

12.º CONGRESSO DA ÁGUA

**16.º ENCONTRO DE ENGENHARIA
SANITÁRIA E AMBIENTAL (ENASB)**

**XVI SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL (SILUBESA)**

Que futuro queremos?

.....

ORGANIZAÇÃO



Contributo para a Identificação dos Processos Responsáveis pela Composição das Águas Termais e Minerais da Região de Lisboa

A. Policarpo¹; R. Marrero-Diaz²; M.R. Carvalho¹; J.M. Carvalho³

¹Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, CeGUL (fc36043@alunos.fc.ul.pt; mdrcarvalho@fc.ul.pt)

²Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Unidade de Geologia, Hidrogeologia e Geologia Costeira (rayco.diaz@lneg.pt)

³Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada, DEG, Instituto Superior de Engenharia (ISEP) e TARH. Lda (jmc@tarh.pt)

1. INTRODUÇÃO
2. OBJECTIVOS
3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO
4. AMOSTRAGEM
5. RESULTADOS
6. CONCLUSÕES PRELIMINARES



MOD



TORRE DE ARREFECIMENTO



Profundidade: 1500m
Temperatura: 52 °C



Fig. 3 – A Fonte das Ratas – recolha popular de garrações (Garcez, 1963).

OBJECTIVOS

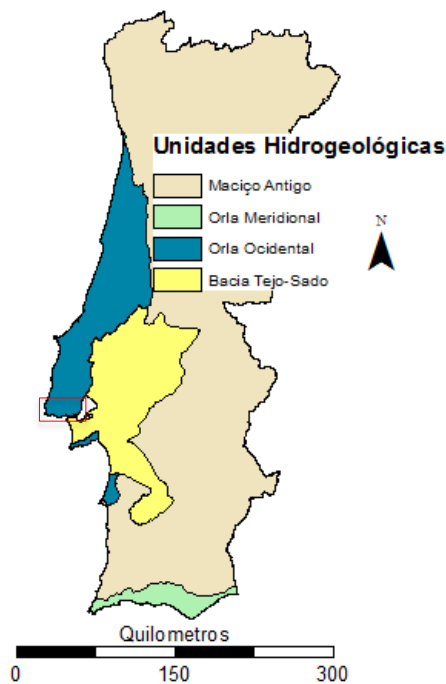
Motivação

Na região de Lisboa existem águas termais e minerais conhecida desde a época dos romanos. Existe um conhecimento pouco aprofundado do processos responsáveis pela composição físico-química das águas .

