

Cartografia geológica e geomorfológica estrutural da área metropolitana do Porto: implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos

M. J. Coxito Afonso^{1,3}, H. I. Chaminé^{1,3}, A. Gomes², J. Teixeira³,

M. A. Araújo², P. E. Fonseca⁴, J. M. Carvalho⁵, J. M. Marques⁶,

M. A. Marques da Silva⁷ e F. T. Rocha³

¹Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Porto

²Universidade do Porto / ³Universidade de Aveiro

⁴Universidade de Lisboa / ⁵Universidade de Évora

⁶Universidade Técnica de Lisboa / ⁷Universidade de Aveiro

Resumo: Pretende-se ilustrar o papel desempenhado pela cartografia geológico-estrutural e geomorfológica regional na gestão e desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos subterrâneos na área metropolitana do Porto (NW de Portugal). É, deste modo, apresentada uma sistematização preliminar das unidades hidrogeológicas regionais, bem como um esboço do mapa hidrogeológico para a área em apreço, tendo em vista a sua utilização futura como uma ferramenta para a gestão sustentável dos recursos hídricos ao nível do planeamento estratégico ambiental, numa área tão densamente urbanizada. A aquisição de dados de carácter hidrogeológico em áreas urbanas, nomeadamente os relacionados com características geológico e geomorfológico-estruturais, é, na maioria dos casos, a chave para a previsão de possíveis impactos negativos associados à interacção águas superficiais – águas subterrâneas.

Palavras-chave: cartografia geológica, tectónica, hidrogeomorfologia, recursos hídricos, N de Portugal.

RECIDIDO: 2 de junio de 2004
ACEPTADO: 30 de julio de 2004

Abstract: It is shown the role of the regional structural geology and geomorphology mapping on the sustainable groundwater resources management of the Porto–S. João da Madeira sector (NW Portugal). The regional hydrogeologic units are presented as well as an outline of the Porto–S. João da Madeira hydrogeologic map, facing their future use as an important tool for the sustainable management of water resources in such an area with high urban development. Hydrogeological data aquisition in urban areas, namely geological and geomorphological characteristics, is, in most of the cases, the key to predict the possible negative impacts of surface water – groundwater interaction.

Keywords: geological mapping, tectonics, hydrogeomorphology, groundwater resources, N Portugal.

1. Introdução geral

Mais de 50% da população mundial vive em ambientes densamente urbanizados, tendo como consequência o aparecimento de impactos profundos no ciclo hidrológico, a diferentes escalas. Nas áreas urbanas, o deficiente conhecimento das características hidrogeológicas das unidades dos aquíferos subjacentes, a sua exploração não controlada e as más práticas ambientais associadas à deposição desregrada de resíduos sólidos e/ou de efluentes, poderá contribuir para a degradação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.

A integração coerente de elementos geológico-estruturais, obtidos a diferentes escalas, com dados de geomorfologia regional desempenha um papel primordial na gestão e desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos subterrâneos. A investigação das condições de circulação e armazenamento de águas subterrâneas em formações cristalinas exige um bom conhecimento da geometria do maciço rochoso, implicando a identificação de estruturas potencialmente/reconhecidamente produtivas, como as falhas ou fracturas, os filões e os contactos geológicos. No caso particular das falhas ou fracturas, a análise cuidada do seu comportamento hidrogeológico, passa por reconhecer que: (i) em muitos casos o preenchimento das falhas é argiloso, o que pode funcionar como uma barreira à circulação subterrânea; (ii) os valores muito baixos de porosidade e permeabilidade estão muitas vezes associados a falhas de compressão e falhas antigas sem movimentação aparente actual; (iii) que o caudal de exploração a prazo não é controlado pela transmissividade principal ao longo das fracturas, mas por fracturação menor associada aquelas; (iv) que os nós tectónicos regionais são susceptíveis de constituir pôlos de prospecção e pesquisa de água subterrânea, e (v) o traço cartográfico de uma estrutura fracturada corresponde, na maioria dos casos, a áreas de cota mais baixa, tornando-se estas zonas mais vulneráveis à contaminação (Carvalho *et al.*, 2000; Carvalho & Chaminé, 2002; Carvalho, 2001).

