recolhidos diariamente de modo a garantir a integridade da informação. Na *shapefile* resultante descortinou-se a localização e a altitude de cada hidroponto, as coordenadas obtidas através do GPS (militares) foram transformadas em coordenadas geográficas, tendo-se recorrido, para isso, ao programa de conversão de coordenadas facultado no sítio do Instituto Geográfico do Exército<sup>18</sup>, no qual se acedeu ao menu de transformação de coordenadas.

Apesar de terem sido tomadas várias anotações sobre a observação realizada no terreno, a procura de uma maior precisão na informação levou à elaboração, em gabinete, de materiais em ambiente SIG, nomeadamente, um esboço do mapa geomorfológico e do modelo digital do terreno. Procedeu-se à adaptação dos esboços dos mapas geológico e hidrogeológico da cidade do Porto e zona ribeirinha de Gaia (*Chaminé et al., 2010; Afonso et al., 2010*) e da rede hidrográfica (*COBA, 2003*). Como foi referido, a exportação dos hidropontos para o formato *shapefile* permitiu a

---

<sup>17</sup> As unidades utilizadas, antigamente, para medir a quantidade de água que brotava das nascentes designavam-se por “Penas de água”, “Anéis” e “Manilhas”. Estas designações estão relacionadas com o diâmetro de um orifício circular por onde passava a água. Estas espessuras correspondem a uma “pena de pato”, um “dedo” e um “punho” (*Amorim & Pinto, 2001*). Este facto justifica a dificuldade de uniformizar a sua correspondência em litros, pois variava de região para região e de cidade para cidade. Estas unidades organizam-se segundo uma hierarquia: 1 manilha = 16 anéis; 1 anel = 8 penas (*Amorim & Pinto, 2001*). Segundo a mesma fonte, o valor da pena de água variava, em 1889 e 1890, mediante o Anuário Estatístico da Câmara Municipal da cidade; as penas de água a fornecer aos particulares correspondiam a 534 litros por 24 horas (mananciais públicos) e 636 litros em 24 horas (mananciais municipais).

<sup>18</sup> <http://www.igeoe.pt/utilitarios/coordenadas/trans.aspx>

sobreposição destes aos mapas anteriormente salientados. Este facto revelou-se de extrema importância uma vez que com elevado rigor foi possível verificar qual o contexto geomorfológico, geológico e hidrogeológico em que se inserem os hidropontos.

A complementaridade entre o trabalho de campo e o trabalho de gabinete manteve-se, concretizando-se na medição da temperatura do ar e a humidade relativa. Estes parâmetros foram preenchidos através da análise dos gráficos do histórico dos gráficos de observação do Instituto de Meteorologia<sup>19</sup>. As estações meteorológicas locais foram seleccionadas de modo a garantir a maior proximidade entre os hidropontos e a estação, tendo-se optado pela utilização das estações meteorológicas de Massarelos e da Serra do Pilar. Para cada dia em que decorreu o trabalho de campo recolheram-se os gráficos relativos à variação diária da temperatura do ar e da humidade relativa. Os gráficos foram trabalhados no programa *OCAD for Cartography Pro 9* (figura 28), de modo a estabelecer uma relação entre a hora da medição dos parâmetros hidrológicos com a temperatura e humidade relativa.

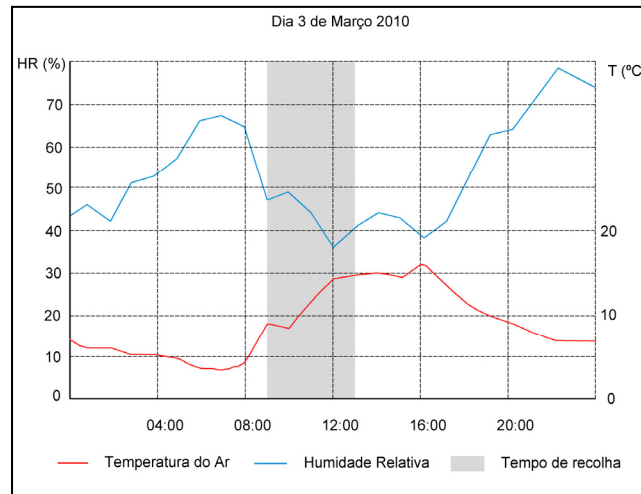


**Figura 28 - Humidade relativa e temperatura do ar, dia 3 de Março de 2010, RUEMA-Massarelos.**

Um outro dado registado aquando do trabalho de campo, o *caudal*, foi quantificado através da aplicação do cálculo de uma média, uma vez que para cada hidroponto se anotaram os três tempos de enchimento de uma garrafa de 0,5 L ou de

<sup>19</sup> <http://www.meteo.pt/pt/otempo/graficosobservacao>

um balde de 10 L, os quais foram utilizados como materiais do inventário. Os resultados finais são apresentados em L/s (litros por segundo) de modo a uniformizar os resultados, o que permitiu a comparação dos valores.

Deste modo, a complementaridade entre o trabalho de campo e de gabinete promoveu a integração na base de dados, criada em *Ms Access*, de todas as informações presentes na ficha de inventário implementada no terreno.

#### **4.2.3 - Resultados do inventário hidrotoponímico**

A apresentação da ficha de inventário assim como a clarificação da metodologia aplicada no seu preenchimento sugere a necessidade de apresentar de forma clara os resultados do inventário implementado (Anexo 2, exemplos da ficha de inventário de cada tipologia). Estes, dada a sua diversidade, devem ser apresentados segundo os vários grupos anteriormente explanados.

Deste modo, a apresentação dos resultados terá início com a quantificação dos pontos reconhecidos como hidropontos no inventário. Antes de mais, salienta-se o número total de hidropontos registados, noventa e nove (99). Destes, deparou-se com hidropontos de vários tipos o que motivou a sua categorização. Como é possível observar na tabela 1, as várias categorias correspondentes a chafariz, fontanário, lavadouro, manancial, mina e nascente. Destas categorias, as que apresentaram maior predominância no inventário correspondem aos fontanários e às nascentes, respectivamente com 43,4 % e 39,4 % dos pontos inventariados, o que perfaz aproximadamente, 83% dos hidropontos. A estas categorias segue-se outra correspondente à localização de lavadouros (12%), que apesar de não serem abundantes na cidade, assumem em alguns locais um papel de destaque no quotidiano dos residentes, nomeadamente, o Lavadouro das Fontainhas. Em percentagens inferiores surgem as categorias de chafariz, mina e manancial.

| Síntese do inventário: hidropontos |        |      |
|------------------------------------|--------|------|
| Tipologia                          | Número | %    |
| Chafariz                           | 2      | 2    |
| Fontanário                         | 43     | 43,4 |
| Lavadouro                          | 12     | 12,1 |
| Manancial                          | 1      | 1    |
| Mina                               | 2      | 2    |
| Nascente                           | 39     | 39,4 |

**Tabela 1 - Síntese do Inventário Hidrotoponímico, implementado entre Fevereiro e Março de 2010.**

A quantificação dos hidropontos, anteriormente realizada, aponta a necessidade de cartografar os dados, de modo a conhecer a distribuição actual das nascentes na cidade do Porto e demonstrar o carácter espacial da BDE.

Apresenta-se na figura 29 a situação actual das nascentes, fontanários e lavadouros na cidade do Porto. De uma maneira geral observa-se que, grande parte das nascentes se localiza nas vertentes graníticas do rio Douro, assim como nos pequenos vales das linhas de água que drenam para o Rio Douro, nomeadamente o vale do Rio Torto (freguesia de Campanhã) e vale da Ribeira de Vilar (freguesia de Massarelos). Pode, no entanto, visualizar-se uma divisão em vários sectores relativos à distribuição das nascentes, que apelam à intervenção de outros factores na análise, tais como, a rede de drenagem, a morfologia do terreno e a geologia do substrato da cidade. Deste modo, observam-se nascentes na base dos relevos mais elevados da cidade, formando uma espécie de auréola que se estabelece na base de pequenas colinas (Freguesias de Paranhos, Cedofeita, Bonfim, S. Ildefonso e Campanhã). Outro sector, corresponde a um aparente alinhamento de nascentes ao longo de um ressalto topográfico, com direcção média NNE-SSW, que vai desde Ramalde a Lordelo do Ouro. Além disso, encontram-se várias nascentes, em menor número e de forma dispersa, no sector costeiro.

Por outro lado, verifica-se uma maior densificação de nascentes, na área relativa ao centro histórico da cidade, correspondendo, *grossa modo*, à maior concentração da população em finais do século XIX, nomeadamente, a mancha urbana observável no Carta Topográfica de *Telles Ferreira (1892)*. Este facto demonstra a importância deste recurso geológico, nomeadamente aquando confrontado com a localização da população.

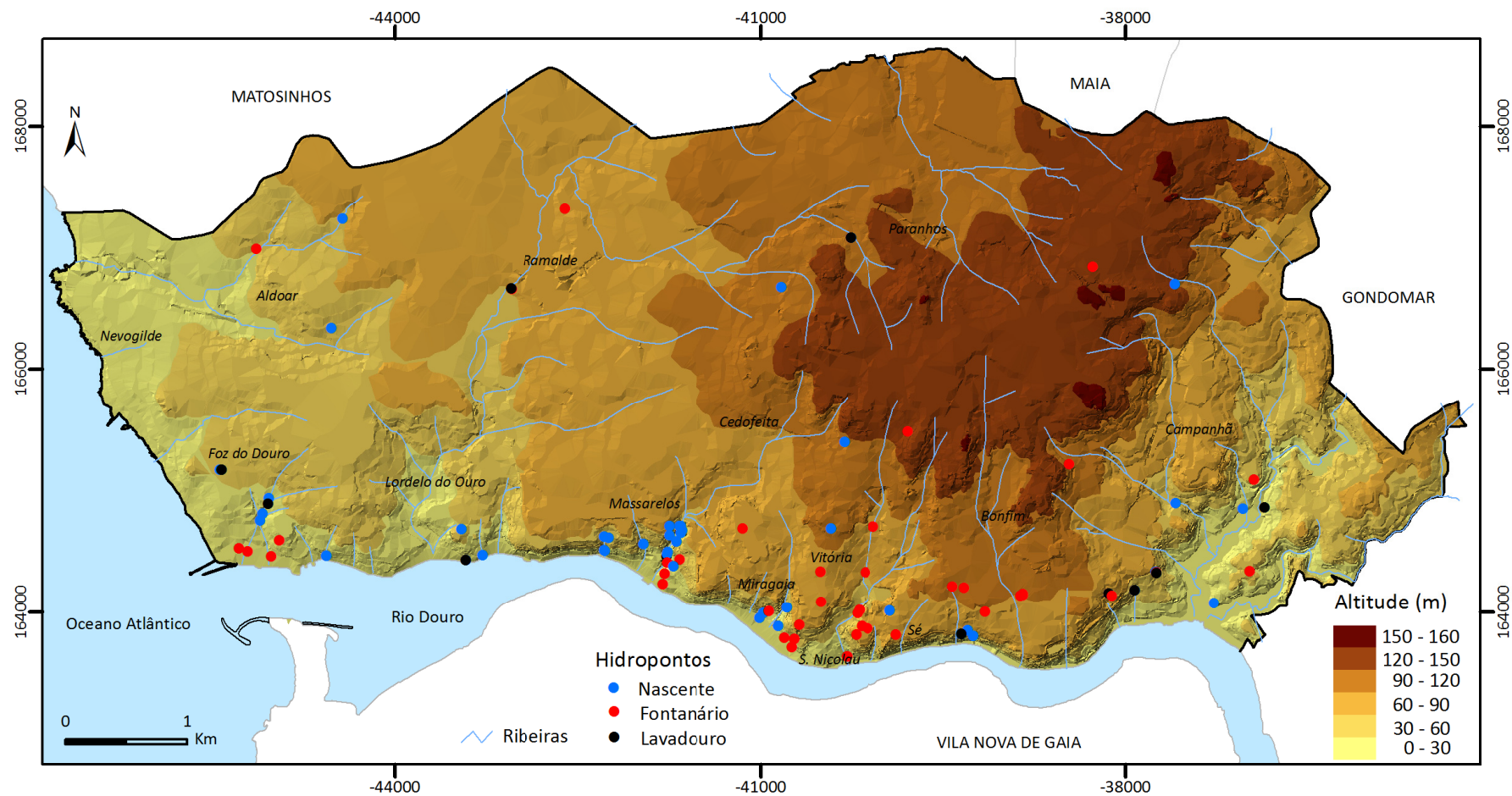


Figura 29 – Mapa dos hidropontos inventariados (nascente, fontanário, lavadouro) na cidade do Porto, numa base hipsométrica.

Como resultado do inventário, no que respeita à questão do proprietário, pode concluir-se que a grande maioria dos hidropontos está sob a tutela da Câmara Municipal do Porto. Apenas na freguesia de Massarelos, localizada junto à margem direita do Rio Douro, nomeadamente no vale da Ribeira de Vilar se localizaram hidropontos com um carácter privado. As referidas nascentes existem no terreno pertencente ao Seminário de Vilar que se situa na margem direita da Ribeira de Vilar. Neste espaço, as águas de nascente são conduzidas, segundo um engenhoso sistema que promove a utilização destas na rega dos vários terraços hortícolas existentes.

Prosseguindo na análise dos resultados do inventário, segue-se a hidrotoponímia. A categorização da toponímia mediante a sua relação com a água resultou no mapa dos hidrotópónimos da cidade do Porto (figura 30). A elaboração deste mapa esteve dependente do inventário e seguidamente, de uma cuidada revisão da carta da rede viária da cidade. A toponímia de uma cidade, como se sabe, por diversos motivos pode variar ao longo do tempo, este facto salienta a importância do cruzamento de informação, de modo a incluir neste mapa ruas que foram hidrotópónimos no passado e que já não o são. Esta simples análise revela uma considerável perda de importância que o recurso natural assume na cidade, tendo deixado de ser a principal fonte de abastecimento da população. Ainda assim, a visualização da distribuição dos hidrotópónimos na cidade sugere igualmente a disposição dos hidropontos anteriormente apresentada. A abundante presença de nascentes de água na cidade origina na hidrotoponímia maior impacto que as restantes categorias consideradas. Cerca de 54% dos hidrotópónimos estão associados à existência de nascentes e nomes associados. Intimamente relacionada com a existência de água, a flora assume-se como a segunda classe mais representada na toponímia (18%), seguindo-se a influência da hidrologia superficial e da topografia local.

De modo a caracterizar percentualmente a toponímia da cidade, nomeadamente conhecer qual o impacto que a hidrotoponímia representa, realizou-se uma *query* à BDE. Desta, conclui-se que a hidrotoponímia, corresponde aproximadamente a 7 % dos topónimos da cidade.

