

INDÍCIOS DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA POR NaCl e CaCl NA REGIÃO DA SERRA DA ESTRELA

A. Carvalho¹, J. Espinha Marques¹; J. M. Marques², P. M. Carreira³, C. Mansilha⁴

⁽¹⁾ Centro de Geologia (CGUP), Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto, Portugal. alexandra.carvalho@fc.up.pt; jespinha@fc.up.pt

⁽²⁾ Centro de Petrologia e Geoquímica (CEPGIST), Instituto Superior Técnico (IST), Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal. jose.marques@ist.utl.pt

⁽³⁾ Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN), Estrada Nacional nº 10, 2686-953 Sacavém, Portugal. carreira@itn.pt

⁽⁴⁾ Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, Rua Alexandra Herculano, 321, 4000-055 Porto, Portugal. catarina.mansilha@insa.min-saude.pt

Resumo

Face aos actuais problemas relacionados com a exploração e contaminação dos recursos hídricos mundiais, as regiões de Montanha são, cada vez mais, reconhecidas como importantes *Reservatórios de Água*, atendendo ao seu papel essencial no abastecimento de água doce para as necessidades humanas (e.g., Aureli, 2002, Hassan *et al.*, 2005, Hofer, 2005). Contudo, nas zonas mais frias, onde é comum a ocorrência de neve, a utilização de sal-gema e cloreto de cálcio nas estradas para promoção da fusão de gelo nas rodovias é uma prática que tem vindo a ser considerada como uma potencial fonte contaminação das águas subterrâneas (Rasa *et al.*, 2006). Devido ao seu enquadramento geológico, geomorfológico e hidroclimatológico, a região da Serra da Estrela apresenta-se como fonte de recursos hídricos de elevada importância. Neste sentido, dado a Serra da Estrela estar, habitualmente, coberta de neve nas estações mais frias, os trabalhos de I&D aí realizados, tendo em vista promover uma gestão ambientalmente sustentável dos recursos hídricos, têm vindo a assumir uma crescente relevância.

Palavras-chave: contaminação; NaCl; água subterrânea; gestão sustentável; Serra da Estrela.

1. Introdução

A contaminação da água subterrânea é um dos temas de toxicologia ambiental que mais tem preocupado a comunidade científica e as autoridades governamentais devido, por um lado, ao facto de constituir fonte de água potável para muitas populações e, por outro lado, pelo facto de uma vez contaminado determinado sistema aquífero é, geralmente, extremamente difícil restaurar a boa qualidade das suas águas (Drever, 1997).

A Serra da Estrela é fonte de recursos hídricos de importância estratégica para Portugal. Na zona mais elevada da montanha, particularmente acima dos 1400 m de altitude, a utilização continuada de substâncias químicas como o cloreto de sódio (NaCl) e o cloreto de cálcio (CaCl), destinadas a facilitar a fusão da neve e do gelo nas estradas, pensa-se poder afectar as águas superficiais e subterrâneas assim como os solos, sendo, por isso, um problema ambiental a ser investigado. Estudos anteriores (ex. Espinha Marques *et al.*, 2010, Carreira *et al.* 2011) revelaram a possível contaminação das águas subterrâneas no Sector de Manteigas–Nave de Santo António–Torre e, neste sentido, têm vindo a ser desenvolvidos novas investigações destinadas a aprofundar a compreensão dos processos envolvidos. O presente trabalho destina-se à avaliação da contaminação de água subterrânea pela aplicação de sal-gema e cloreto de cálcio para a limpeza da neve e do gelo nas estradas em ambiente de montanha.

2. Enquadramento da área em estudo

O maciço montanhoso da Serra da Estrela situa-se na zona Centro de Portugal, constituindo o sector mais ocidental da Cordilheira Central Ibérica (Ribeiro, 1954). Corresponde a uma elevação com direcção NE-SW, com cerca de 115 km de comprimento e 25 km de largura, compreendida entre a cidade da Guarda e a Serra da Lousã, atingindo uma cota máxima de 1993 m na Torre.