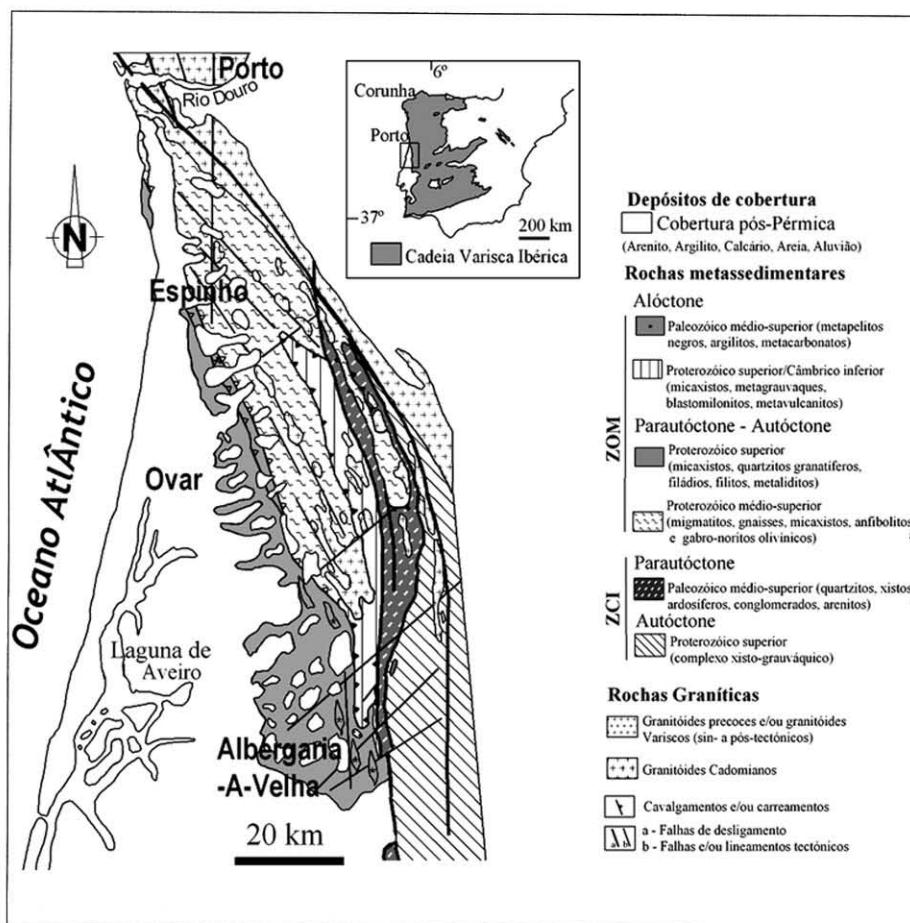
O aprofundar do conhecimento acerca do ciclo hidrológico em áreas urbanas, nomeadamente da sua componente subterrânea, contribuirá para o desenvolvimento

de uma gestão pró-activa dos recursos hídricos subterrâneos de áreas densamente urbanizadas.

2. Enquadramento geotectónico regional

A região da área metropolitana do Porto (fig. 1) localiza-se num domínio geotectónico complexo do Maciço Ibérico (MI), i.e., entre os terrenos da faixa metamórfica de Espinho–Albergaria-a-Velha e o Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão (Chaminé, 2000; Pinto de Jesus, 2001).

Figura 1
Mapa geotectónico da faixa metamórfica de Espinho–Albergaria-a-Velha, no sector entre a cidade do Porto e Aveiro (adaptado de Chaminé, 2000; Chaminé *et al.*, 2003b).



A área em estudo situa-se, assim, ao longo da sutura, dextra, com direcção geral NNW-SSE —faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar (Zona de Ossa-Morena)— que contacta com a Zona Centro-Ibérica (Ribeiro *et al.*, 1990b). O conjunto anterior faz parte do megadomínio de cisalhamento de Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo (Chaminé *et al.*, 2003a,b; Ribeiro *et al.*, 2003). Enquadados na faixa de cisalhamento de Porto-Albergaria-a-Velha-Coimbra (*s.str.*) estão outros acidentes, sub-paralelos ao anterior, com alguma importância regional, como são exemplo as falhas do ‘filão metalífero das Beiras’ e de Pigeiros-Milheirós de Poiares-Pindelo. Para além dos acidentes referidos, foi identificada uma rede de acidentes tectónicos que se encontra, em geral, subordinada aos sistemas de fracturação NNE-SSW a ENE-WSW e NW-SE a NNW-SSE. São ainda de alguma importância os sistemas de fracturas N-S a NNW-SSE e as suas conjugadas E-W a NNE-SSW (Chaminé *et al.*, 2003a,b; Araújo *et al.*, 2003). No MI a evolução tectónica posterior é imposta pela orogenia Alpina (*e.g.*, Ribeiro *et al.*, 1990a; Cabral, 1995) correspondendo à reactivação das falhas tardí-variscas e como consequência estará na origem dos actuais traços morfoestruturais da região. A presença de alguns depósitos plio-quaternários, discordantes sobre o substrato ante-Mesozóico, representa, ou o testemunho do arrasamento do relevo e modelação da superfície do MI ou o entalhe da rede hidrográfica actual (Martín-Serrano, 1994) e o retoque marinho quaternário no litoral da área (Araújo, 1991).

A região metropolitana do Porto é caracterizada pela dominância de rochas graníticas de idade varisca e/ou pré-varisca (*e.g.*, Noronha & Leterrier, 2000; Chaminé *et al.*, 2003b), sendo estas, maioritariamente, granitóides de duas micas, de grão médio e textura granular (fácie granítica do Porto) ou porfiróide (fácie granítica de Ermesinde). Na sistematização proposta por Ferreira *et al.* (1987) o granitóide do Porto (*s.l.*) enquadrava-se num granito sin-tectónico relativamente à 3^a fase de deformação da orogenia Varisca; tendo sido individualizados corpos granitóides na região incluídos, quer na categoria de pré-tectónicos a variscos precoces quer na categoria de pós-tectónicos (Granito de Lavadores). O granito do Porto aflora em grande parte da cidade do Porto (Almeida, 2001), estendendo-se ainda para os concelhos de Vila Nova de Gaia, Matosinhos e Maia, contactando, a Leste, com uma extensa mancha de rochas metassedimentares (tradicionalmente incluída no “Complexo Xisto-Grauváquico”; Carrington da Costa & Teixeira, 1957) e, a Oeste–Sudoeste, com uma série de unidades tectonoestratigráficas de médio a alto grau metamórfico típicas da ZOM (Complexo Metamórfico da Foz do Douro; Chaminé *et al.*, 2003b).