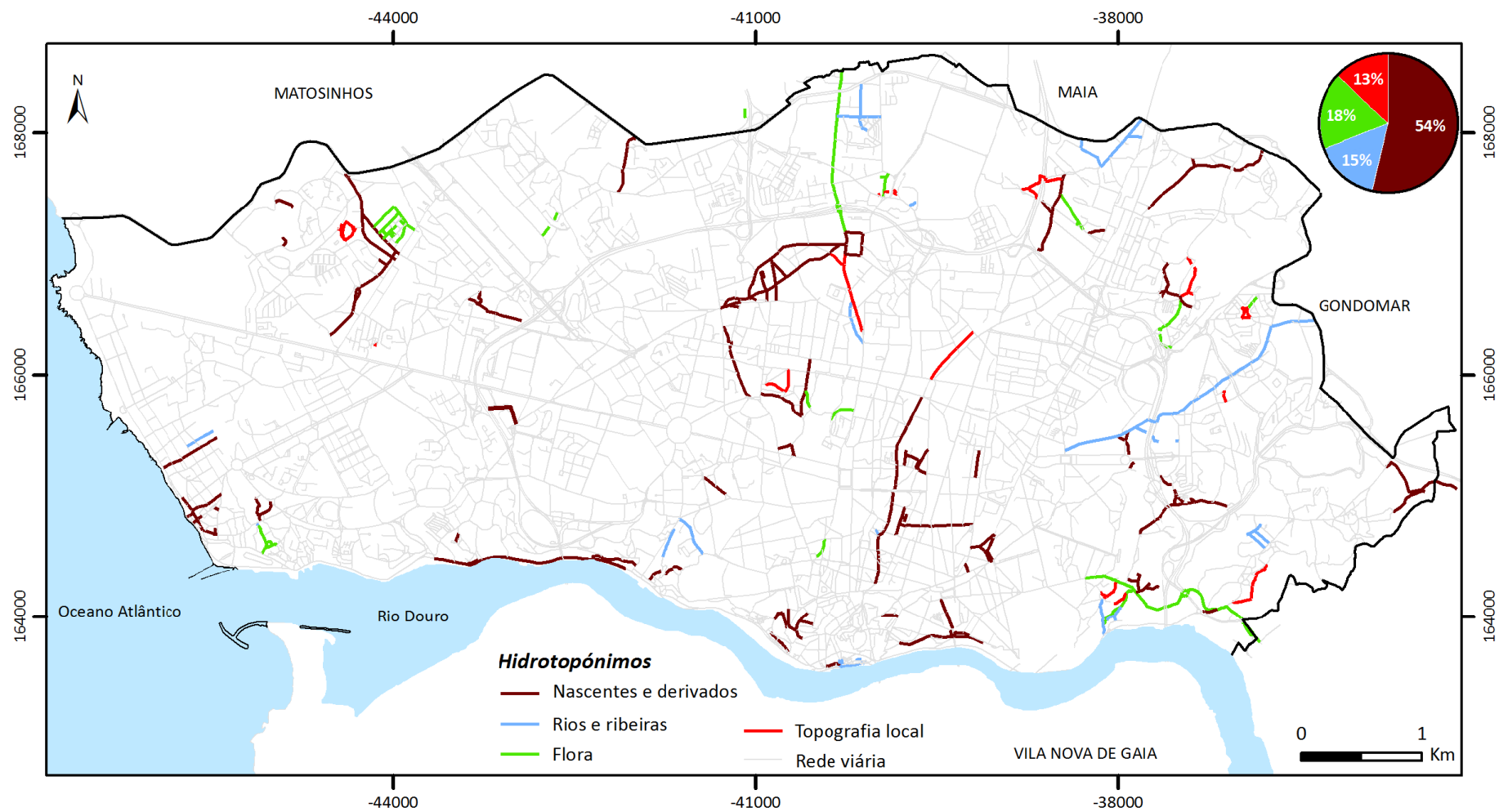


Figura 30 - Mapa dos hidrotopónimos da cidade do Porto decorrente do inventário hidrotopónimo implementado.

Uma análise dos resultados do inventário pode sugerir uma relação directa entre a distribuição da população, dos hidropontos assim como a própria toponímia da cidade, o que nos leva mais uma vez a concluir a extrema importância que as águas assumiram na evolução da cidade. Esta relação pode ainda verificar-se na figura 31, na qual está representada por um lado a progressiva integração das freguesias na cidade, e por outro a evolução dos hidropontos que contribuíam em várias épocas para o abastecimento de água à população.

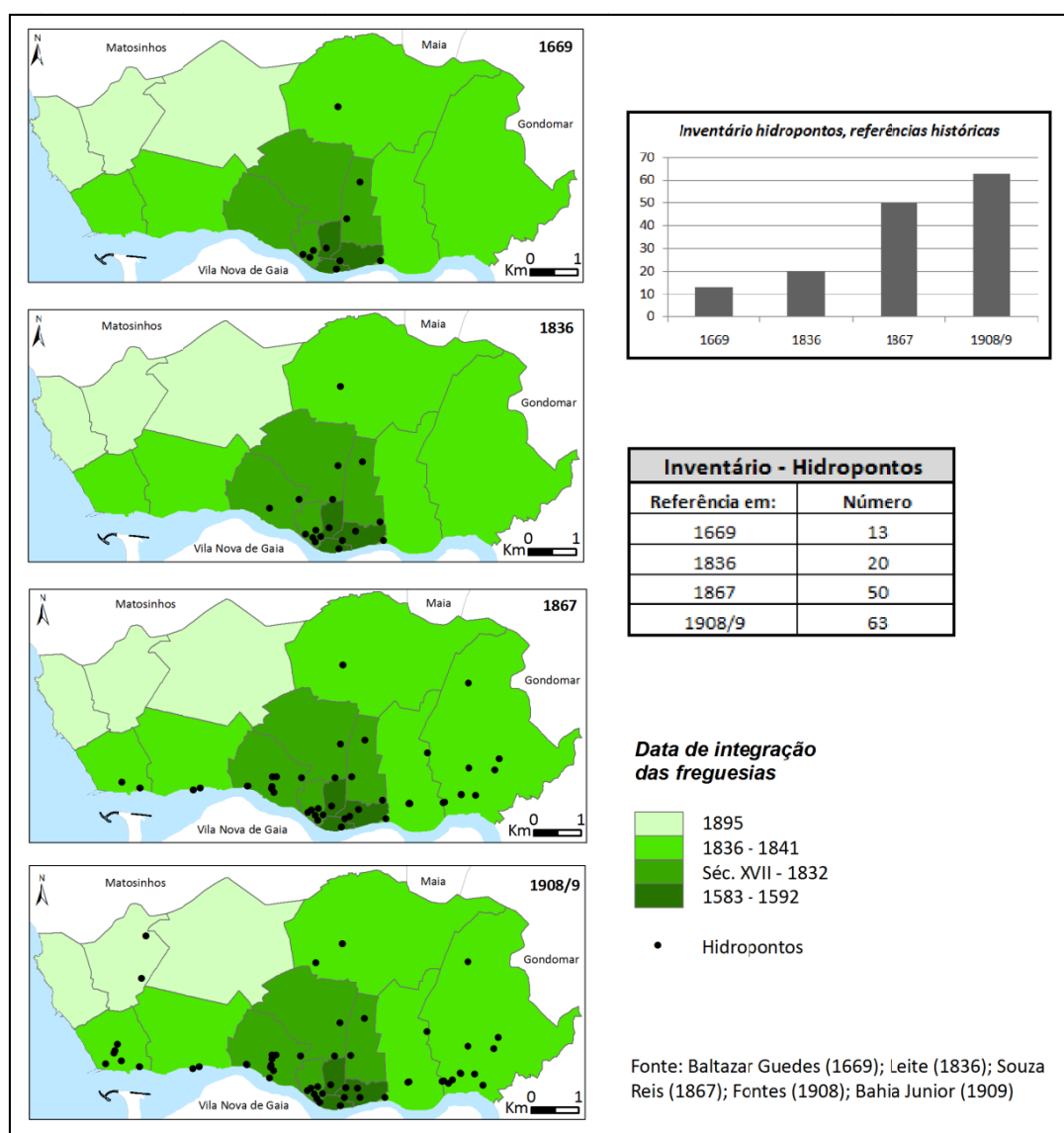


Figura 31 – Síntese do inventário 2010: referências históricas<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> No que concerne à integração das freguesias deve considerar-se a nota já relatada na introdução da presente dissertação (nota nº 2).

Relativamente aos hidropontos em si, pode referir-se que nos quatro períodos em análise (1669, 1836, 1867 e 1908/9), verifica-se um aumento destes ao longo do tempo, acompanhando as dinâmicas populacionais existentes na cidade.

Deve ainda clarificar-se uma questão de ordem metodológica aplicada na elaboração da figura. As referências históricas recolhidas nos vários inventários (1669, 1836, 1867 e 1908/9) estão apenas aplicados aos hidropontos inventariados em 2010. Este facto justifica uma possível perda de informação destes inventários o que naturalmente se justifica pela evolução da cidade com a remoção e ou destruição dos fontanários.

Em 1669, no trabalho de Baltazar Guedes (1669), destacam-se dois grupos de hidropontos, uns localizados intramuros e outros extramuros, à época. As águas de Paranhos corriam já nos túneis subterrâneos, abastecendo os fontanários então existentes, promovendo desde o início do século XVII o abastecimento mais regular de água à população.

Entre 1836 e 1867 (*Leite, 1836; Souza Reis, 1867*), a concretizada expansão da cidade, para fora das suas muralhas, revelou como fundamental a melhoria do sistema de abastecimento de água que acompanha essa evolução. Verificou-se uma densificação dos hidropontos no território então pertencente à cidade que se expandia.

Dado que as freguesias de Nevogilde, de Aldoar e de Ramalde são as últimas a ser vinculadas administrativamente à cidade (1895), os hidropontos inventariados em 1908 nestas freguesias passam a estar incluídos no inventário da cidade (*Fontes, 1908; Bahia Junior, 1909*).

No que concerne às condições de ocorrência dos hidropontos, existe desde logo, uma importante distinção relacionada com o facto de terem sido todos inventariados, quer fossem de origem natural ou abastecidos pela rede pública. Deste modo, podemos desde logo concluir que mediante a origem das águas, ocorre em variadas condições.

Como é possível observar na tabela 2 e segundo a lógica anteriormente mencionada, cerca de 50% os hidropontos ocorrem de nascentes, consequentemente, a restante metade provém da rede de abastecimento público. Relativamente às nascentes, segundo a observação que foi possível desenvolver no decorrer do trabalho

de campo, a esmagadora maioria ocorre em substrato rochoso, correspondendo a 51 dos 53 hidropontos. Estas nascentes emergem à superfície conduzidas por minas em 45 dos 53 hidropontos. Este facto demonstra que, apesar de numerosos os fontanários abastecidos por água de nascente só o são pela existência destas minas que encaminham a água até ao fontanário, chafariz ou mesmo lavadouro. Os restantes hidropontos, ou seja os abastecidos pela rede pública, correspondem a 48,5 % dos pontos inventariados.

| <b>Síntese do inventário: Condições de Ocorrência</b> |                           |             |              |                     |              |
|-------------------------------------------------------|---------------------------|-------------|--------------|---------------------|--------------|
|                                                       | <b>Total nº de pontos</b> | <b>Solo</b> | <b>Rocha</b> | <b>Mina de água</b> | <b>Outra</b> |
| Nascente                                              | 53                        | 2           | 51           | 45                  | 2            |
| Rede pública                                          | 50                        | -           | -            | 8                   | 8            |

**Tabela 2 – Síntese do inventário: condições de ocorrência dos hidropontos.**

A tabela 3, que agora se apresenta, resume de forma simplificada as observações realizadas no trabalho de campo relativamente ao ambiente geomorfológico em que se inserem os hidropontos. Durante a observação realizada apenas foi possível concluir se a localização se inseria numa área de planalto, vale ou encosta. Deste modo, analisando os dados da tabela pode verificar-se que 54,4% dos hidropontos estão localizados nas proximidades do fundo dos vales das linhas de água. Verificou-se também que os restantes hidropontos se distribuem entre os planaltos e as encostas respectivamente com 22,3 e 23,3%.

Ainda no que respeita à geomorfologia, o confronto com o esboço geomorfológico da cidade do Porto (figura 4), permite retirar conclusões mais específicas sobre a temática. Nomeadamente, verificar se os hidropontos aparecem no nível de topo, no intermédio ou na base de uma encosta ou vale, assim como classificar as áreas aplanadas segundo a sua altitude.

| <b>Síntese do inventário: Geomorfologia</b> |                          |                      |
|---------------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| <b>Tipologia</b>                            | <b>Nº de hidropontos</b> | <b>% hidropontos</b> |
| Planalto                                    | 23                       | 22,3                 |
| Vale                                        | 56                       | 54,4                 |
| Encosta                                     | 24                       | 23,3                 |

**Tabela 3 – Síntese do inventário: Geomorfologia.**

Como foi anteriormente referido, o trabalho de campo desenvolveu-se fundamentalmente entre o mês de Fevereiro e o mês Março. Nesse período, retiraram-se do sítio do Instituto de Meteorologia os gráficos de observação relativos à temperatura instantânea do ar e à humidade relativa para todos os dias em que se desenvolveu o trabalho de campo. Assim, pode apresentar-se um valor médio no que respeita a estes parâmetros, estabelecendo-se uma relação com a temperatura da água então medida. A média da temperatura do ar aquando da medição dos parâmetros corresponde a 17°C e a humidade relativa era aproximadamente igual a 41%.

Os parâmetros hidrogeológicos medidos em cada um dos hidropontos foram sintetizados na tabela 4 e 5. A medição destes parâmetros contribuiu para distinguir a água de nascente da água da rede pública, uma vez que foi possível identificar os comportamentos de ambas no que respeita à sua temperatura, pH e condutividade eléctrica.

No que se refere à temperatura da água, conclui-se, como era expectável, que existe uma diferença sensível entre a água de nascente e a água da rede pública. No caso concreto, as águas da rede pública registaram sempre temperaturas inferiores a 11°C, enquanto as águas das nascentes apresentaram temperaturas que variam entre 11°C e 21,7°C. A variação que ocorre na temperatura da água de nascente, talvez possa ser justificada, pelo circuito hidráulico subterrâneo ser maior ou menor, consoante a nascente.