A distribuição espacial da infiltração e da recarga dos aquíferos na Serra da Estrela encontra-se fortemente condicionada pela distribuição das zonas mais porosas e da rede de fracturação das litologias locais (ex. Espinha Marques *et al.*, 2010).

A Serra da Estrela situa-se na Zona Centro-Ibérica do Maciço Ibérico (Ribeiro *et al.* 1990). Os principais litótipos presentes na região são (Fig. 1): (i) Rochas graníticas de idade Varisca; (ii) Rochas metassedimentares de idade Precâmbrica-Câmbrica; (iii) depósitos aluvionares e glaciários do Quaternário (ex. Teixeira *et al.* 1974, Ferreira e Vieira, 1999). A tectónica desta região é dominada pela megaestrutura regional designada por zona de falha de Bragança-Vilarica-Manteigas.

Face à predominância das rochas graníticas e metassedimentares, supõe-se que a rede de circulação de água subterrânea ocorra, essencialmente, em meio fissurado.

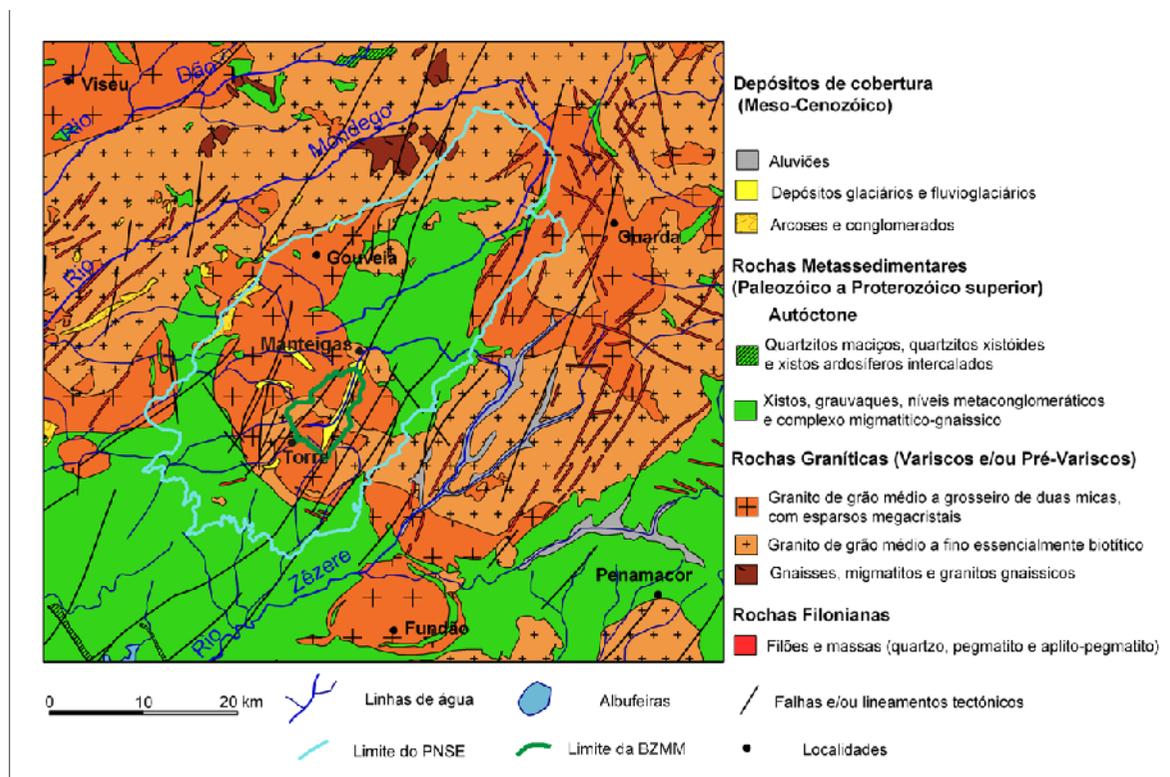


Fig 1 - Geologia da região da Serra da Estrela (simplificado de Oliveira *et al.*, 1992).