Uma parte substancial da região litoral está ocupada por depósitos de cobertura de idade holocénica e/ou plistocénica (depósitos aluvionares, dunas fósseis, areias de praia e de duna actuais), e de idade plio-plistocénica (depósitos fluviais) —Araújo *et al.* (2003); Soares de Carvalho (1992). A área compreendida entre o Sul do Porto-Espinho e Aveiro é relativamente aplanada, sendo composta por aluviões actuais e areias de duna e de praia, sendo parte integrante da denominada Bacia Sedimentar de Aveiro (Rocha, 1993). Neste sector as unidades sedimentares detriticas assentam discordantemente sobre as unidades xistentas do substrato da ZOM

(Chaminé *et al.*, 2003a,b), conforme atestam os vários estudos na região de Ovar-Aveiro, quer por geofísica quer por sondagens hidrogeológicas (Lauverjat *et al.*, 1983-85; Marques da Silva & Soares de Andrade, 1998).

3. Geomorfologia regional

Em termos geomorfológicos regionais, a região está enquadrada no MI (Ribeiro *et al.*, 1990a; 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 (fig. 2). Esta plataforma termina na base de um relevo acentuado que representa o rebordo interior da plataforma, o apelidado “relevo marginal” (Araújo, 1991); este rebordo rigidamente alinhado no seu conjunto segundo direcções submeridianas, exibe tramos com orientações diversas entre NNW e NNE (Pereira *et al.*, 2000; Araújo *et al.*, 2003) (fig. 3). A hipótese do relevo marginal poder corresponder a um ‘*horst*’ advém da sua configuração topográfica, do condicionamento tectónico que a faixa de cisalhamento Porto-Albergaria-a-Velha-Coimbra induz nesta área e do facto dos depósitos fluviais mais antigos, de idade provável Placenciana, que ocorrem a oeste do relevo marginal, se encontrarem basculados para Este (Araújo, 2000; Araújo *et al.*, 2003). O soerguimento deste relevo na transição Plio-Quaternário (Araújo, 2000; Pereira *et al.*, 2000; Araújo *et al.*, 2003) deverá estar na origem dos depósitos fluviais (do tipo leque aluvial) mais recentes. O degrau topográfico que separa os depósitos fluviais (localizados acima dos 50m) dos depósitos marinhos (que ocorrem abaixo dos 50m) de idade Quaternária, corresponde a um alinhamento de orientação N-S a NNW-SSE, direcções estas que coincidem com lineamentos estruturais identificados na região. Assim, esta clara separação entre os dois tipos de depósitos poderá ter uma razão de origem tectónica (Araújo, 2000; Araújo *et al.*, 2003).

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. Conde, 1983; Araújo, 1991; Cabral, 1995; Pedrosa, 1998; Chaminé, 2000; Araújo *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 consonte a litologia e a estrutura definem-se as redes hidrográficas, 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, rio Febros) 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 Febros, afluente da margem esquerda do rio Douro, se orienta segundo a direcção NNW-SSE. Por outro lado, o rio Leça exibe orientações de NE-SW e NW-SE, com um traçado típico em baioneta o que denuncia condicionamento estrutural.