Pode concluir-se da observação da tabela 4 que a 23,1% corresponde a classe em que as temperaturas variam entre 8,2 e 12°C; a classe em que as temperaturas são superiores a 17°C, enquadra 26,2% pontos de água e para finalizar, em 50,8% a temperatura da água variava entre os 12 e 17°C.

Os registos de pH variaram entre 5.64 e 8.22, predominando as águas de pH neutro ou ligeiramente alcalinas (pH entre 7 e 8) a despeito de existência de um número significativo de hidropontos com pH ácido (44,6%) e baixos valores de pH francamente alcalino. Os valores anteriores estão perfeitamente de acordo com contextos graníticos e análises físico-químicas efectuadas na cidade do Porto (e.g., *Afonso, 1997, 2003; Afonso et al., 2007, 2010*).

| Síntese do Inventário    |                  |                 |            |                  |                 |
|--------------------------|------------------|-----------------|------------|------------------|-----------------|
| Temperatura da água (°C) |                  |                 | pH         |                  |                 |
| Classes temperatura      | Hidropontos (nº) | Hidropontos (%) | Classes pH | Hidropontos (nº) | Hidropontos (%) |
| 8,2 - 12                 | 15               | 23,1            | < 7        | 29               | 44,6            |
| 12 - 17                  | 33               | 50,8            | 7 - 8      | 35               | 53,8            |
| > 17                     | 17               | 26,2            | > 8        | 1                | 1,5             |

**Tabela 4 - Síntese do inventário: Temperatura da água (°C) e pH.**

Relativamente à condutividade eléctrica, mantém-se, tal como seria de esperar, a distinção entre as águas cartografadas. A água da rede pública apresenta valores de condutividade inferiores a 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , enquanto as águas das nascentes registam valores superiores, chegando a atingir na ordem dos 663  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Estes valores mais elevados poderão ser denunciadores de processos de contaminação destas águas subterrâneas (Afonso *et al.*, 2007, 2010).

| Síntese inventário: Condutividade eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |                  |                 |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|
| Classes condutividade                                                   | Hidropontos (nº) | Hidropontos (%) |
| 185 - 300                                                               | 33               | 50,8            |
| 300 - 500                                                               | 18               | 27,7            |
| > 500                                                                   | 14               | 21,5            |

**Tabela 5 - Síntese do Inventário: Condutividade eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).**

As classes utilizadas na síntese da tabela 5 justificam-se pela distribuição dos dados patente na figura 32. Neste, pode claramente observar-se a separação entre as águas de nascente e da rede pública, representadas pelo parâmetro da condutividade. A linha dos 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  constitui o limite da primeira classe, na qual estão representados 50,8% dos hidropontos. As seguintes classes representam condutividades eléctricas superiores aos 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , representando em conjunto 49,2% dos pontos inventariados. Este facto demonstra um certo equilíbrio percentual entre a água com origem subterrânea e água da rede pública resultante do inventário.

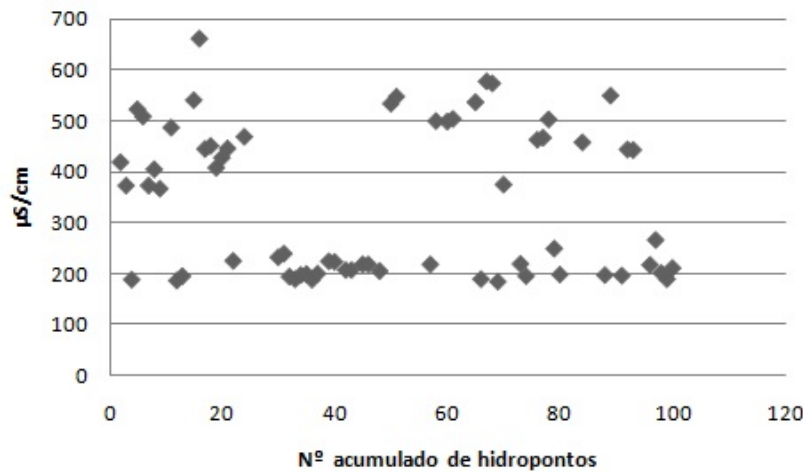


**Figura 32 - Condutividade eléctrica (µS/cm) observada nos hidropontos.**

De modo a exemplificar a espacialização dos parâmetros descritos, optou-se por seleccionar um sector. O sector-piloto seleccionado corresponde ao vale da Ribeira de Vilar na freguesia de Massarelos. Trata-se um vale com uma direcção aproximada de NNE-SSW detentor de um encaixe apreciável (cerca de 40 m), paralelo à Rua de D. Pedro V. No fundo do vale corre a chamada Ribeira de Vilar, cujo caudal fazia mover, no passado, os moinhos que aí existiam, facto que explica a toponímia do vale com a sua Rua dos Moinhos (*Capela, 2008*). Na figura 33, apresenta-se os parâmetros registados *in situ* em cada hidroponto, sendo que todas as medições foram efectuadas no dia 9 de Março de 2010.

No que respeita à temperatura da água, pode observar-se a referida diferença entre água da rede pública e da nascente, nomeadamente na rede pública registaram-se temperaturas inferiores a 11°C, enquanto as águas de nascente a temperatura varia entre 11°C e 17,4°C, com excepção, a nascente do Bicalho, localizada a SW do sector, apresenta uma temperatura de 7,9°C, facto que, talvez se justifique, pelo circuito hidráulico subterrâneo ser muito curto.

Quanto à condutividade eléctrica, na água da rede pública os valores são inferiores a 200 µS/cm, enquanto na água de nascente, estes são superiores, chegando a atingir 660 µS/cm (pontos localizados nos terrenos pertencentes ao Seminário de Vilar).

Os valores de pH apresentam as águas deste sector como neutras ou ligeiramente alcalinas, na maioria dos casos, valorizado pelo contexto granítico no qual estão inseridos.

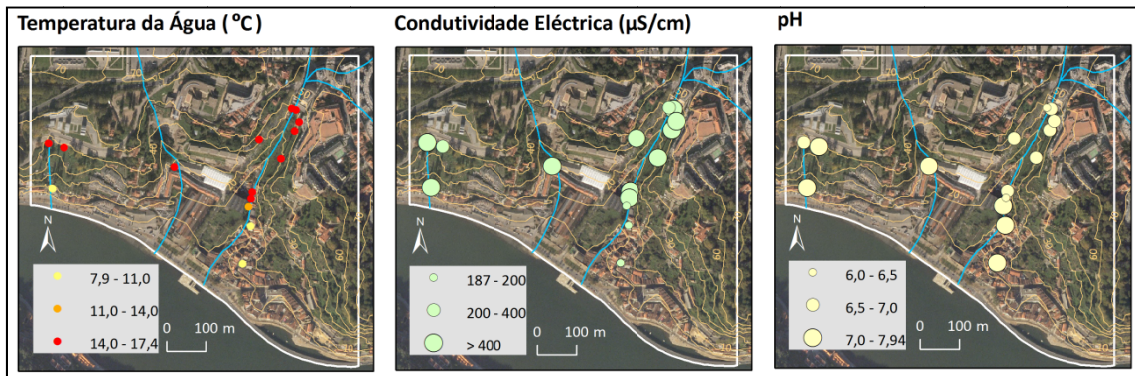


**Figura 33 - Classes de valores dos parâmetros físico-químicos registados *in situ* nos hidropontos no decorrer do inventário - o Vale da Ribeira de Vilar, freguesia de Massarelos.**

Em relação ao tipo de substrato rochoso a distribuição espacial dos hidropontos demonstra variações significativas (tabela 6). Pode observar-se uma predominância de hidropontos (55,3%) no chamado Granito do Porto que, como o revela o mapa geológico (figura 4) abrange uma parte importante da área da cidade (52,5% do substrato). Também se localizam várias nascentes, lavadouros e fontanários (22,3%) nos vales das linhas de água, os quais estão colmatados por acumulações dos aluviões.

Na mesma tabela pode, ainda, analisar-se os resultados respeitantes à agregação dos vários materiais rochosos nas unidades geológicas. Esta agregação confirma a ideia anteriormente apresentada, ou seja, é na unidade das rochas graníticas que se localizam 63,1% dos hidropontos, seguem-se a unidade dos depósitos de superfície com 30,1% e as rochas metassedimentares com 6,8%.

| Síntese do inventário: Litologia |          |            |           |          |                   |               |
|----------------------------------|----------|------------|-----------|----------|-------------------|---------------|
| Tipologia                        | Chafariz | Fontanário | Lavadouro | Nascente | Nº de Hidropontos | % Hidropontos |
| Aluviões                         | -        | 8          | 4         | 11       | 23                | 22,3          |
| Areias e cascalhos               | -        | 1          | 1         | 1        | 3                 | 2,9           |
| Granito da Arrábida              | -        | -          | -         | 6        | 6                 | 5,8           |
| Granito do Porto                 | 1        | 29         | 5         | 22       | 57                | 55,3          |
| Granito de Contumil              | -        | 1          | -         | 1        | 2                 | 1,9           |
| Indiferenciado                   | -        | 3          | 1         | 1        | 5                 | 4,9           |
| Ortognaisses e milonitos         | -        | -          | -         | 3        | 3                 | 2,9           |
| Xistos e grauvaques              | -        | 2          | 1         | 1        | 4                 | 3,9           |
| Unidades Geológicas              | Chafariz | Fontanário | Lavadouro | Nascente | Nº de Hidropontos | % Hidropontos |
| Depósitos de Cobertura           | -        | 12         | 6         | 13       | 31                | 30,1          |
| Rochas Metassedimentares         | -        | 2          | 1         | 4        | 7                 | 6,8           |
| Rochas Graníticas                | 1        | 30         | 5         | 29       | 65                | 63,1          |

**Tabela 6 – Síntese do inventário: tipo litológico.**

As águas subterrâneas na cidade do Porto perderam, como se referiu, importância no decorrer do tempo. As águas que serviam para o abastecimento da população vêm essa função ser substituída pelas águas da companhia. Actualmente, a utilização atribuída a este recurso é bastante distinta (figura 34). Algumas destas águas são utilizadas em lavadouros públicos, nos quais, é a população mais idosa e/ou carenciada que os utiliza com maior regularidade. No entanto, foi ainda possível localizar dois hidropontos cujas águas são utilizadas para consumo humano. Esses dizem respeito à nascente que abastecia as Bicas de Massarelos, na freguesia com o mesmo nome e uma outra na freguesia de Aldoar onde se assistiu ainda à colheita deste georrecurso, por parte de vários residentes para seu próprio consumo.

Em muitos dos fontanários existentes na cidade encontram-se avisos relativamente à qualidade da água, salientando que estas não são potáveis, tendo sido registadas como impróprias para consumo. Foi possível também constatar que nas áreas que ainda mantêm um carácter mais rural, as águas subterrâneas são utilizadas na rega dos campos agrícolas.

Concluindo, na análise da utilização atribuída na cidade à água devem ser considerados outros hidropontos que, apesar de dotados de fontanários, estão secos. Este facto, pode ser justificado por diversos factores, mas se considerarmos que estes seriam abastecidos por água natural, podemos estar perante uma nascente que tenha secado ou que tenha sido aterrada. Outros casos observados, justificam este facto pela gestão que se realiza no sistema público de abastecimento, ou seja, de modo a evitar vandalismo e má utilização do recurso, as entidades responsáveis optariam por cortar o abastecimento.

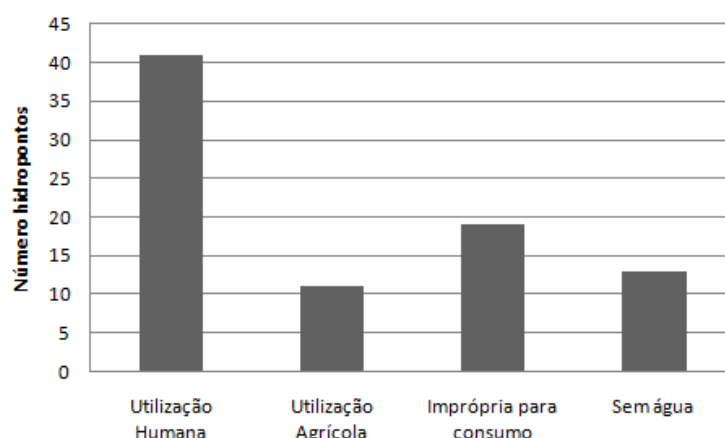


**Figura 34 - Síntese do inventário: características da utilização.**

#### **4.2.4 - Cruzamento dos resultados do inventário com outra informação**

Os resultados do inventário anteriormente apresentados e quantificados correspondem ao retrato actual que obtivemos das águas subterrâneas na cidade do Porto. A compreensão da distribuição espacial dos resultados, depende da confrontação e análise de outros elementos que caracterizam a cidade, nomeadamente, a geomorfologia, a rede de drenagem, a climatologia, e a geologia.

Mediante a figura 35, pretende-se ilustrar um exemplo que relaciona a ocorrência de nascentes, segundo a topografia, a geomorfologia, a litologia e estrutura, sabendo que é mais comum a ocorrência de nascentes nos vales de pequenas linhas de água e encostas diminuindo a sua ocorrência nas áreas correspondentes aos topos de áreas de planalto.

Como se pode visualizar no sector-piloto seleccionado, o vale da Ribeira de Vilar, podem encontrar-se nascentes a vários níveis de altitude, tais como 101 metros na nascente das Oliveiras, 40 metros para a nascente de D. Pedro V, 12 metros na nascente das Bicas de Massarelos e 5 metros na nascente da Colher. Ainda no que respeita à análise da distribuição das nascentes, neste sector, é possível concluir que entre os granitos, é no granito do Porto que ocorrem mais nascentes, ainda que seja este substrato litológico o que predomina no sector apresentado. Pela figura verifica-se que as nascentes ocorrem em grande parte na base do vale da Ribeira do Vilar,

correspondente a uma área em que o nível hidrostático está mais próximo da superfície do terreno e as águas emergem com maior facilidade, dada a cobertura de aluviões da superfície.