3 . Indícios de contaminação da água subterrânea

Desde o início de 2010 têm sido realizadas campanhas de monitorização de parâmetros físico-químicos em diversos pontos de água ao longo do Sector de Seia–Torre–Covilhã. A medição da condutividade eléctrica revelou ser particularmente importante no presente estudo hidrogeológico pois, para além de permitir identificar tendências regionais e potenciais anomalias, serviu igualmente de auxílio na escolha de pontos de água para a definição de redes de monitorização e para o estabelecimento de planos de amostragem (Espinha Marques *et al.*, 2007). A título de exemplo, na campanha de Dezembro de 2010 foram registados os valores de temperatura, pH e condutividade eléctrica indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Registo dos parâmetros físico-químicos na campanha de Dezembro de 2010

Identificação do ponto de água	Temperatura (C°)	pH	Condutividade eléctrica (µS/cm)
Fonte Santa	12,6	5,15	17
Fonte da Biquinha	12,6	4,97	21
Mina da Rosa Negra	11,5	5,75	16
Fonte das Penhas da Saúde	9,6	5,07	16
Fonte da Saibreira	7,7	5,49	3
Fonte da Nave de Santo António Sul	8,2	5,80	37
Fonte de Espinhaço de Cão	6,0	5,86	265
Fonte do Covão do Boi	5,3	5,85	6
Mina da Torre	3,1	6,42	302
Fonte dos Perús	7,0	5,29	3
Nascente da Lagoa Comprida	6,3	5,25	86
Fonte do Covão do Curral	6,1	6,02	12
Fonte do Ferreiro	11,3	5,48	51
Fonte de S. Tomé	10,8	5,37	75
Fonte do Marrão	11,6	5,81	54

Observando a Tabela 1 é possível verificar uma significativa dispersão dos valores de condutividade eléctrica. Tendo em especial atenção os valores registados na Fonte da Saibreira (3 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e na Nave de Santo António Sul (37 $\mu\text{S}/\text{cm}$), que distam entre si apenas cerca de 50 m, é de supor que a diferença observada se deva ao facto de a Fonte da Nave de Santo António estar situada a jusante da rodovia e, portanto, mais sujeita a contaminações decorrentes de escorrências e da aplicação de sal-gema.

É de salientar, igualmente, o facto de os valores de condutividade eléctrica medidos na Mina da Torre, (302 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e na Fonte de Espinhaço de Cão (265 $\mu\text{S}/\text{cm}$) serem muito superiores aos registados nos restantes pontos de amostragem de água. Em ambos os casos, estes resultados podem ser interpretados como um indicadores de contaminação da água subterrânea por NaCl e CaCl, uma vez que se trata de locais frequentemente cobertos de neve as quais necessitam de constante limpeza. Convirá igualmente salientar, o facto de se tratar de locais de amostragem águas com temperatura muito baixa (ver Tabela 1), mesmo tendo em conta a época de amostragem (Dezembro de 2010), o que indicia uma circulação subterrânea relativamente próxima da superfície, sendo estas águas mais vulneráveis a fontes de contaminação.

Para além da monitorização da temperatura, pH e condutividade eléctrica, foram também colhidas amostras de água subterrânea nos pontos já referidos para análise de outros parâmetros físico-químicos. Com base nos resultados obtidos foi construído um Diagrama de Piper (Fig. 2) e um Diagrama de Stiff (Fig. 3).

Analisando o Diagrama de Piper, é possível observar que quase todas as águas subterrâneas analisadas apresentam *fácies* hidrogeoquímica cloretada-sódica. A Mina da Torre, com *fácies* de tendência cloretada-cálcica constitui uma relevante excepção. Os resultados obtidos corroboram, igualmente, a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas por recurso a substâncias químicas como o NaCl e o CaCl para promoção do degelo.