Figura 2

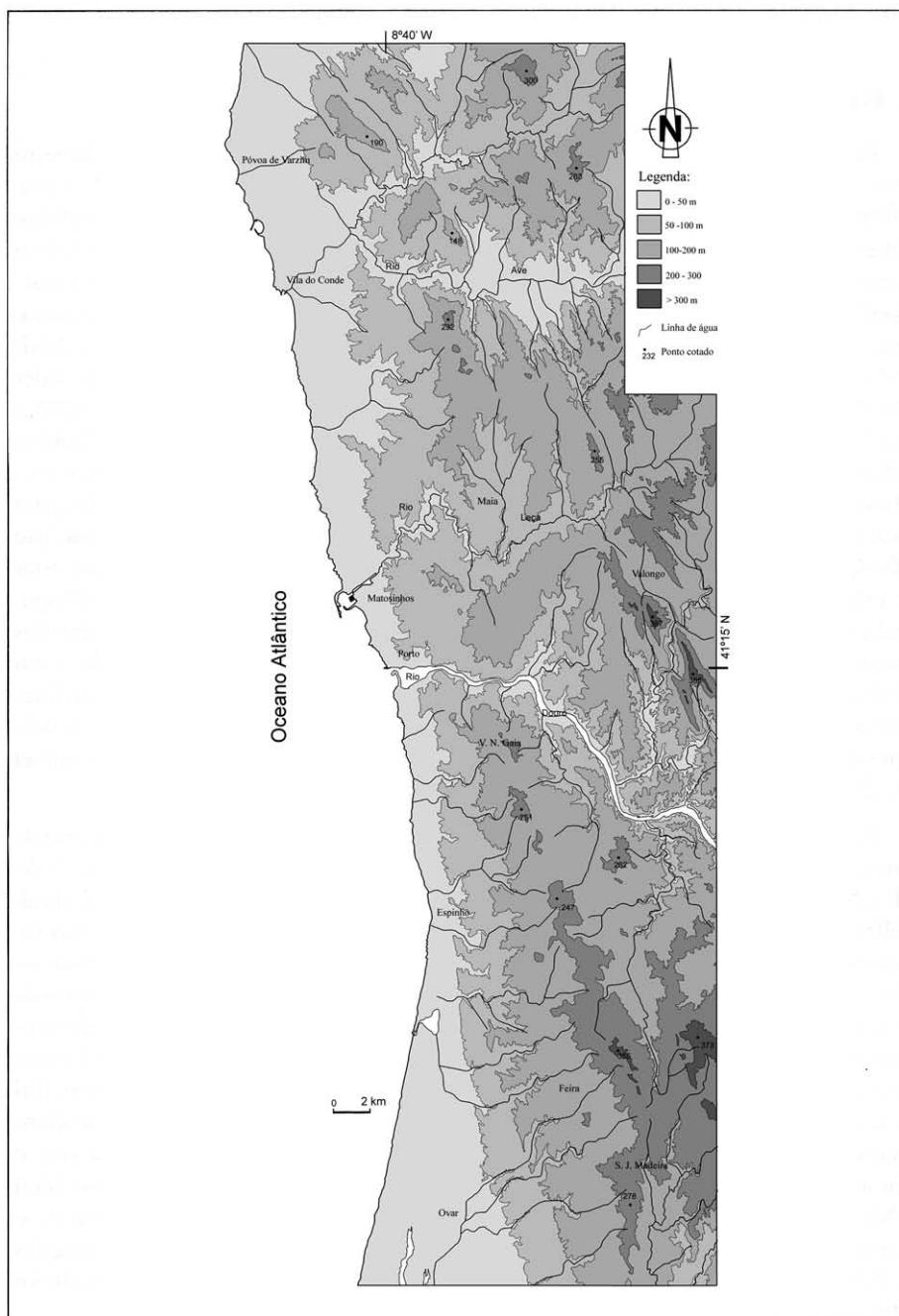
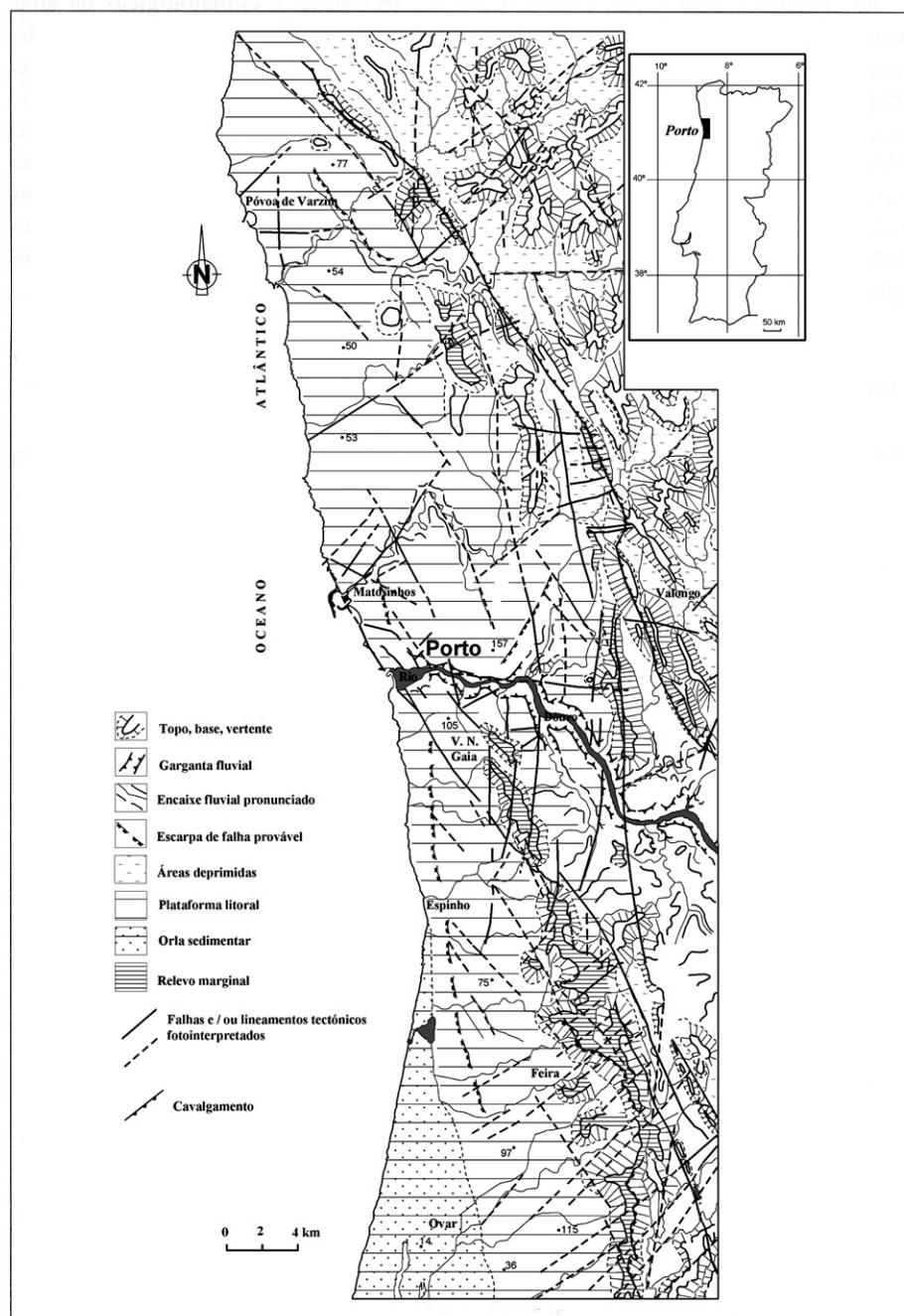