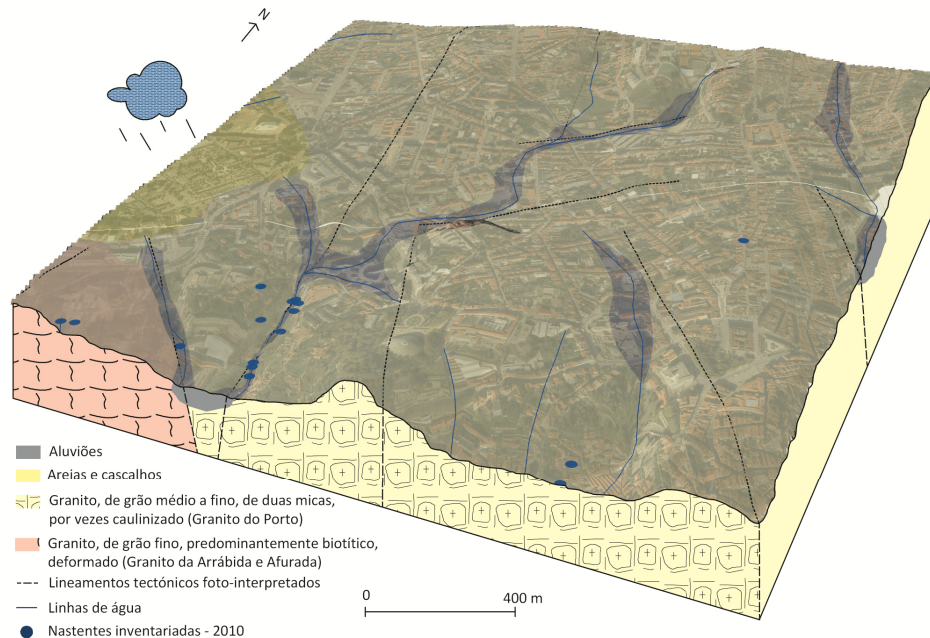


**Figura 35 – Bloco diagrama esquemático do Vale do Vilar: constrangimentos morfoestruturais, geotécnicos e hidrogeológicos.**

A figura 36 representa a relação entre a litologia e as nascentes inventariadas, confrontando os parâmetros físicos medidos no trabalho de campo, nomeadamente, o pH, a condutividade eléctrica e a temperatura da água. A análise da figura permite salientar que é na unidade geológica dos granitos, particularmente na mancha granítica do Porto que ocorrem mais pontos de água (16 hidropontos). Por um lado, a fácies granítica do Porto é a mais extensa em termos de representatividade cartográfica constituindo um meio hidrogeológico (*i.e.*, maciço fissurado/fracturado, apesar de em alguns sectores da cidade o maciço encontrar-se caulinizado<sup>21</sup>) favorável à circulação subterrânea e, por outro, devido à pressão urbanística da urbe se situar nas litologias

<sup>21</sup> Na área da cidade do Porto, conhecem-se e exploram-se desde há muito jazigos de caulino (Sampaio, 1969). Apesar da abundância deste recurso geológico, com a evolução demográfica registada e a consequente expansão das zonas residenciais, as áreas de exploração de caulino na região do Porto encontram-se actualmente abandonadas. As principais ocorrências são: Senhora da Hora (São Gens), Monte dos Burgos, São Mamede de Infesta, Leça do Balio e Custóias (Coelho et al., 2006, 2009).

graníticas. Nas nascentes, localizadas na área granítica, predominam águas com pH a variar entre 6,5 e 7,5, ou seja águas neutras (61% dos hidropontos). No que concerne à condutividade eléctrica predomina a variação entre os 300 e 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Estes valores denotam a possibilidade de ocorrer contaminação das águas. A temperatura das águas parece acompanhar a elevada condutividade eléctrica que aumenta com o teor de iões dissolvidos na água. Estas conclusões estão de acordo com os estudos de hidrogeologia urbana regional de *Afonso (1997, 2003)* e de *Afonso et al. (2007b, 2010)*.

As restantes unidades geológicas, as rochas metassedimentares e gnáissicas e os depósitos de cobertura, apresentam um menor número de nascentes. No que respeita ao pH, as águas dos depósitos de cobertura apresentam uma distribuição similar aos granitos, ou seja predominantemente neutra. Nas rochas sedimentares emergem águas neutras e outras com um teor que aproxima mais do ácido. Quanto à condutividade eléctrica, nos depósitos de cobertura, verifica-se que existem águas com condutividade maior ou menor, dada a permeabilidade em meio poroso que caracteriza estas formações há maior probabilidade de se contaminarem as águas subterrâneas pela dissolução de alguns minerais. Nas rochas metassedimentares e gnáissicas, as nascentes localizadas apresentam valores de condutividade superiores a 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e que são compatíveis com a hidrogeoquímica das rochas cristalinas. No que concerne à temperatura das águas, em ambas as unidades geológicas, as temperaturas são superiores a 12°C.



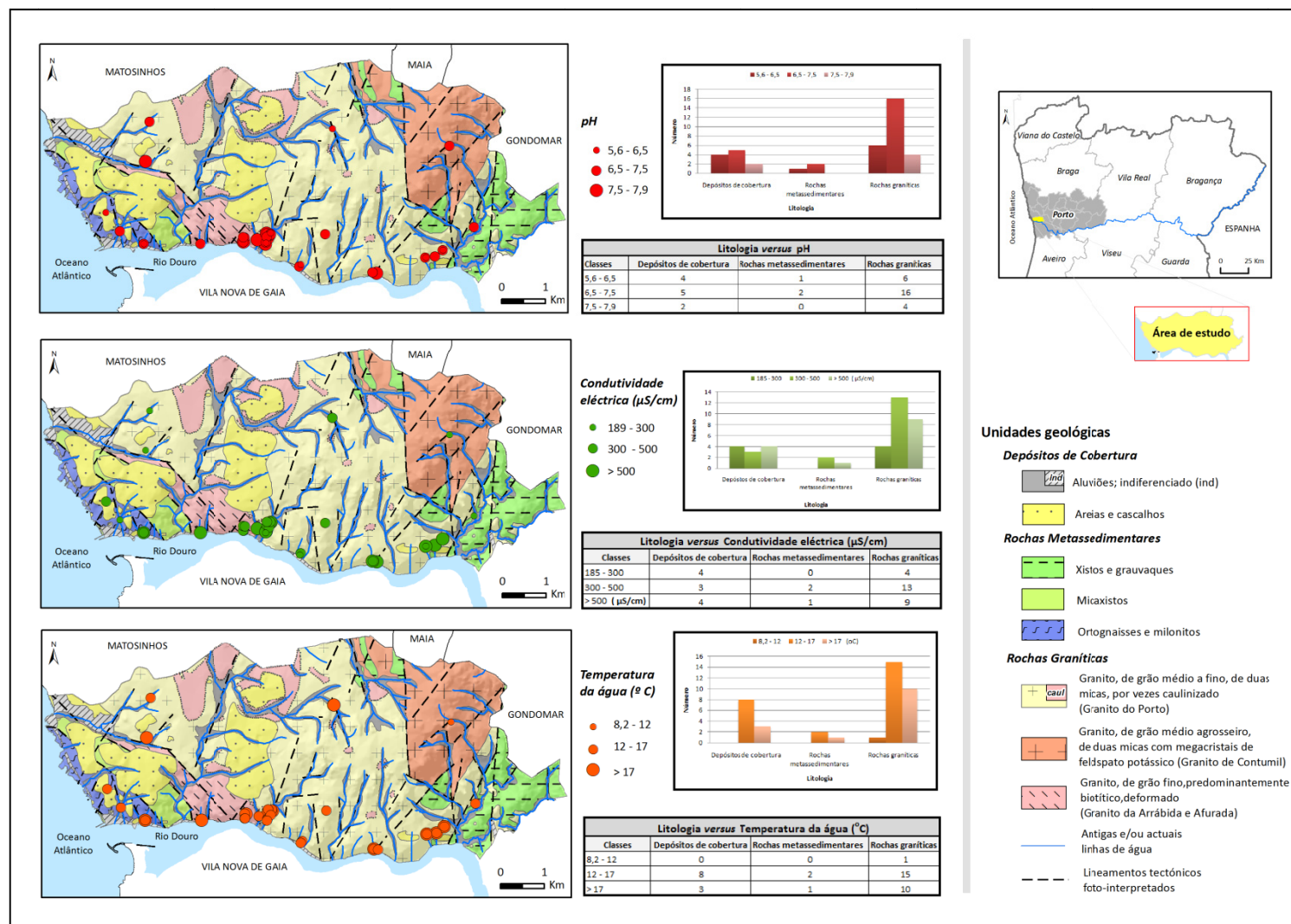


Figura 36 – Comparação entre o substrato geológico e os parâmetros hidrogeológicos medidos nos hidropontos inventariados.



| Hidropontos inventariados |    |
|---------------------------|----|
| Águas Frias               | 27 |
| Águas Normais             | 36 |
| Águas Termais             | 0  |

**Tabela 7 – Classificação das águas, segundo a comparação entre a temperatura média anual do ar (14,4°C) e a temperatura da água dos hidropontos (as águas poderão ser consideradas termais, segundo o critério de Schöeller (1962), se a temperatura da água superior 4°C relativamente à temperatura média anual do ar).**

### 4.3 - Comparação entre a situação dos Séculos XIX e XXI

Como se referiu anteriormente, ao longo desta dissertação, caracterizaram-se as águas subterrâneas da cidade do Porto, fundamentando esta caracterização segundo o inventário realizado no dealbar do século XX (*Carteado Mena, 1908; Bahia Junior, 1909*) e o ano 2010 implementado, pela signatária, especificamente para o presente estudo. Desse modo, verificou-se ao longo do trabalho de campo que muitos hidropontos, considerados em 1908/9, foram destruídos ou camuflados pela dinâmica urbana da cidade.

Como é possível observar na tabela 8, entre 1908 e 2010 ocorreu uma diminuição no número de nascentes e fontanários na cidade do Porto. Na inventariação realizada em 2010, foram identificados menos 33 nascentes que no início do Século XX, assim como menos 20 fontanários, sendo que a categoria dos fontanários compreende lavadouros e chafarizes.

| Evolução dos hidropontos (Nº) |        |      |          |
|-------------------------------|--------|------|----------|
| Tipificação                   | 1908/9 | 2010 | Variação |
| Nascentes                     | 75     | 42   | -33      |
| Fontanários                   | 77     | 57   | -20      |

**Tabela 8 –Evolução do número total de hidropontos na cidade do Porto.**

A inclusão na análise de informação histórica possibilitou também a comparação do caudal medido nos hidropontos, contando que apenas se recolheu

informação de caudais para os hidropontos que ainda estão activos. Para isso, recorreu-se à obra de *Ferreira da Silva* (1889), que publica um inventário dos hidropontos, com a indicação da sua localização e a medição do respectivo caudal em m<sup>3</sup>/24 horas. De modo a possibilitar a comparação, foi imprescindível a conversão dos caudais à mesma unidade (L/s).

Pela análise da tabela 9 verifica-se que o caudal se mantém similar entre os dois inventários realizados, podendo salientar-se que ambos os inventários se realizaram na mesma etapa do ano hidrológico (durante o mês de Março).

| 1887 vrs 2010  |             |      |      |
|----------------|-------------|------|------|
| Nascente       | Caudal L /s |      |      |
|                | Bicas       | 1887 | 2010 |
| 1 - Caco       |             | 0,12 | 0,1  |
| 2 - Oliveiras  |             | 0,2  | 0,1  |
| 3 - Cantareira | 1ª Bica     | 0,05 | 0,03 |
|                | 2ª Bica     | 0,05 | 0,05 |

**Tabela 9 –Caudal medido nos hidropontos, segundo os inventários de 1887 e 2010.**

#### **4.4 – A BDE/HidroGeoPorto: aplicabilidade e importância na análise das águas subterrâneas da cidade do Porto**

A criação da BDE demonstrou ser uma metodologia fundamental para o desenvolvimento da investigação. A possibilidade de sintetizar e organizar a informação segundo a forma de tabelas relacionadas é uma mais-valia, que por si só, nos parece constituir um resultado importante da investigação. Por outro lado, a possibilidade de integração desta BD noutras BD's com cariz geográfico, permite a georreferenciação da informação, assim como, a confrontação de dados com outras imagens e cartas georreferenciadas. Este facto valoriza os resultados obtidos, uma vez que a visualização dos dados, pode ser realizada segundo duas estruturas distintas, ou seja, sob a forma de tabelas, ou então sob a forma de mapas.

A interligação entre as BDs e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), facilitam a utilização de uma série de ferramentas de análise que relacionam os fenómenos espacialmente, sendo que, a localização geográfica dos elementos é fundamental.

No caso da BD *HidroGeoPorto*, e como já nos referimos anteriormente, associa-se sempre uma componente geográfica a todos os seus dados. Desse modo, a integração dos dados da BD numa plataforma SIG revelou-se como a melhor forma de visualizar, relacionar e analisar todas as informações contidas na BD.

Como se referiu no capítulo referente à metodologia, nomeadamente, o ponto 2.3, para conseguirmos uma aplicação SIG, procedeu-se à criação de *Geodatabase*, para a qual se transferiram os dados da BD, georreferenciando também todos os elementos transferidos. O posicionamento dos elementos facilitou o estabelecimento de hiperligações entre estes e as fichas de inventário, o que permite visualizar por um lado, a posição geográfica e por outro, toda a informação reunida durante a investigação e correspondente a esse local (figura 37).

Como é possível verificar na figura 37, após a preparação da hiperligação entre o ponto e os ficheiros a anexar (1), surge uma caixa de diálogo na qual se pode definir qual o objecto a visualizar/inquirir (2). Neste caso concreto da BDE *HidroGeoPorto*, podem observar-se as fotografias do hidroponto (3), assim como, a respectiva ficha de inventário (4).