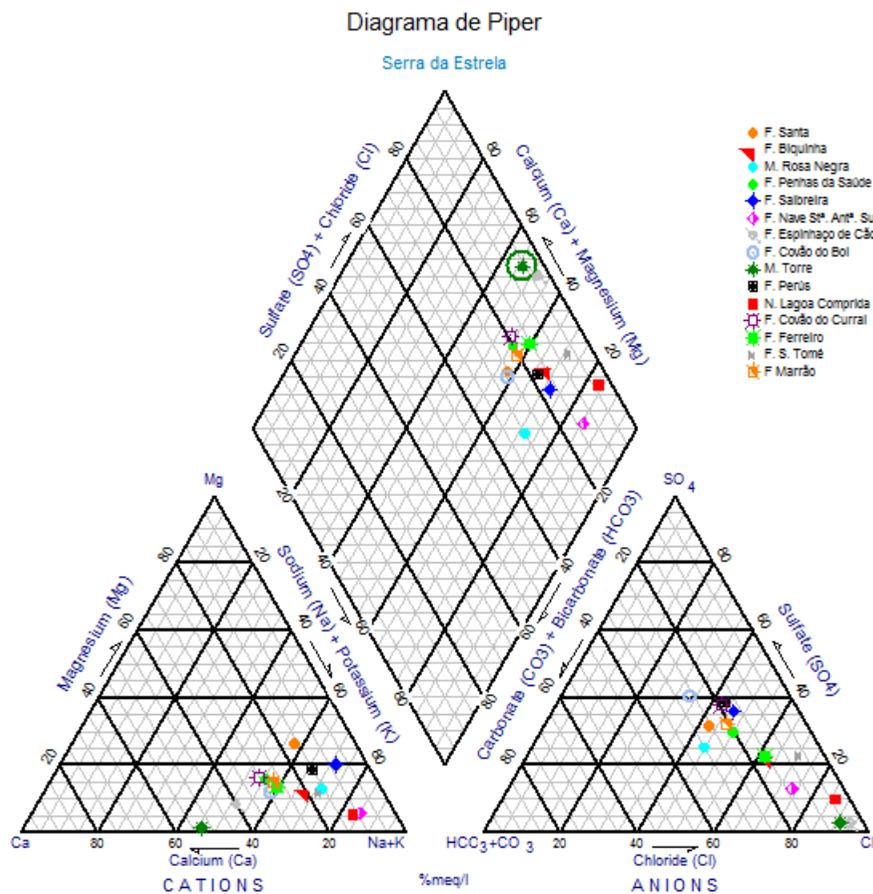


Fig. 2 - Diagrama de Piper para as águas em estudo.

Analisando o Diagrama de Stiff da Figura 3, referente aos pontos de amostragem Fonte da Saibreira, da Fonte da Nave de Santo António Sul e da Mina da Torre, conclui-se que as águas das Fontes têm *fácies* cloretada-sódica, enquanto que a água da Mina da Torre tem *fácies* cloretada-cálcica. De notar, igualmente, o facto de a Fonte da Saibreira apresentar mineralização bastante inferior à da Fonte da Nave de Santo António Sul. Este resultado, aliado às diferenças de condutividade registadas indicia, igualmente, a possível contaminação da Fonte da Nave de Santo António Sul, decorrente da sua localização a jusante da rodovia.

4. Considerações finais

A elevada condutividade eléctrica registada em algumas das águas subterrâneas analisadas, aliada à *fácies* cloretada-sódica ou cloretada-cálcica bem como à elevada mineralização apresentada, permite concluir que existe uma forte evidência de contaminação por NaCl e por CaCl. No que respeita às águas subterrâneas pouco mineralizadas, a *fácies* cloretada-sódica, poderá indicar tratar-se de águas meteóricas locais com fraca interacção água-rocha.