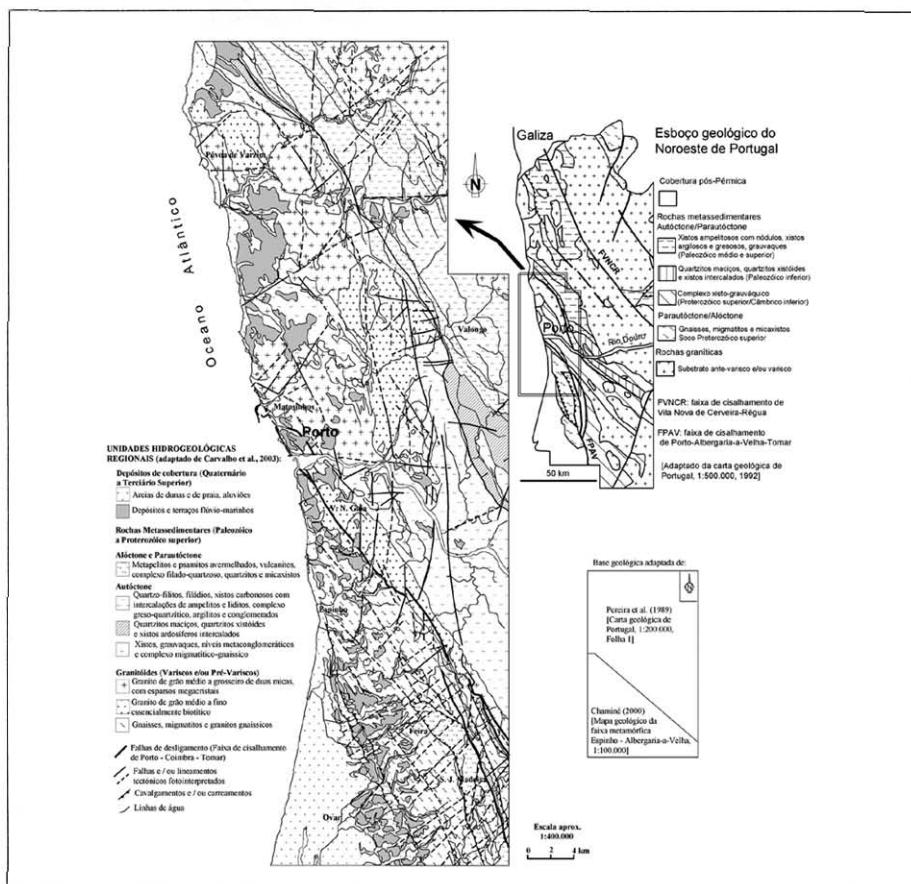
Figura 3
Mapa geomorfológico da faixa litoral entre Ovar e a Póvoa do Varzim (NW de Portugal).



4. As unidades hidrogeológicas regionais

As condições geológicas, morfoestruturais, tectónicas e climatológicas da área metropolitana do Porto (em particular da região compreendida entre Vila do Conde–Porto e S. João da Madeira), inserida comumente no limite do Maciço Cristalino Antigo e da Orla Ocidental, condicionam do ponto de vista hidrogeológico a existência dos recursos hídricos subterrâneos (e.g., Carvalho, 1996; Pedrosa, 1999; Carvalho *et al.*, 2000, 2003). Os mesmos critérios litológicos e estruturais que estiveram na base da identificação das diversas unidades geológicas presentes na região em apreço, permitiram elaborar uma sistematização preliminar das principais unidades hidrogeológicas e, assim, construir um esboço da carta hidrogeológica da região (fig. 4). Foram seguidas as recomendações de Struckmeier & Margat (1995).

Figura 4



Face à escassez de dados, no âmbito da hidrogeologia (pormenores em Afonso, 1997, 2003a,b), na região em estudo, as unidades hidrogeológicas que se propõem correspondem, *grosso modo*, às unidades geológicas maiores definidas, a saber: i) depósitos de cobertura, onde se incluem as aluviões, dunas fósseis, areias de praia e de duna actuais, os depósitos de praias antigas e de terraços fluviais, ii) rochas metasedimentares, das quais fazem parte os xistos, grauvaques, quartzo-filitos e quartzitos e iii) rochas graníticas, incluindo-se os granitos de duas micas, de grão médio a grosseiro, por vezes porfiróide, os granitos biotíticos porfiróides de grão variável, os gnaisses, os migmatitos e os granitos gnássicos.