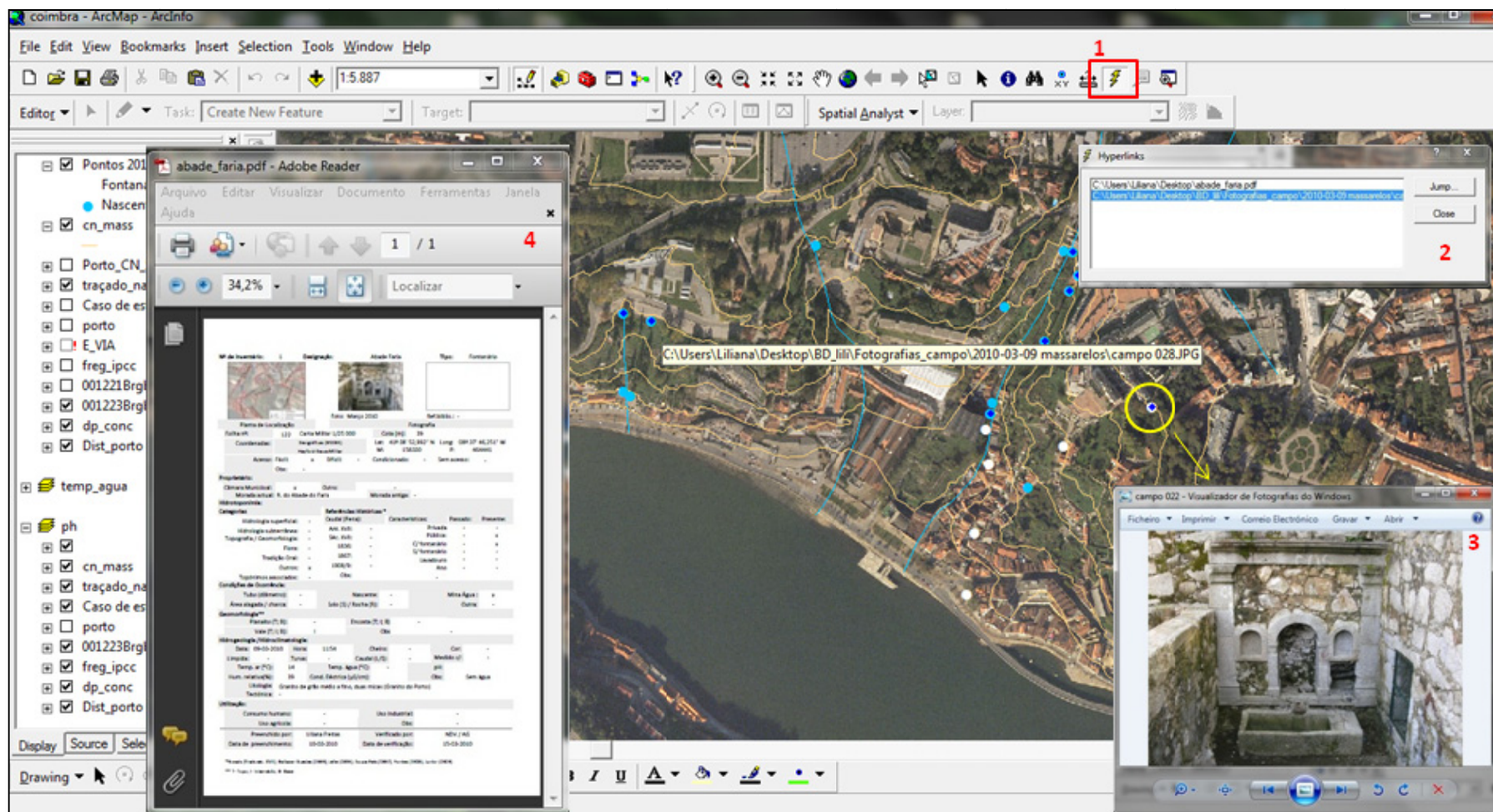


**Figura 37 – As potencialidades da aplicação SIG com o cruzamento entre a BD e BDE: exemplo de hiperligação entre ambas para o caso do fontanário da Rua Abade Faria, localizado em Massarelos.**

O facto de nesta BD, estarem integrados os vários inventários realizados na cidade do Porto, favorece a análise da sustentabilidade das águas subterrâneas, nesta área urbana. A espacialização dos resultados de cada inventário faculta o reconhecimento da evolução do sistema de abastecimento de água na cidade através destes hidropontos.

A constituição de uma BD deste género assume uma elevada importância pela quantidade de informação armazenada. Consideramos, por isso, que a BDE constitui uma ferramenta fundamental para divulgação de informação, nomeadamente, pela localização dos hidropontos e como suporte para a gestão e apoio à decisão, uma vez que fornece uma nova visão sobre as emergências de água subterrânea da cidade.

Como tal, a divulgação da BDE *HidroGeoPorto*, poderia ser interessante pela diversidade de públicos que podem colher benefícios da sua existência.

Deste modo, a possibilidade de integrar esta BDE numa plataforma *WebSIG*, seria uma forma de atingir o grande público na medida em que através da *internet* poderiam visualizar a localização das nascentes, efectuar pesquisas e até seleccionar percursos entre as nascentes, os fontanários e os lavadouros públicos da cidade.

Por outro lado, o conteúdo da BDE, sendo divulgado junto das entidades competentes, poderá constituir um espólio sobre a evolução das emergências de água subterrânea, assim como, dos fontanários que constituem a história do abastecimento de água na cidade do Porto, sensivelmente, até ao início do abastecimento domiciliário de água (1882).

O facto de a BD, não consistir apenas na localização dos hidropontos, mas carregar uma série de informações bibliográficas e tabulares associadas, valoriza-a como uma fonte de informação cartográfica e bibliográfica robusta, a qual seria um excelente suporte a trabalhos de investigação como este que se apresenta.



## Capítulo 5: Conclusões





## **5. Conclusões**

### **5.1 – Considerações conclusivas**

A dissertação, que agora se conclui, corresponde a uma investigação multidisciplinar, centrada no seu objecto de estudo, as águas subterrâneas da cidade do Porto, as quais, mantêm ainda na actualidade, um papel importante nesta área urbana.

A metodologia hidro-histórica retrospectiva aplicada no estudo, revelou-se um bom caminho para a resolução dos objectivos propostos, ou seja, o conhecimento da situação actual do recurso água subterrânea, e uma contribuição para a consolidação de estudos prospectivos. O ambiente Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi uma ferramenta de excelência para apoiar a abordagem multidisciplinar, quer com fins para apoiar o conhecimento científico e técnico quer com a finalidade de integrar a informação histórica.

De acordo com os objectivos delineados, obtiveram-se resultados práticos, como a localização e interpretação da distribuição dos hidropontos na cidade do Porto. Um dos aspectos marcantes no estudo reside no facto de se desenvolver segundo duas escalas temporais distintas, possibilitando a observação de alguma evolução na sustentabilidade do recurso que naturalmente emerge em alguns pontos da cidade do Porto.

No que respeita à metodologia aplicada, pode concluir-se que esta se revelou bastante heterogénea ao longo das várias fases de trabalho, tendo iniciado com a pesquisa documental e de trabalho de terreno, a qual, suscitou a necessidade de recorrer à criação de uma base de dados, passo fundamental para a sua integração nos SIGs.

Considera-se que a criação da BD e a posterior ligação desta com a plataforma SIG do projecto foi de extrema importância para a obtenção dos resultados apresentados, possibilitando a concretização dos objectivos da dissertação.

A utilização da água subterrânea transformou-se ao longo do tempo e a evolução urbana da cidade do Porto também reflecte essa mudança (*Devy-Vareta et al., 2009; Freitas et al., 2010*). A utilização intensiva dos aquíferos e a consequente

redução da disponibilidade das águas subterrâneas, deixou em múltiplos casos (Afonso, 2003; Afonso et al., 2007a,b), o recurso perto da ruptura, no entanto, é possível voltar a um panorama sustentável no que respeita à disponibilidade e uso das águas subterrâneas (Afonso et al., 2009, 2010). Globalmente, para os países mais desenvolvidos têm sido definidas metas a atingir que são implementadas através da legislação que visa a protecção do recurso e a sua sustentabilidade (e.g., Miquel et al., 2003; Custodio, 2004; Petri et al., 2007; Afonso et al., 2009).

Na área urbana do Porto, a existência da água subterrânea correspondeu a um factor fundamental para o desenvolvimento da cidade. O crescimento da cidade foi acompanhado pela evolução do sistema de abastecimento da água, inicialmente, muito dependente da água subterrânea e mais tarde (por volta do ano de 1892), beneficiando do sistema público de abastecimento domiciliário de água.

De acordo com os objectivos propostos apresentou-se a localização dos hidropontos na cidade e a sua evolução até finais do Século XIX, seguindo-se a distribuição dos hidropontos na actualidade, fruto do trabalho de campo desenvolvido.

O trabalho de campo, conduzido pela ficha de inventário elaborada para este estudo, revelou uma série de informações pertinentes e novas que separam, como seria expectável, claramente a água de nascente da água da rede pública (que deverá ter parâmetros físico-químicos estáveis e sem contaminação biológica).

A integração do inventário realizado na BD e, posteriormente, na plataforma SIG, constituiu uma ferramenta importante de representação, de pesquisa e da análise de dados relativa aos hidropontos na cidade, no sentido em que promove o cruzamento de informação diversa (gráfica, tabular e bibliográfica) e permite, em parte, a compreensão da distribuição dos hidropontos.

A aplicação desta metodologia multidisciplinar assim como, a concretização efectiva da ligação da BD com os SIG's, pode suportar estruturação dos actuais debates sobre a gestão da água nas cidades e sua sustentabilidade, dada a importância que esta representa no quotidiano do ecossistema urbano.

## **5.2 – Perspectivas futuras**

O trabalho de campo que se efectuou pela cidade ajudou-nos a levantar uma série de questões sobre as águas subterrâneas. Seria interessante desenvolver futuramente, alguns trabalhos que ajudassem a responder a alguns desafios científicos que nos parecem particularmente atractivos para a compreensão desta temática.

Um deles reside no aprofundamento desta metodologia, associando-a a estudos hidrogeotécnicos pontuais, nomeadamente, a Escarpa do Passeio da Fontaínhas entre a ponte D. Luís e ponte D. Maria Pia. Verificou-se, no decorrer do trabalho de campo que este sector se caracteriza por uma escorrência permanente e abundante de água através das descontinuidades existentes no maciço granítico (Neves, 2002; Campos e Matos *et al.*, 2003), o que merecia estudos geomorfológicos aplicados e hidrogeológicos minuciosos, dada a inserção morfológica desta escarpa e os problemas geotécnicos de instabilidade que apresenta, assim como, a sua importância no cenário que constitui o vale apertado do rio Douro.

Seria ainda interessante, expandir a análise desenvolvida na cidade do Porto, aos concelhos vizinhos de modo a obter-se uma imagem regional no que respeita à distribuição dos hidropontos relacionados com águas subterrâneas. Um dos exemplos mais próximos, será o Concelho de Vila Nova de Gaia, através do confronto com o inventário hidrogeológico sintético de hidropontos e cartografia da margem esquerda do Rio Douro (Monteiro, 2008; Santos Silva, 2009; Pinho, *in prep.*; Chaminé *et al.* 2010b,c).

A realização desta dissertação, mais concretamente a análise dos resultados do inventário, revelou a necessidade de se refinar a leitura das unidades que expressam a medição do caudal, realizada no Século XIX, e melhorar a comparação com os actualmente obtidos. Seria ainda interessante confirmar a hipótese referente à existência de águas “quentes” na cidade (Souza Reis, 1867, p.30; Bahia Junior, 1909, p.15) e quais os constrangimentos hidrogeológicos, morfotectónicos e geológicos que regem o seu enquadramento, bem como aprofundar a análise histórica dessas ocorrências.

Apesar da tentativa de compreender a relação entre a localização dos hidropontos com a geomorfologia, a geotectónica, a hidrogeografia histórica e

hidrotoponímia, resta ainda muito caminho para aprofundar esta análise na área urbana do Porto, assim como, expandi-la a um contexto regional.

Um outro estudo, fundamental como contributo para o ordenamento do território, corresponderia ao desenvolvimento de um projecto para o conhecimento do território da cidade relativamente ao modo como ocorre o processo de infiltração das águas superficiais em relação aos constrangimentos climatológicos, topográficos e geomorfológicos, passo basilar para a recarga dos aquíferos subterrâneos da cidade. Esse estudo poderia ser efectuado, nomeadamente, através da análise do uso do solo, o grau de impermeabilização da superfície do terreno, a favorabilidade do substrato à infiltração, as características morfotectónicas do maciço rochoso em que se desenvolve a cidade e o aprofundamento do conhecimento hidroclimatológico urbano. Este exercício facilitaria a definição de áreas prioritárias na cidade, destinadas à manutenção e recarga das águas subterrâneas. Desse modo, salienta-se mais uma vez a necessidade de expandir a análise aos concelhos vizinhos cujos substratos podem ou não contribuir para o abastecimento dos aquíferos da cidade do Porto. De referir que um estudo hidrogeológico regional urbano da área entre Vila do Conde e Vila Nova de Gaia está a ser desenvolvido na actualidade por *Afonso (in prep.)*<sup>22</sup>, mas a perspectiva anterior complementa a investigação em curso por uma rede de investigação interdisciplinar encetada no projecto I&D GROUNDURBAN|FCT (*e.g.*, *Afonso et al.*, 2007a,b, 2009, 2010; *Devy-Vareta et al.*, 2009, *Freitas et al.*, 2010).

A concretização da integração da BDE|*HidroGeoPorto* numa plataforma *WebSIG*, seria um trabalho a desenvolver no futuro, uma vez que se revela como a melhor forma de promover a interacção com o grande público.

---

<sup>22</sup> Gostaríamos de voltar a sublinhar o apoio de campo e a partilha de informação da sua investigação de doutoramento da Dra. Maria José Afonso (ISEP) e do seu co-orientador Prof. Doutor Helder I. Chaminé (ISEP). O cruzamento de muitos dados ainda originais permitiram, com maior segurança, esboçar algumas das perspectivas futuras.

## Bibliografia

---



## **6. Bibliografia**

### **6.1. Referências bibliográficas**

Afonso M.J., Chaminé H.I., Gomes A., Fonseca P.E., Marques J.M., Guimarães L., Guilhermino L., Teixeira J., Carvalho J.M. & Rocha F. (2009). Urban hydrogeomorphology and geology of the Porto metropolitan area (NW Portugal): a multidisciplinary approach. In: Culshaw MG, Reeves HJ, Jefferson I & Spink TW (eds.) Engineering geology for tomorrow's cities. Engineering Geology Special Publication, The Geological Society of London. Volume 22 (doi:10.1144/EGSP22.I; on CD-Rom insert, IAEG Paper 92, 9 pp.)

Afonso M.J., Chaminé, H.I., Marques J.M., Carreira P.M., Guimarães L., Guilhermino L., Gomes A., Fonseca P.E., Pires A. & Rocha F. (2010). Environmental issues in urban groundwater systems: a multidisciplinary study of the Paranhos and Salgueiros spring waters, Porto (NW Portugal). *Environmental Earth Science*, 61:379-392.

Afonso, M.J. (1997). Hidrogeologia de rochas graníticas da região do Porto. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 150 pp. + Vol. Anexos. (Tese de mestrado).

Afonso, M.J. (2003). Hidrogeologia de rochas graníticas da região do Porto (NW de Portugal). *Cadernos Laboratório Xeolóxico de Laxe, A Coruña*, 28, pp. 173-192.

Afonso, M.J. (in prep.). Hidrogeologia e hidrogeoquímica da região litoral urbana do Porto, entre Vila do Conde e Vila Nova de Gaia (NW de Portugal): implicações geoambientais. Instituto Superior Técnico, Lisboa. (Tese de doutoramento)

Afonso, M.J., Chaminé H.I., Carvalho J. M., Marques J. M., Carreira P. M., Guimarães L., Guilhermino L., Fonseca P. E., Gomes A., Fonseca M., Pires A. & Rocha F. (2007a). Uma abordagem geoambiental no estudo dos subterrâneos da cidade do Porto: o caso do manancial de Paranhos. In: *Actas do Seminário sobre Águas Subterrâneas, LNEC*, 1-2 de Março de 2007. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), Lisboa, 10 pp. (CD-Rom).