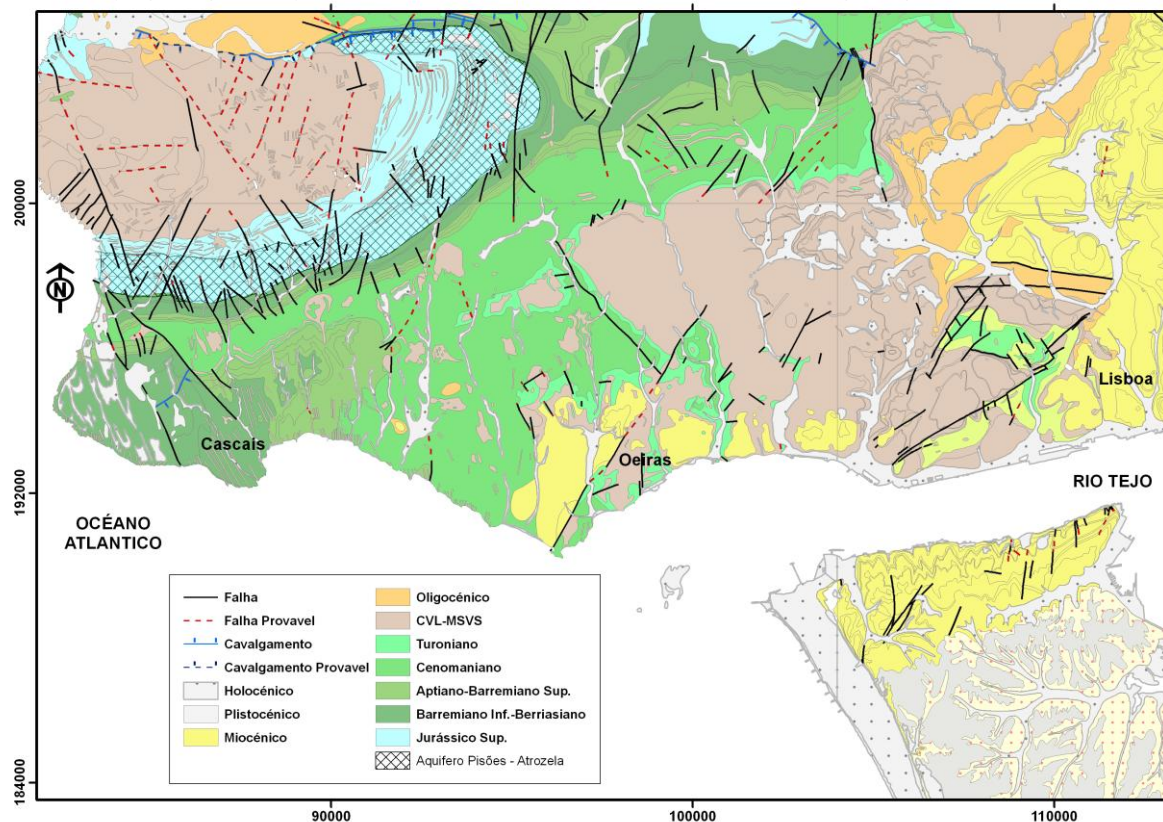
Objectivos

Contribuir para a identificação destes processos, através de um estudo geoquímico das águas, que permita melhorar a compreensão dos modelos conceptuais de circulação.

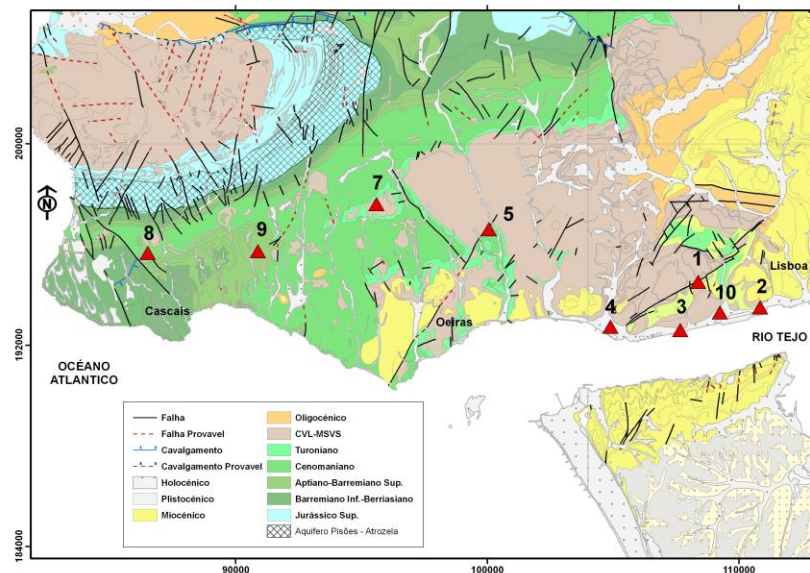
ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

Adaptado de www.snirh.pt

Mapa geológico simplificado da área de estudo (modificado das cartas geológicas 1:50k do LNEG)



AMOSTRAGEM



Mapa geológico simplificado da área de estudo (modificado das cartas geológicas 1:50k do LNEG)

- Medições *in situ* com sonda Hanna HI-9828: Temperatura, pH, condutividade eléctrica, total de sólidos dissolvidos e potencial redox.
- Análise Química no Laboratório da UCTM do LNEG (Porto) com recurso a espectrometria de absorção atómica (Na, K, Ca e Mg) ou molecular (Sílica, NO₃) e a métodos volumétricos (Cl), gravimétricos (SO₄) e titulação ácido-base (Alcalinidade).
- Análise Isotópica de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ no SIAF do Centro de Biologia Ambiental da UL por espectrometria de massa de fluxo contínuo (CF-IRMS)

AMOSTRAGEM



RESULTADOS

Medições *In situ*

Amostras	Temperatura (°C)	pH	Total Sólidos Dissolvidos (mg/L)	Condutividade Eléctrica (ms·cm ⁻¹)	Potencial Redox (mV)
1	25,9	7,90	622	0,764	149,7
2	28,4	7,60	1164	1,974	-102,2
3	25,9	7,72	626	0,864	-214,0
4	30,3	7,58	455	0,632	-117,5
5	19,1	7,20	892	1,136	48,4
7	19,9	7,40	705	0,880	41,9
8	21,1	7,32	1281	1,937	-85,6
9	26,7	6,97	1844	3,048	349,0
10	24,3	8,38	504	0,681	-185,2