Referências bibliográficas

- Aureli A., 2002. What's ahead in UNESCO's International Hydrological Programme (IHP VI 2002-2007). *Hydrogeology Journal*, 10: 349-350.
- Carvalho A., Espinha Marques J., Marques J. M., Neves O., Carreira P., 2009. Contaminação de águas subterrâneas e solos por cloreto de sódio na região da serra da estrela: resultados preliminares. In: Seminário sobre Águas Subterrâneas, LNEC, Lisboa.
- Carreira P.M., Marques, J.M., Espinha Marques, J., Chaminé, H.I., Fonseca, P.E., Monteiro Santos, F., Moura, R.M., Carvalho, J.M. (2011). Defining the dynamics of groundwater in Serra da Estrela Mountain area, central Portugal: an isotopic and hydrogeochemical approach. *Hydrogeology Journal*, 19: 117-131; DOI: 10.1007/s10040-010-0675-0
- Drever J.I., 1997. *The geochemistry of natural waters, surface and groundwater environments*. 436 pp. Prentice Hall, New Jersey.
- Espinha Marques J., Samper J., Pisani B., Alvares D., Carvalho J.M., Chaminé H.I., Marques J.M., Vieira G.T., Mora C., Borges F.S., 2010. Evaluation of water resources in a high-mountain basin in *Serra da Estrela*, Central Portugal, using a semi-distributed hydrological model. *Environ Earth Sci*. DOI 10.1007/s12665-010-0610-7.
- Ferreira, N., Vieira, G., 1999. Guia geológico e geomorfológico do Parque Natural da Serra da Estrela. Locais de interesse geológico e geomorfológico, 112 pp.; 1 mapa. Parque Natural da Serra da Estrela. Edição Instituto da Conservação da Natureza/Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.
- Heath R. C., 1983. *Basic groundwater hydrology*. U.S. Geological Survey Water Supply Paper, pp. 2220.
- Oliveira, J. T.; Pereira, E.; Ramalho, M.; Antunes, M. T., & Monteiro, J. H., Coords, 1992. *Carta Geológica de Portugal à escala 1/500 000*. 5ª Ed., 2 folhas. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Ribeiro A., Kullberg M. C., Kullberg J. C., Manuppella G. & Phipps S. (1990). A review of Alpine tectonics in Portugal: Foreland detachment in basement and cover rocks, *Tectonophysics*, 357-366.
- Rasa, K.; Peltovuoria, T.; Hartikainen, H. 2006. Effects of de-icing chemicals sodium chloride and potassium formate on cadmium solubility in a coarse mineral soil. *Science of the Total Environment*, 2-3:819-825.
- Ribeiro O., 1954. *Estrutura e relevo da Serra da Estrela*. Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Natur., Madrid., Tomo de Homenaje a E.Hernández-Pachaco, p.549-566.
- Teixeira, C.; Santos, J. Paula; Carvalho, H.F.; Fernandes, A. Peinador & Vairinho, M. Margarida, 1974. *Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000*. Notícia Explicativa da folha 20-B – Covilhã, 52 pp. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

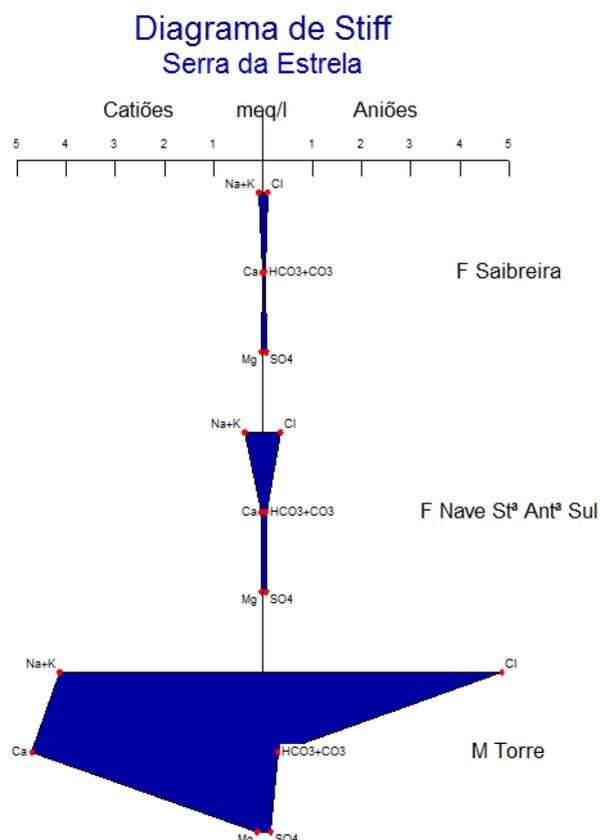


Fig. 3- Diagrama de Stiff, para algumas das águas amostradas.