Afonso, M.J., Chaminé H.I., Carvalho M.J., Marques M.J., Gomes A., Araújo M.A., Fonseca P.E., Teixeira J. & Rocha F. (2007b). Urban groundwater resources: a case study of Porto metropolitan area (Iberian Massif, NW Portugal). In: K. W F. Howard (ed). *Urban Groundwater: Meeting the Challenge* (Chapter 20 - Urban Aquifer Management). *Selected Papers on Hydrogeology*, IAH/Taylor & Francis CRC Press, SP8, pp. 278 - 294.

Almeida A (2001). Caracterização geoquímica e geocronológica do granito de duas micas sintectónico do Porto (NW de Portugal). In: Lago M, Arranz E, Galé C (eds), *Proceedings IIIer Congreso Ibérico de Geoquímica/VIII Congreso de Geoquímica de España*. Instituto Tecnológico de Aragón, Zaragoza, pp 311-315.

Amorim, A.A. & J.N. Pinto (2001). Porto d'Agoa: o abastecimento de água à cidade do Porto através dos tempos. Porto: Serviços Municipalizados de Água e Saneamento, 196 pp.

Antas, A.C.F. (1902). Insalubridade do Porto. In *Escola Médico-Cirúrgica*, 109. Porto: Universidade do Porto.

Araújo, M. A., (1991). Evolução geomorfológica da Plataforma Litoral da região do Porto. Universidade do Porto, 534 pp. + vol. Anexos [87 pp.] (Tese de doutoramento).

Araújo, M. A., Gomes, A., Chaminé, H. I., Fonseca P. E., Gama Pereira, L. C. & Pinto de Jesus, A., 2003. Geomorfologia e geologia regional do sector de Porto-Espinho (W de Portugal): implicações morfoestruturais na cobertura sedimentar cenozóica. *Cadernos Lab. Xeol. Laxe, A Coruña*, 28: 79-105.

Azevedo, R.S. (1960). O Porto desde a proto-história à época do Infante D. Henrique. Publicações do Centro de Estudos Humanísticos, Porto, 47 pp.

Bahia Júnior, J. (1909). Contribuição para a hygiene do Porto: Analyse sanitaria do seu abastecimento em agua potavel. Porto: II - Mananciais do Campo Grande, Bispo e Freiras, Cavaca, Camões, Virtudes, Fontainhas, Praça do Marquês de Pombal e Bural: fontes suas derivadas de nascente privativa. Dissertação inaugural apresentada à Escola Médico-Cirúrgica do Porto. Typ. Encyclopedia Portuguesa, Porto, 112 pp.

Balck, G. 1813. Cidade do Porto, Planta Redonda. Porto.

Baltazar Guedes, P. (1669). Memória de todos os aqueductos, chafarizes e fontes da cidade. Arquivo Histórico do Porto, Livro 18 Próprias, f. 246-259.

Barata, J.M.P. (1910). Contribuição para o estudo das rochas do Porto. Faculdade de Philosophia Natural, Coimbra, 59 pp.

Baret-Bourgoin, E. (2005/4). Politiques urbaines et accès à l'eau dans la cité: la révolutions des eaux à Grenoble à la fin du XIXe siècle. Le mouvement social, 213: 9-29.

Barles, S. (2007). Urban metabolism and river systems: an historical perspective, Paris and Seine, 1790-1970. Hydrology and Earth System Sciences, 11: 1-13.

Begonha, A. & Sequeira Braga, M.A. (2002). Weathering of the Oporto granite: geotechnical and physical properties. Catena, 49: 57-76.

Biswas, A.K. (1985). Ancient urban water supply systems. GeoJournal, 11(3): 207-213.

Bocquet, D.K. & Chatzis, S.A. (2008). From free good to commodity: universalizing the provision of water in Paris (1830–1930). Geoforum, 39: 1821-1832.

Borges, L. & Correia A. (2003). Escorregamentos de terra e queda de blocos – o exemplo do passeio das Fontainhas (Porto). In Seminário Riscos geológicos, 29-30 de Setembro de 2003. Associação Portuguesa de Geólogos.

Bouguerra, M.L. (2005). Water: symbolism and culture. Les Rapports de l'Institut Veolia Environnement, Paris, v. 5, 65 pp.

Bourbon e Noronha, T. (1885). As aguas do Porto. Dissertação Inaugural à Escola Médico-Cirúrgica do Porto. Typ. Occidental, Porto, 89 pp.

Bunnell J.E., Karlsen A.W. & Finkelman R.B. (2005). GIS in human health studies. Essentials of Medical Geology, Elsevier. pp. 633-644.

Campos e Matos A.; Borges L. & Correia, A. (2002). Escarpa das Fontainhas, Porto: escorregamentos 2001. Registo histórico e estudos geológicos. In Actas 8º Congresso Nacional de Geotecnia: Vol. 2, Lisboa: Sociedade Portuguesa de Geotecnia.

Capela, J.V., Matos, H. & Borralheiro, R. (2008). As freguesias do distrito do Porto nas memórias paroquiais de 1758. Memórias, História e Património, Braga, 1038 pp.

Carrington da Costa J. (1938). O Pôrto: geografia-geologia. In: Bastos C. (org.). Nova Monografia do Porto, Companhia Portuguesa do Porto, pp. 3-32.

Carrington da Costa, J. & Teixeira, C. (1957). Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal, na escala de 1/50000, Folha 9-C (Porto): Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

Carteado Mena, J. (1908). Contribuição para o estudo da Hygiene do Porto: analyse sanitaria do seu abastecimento em água potável. III. Estudo sobre os poços do Porto. Dissertação Inaugural à Escola Médico-Cirúrgica do Porto. Typographia da Encyclopedia Portuguesa, Porto, 270 pp.

Carvalho, J.M. & Chaminé, H.I. (2007). Uma perspectiva sobre o valor acrescentado das Ciências da Terra nas indústrias do termalismo e do engarrafamento de água. In: Chaminé, H. I. & Carvalho, J. M. (eds.), O valor acrescentado das Ciências da Terra no termalismo e no engarrafamento da água. Artigos seleccionados do II Fórum Ibérico de Águas Engarrafadas e Termalismo. Departamento de Engenharia Geotécnica / Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada, Instituto Superior de Engenharia do Porto. pp. 11-23.

Chaminé H.I., Afonso M.J., Robalo P.M., Rodrigues P., Cortez C., Santos F.M., Plancha J.P., Fonseca P.E., Gomes A., Devy-Vareta N.F., Marques J.M., Lopes M.E., Fontes G., Pires A. & Rocha F. (2010a) Urban speleology applied to groundwater and geo-engineering studies: underground topographic surveying of the ancient Arca D'Água galleries catchworks (Porto, NW Portugal). *International Journal of Speleology*, 39(1): 1-14.

Chaminé H.I., Afonso M.J., Silva R., Monteiro R., Teixeira J., Moreira P., Meixedo J.P. & Trigo J.F. (2010b) Da teoria à prática em geotecnia urbana de maciços rochosos: o exemplo da zona ribeirinha de Gaia. *Tecnologia e Vida, Revista da Secção Regional do Norte da ANET, Porto*, 6: 39-45.

Chaminé, H. I.; Gama Pereira, L. C.; Fonseca, P. E.; Noronha, F. & Lemos de Sousa, M. J., (2003). Tectonoestratigrafia da faixa de cisalhamento de Porto–Albergaria-a-Velha–Coimbra–Tomar, entre as Zonas Centro-Ibérica e de Ossa-Morena, (Maciço Ibérico, W de Portugal). *Cadernos Lab. Xeol. Laxe, A Coruña*, 28: 37-78.

Chaminé, H.I. (2000). Estratigrafia e estrutura da faixa metamórfica de Espinho –Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa-Morena): implicações geodinâmicas. Universidade do Porto, 497 pp., 2 anexos, 3 mapas. (Tese de doutoramento).

Chen, P. (1977). Modelagem de dados: a abordagem entidade, relacionamento para o projecto lógico. São Paulo: McGraw Hill Ltda.

Clark, W.C. (1833). Oporto. Porto.

CMP – Câmara Municipal do Porto (1932). “Vereações”, anos de 1390-1395: Documentos e memórias para a história do Pôrto, Publicações da Câmara Municipal do Porto, 2: 145-146.

COBA – Consultores de Engenharia e Ambiente, SA (2003). Notícia explicativa da Carta Geotécnica do Porto, 2ª edição. COBA/FCUP e Câmara Municipal do Porto, 230 pp.

Coelho, A., Chaminé, H.I., Gomes, A., Fonseca, P.E. & Rocha, F.T. (2009). Depósitos de caulino associados à faixa metamórfica de Espinho–Albergaria-a-Velha (NW de Portugal): quadro geológico estrutural e morfotectónico. *Cadernos Lab. Xeol. Laxe, A Coruña*, 34: 89-120.

Coelho, A., Teixeira, J., Chaminé, H.I., Gomes, A., Fonseca, P.E. & Rocha, F.T. (2006). Controlo geotectónico e morfoestrutural dos depósitos de caulino ao longo da faixa metamórfica de Porto–Albergaria-a-Velha (NW de Portugal). In: Mirão, J. & Balbino, A. (Coords.), Livro de Resumos do 7º Congresso Nacional de Geologia, Estremoz, Universidade de Évora, 3: 999-1002.

Cordeiro, J.M.L. (1993). Um serviço Centenário: o abastecimento domiciliário de água à cidade do Porto (1887-1987). *Arqueologia Industrial*, 2ª serie I (1-2): 11-34.

Cunha, E. d. A. d. (1999). Toponímia portuense. Matos: Contemporânea DL.

Custodio, E. (2004). Hidrología urbana: una nueva rama de la ciencia hidrogeológica. *Boletín Geológico y Minero*, 115: 283-288.

D'Andrade Junior, A. (1895). Breves apontamentos sobre águas de poços do Porto. Dissertação Inaugural à Escola Médico-Cirúrgica do Porto. Typografia Gandra, Porto, 65 pp.

Dagenais, M. & Durand, C. (2006). Cleansing, draining, and sanitizing the city: conceptions and uses of water in the Montreal Region. *The Canadian Historical Review*, 84: 621-651.

Decreto – Lei n.º382/99. D.R. n.º 222, Série I.A. de 1999-09-22. Ministério do Ambiente.

Devy-Vareta, N., Freitas, L., Gomes, A., Afonso, M.J., Chaminé, H.I. (2009). As águas subterrâneas no Concelho do Porto: um estudo hidro-histórico. In: VII Congresso da Geografia Portuguesa – Trunfos de uma Geografia Activa, Universidade de Coimbra, 26-28 de Novembro de 2009, 13pp.

Directiva 2000/60/CE, de 23 de Outubro de 2000, Jornal Oficial da União Europeia n.º L 327 de 22/12/2000, Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, p. 0001- 0073.

Ferreira da Silva, A.J. (1881). As águas do Rio Souza e os mananciais e fontes da Cidade do Porto. *Typographia Occidental*, Porto.

Ferreira da Silva, A.J. (1889). Contribuições para a hygiene da cidade do Porto. *Typografia António José da Silva Teixeira*, Porto, 263 pp.

Fetter, C.W. (2001). *Applied hydrogeology*. Prentice Hall, Inc. 692 pp.

Fontes, A. (1908). Contribuição para a hygiene do Porto: Analyse sanitária do seu abastecimento em agua potável I. Estudo dos Mananciais de Paranhos e Salgueiros. Dissertação inaugural apresentada à Escola Médico-Cirúrgica do Porto. *Typographia Encyclopedia Portugueza*, Porto, 172 pp.

Freitas, L., Devy-Vareta, N., Gomes, A., Santos Silva, R., Afonso, M.J., Chaminé, H.I. (2010). Águas subterrâneas na área urbana do Porto (Séculos XIX-XXI): potencialidades da análise geográficas de uma Base de Dados Espacial. In: Actas do VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, Universidade de Coimbra, 26-30 de Maio de 2010, 13 pp.

Garden, J.W. (2005). Historical development of water and sanitation services. In Petri, S.J. and Tapio, S.K., Eds., *Water, Time and European Cities: history matters for the Futures*, WaterTime Project, European Commission, pp. 25-50.

Gavand, E.H. (1864). Estudo sobre o abastecimento d'água da cidade do Porto. *Typographia Commercial*, Porto, 143 pp.

Gomes, A. (2008). Evolução geomorfológica da plataforma litoral entre Espinho e Águeda. Departamento de Geografia, FLUP, Universidade do Porto (tese de doutoramento). 337 pp.

González Vallejo, L. (2002). *Ingenieria geologica*. Pearson Educación, Madrid. 744 pp.

Graber, F. (2007). Inventing needs: expertise and water supply in late eighteenth- and early nineteenth-century Paris. *The British Journal for the History of Science*, 40: 315-332.

Guedes, A.M. (1917). O saneamento do Porto, a canalização dos esgotos, o abastecimento das águas. Dissertação Inaugural à Escola Médico-Cirúrgica do Porto. *Typographia Commercial*, Porto.

Hardcastle, B.J. (1987). Wells ancient and modern: a historical review. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, London, 20: 231-238.

Jorge, R. (1888). Saneamento do Porto. Relatório apresentado à comissão municipal de saneamento. *Typographia de Antonio José da Silva Teixeira*, Porto, 110 pp.

Leite, J.E.G. (1836). Descrição historica das arcas, fontes e aquedutos da cidade do Porto, com designação dos Particulares e Corporações a quem é fornecida agoa, seus títulos, e anotação de sua existência, acompanhada de um Mappa alfabetico das Fontes com referencia aos lugares em que dellas se tracta. *Arquivo Histórico do Porto*, manuscrito, 42 f.