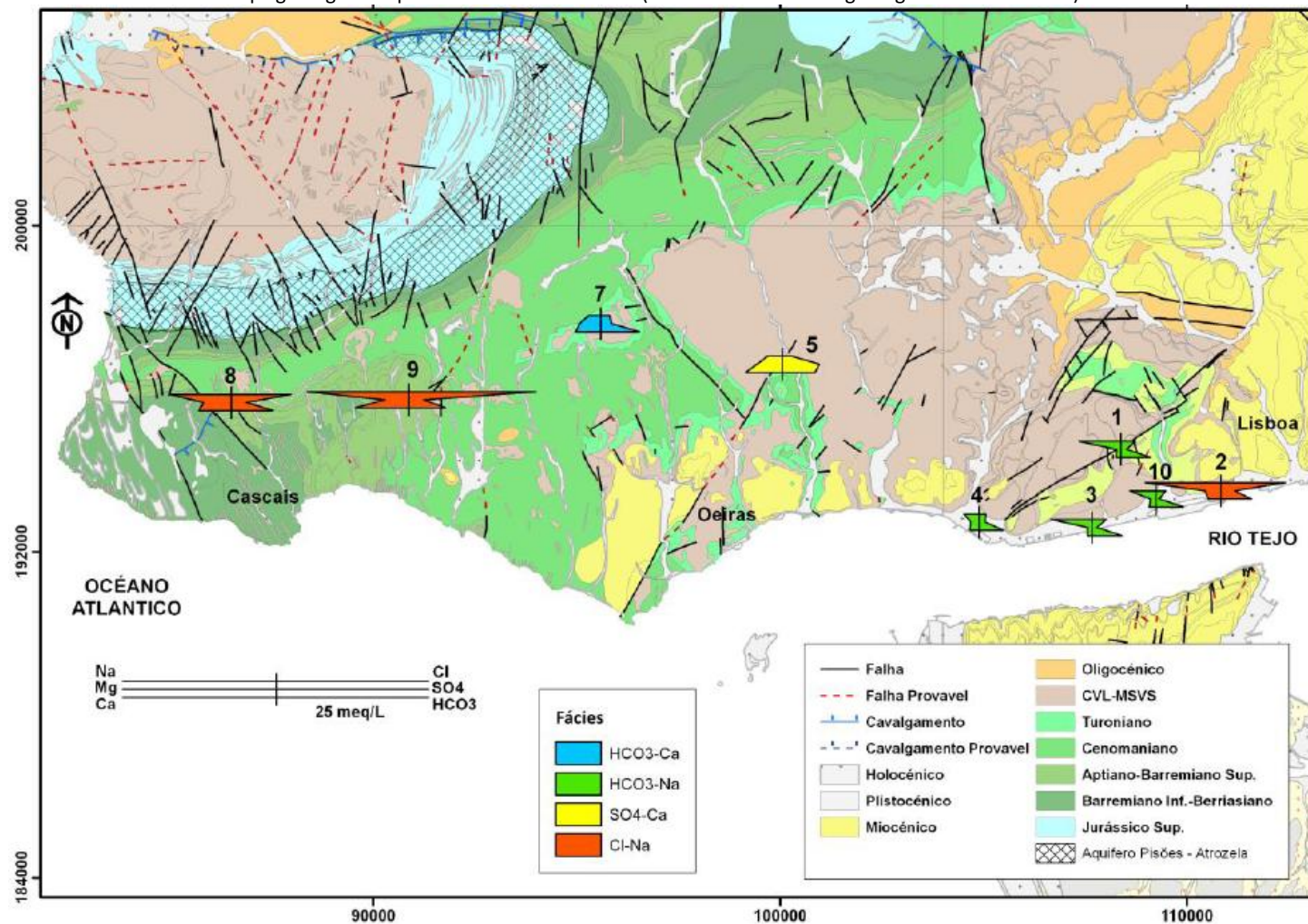
RESULTADOS

Elementos Maiores

Amostras	Alc.Total (mg/L)CaCO ₃	SiO ₂ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)
1	482	13,1	294,1	82	43,2	<0,25	152,2	16,2	7,8	10,8
2	495	14,2	301,9	370,9	104,3	6,4	275,3	42,3	32,4	18,8
3	495	13,1	301,9	82	40	<0,25	147,9	15,7	8,9	12,4
4	396	14,6	241,8	37,4	46,9	<0,25	49,8	31,1	16,6	14,1
5	535	14,5	326,5	48,3	290,2	0,8	51,3	120,1	50,2	5,4
7	631	13	385	49	81,1	2,7	43,3	82	42,2	6,6
8	679	14,8	414,3	347,1	117,3	0,4	219,7	102,3	52,3	12,1
9	593	15,7	361,9	733,4	112	5,1	378,3	177,5	48,3	11,1
10	447	9,4	272,6	56,2	22,7	0,5	89,5	22,7	11,3	15,7