A caracterização regional das diversas unidades hidrogeológicas, que seguidamente se apresenta (Quadro 1), foi feita de acordo com os critérios esboçados em Carvalho *et al.* (2003). Em termos de localização geográfica, todas as unidades são continentais, com excepção da unidade correspondente aos depósitos de cobertura, na região litoral entre Porto e Ovar, a qual é costeira. Esta unidade é parte integrante da denominada Bacia Sedimentar de Aveiro (Rocha, 1993).

O IMC –Índice Metros Caudal (Carvalho, 1993; Carvalho *et al.*, 2003)– é definido pela razão entre o somatório dos metros perfurados, em furos produtivos e não produtivos, e o caudal total obtido em captações fornecendo pelo menos 0.5l/s. Este índice pode ser afectado por factores como a topografia, a espessura e a natureza do horizonte de alteração, a profundidade das perfurações e ainda, pela presença de estruturas filonianas (filões e filonetes de quartzo) e caixas de falha.

5. Considerações finais

Sendo a região do grande Porto uma importante área urbana e fortemente industrializada, esta encontra-se sujeita a fortes pressões antrópicas. A tipologia das substâncias contaminantes está dependente das fontes consideradas, as quais são numerosas e variadas neste tipo de ambiente urbano. As fontes que provocam maior impacto na qualidade das águas subterrâneas da região são (Afonso, 1997, 2003a): i) as fossas e reservatórios sépticos, as quais ocorrem em zonas onde o saneamento básico é insuficiente ou simplesmente inexistente, situações que não são raras na área de estudo; ii) os cemitérios, que deverão ter representatividade na área de estudo; iii) reservatórios de armazenamento à superfície e subterrâneos, como é o caso dos reservatórios de produtos derivados de hidrocarbonetos petrolíferos, cujo impacto é muito grande na região em estudo, face ao número extraordinariamente elevado de estações de serviço existentes, bem como à presença da refinaria da “Petrogal”, localizada no quadrante Oeste da cidade do Porto; iv) o escoamento urbano; v) os poluentes atmosféricos; vi) as lixeiras e entulheiras, e vii) as actividades agrícolas.

Na grande maioria dos casos, a urbanização representa um impacto notável no ciclo hidrológico devido à impermeabilização da superfície do terreno, promovendo a redução da infiltração directa e o aumento do escoamento superficial. Embora o

Quadro 1
Caracterização das unidades hidrogeológicas regionais da faixa litoral entre Ovar e a Póvoa do Varzim (adaptado de Carvalho *et al.*, 2003).

	Ligação à rede hidrográfica	Tipo de escamamento	Horizonte de alteração	Tipologia dos Aquíferos e Produtividades			Caudal mediano de exploração por captação (l/s)
				Captações mais produtivas	Risco geológico de insucesso (IMC, ml/s)	Caudal mediano de exploração por captação (l/s)	
Unidades Hidrogeológicas							
Areas de dunas e praia; aluvões	X	X	X	X	X	X	X
Depósitos e terracos flúvio-marinhos	X	X	X	X	X	X	X
Metapelitos e psamitos avermelhados, vulcanitos, complexo filado-quartzoso, quartzitos e mica-xistos	X	X	X	X	X	X	X
Quartzo-filitos, filádios, xistos carbonosos com intercalações de ampeitos e lititos, complexo geso-quartzítico, argilitos e conglomerados	X	X	X	X	X	X	X
Quartzitos maciços, quartzitos xistoides e xistos ardósiferos intercalados	X	X	X	X	X	X	X
Xistos, grauvacas, níveis metaconglomeráticos e complexo migmatítico-gnáissico	X	X	X	X	X	X	X
Granito de grão médio a grosso de duas rincas	X	X	X	X	X	X	X
Granito de grão médio a fino essencialmente biotítico	X	X	X	X	X	X	X
Gnaisses, migmatitos e granitos gnássicos	X	X	X	X	X	X	X

impacto negativo na qualidade das águas subterrâneas possa demorar algumas décadas até se tornar evidente (dado o tempo de resposta dos sistemas de água subterrânea em áreas urbanas ser extremamente elevado, comparativamente ao dos outros componentes do ciclo hidrológico), a intensidade do impacto variará consideravelmente com a vulnerabilidade dos sistemas hidrogeológicos aquíferos e com o tipo e estado de desenvolvimento urbano. A aquisição de dados de carácter hidrogeológico em áreas urbanas é geralmente complicada. No entanto, o conhecimento pormenorizado das suas características geológico-estruturais é, na maioria dos casos, a chave para a previsão de prováveis efeitos negativos associados à interacção águas superficiais–águas subterrâneas. A estratégia da abordagem adoptada consistiu na elaboração de uma síntese cartográfica das condições geotectónicas e morfoestruturais do substrato cristalino e cristalofilino, bem como das unidades sedimentares da área metropolitana do Porto.