- Lemos, A.G.F. (1914). Contribuição para o estudo da Higiene do Porto: Ilhas. Porto: Imprensa Nacional.
- Lima, C. (1839). Planta Topographica da Cidade do Porto. Lisboa.
- Lima, O. (1936). Os lavadouros públicos do Pôrto: Boletim de Higiene e Sanidade Municipais, Câmara Municipal do Porto, 3: 3-15.
- Maia, J.J. (2000). Transição epidemiológica, infraestruturas urbanas e desenvolvimento: a cidade do Porto. *Análise Social*, 35: 583-604.
- Marçal, H. (1968). O abastecimento de água à cidade do Porto e à vila de Matosinhos. *Boletim da Biblioteca Pública Municipal de Matosinhos*, 15, 55 pp. + estampas e plantas.
- Marsily, G. (1997). A água. Biblioteca Básica da Ciência e Cultura. Instituto Piaget, Lisboa. 39, 149 pp.
- May, J.M. (1950). Medical geography: its methods and objectives. *Geographical Reviews*, v. 51, pp. 9-41.
- Mays, L.W., Houtsoyiannis, D. & Angelakis, A.N. (2007). A brief history of urban water supply in antiquity. *Water Science & Technology: Water Supply*, 7: 1-12.
- McLeod, K.S. (2000). Our sense of Snow: The myth of John Snow in medical geography. *Social Science and Medicine*, 50: 923-935.
- Miquel, G., Deutsch, J.-C., Meybeck, M., Montiel, A. & Vassel, J.-L. (2003). La qualité des eaux souterraines l'échec des réglementations. *Flux*, 52/53: 8-16.
- Monteiro, A. (1997) O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território. *Texto Universitários de Ciências Sociais e Humanas*. Fundação Calouste Gulbenkian/Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica. 486 pp.
- Monteiro, R. 2008. Estudo geológico e geotécnico de taludes rochosos em S. Pedro da Afurada (Vila Nova de Gaia): contributos para a avaliação da estabilidade estrutural. Instituto Superior de Engenharia do Porto. (Tese de Mestrado).
- Neves, J.M.P. (2002). Classificação geomecânica e análise preliminar da estabilidade de taludes rochosos na zona das Fontainhas. In *Actas 8º Congresso Nacional de Geotecnia*. Sociedade Portuguesa de Geotecnia, Lisboa. 2: 255-264.
- Oliveira Ramos, L.A. (2000). História do Porto. 3ª edição. Porto Editora, Porto.
- Perry-Vidal, F. (1844). Planta da Cidade do Porto. Lisboa.
- Petri, J., Katko, T.S. & Vuorinen, H.S. (2007). Environmental history of water: global views on community water supply and sanitation. IWA Publishing, London, 629 pp.
- Pinho T., in prep. Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia: proposta de uma base de dados geotécnica. Instituto Superior de Engenharia do Porto. (Tese de Mestrado; aguarda provas)
- Rebello da Costa, A. (1788). Descrição topográfica e histórica da cidade do Porto: 3ª edição (Fac-smile), Editora Frenesi, Lisboa. 273 p.
- Ribeiro A., Munhá J., Dias R., Mateus A., Pereira E., Ribeiro L., Fonseca P.E., Araújo A., Oliveira J.T., Romão J., Chaminé H.I., Coke C. and Pedro J., 2007, Geodynamic evolution of the SW Europe Variscides: Tectonics, v. 26, nº TC6009, 24 p.
- Rosas da Silva, D.J. (1936). Granitos do Porto. Relatório das provas de agregação, Universidade do Porto, 63 pp.

Sampaio, A.C. (1969). Os caulinos da Senhora da Hora. Boletim de Minas, Lisboa, 6, 3: 147-162.

Santos Silva, R. 2009. Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar. Instituto Superior de Engenharia do Porto. (Tese de Mestrado).

Schoeller H (1962). Les eaux souterraines. Masson & cie, Paris. 642 pp.

Schwien, J.-J., Marie J., Schneider N. & Ursat P. (1988). Une histoire des eaux souterraines de Strasbourg, 101: 20 - 33.

Serén, M.C. & Pereira, G.M. (2000). O Porto Oitocentista. in Oliveira Ramos L.A., Dir., História do Porto, Porto Editora, pp. 377-521.

Sharpe, D. (1849). On the Geology of the neighbourhood of Oporto, including the Silurian coal and slates of Vallongo. Quarterly Journal Geological Society of London Proceedings, 5 : 142-153.

Silva, A.F. & Matos, A.C. (2004). The networked city: managing power and water utilities in Portugal, 1850s-1920s. Business and Economic History On-Line, 2: 1-45.

Silva, A.J.F.d. (1881). As aguas do Rio Souza e os Mananciais e Fontes da cidade do Porto. Porto\_ Typographia Occidental, 24 pp.

Silva, F.R. (1888). O Porto e o seu termo, os homens, as instituições e o poder (1580 - 1640). Câmara Municipal do Porto, Porto.

Silva, G. (2000). Fontes e chafarizes do Porto. Serviços Municipalizados de Água e Saneamento do Porto, 244 pp.

Snow, J. (1855). On the mode of communication of Cholera. Second edition. John Churchill, London, pp. 1-38.

Souza Reis, H.D. (1867). Mappa synoptico, estatístico, historico dos mananciaes publicos d'esta Antiga, mui Nobre, sempre Leal e Invicta Cidade do Porto. (Arquivo Histórico do Porto).

Telles Ferreira, A.G. (1892). Carta topográfica da Cidade do Porto. Porto.

Tempelhoff, J., Hoag H., Ertsen M., Arnold E., Bender M., Berry K., Fort C., Pietz D., Musemwa M., Nakawo M., Ur J., Dam P. v., Melosi M., Winiwarter V. & Wilkinson T. (2009). Where has the water come from?. Water History, 1: 1-8.

Velhas, E. (1991). A bacia hidrográfica do Rio Leça: estudo hidroclimatológico. Geografia, Rev. Fac. Letras, Porto, 7 (1ª série): 139-251.

## **6.2. Endereços electrónicos**

<http://esa.un.org/unup/>

<http://www.igeoe.pt/utilitarios/coordenadas/trans.aspx>

<http://www.igeo.pt/produtos/cadastro/caop/inicial.htm>

[http://www.aprh.pt/pdf/aprh\\_agsubt.pdf](http://www.aprh.pt/pdf/aprh_agsubt.pdf)

<http://www.meteo.pt/pt/otempo/graficosobservacao>

<http://www.igeo.pt/produtos/cadastro/caop/inicial.htm>

**Anexos**





## **Anexos**

### **1- Glossário:**

**Fonte:** Emergência natural de água subterrânea. Uma fonte corresponde a um manancial de água que resulta da infiltração da água nas camadas permeáveis. Existem diversos tipos de fontes, como é o caso das fontes artesianas, fontes termais, etc. Sinónimo de nascente.

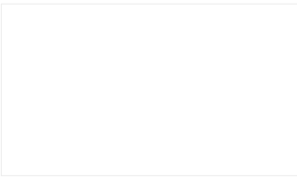
**Fontanário ou Chafariz:** Um fontanário ou chafariz corresponde a uma construção, ornamental ou não, provida de uma ou mais bicas, de onde jorra água potável. Geralmente, situa-se em local aberto à visita pública, como praças e jardins.

**Manancial:** Qualquer corpo de água, superficial ou subterrâneo, utilizado para abastecimento doméstico, actividades industrial ou agrícolas. É também utilizado como sinónimo de nascente de água perene e abundante.

**Nascente:** Local da superfície topográfica onde emerge, naturalmente, uma quantidade apreciável de água subterrânea. Estes locais representam descargas naturais dos aquíferos que alimentam normalmente os cursos de água, podendo eventualmente ser utilizadas para consumo humano, rega, entre outros, através de obras de captação.

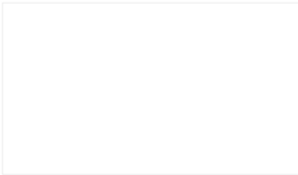
**Poço:** Perfuração ou escavação através da qual se pode captar água subterrânea.

## 2- Ficha de inventário:

|                                                                                   |                                                                           |                                   |                                                                                   |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|---|
| <b>Nº de inventário:</b>                                                          | 3                                                                         |                                   | <b>Designação:</b>                                                                | Arquitectura_1                              |                  | <b>Tipo:</b>                                                                        | Nascente          |             |   |
|  |                                                                           |                                   |  |                                             |                  |  |                   |             |   |
| Planta de Localização                                                             |                                                                           |                                   | Fotografia                                                                        |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Folha nº:                                                                         | 122                                                                       | Carta Militar de Portugal 1/25000 | Cota (m):                                                                         | 45                                          |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Coordenadas:                                                                      | Geográficas (WGS84)                                                       |                                   | Lat:                                                                              | 41º 08' 58,557" N                           |                  | Long:                                                                               | 08º 38' 11,037" W |             |   |
|                                                                                   | Hayford-Gauss Militar                                                     |                                   | M:                                                                                | 157753                                      |                  | P:                                                                                  | 464616            |             |   |
| Acesso:                                                                           | Fácil:                                                                    | x                                 | Difícil:                                                                          | -                                           |                  | Condicionado:                                                                       | x                 | Sem acesso: | - |
| Obs:                                                                              | Facilitado por Sr. Pinto                                                  |                                   |                                                                                   |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| <b>Proprietário:</b>                                                              |                                                                           |                                   |                                                                                   |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Câmara Municipal:                                                                 | -                                                                         |                                   | Outro:                                                                            | x                                           |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Morada actual:                                                                    | Via Panorâmica                                                            |                                   | Morada antiga:                                                                    | -                                           |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| <b>Hidrotoponímia:</b>                                                            |                                                                           |                                   |                                                                                   |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| <b>Categorias</b>                                                                 |                                                                           |                                   | <b>Referências Históricas *</b>                                                   |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Hidrologia superficial:                                                           | -                                                                         | Caudal (Pena):                    |                                                                                   |                                             | Características: | Passado:                                                                            | Presente:         |             |   |
| Hidrologia subterrânea:                                                           | -                                                                         | Ant. XVII:                        | -                                                                                 |                                             | Privada:         | -                                                                                   | x                 |             |   |
| Topografia / Geomorfologia:                                                       | -                                                                         | Séc. XVII:                        | -                                                                                 |                                             | Pública:         | -                                                                                   | -                 |             |   |
| Flora:                                                                            | -                                                                         | 1836:                             | -                                                                                 |                                             | C/ fontanário    | -                                                                                   | -                 |             |   |
| Tradição Oral:                                                                    | -                                                                         | 1867:                             | -                                                                                 |                                             | S/ fontanário    | -                                                                                   | -                 |             |   |
| Outros:                                                                           | x                                                                         | 1908/9:                           | -                                                                                 |                                             | Lavadouro        | -                                                                                   | x                 |             |   |
| Topónimos associados:                                                             | -                                                                         | Obs:                              |                                                                                   |                                             | Ano              | -                                                                                   | -                 |             |   |
| <b>Condições de Ocorrência:</b>                                                   |                                                                           |                                   |                                                                                   |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Tubo (diâmetro):                                                                  | -                                                                         | Nascente:                         | x                                                                                 |                                             | Mina Água:       | -                                                                                   |                   |             |   |
| Área alagada / charca:                                                            | -                                                                         | Solo (S) / Rocha (R):             | S                                                                                 |                                             | Outra:           | -                                                                                   |                   |             |   |
| <b>Geomorfologia**</b>                                                            |                                                                           |                                   |                                                                                   |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Planalto (T; B):                                                                  | -                                                                         |                                   | Encosta (T; I; B):                                                                | T                                           |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Vale (T; I; B):                                                                   | -                                                                         |                                   | Obs:                                                                              | Encaixe fluvial pronunciado (Vale do Douro) |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| <b>Hidrogeologia / Hidroclimatologia:</b>                                         |                                                                           |                                   |                                                                                   |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Data:                                                                             | 09-03-2010                                                                | Hora:                             | 12:33                                                                             | Cheiro:                                     | Inodoro          | Cor:                                                                                | Incolor           |             |   |
| Límpida:                                                                          | x                                                                         | Turva:                            | -                                                                                 | Caudal (L/s):                               | -                | Medido c/:                                                                          | -                 |             |   |
| Temp. ar (°C):                                                                    | 14,4                                                                      | Temp. água (°C):                  | 17,4                                                                              | pH:                                         | 7,3              |                                                                                     |                   |             |   |
| Hum. relativa(%):                                                                 | 40                                                                        | Cond. Eléctrica (µS/cm):          | 374                                                                               | Obs:                                        | -                |                                                                                     |                   |             |   |
| Litologia:                                                                        | Granito de grão médio a fino, duas micas, deformado (Granito da Arrábida) |                                   |                                                                                   |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Tectónica:                                                                        | Próximo falha NE-SW                                                       |                                   |                                                                                   |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| <b>Utilização:</b>                                                                |                                                                           |                                   |                                                                                   |                                             |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Consumo humano:                                                                   | -                                                                         |                                   | Uso industrial:                                                                   | -                                           |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Uso agrícola:                                                                     | x                                                                         |                                   | Obs:                                                                              | Imprópria para consumo                      |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Preenchido por:                                                                   | Liliana Freitas                                                           |                                   | Verificado por:                                                                   | NDV / AG                                    |                  |                                                                                     |                   |             |   |
| Data de preenchimento:                                                            | 10-03-2010                                                                |                                   | Data de verificação:                                                              | 15-03-2010                                  |                  |                                                                                     |                   |             |   |

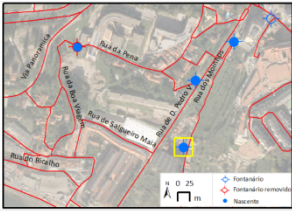
\* Novais (finais séc. XVII); Baltazar Guedes (1669); Leite (1836); Souza Reis (1867); Fontes (1908); Bahia Junior (1909)