RESULTADOS

Mapa geológico simplificado da área de estudo (modificado das cartas geológicas 1:50k do LNEG)



RESULTADOS

Índices de Saturação em relação aos minerais presentes nas formações rochosas da área de estudo

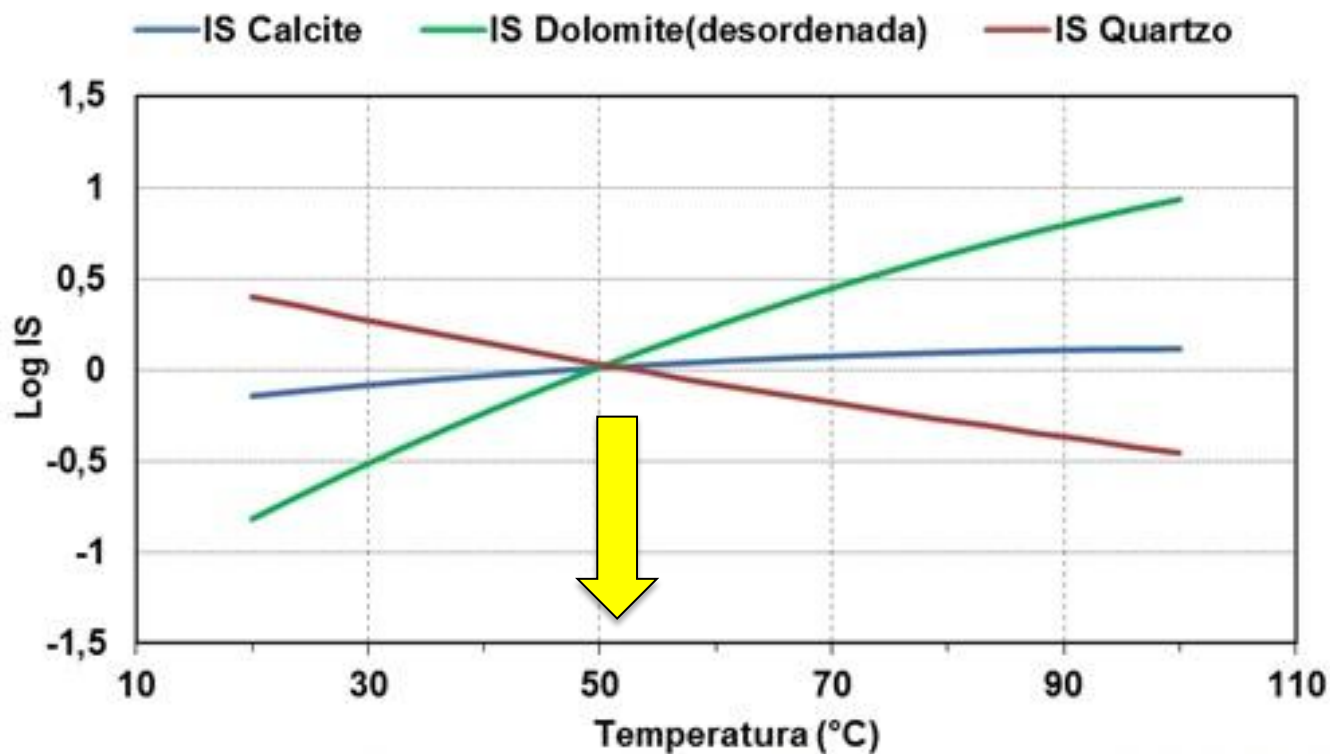
Amostra	Calcite	Dolomite	Anidrite	Gesso	Halite	Quartzo	T _{quartzo} (°C)
1	0,09	0,22	-2,87	-2,57	-6,47	0,30	48
2	0,15	0,58	-2,22	-1,95	-5,60	0,33	51
3	-0,10	-0,08	-2,91	-2,62	-6,49	0,30	48
4	0,04	0,21	-2,49	-2,24	-7,29	0,29	52
5	0,06	0,00	-1,45	-1,08	-7,20	0,45	52
7	0,26	0,51	-2,07	-1,71	-7,25	0,39	48
8	0,25	0,51	-1,91	-1,57	-5,72	0,43	52
9	0,08	-0,03	-1,73	-1,45	-5,19	0,38	55
10	0,67	1,38	-3,00	-2,69	-6,86	0,17	37