Face ao carácter preliminar desta aproximação, torna-se imperioso aprofundar a investigação hidrogeológica encetada por Afonso (1997) e Afonso (2003a,b; *in prep.*), a várias escalas, na região em causa, quer ao nível da integração actualizada numa base georreferenciada dos vários aspectos geotectónicos, geomorfológicos e hidrogeológicos regionais, quer ao nível do refinamento da hidrogeoquímica e da hidrodinâmica, perspectivando o estabelecimento de um modelo conceptual dos recursos hídricos para a região. Esta abordagem, na óptica da Geoengenharia (Plasencia, 2003), poderá contribuir para uma melhor gestão sustentável dos recursos hidráticos ao nível do planeamento estratégico ambiental numa área tão densamente urbanizada. O aperfeiçoamento da carta de vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas da região metropolitana do Porto, passará forçosamente pela representação da integração cartográfica do risco natural à contaminação (função das condições geotectónicas e morfoestruturais do substrato cristalino e cristalofilino, bem como das unidades sedimentares, da região) e do tipo de uso da superfície do terreno.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio parcial dos projectos TBA/FCT (POCTI/CTA/38659/2001), MODELIB/FCT (POCTI/35630/CTA/2000–FEDER), bem como de uma bolsa para HIC (SFRH/BPD/3641/2000). As impressões trocadas em alguns tópicos deste trabalho, com o Prof. Javier Samper (Univ. da Corunha) e com o Dr. J. Espinha Marques (Univ. do Porto), foram fundamentais para consolidar algumas ideias. Expressamos a nossa gratidão ao Prof. A. Pérez-Alberti (Univ. de Santiago de Compostela) pelos comentários ao manuscrito original.

Bibliografia

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

- Afonso, M. J. C. (2003a): "Hidrogeologia de rochas graníticas da região do Porto (NW de Portugal)". *Cadernos Lab. Xeol. Laxe*, 28, pp. 173-192.
- Afonso, M. J. C. (2003b): "Hidrogeologia e hidrogeoquímica da região entre Porto e S. João da Madeira (NW de Portugal): implicações ambientais — plano de trabalhos de doutoramento". Universidade de Aveiro, 12 pp. (Relatório Inédito).
- Afonso, M. J. C. (*in prep.*): "Hidrogeologia e hidrogeoquímica da área metropolitana do Porto (NW de Portugal): implicações ambientais". Universidade de Aveiro. (Tese de doutoramento, em preparação).
- 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 III^{er} Congreso Ibérico de Geoquímica/VIII Congreso de Geoquímica de España*. Instituto Tecnológico de Aragón, Zaragoza, pp. 311-315.
- 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. (2000): "Depósitos continentais e marinhos na plataforma litoral da região do Porto. Importância da tectónica na sua organização espacial". In Actas do 1º Congresso sobre o Cenozóico de Portugal. *Ciências da Terra* (UNL), Monte da Caparica, 14, pp. 111-122.
- 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, pp. 79-105.
- Cabral, J. (1995): "Neotectónica em Portugal Continental". *Memórias Inst. Geol. Min.*, Lisboa, 31, pp. 1-265.
- Carrington da Costa, J.; Teixeira, C. (1957): "Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50000. Notícia explicativa da Folha 9-C (Porto)". *Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa, 38 pp.
- Carvalho, J. M. (1993): "Groundwater exploration in hard rocks for small scale irrigation in Trás-os-Montes, Portugal". In Sheila & David Banks (eds.): *Hydrogeology of hard rocks. Mémoires 24th Congr. Int. Ass. Hydr.*, Oslo, Norway, 24 (2), pp. 1021-1030.
- Carvalho, J. M. (1996): "Mineral water exploration and exploitation at the Portuguese Hercynian massif". *Environmental Geology*, 27, pp. 252-258.
- Carvalho, J. M. (2001): "As águas subterrâneas no abastecimento de núcleos urbanos no Norte de Portugal". *Tecnologia da água*, Barcelona, 4(1), pp. 4-18.

- Carvalho, J. M.; Chaminé, H. I. (2002): "O papel da fracturação e da alteração profunda em estudos de prospecção hidrogeológica: os casos das regiões de Oliveira de Azeméis e de Fafe (Maciço Ibérico, NW de Portugal)". *Geociências, Rev. Univ. de Aveiro*, 16 (in press).
- Carvalho, J. M.; Chaminé, H. I.; Plasencia, N. (2003): "Caracterização dos recursos hídricos subterrâneos do maciço cristalino do Norte de Portugal: implicações para o desenvolvimento regional". In Portugal Ferreira, M. (coord.): *A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos: recursos geológicos e formação*. Volume de Homenagem ao Prof. Doutor Cotelo Neiva. Imprensa da Universidade, Série Investigação, Coimbra, 2, pp. 245-264.
- Carvalho, J. M.; Plasência, N.; Chaminé, H. I.; Rodrigues, B. C.; Dias, A. G. & Silva, M. A. (2000): "Recursos hídricos subterrâneos em formações cristalinas do Norte de Portugal". In Samper, J.; Leitão, T.; Fernández, L. & Ribeiro, L. (eds.): Jornadas Hispano-Lusas sobre 'Las Aguas Subterráneas en el Noroeste de la Península Ibérica', A Coruña. *Publicaciones ITGE*, Madrid, pp. 163-171.
- 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).
- Chaminé, H. I.; Gama Pereira, L. C.; Fonseca, P. E.; Moço, L. P.; Fernandes, J. P.; Rocha, F. T.; Flores, D.; Pinto de Jesus, A.; Gomes, C.; Soares de Andrade, A. A.; Araújo, A. (2003a): "Tectonostratigraphy of middle and upper Palaeozoic black shales from the Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo shear zone (W Portugal): new perspectives on the Iberian Massif". *Geobios*, 36 (6), pp. 649-663.
- Chaminé, H. I.; Gama Pereira, L. C.; Fonseca, P. E.; Noronha, F.; Lemos de Sousa, M. J. (2003b): "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, pp. 37-78.
- Conde, L. N. (1983): "Mapa de fracturas de Portugal (Memória descriptiva)". *EDP*, 118 pp., 4 mapas. (Relatório inédito).
- Ferreira, N.; Iglesias, M.; Noronha, F.; Pereira, E.; Ribeiro, A.; Ribeiro, M. L. (1987): "Granítoides da Zona Centro-Ibérica e seu enquadramento geodinâmico". In: Bea F.; Carnicer A.; Gonzalo J. C.; López Plaza M. & Rodríguez Alonso M. D. (eds.): *Geología de los granítoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico, Libro de Homenaje a L. C. García de Figuerola*. Editorial Rueda, Madrid, pp. 37-51.