\*\* T- Topo; I- Intermédio; B- Base

|                                                                                                                |                       |                                                                                                           |                           |                                                                                                       |                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Nº de inventário:</b>                                                                                       | 84                    | <b>Designação:</b>                                                                                        | Ervilha                   | <b>Tipo:</b>                                                                                          | Lavadouro                     |
|  <p>Planta de Localização</p> |                       |  <p>Foto: Março 2010</p> |                           |  <p>Fotografia</p> |                               |
| Folha nº:                                                                                                      | 122                   | Carta Militar de Portugal 1/25000                                                                         | Cota (m):                 | 31                                                                                                    |                               |
| Coordenadas:                                                                                                   | Geográficas (WGS84)   |                                                                                                           | Lat:                      | 41º 09' 16,122" N Long: 08º 40' 27,641" W                                                             |                               |
|                                                                                                                | Hayford-Gauss Militar |                                                                                                           | M:                        | 154571                                                                                                | P: 465177                     |
| Acesso:                                                                                                        | Fácil:                | x                                                                                                         | Difícil:                  | -                                                                                                     | Condicionado: - Sem acesso: - |
| Obs:                                                                                                           | -                     |                                                                                                           |                           |                                                                                                       |                               |
| <b>Proprietário:</b>                                                                                           |                       |                                                                                                           |                           |                                                                                                       |                               |
| Câmara Municipal:                                                                                              | x                     | Outro:                                                                                                    | -                         |                                                                                                       |                               |
| Morada actual:                                                                                                 | R. de Corte Real      |                                                                                                           | Morada antiga:            | -                                                                                                     |                               |
| <b>Hidrotoponímia:</b>                                                                                         |                       |                                                                                                           |                           |                                                                                                       |                               |
| <b>Categorias</b>                                                                                              |                       | <b>Referências Históricas *</b>                                                                           |                           |                                                                                                       |                               |
| Hidrologia superficial:                                                                                        | -                     | Caudal (Pena):                                                                                            | Características:          | Passado:                                                                                              | Presente:                     |
| Hidrologia subterrânea:                                                                                        | -                     | Ant. XVII:                                                                                                | -                         | Privada                                                                                               | -                             |
| Topografia / Geomorfologia:                                                                                    | -                     | Séc. XVII:                                                                                                | -                         | Pública:                                                                                              | x                             |
| Flora:                                                                                                         | -                     | 1836:                                                                                                     | -                         | C/ fontanário                                                                                         | -                             |
| Tradição Oral:                                                                                                 | -                     | 1867:                                                                                                     | -                         | S/ fontanário                                                                                         | x                             |
| Outros:                                                                                                        | x                     | 1908/9:                                                                                                   | -                         | Lavadouro                                                                                             | x                             |
| Topónimos associados:                                                                                          | -                     | Obs:                                                                                                      | -                         | Ano                                                                                                   | -                             |
| <b>Condições de Ocorrência:</b>                                                                                |                       |                                                                                                           |                           |                                                                                                       |                               |
| Tubo (diâmetro):                                                                                               | -                     | Nascente:                                                                                                 | x                         | Mina Água:                                                                                            | x                             |
| Área alagada / charca:                                                                                         | -                     | Solo (S) / Rocha (R):                                                                                     | R                         | Outra:                                                                                                | -                             |
| <b>Geomorfologia**</b>                                                                                         |                       |                                                                                                           |                           |                                                                                                       |                               |
| Planalto (T; B):                                                                                               | x                     | Encosta (T; I; B):                                                                                        | -                         |                                                                                                       |                               |
| Vale (T; I; B):                                                                                                | -                     | Obs:                                                                                                      | Área aplanada (30 - 70 m) |                                                                                                       |                               |
| <b>Hidrogeologia / Hidroclimatologia:</b>                                                                      |                       |                                                                                                           |                           |                                                                                                       |                               |
| Data:                                                                                                          | 16-03-2010            | Hora:                                                                                                     | 11:52                     | Cheiro:                                                                                               | Inodoro                       |
| Límpida:                                                                                                       | x                     | Turva:                                                                                                    | -                         | Caudal (L/s):                                                                                         | 0,4                           |
| Temp. ar (°C):                                                                                                 | 23,8                  | Temp. água (°C):                                                                                          | 15,4                      | pH:                                                                                                   | 5,9                           |
| Hum. relativa(%):                                                                                              | 43                    | Cond. Eléctrica (µS/cm):                                                                                  | 459                       | Obs:                                                                                                  | -                             |
| Litologia:                                                                                                     | Areias e cascalhos    |                                                                                                           |                           |                                                                                                       |                               |
| Tectónica:                                                                                                     | -                     |                                                                                                           |                           |                                                                                                       |                               |
| <b>Utilização:</b>                                                                                             |                       |                                                                                                           |                           |                                                                                                       |                               |
| Consumo humano:                                                                                                | -                     | Uso industrial:                                                                                           | -                         |                                                                                                       |                               |
| Uso agrícola:                                                                                                  | -                     | Obs:                                                                                                      | Imprópria para consumo    |                                                                                                       |                               |
| Preenchido por:                                                                                                | Liliana Freitas       | Verificado por:                                                                                           | NDV / AG                  |                                                                                                       |                               |
| Data de preenchimento:                                                                                         | 17-03-2010            | Data de verificação:                                                                                      |                           |                                                                                                       |                               |

\* Novais (finais séc. XVII); Baltazar Guedes (1669); Leite (1836); Souza Reis (1867); Fontes (1908); Bahia Junior (1909)

\*\* T- Topo; I- Intermédio; B- Base

|                                                                                   |                            |                                   |                                                                                   |                     |               |                                                                                     |                   |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---|
| <b>Nº de inventário:</b>                                                          | 5                          |                                   | <b>Designação:</b>                                                                | Bicas de Massarelos |               | <b>Tipo:</b>                                                                        | Nascente          |   |
|  |                            |                                   |  |                     |               |  |                   |   |
| Planta de Localização                                                             |                            |                                   | Foto: Março 2010                                                                  |                     |               | Ref.biblio.: Bahia Junior (1909)                                                    |                   |   |
| Folha nº:                                                                         | 122                        | Carta Militar de Portugal 1/25000 | Cota (m):                                                                         | 12                  |               |                                                                                     |                   |   |
| Coordenadas:                                                                      | Geográficas (WGS84)        |                                   | Lat:                                                                              | 41º 08' 54,952" N   |               | Long:                                                                               | 08º 37' 50,468" W |   |
|                                                                                   | Hayford-Gauss Militar      |                                   | M:                                                                                | 158232              |               | P:                                                                                  | 464502            |   |
| Acesso:                                                                           | Fácil:                     | x                                 | Difícil:                                                                          | -                   | Condicionado: | x                                                                                   | Sem acesso:       | - |
| Obs:                                                                              | Facilitado por Sr Coelho   |                                   |                                                                                   |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| <b>Proprietário:</b>                                                              |                            |                                   |                                                                                   |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| Câmara Municipal:                                                                 | x                          |                                   | Outro:                                                                            | -                   |               |                                                                                     |                   |   |
| Morada actual:                                                                    | R. dos Moinhos             |                                   | Morada antiga:                                                                    | -                   |               |                                                                                     |                   |   |
| <b>Hidrotoponímia:</b>                                                            |                            |                                   |                                                                                   |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| <b>Categorias</b>                                                                 |                            |                                   | <b>Referências Históricas *</b>                                                   |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| Hidrologia superficial:                                                           | x                          | Caudal (Pena):                    | Características:                                                                  | Passado:            | Presente:     |                                                                                     |                   |   |
| Hidrologia subterrânea:                                                           | -                          | Ant. XVII:                        | -                                                                                 | Privada             | -             | -                                                                                   |                   |   |
| Topografia / Geomorfologia:                                                       | -                          | Séc. XVII:                        | -                                                                                 | Pública:            | x             | x                                                                                   |                   |   |
| Flora:                                                                            | -                          | 1836:                             | x                                                                                 | C/ fontanário       | x             | x                                                                                   |                   |   |
| Tradição Oral:                                                                    | -                          | 1867:                             | x                                                                                 | S/ fontanário       | -             | -                                                                                   |                   |   |
| Outros:                                                                           | -                          | 1908/9:                           | x                                                                                 | Lavadouro           | x             | x                                                                                   |                   |   |
| Topónimos associados:                                                             | -                          | Obs:                              | -                                                                                 | Ano                 | -             |                                                                                     |                   |   |
| <b>Condições de Ocorrência:</b>                                                   |                            |                                   |                                                                                   |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| Tubo (diâmetro):                                                                  | -                          | Nascente:                         | x                                                                                 | Mina Água:          | x             |                                                                                     |                   |   |
| Área alagada / charca:                                                            | -                          | Solo (S) / Rocha (R):             | R                                                                                 | Outra:              | -             |                                                                                     |                   |   |
| <b>Geomorfologia**</b>                                                            |                            |                                   |                                                                                   |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| Planalto (T; B):                                                                  | -                          | Encosta (T; I; B):                | -                                                                                 |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| Vale (T; I; B):                                                                   | B                          | Obs:                              | Fundo de Vale (< 25m)                                                             |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| <b>Hidrogeologia / Hidroclimatologia:</b>                                         |                            |                                   |                                                                                   |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| Data:                                                                             | 29-03-2010                 | Hora:                             | 16:30                                                                             | Cheiro:             | Inodoro       | Cor:                                                                                | Incolor           |   |
| Límpida:                                                                          | x                          | Turva:                            | -                                                                                 | Caudal (L/s):       | -             | Medido c/:                                                                          | -                 |   |
| Temp. ar (°C):                                                                    | 26,3                       | Temp. água (°C):                  | 16,3                                                                              | pH:                 | 6,69          |                                                                                     |                   |   |
| Hum. relativa(%):                                                                 | 39                         | Cond. Eléctrica (µS/cm):          | 524                                                                               | Obs:                | -             |                                                                                     |                   |   |
| Litologia:                                                                        | Aluviões/ Granito do Porto |                                   |                                                                                   |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| Tectónica:                                                                        | Falha NNE-SSW              |                                   |                                                                                   |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| <b>Utilização:</b>                                                                |                            |                                   |                                                                                   |                     |               |                                                                                     |                   |   |
| Consumo humano:                                                                   | x                          |                                   | Uso industrial:                                                                   | -                   |               |                                                                                     |                   |   |
| Uso agrícola:                                                                     | x                          |                                   | Obs:                                                                              | -                   |               |                                                                                     |                   |   |
| Preenchido por:                                                                   | Liliana Freitas            |                                   | Verificado por:                                                                   | NDV / AG            |               |                                                                                     |                   |   |
| Data de preenchimento:                                                            | 31-03-2010                 |                                   | Data de verificação:                                                              |                     |               |                                                                                     |                   |   |

\* Novais (finais séc. XVII); Baltazar Guedes (1669); Leite (1836); Souza Reis (1867); Fontes (1908); Bahia Junior (1909)

\*\* T- Topo; I- Intermédio; B- Base

|                                                                                   |                                                             |                                                                                   |                        |                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Nº de inventário:</b>                                                          | 70                                                          | <b>Designação:</b>                                                                | Oliveiras              | <b>Tipo:</b>                                                                        | Nascente  |
|  |                                                             |  |                        |  |           |
| Planta de Localização                                                             |                                                             | Foto: Março 2010                                                                  |                        | Ref.biblio.: Fontes (1908)                                                          |           |
| Folha nº:                                                                         | 122                                                         | Carta Militar de Portugal 1/25000                                                 | Cota (m): 101          |                                                                                     |           |
| Coordenadas:                                                                      | Geográficas (WGS84)                                         |                                                                                   | Lat: 41º 09' 01,453" N | Long: 08º 36' 52,837" W                                                             |           |
|                                                                                   | Hayford-Gauss Militar                                       |                                                                                   | M: 159577              | P: 464695                                                                           |           |
| Acesso:                                                                           | Fácil: x                                                    | Difícil: -                                                                        | Condicionado: -        | Sem acesso: -                                                                       |           |
| Obs:                                                                              | -                                                           |                                                                                   |                        |                                                                                     |           |
| <b>Proprietário:</b>                                                              |                                                             |                                                                                   |                        |                                                                                     |           |
| Câmara Municipal:                                                                 | x                                                           | Outro:                                                                            | -                      |                                                                                     |           |
| Morada actual:                                                                    | Largo de Alberto Pimentel                                   |                                                                                   | Morada antiga:         | -                                                                                   |           |
| <b>Hidrotoponímia:</b>                                                            |                                                             |                                                                                   |                        |                                                                                     |           |
| <b>Categorias</b>                                                                 |                                                             | <b>Referências Históricas *</b>                                                   |                        |                                                                                     |           |
| Hidrologia superficial:                                                           | -                                                           | Caudal (Pena):                                                                    | Características:       | Passado:                                                                            | Presente: |
| Hidrologia subterrânea:                                                           | -                                                           | Ant. XVII:                                                                        | -                      | Privada                                                                             | -         |
| Topografia / Geomorfologia:                                                       | -                                                           | Séc. XVII:                                                                        | -                      | Pública:                                                                            | x         |
| Flora:                                                                            | -                                                           | 1836:                                                                             | x                      | C/ fontanário                                                                       | x         |
| Tradição Oral:                                                                    | -                                                           | 1867:                                                                             | x                      | S/ fontanário                                                                       | -         |
| Outros:                                                                           | x                                                           | 1908/9:                                                                           | x                      | Lavadouro                                                                           | -         |
| Topónimos associados:                                                             | -                                                           | Obs:                                                                              | -                      | Ano                                                                                 | 1718 1941 |
| <b>Condições de Ocorrência:</b>                                                   |                                                             |                                                                                   |                        |                                                                                     |           |
| Tubo (diâmetro):                                                                  | -                                                           | Nascente:                                                                         | x                      | Mina Água:                                                                          | x         |
| Área alagada / charca:                                                            | -                                                           | Solo (S) / Rocha (R):                                                             | R                      | Outra:                                                                              | -         |
| <b>Geomorfologia**</b>                                                            |                                                             |                                                                                   |                        |                                                                                     |           |
| Planalto (T; B):                                                                  | -                                                           | Encosta (T; I; B):                                                                | x                      |                                                                                     |           |
| Vale (T; I; B):                                                                   | -                                                           | Obs:                                                                              | -                      |                                                                                     |           |
| <b>Hidrogeologia / Hidroclimatologia:</b>                                         |                                                             |                                                                                   |                        |                                                                                     |           |
| Data:                                                                             | 15-03-2010                                                  | Hora:                                                                             | 11:15                  | Cheiro:                                                                             | Inodoro   |
| Límpida:                                                                          | x                                                           | Turva:                                                                            | -                      | Caudal (L/s):                                                                       | 0,1       |
| Temp. ar (°C):                                                                    | 14                                                          | Temp. água (°C):                                                                  | 12,4                   | pH:                                                                                 | 6,8       |
| Hum. relativa(%):                                                                 | 39                                                          | Cond. Eléctrica (µS/cm):                                                          | 376                    | Obs:                                                                                | -         |
| Litologia:                                                                        | Granito de grão médio a fino, duas micas (Granito do Porto) |                                                                                   |                        |                                                                                     |           |
| Tectónica:                                                                        | -                                                           |                                                                                   |                        |                                                                                     |           |
| <b>Utilização:</b>                                                                |                                                             |                                                                                   |                        |                                                                                     |           |
| Consumo humano:                                                                   | x                                                           | Uso industrial:                                                                   | -                      |                                                                                     |           |
| Uso agrícola:                                                                     | -                                                           | Obs:                                                                              | -                      |                                                                                     |           |
| Preenchido por:                                                                   | Liliana Freitas                                             | Verificado por:                                                                   | NDV / AG               |                                                                                     |           |
| Data de preenchimento:                                                            | 16-03-2010                                                  | Data de verificação:                                                              |                        |                                                                                     |           |

\* Novais (finais séc. XVII); Baltazar Guedes (1669); Leite (1836); Souza Reis (1867); Fontes (1908); Bahia Junior (1909)

\*\* T- Topo; I- Intermédio; B- Base