*Considera-se em equilíbrio para IS $\pm 0,10$

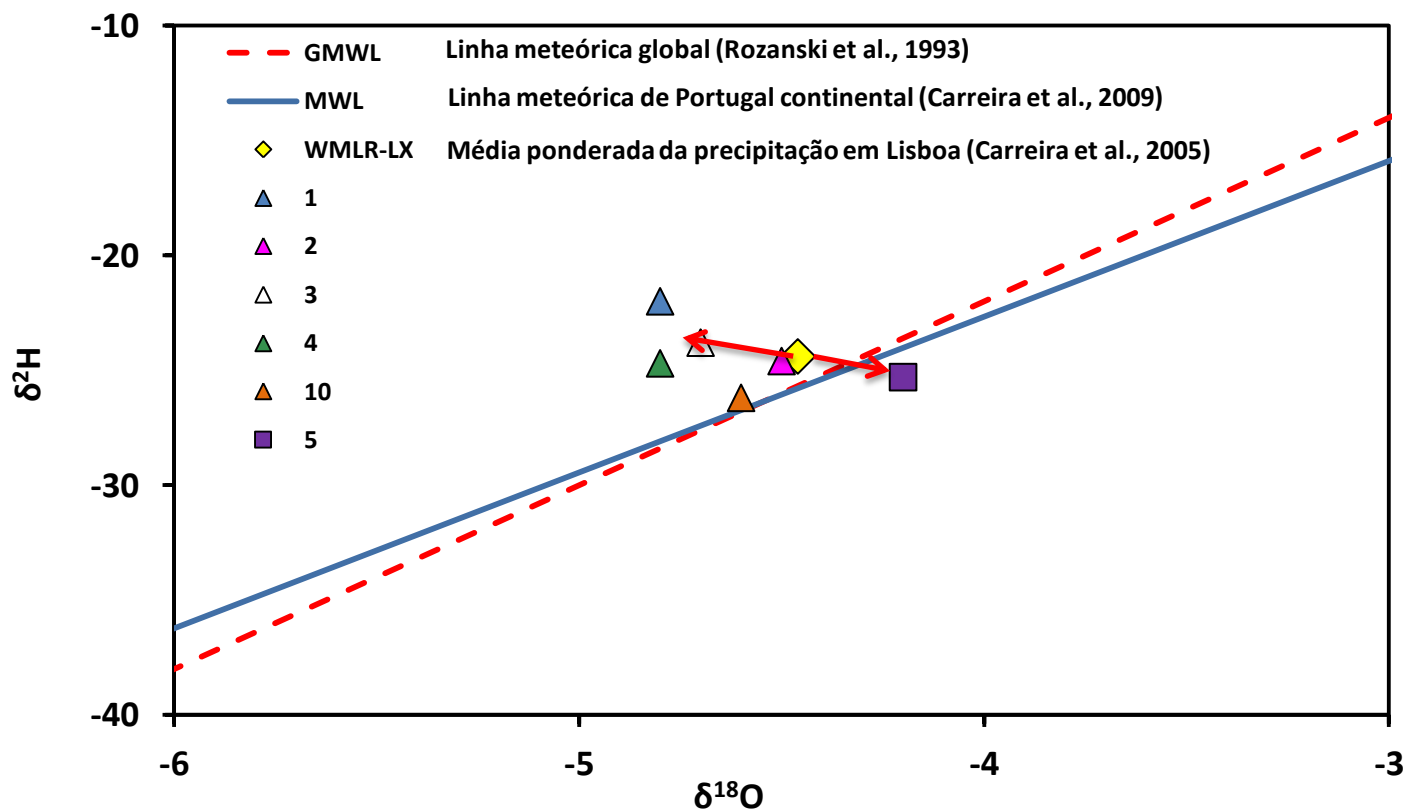
*T_{quartzo}: temperatura estimada através do geotermómetro de quartzo (Fournier, 1977)