- Lauverjat, J.; Carvalho, J. M.; Marques da Silva, M. A. (1983-85): "Contribuição para o estudo hidrogeológico da região de Aveiro". *Boletim Soc. Geol. Portg.*, Porto, 24, pp. 295-303.
- Marques da Silva, M. A.; Soares de Andrade, A. A. (1998): "Sobre a profundidade do soco Hercínico na região de Aveiro". *Comun. Inst. Geol. Min.*, Lisboa, 84 (1), pp. D40-D43.
- Martín-Serrano, A. (1994): "Macizo Hespérico septentrional". In: Gutiérrez Elorza, M. (ed.): *Geomorfología de España*. Editorial Rueda, Madrid, pp. 25-62.
- Noronha, F.; Leterrier, J. (2000): "Complexo metamórfico da Foz do Douro (Porto): geoquímica e geocronologia". *Boletim Real Academia Galega Ciências*, Santiago de Compostela, 19, pp. 21-42.
- Pedrosa, M. Y. (1999): "Notícia explicativa da Carta Hidrogeológica de Portugal, à escala 1/200000. Folha 1". *Instituto Geológico e Mineiro*, Lisboa, 70 pp.
- Pedrosa, M. Y. [coord.] (1998): "Carta Hidrogeológica de Portugal, escala 1/200000. Folha 1". *Instituto Geológico e Mineiro*, Lisboa.
- Pereira, D. I.; Alves, M. I. C.; Araújo, M. A.; Cunha, P. P. (2000): "Estratigrafia e interpretação paleogeográfica do Cenozóico continental do Norte de Portugal". In: Actas do 1º Congresso sobre o Cenozóico de Portugal, *Ciências da Terra* (UNL), Monte da Caparica, 14, pp. 73-84.
- Pinto de Jesus, A. (2001): "Génese e evolução da Bacia Carbonífera do Douro (Estefaniano C inferior; NW de Portugal): um modelo". Universidade do Porto, Vol. Texto: 272 pp., Vol. Atlas: 71 pp. (Tese de doutoramento).
- Plasencia, N. (2003): "Geologia de engenharia em obras subterrâneas". In Portugal Ferreira, M. (coord.): *A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos: recursos geológicos e formação*. Volume de Homenagem ao Prof. Doutor Cotel Neiva. Imprensa da Universidade, Série Investigação, Coimbra, 1, pp. 199-210.
- Ribeiro, A.; Kullberg, M.C.; Kullberg, J. C.; Manuppella, G.; Phipps, S. (1990a): "A review of Alpine Tectonics in Portugal: foreland detachment in basement and cover rocks". *Tectonophysics*, 184, pp. 357-366.
- Ribeiro, A.; Marcos, A.; Pereira, E.; Llana-Fúnez, S.; Farias, P.; Fernández, F. J.; Fonseca, P.; Chaminé, H. I.; Rosas, F. (2003): "3-D strain distribution in the Ibero-Armorican Arc: a review". *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, Nº Esp. V (CD-Rom), pp. D62-D63.
- Ribeiro, A.; Quesada, C.; Dallmeyer, R. D. (1990b): "Geodynamic evolution of the Iberian Massif". In Dallmeyer, R. D. & Martínez-García, E. (eds.), *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 397-410.

- Rocha, F. T. (1993): “*Argilas aplicadas a estudos litoestratigráficos e paleoambientais na Bacia Sedimentar de Aveiro*”. Universidade de Aveiro, 398 pp. (Tese de doutoramento).
- Soares de Carvalho, G. (1992): “Depósitos quaternários e cenozóico indiferenciado”. In: Pereira, E. (Coord.): *Carta Geológica de Portugal na escala 1/200000. Notícia Explicativa da Folha 1. Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa, pp. 47-50.
- Struckmeier, W. F.; Margat, J. (1995): “Hydrogeological maps: a guide and a standard legend”. *International Association of Hydrogeologists*, Hannover, 17, pp. 1-177.

XE^OGRÁFICA

Revista de Xeografía, Territorio e Medio Ambiente

Número 4 (2004) • ISSN 1578-5637

SEPARATA

Servizo de Publicacións e Intercambio Científico
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA