



11

SAS

Livro de Resumos

11.º SEMINÁRIO SOBRE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Porto, 2 e 3 de março de 2017
Instituto Superior de Engenharia do Porto



DELIMITAÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTECÇÃO EM SISTEMAS AQUÍFEROS FISSURADOS: CASO DE ESTUDO NA SERRA DA GARDUNHA, CENTRO DE PORTUGAL

Maria Teresa Durães ALBUQUERQUE^{1,3}, Isabel Margarida Horta Ribeiro ANTUNES^{2,3}, Miguel SOUSA¹

1. Instituto Politécnico de Castelo Branco, Av. Pedro Álvares Cabral, nº 12 6000-084 Castelo Branco, Portugal, teresal@ipcb.pt

2. Centro de Ciências da Terra, Universidade do Minho, Campus de Gualtar 4710-057 Braga, Portugal, imantunes@dct.uminho.pt

3. CERENA/FEUP, Portugal,

RESUMO

A crescente necessidade e importância das águas subterrâneas exigem uma protecção adequada deste recurso através da delimitação de perímetros de protecção em torno das captações. Para tal, torna-se necessária uma abordagem específica e ajustada às características locais para obter soluções mais adequadas. Os métodos analíticos permitem a delimitação das zonas de protecção utilizando parâmetros hidrogeológicos. Neste trabalho são comparados dois métodos analíticos – método do raio fixo e de Wyssling - na definição dos perímetros de protecção de duas captações localizadas na Serra da Gardunha. As captações de Eirinhas nº 1 e Eirinhas Nº2 estão incluídas no subsistema de Casal da Serra (Serra da Gardunha), correspondendo a galerias subterrâneas, semi-horizontais e alongadas, com uma secção com cerca de 1,80m de altura e 0,60m de largura. As rochas graníticas mostram fracturas intensas em que nalguns locais estão bastante degradadas. A água subterrânea escorre aproximadamente paralela à topografia, indicando uma curta permanência, como sugerido pela baixa mineralização que apresentam. O cálculo dos perímetros de protecção com o método de raio fixo mostra círculos centrados nas captações, ultrapassando os limites da zona de recarga presumida, tanto a montante como a jusante. O método de Wyssling, por sua vez, ao considerar o gradiente hidráulico na delimitação dos perímetros mostra áreas de protecção mais ajustadas à realidade, tanto a montante como a jusante.

Palavras-Chave: vulnerabilidade; perímetros de protecção; Método de raio fixo; Método de Wyssling; Eirinhas

1. INTRODUÇÃO

A exploração e utilização de águas subterrâneas é de extrema importância sendo necessário garantir a qualidade dos sistemas aquíferos a longo prazo. A definição e delimitação de perímetros de protecção numa captação é obrigatória para garantir que os impactos associados à atividade humana sejam medidos e limitados, restringidos ou proibidos (Moinante & Ferreira, 2004).

Os métodos analíticos permitem a delimitação de zonas de protecção - imediata, intermédia e alargada - utilizando parâmetros hidrogeológicos e hidráulicos e tendo em conta a vulnerabilidade dos sistemas aquíferos. A vulnerabilidade de um sistema aquífero representa a sua capacidade de auto-protecção (Environmental Protection Agency, 1994), enquanto que o risco de poluição está diretamente associado à introdução de substâncias que podem ser nocivas para o ambiente e saúde humana.

O presente trabalho tem por objetivo a aplicação de métodos analíticos na definição e delimitação de perímetros de protecção para duas captações utilizadas para fins de abastecimento público de água – Eirinha nº1 e Eirinha nº 2 – integradas no sistema de abastecimento das Águas do Centro (Grupo Águas de Portugal). Para tal, foram utilizados e comparados dois métodos, o método de Wyssling e o método do Raio Fixo, sendo este último sugerido pela legislação em vigor (Decreto-Lei nº. 382/99, 1999).

2. CAPTAÇÕES DAS EIRINHAS

As captações das Eirinhas estão localizadas na parte sul da serra da Gardunha, 40,03º de latitude, perto da povoação de Casal da Serra (Castelo Branco, Portugal) (Fig. 1a). Estas captações estão incluídas no subsistema de Casal da Serra e correspondem a túneis artificiais semi-horizontais que se estendem por dezenas de metros, com uma secção de cerca de 1,80 m de altura e 0,60 m de largura (Sousa, 2011).

A nível geológico, ocorrem nos granitos das Beiras, na encosta sul da Serra Gardunha, a uma altitude de 716 m. As rochas graníticas apresentam intensa rede de fraturação, em que nalguns locais estão bastante degradadas; pelo que corresponde a um aquífero cristalino intensamente fissurado e controlado hidraulicamente por poros e fissuras. O fluxo de água subterrânea, aproximadamente paralelo à superfície topográfica, não atinge profundidades elevadas, sugerindo curtos tempos de residência, como indicado pela baixa mineralização destas águas (Sousa, 2011). A geomorfologia corresponde a uma paisagem de montanha, em que a escorrência de água ocorre por processos gravitacionais e as taxas de extração são limitadas pela disponibilidade de água e do sistema de drenagem instalado fora das captações (Fig. 1b).

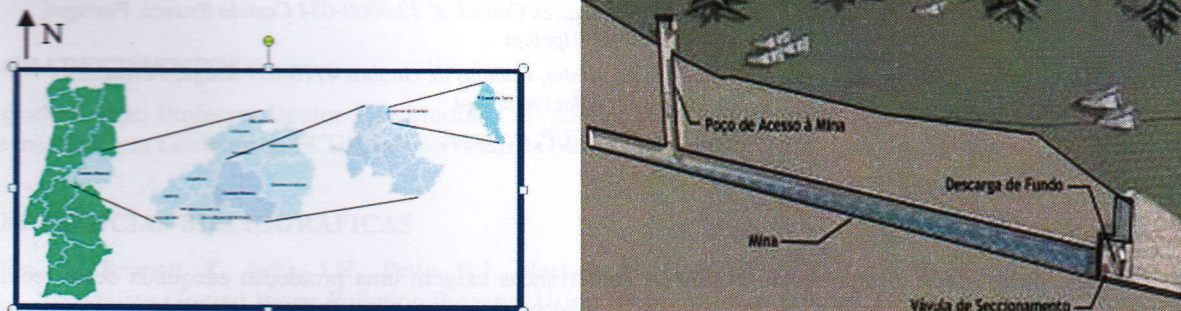


Fig. 1. a) Localização geográfica das captações das Eirinhas; b) esquema de funcionamento da captação Eirinhas n° 2 (adaptado de Sousa, 2011)

3. PERÍMETROS DE PROTECÇÃO

O estudo de vulnerabilidade do sistema aquífero utilizando o índice de vulnerabilidade DRASTIC (Aller *et al.*, 1987), indica uma baixa vulnerabilidade para este aquífero (índice DRASTIC = 105; Sousa, 2011). Contudo, este tipo de formações graníticas pode mostrar índices de vulnerabilidade mais elevados, como é o caso das "fraturas abertas" que permitem o transporte de poluentes ao longo de profundidades e distâncias consideráveis (Mendes, 2006). Na delimitação das zonas de protecção imediata, intermédia e alargada para as captações de Eirinha n° 1 e Eirinha n° 2, foram utilizados os parâmetros indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros hidráulicos das captações Eirinhas n°1 e Eirinhas n° 2

	Eirinha n° 1	Eirinha n° 2
Caudal (m ³ /s)	0,00760	0,00462
Porosidade efetiva	0,002	0,002
Espessura saturada de água (m)	7	7
Condutividade hidráulica (m/s)	3,24x10 ⁻⁶	3,24x10 ⁻⁶
Gradiente hidráulico	0,169	0,169

As captações estudadas são classificadas como sistemas aquíferos de tipo 5 correspondentes a formações ígneas ou metamórficas fissuradas (Environmental Protection Agency, 1994). Os perímetros de protecção, calculados pelo método do raio fixo, revelam uma zona alargada sobre-estimada para Eirinha n° 1 (7229m) e Eirinha n° 2 (5636m); ultrapassando a zona de recarga prevista para o aquífero, de acordo com os limites da bacia hidrográfica (Figura 2).

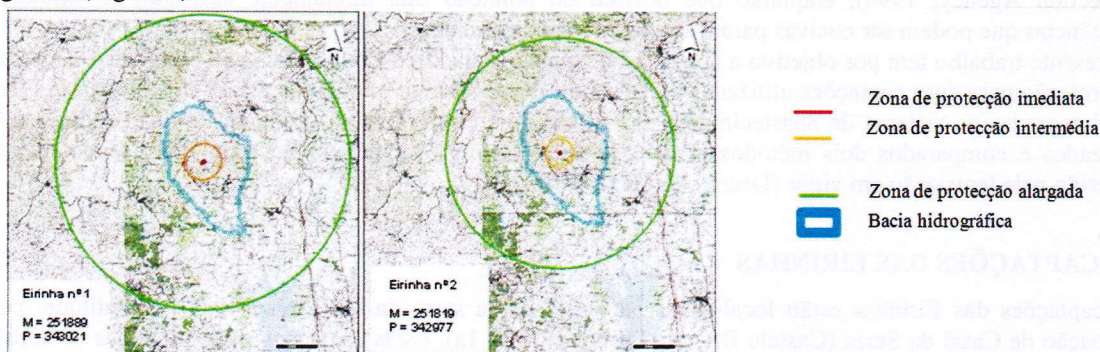


Fig. 2. Delimitação dos perímetros de protecção utilizando o método do raio fixo (adaptado de Albuquerque *et al.*, 2013)

De referir, as limitações associadas à delimitação das áreas que sendo semelhantes a montante e a jusante das captações seriam válidas para um aquífero confinado, com uma superfície piezométrica horizontal e um fluxo de drenagem constante e isotrópico. Deste modo, os perímetros de protecção obtidos baseiam-se num número limitado de factores que não incluem características hidrogeológicas, como seja o gradiente hidráulico e limites de caudais (Sousa *et al.*, 2012).

O método de Wyssling é mais preciso e adequado para aquíferos fissurados, permitindo assumir o meio como poroso e homogéneo (Figura 3), como encontrado em outras áreas semelhantes (Instituto Tecnológico GeoMínero de España, 1991). Neste método, o gradiente hidráulico do maciço granítico é utilizado no cálculo; o que permite obter um perímetro de protecção ampliado a montante da captação, mesmo com declives acentuados (Albuquerque *et al.*, 2013).

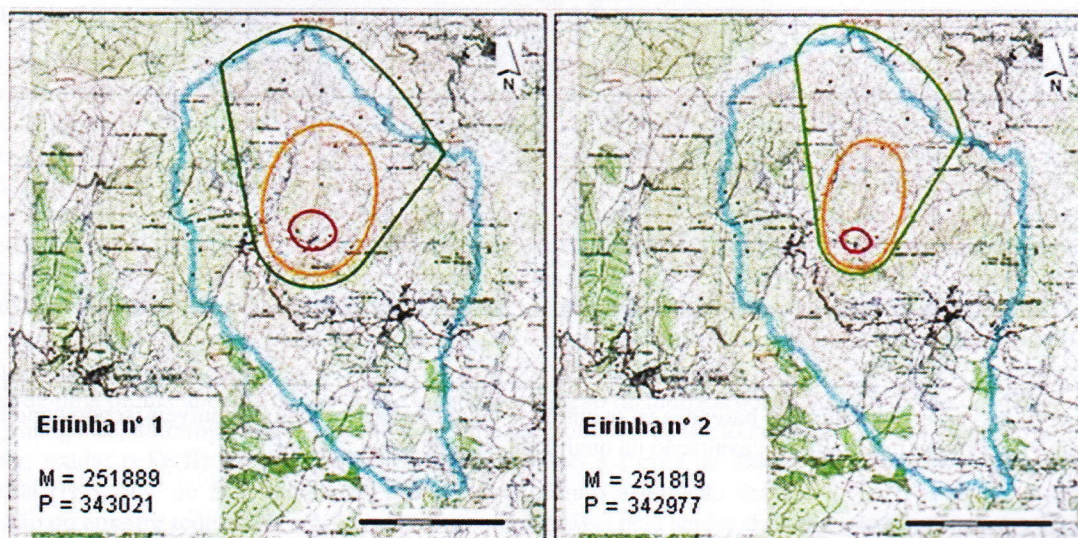


Fig. 3. Delimitação dos perímetros de protecção utilizando o método de Wyssling (adaptado de Albuquerque *et al.*, 2013)

4. CONCLUSÕES

Os métodos utilizados - Raio fixo e Wyssling - mostraram ser adequados para a captação vertical onde o fluxo bombeado é omnidirecional e capturado “*in situ*”. Considerando que as captações estudadas são semi-horizontais e com ressurgências, ao longo de toda a sua extensão, associadas a estruturas geológicas (falhas, veios, fraturas); torna-se necessária a introdução de alguns ajustes na aplicação destes métodos (Sousa, 2011).

O método de Wyssling considera zonas de protecção imediata e intermédia mais amplas tanto em zonas a montante como a jusante quando comparadas com o método de raio fixo (Figuras 2 e 3). O valor calculado para a zona alargada abrange uma área mais extensa do que a zona de recarga pretendida, pelo que tendo em consideração a baixa vulnerabilidade da área de estudo, fez-se coincidir o perímetro de protecção com a cabeceira da bacia hidrográfica como limite natural (Figura 3). A proximidade das duas captações promove a sobreposição das zonas de protecção calculadas; pelo que foram reunidas e projetadas num único perímetro de protecção (Figura 4). Os resultados obtidos confirmam a presença de uma unidade geológica cristalina intensamente fraturada, favorável à ocorrência de aquíferos com uma condutividade hidráulica controlada por características porosas e fissuradas.

A aplicação do método do raio fixo mostra que é um método relativamente simples e barato. No entanto, os resultados obtidos são imprecisos, uma vez que considera um número muito limitado de factores, excluindo importante informação, como por exemplo, gradiente hidráulico, limites de fluxo, entre outros (Sousa, 2011). Este método calcula zonas de protecção circulares centradas na captação e conduz a uma sobreprotecção a jusante que se estende muito para além dos limites da zona de recarga assumida (Sousa *et al.*, 2012). O método de Wyssling ao considerar o gradiente hidráulico do aquífero permite a definição de medidas de protecção mais precisas. No entanto, este método, tal como outros métodos analíticos, não considera, por exemplo, os limites hidrogeológicos, as heterogeneidades de recarga do aquífero, entre outros factores. A incapacidade para o cálculo das distâncias de protecção perpendicularmente à direção do fluxo principal também é considerada como uma limitação do método.

Em trabalhos futuros considera-se a necessidade de um levantamento geológico detalhado, incluindo cartografia de falhas e fraturas, na reavaliação e monitorização das áreas de protecção. É necessária, ainda, uma definição

mais precisa da área de estudo, pois a zona de recarga prevista deverá ser muito maior e presumivelmente controlada por fraturas que atravessam a bacia hidrográfica considerada.



Fig. 4. Perímetros de proteção para as captações de Eirinhas nº 1 e Eirinhas nº 2 (adaptado de Albuquerque *et al.*, 2013)

Como conclusão final, pode ser indicado que o melhor ajuste para um perímetro de proteção resulta da combinação de várias metodologias baseadas na quantidade e qualidade de dados disponíveis, sendo considerada como uma importante ferramenta na avaliação da qualidade da água e sua gestão.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Águas do Centro, SA pela sua colaboração na realização deste trabalho de investigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque MTD, Sousa MPL, Antunes IMHR (2013) Investing in sustainable catchments water abstraction's security design in the Gardunha area (Portugal). In: The TWIN International Conferences on Civil Engineering-Towards a Better Environment & The Concrete Future, (Ed) Victor Cavaleiro, Isabel Pinto, Luís M. Ferreira Gomes, Castro Gomes, Sérgio Lopes & Luís Bernardo, ISBN: 978-981-07-6066-3.
- Aller L, Bennet T, Lehr JH, Petty RJ, Hackett G (1987) DRASTIC: a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. In: U.S. Environmental Protection Agency (Eds.), EPA/600/2-87/035, Oklahoma.
- Environmental Protection Agency (1994) GroundWater and Wellhead Protection, United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office of Water, EPA/625/R-94/001.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España (1991) Guia metodologica para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas, Madrid.
- Mendes E (2006) Perímetros de protecção de captação das águas subterráneas para consumo humano em zonas de montanha. Caso de estudo da cidade da Covilhã. Ms thesis (unpublished), Universidade da Beira Interior, Covilhã.
- Moinante MJ, Ferreira JC (2004) Delimitação de perímetros de protecção de captações de água subterrânea destinadas ao abastecimento público do concelho de Montemor-o-Novo. In: ED Universitária da UFPE, Recife.
- Sousa MLP (2011) Delimitação de Perímetros de Protecção para as Captações das Eirinhas – Distrito de Castelo Branco. Ms thesis (unpublished), Instituto Politécnico de Castelo Branco.
- Sousa MPL, Albuquerque MTD, Antunes IMHR (2012) Critical evaluation to the application of analytical methods in the limits of perimeter security for funding in the Gadunha area, I Congresso Internacional “GeoCiências na CPLP”, Coimbra.

LEGISLAÇÃO

Decreto-Lei nº. 382/99 de 22 de Setembro 1999: Define perímetros de protecção para as captações de águas subterráneas. Imprensa Nacional da Casa da Moeda. Lisboa.