RESULTADOS

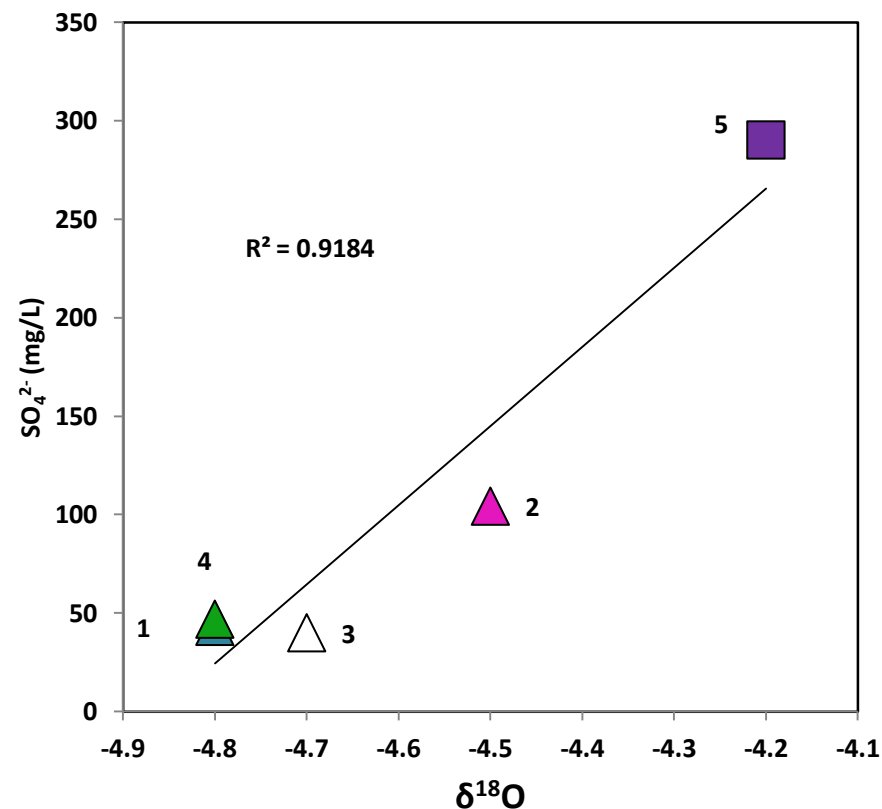
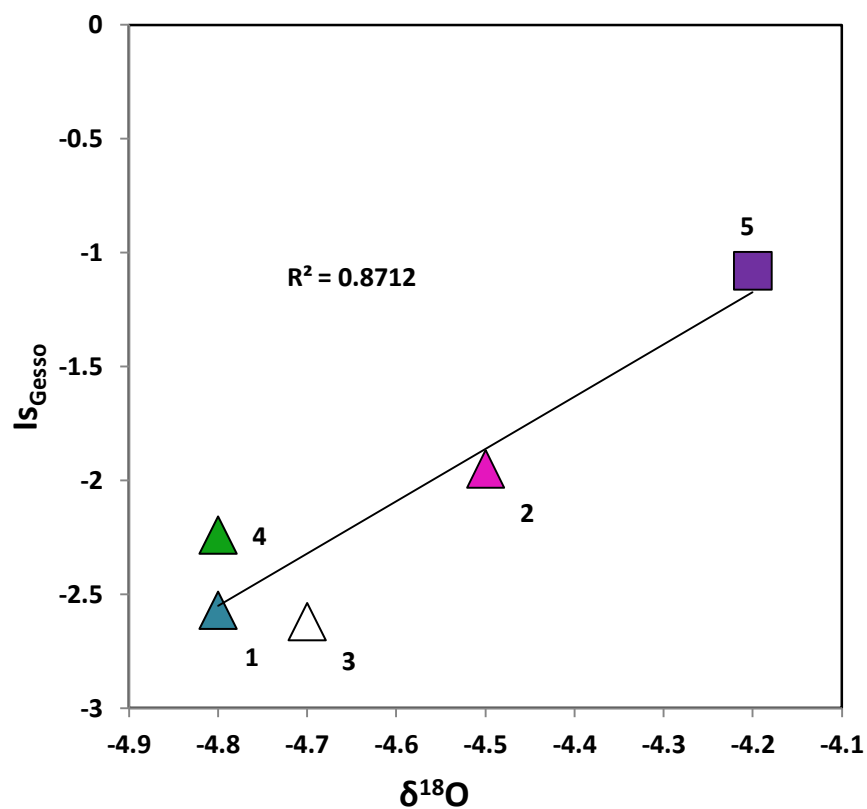
Variação logarítmica dos Índices de Saturação da amostra 3



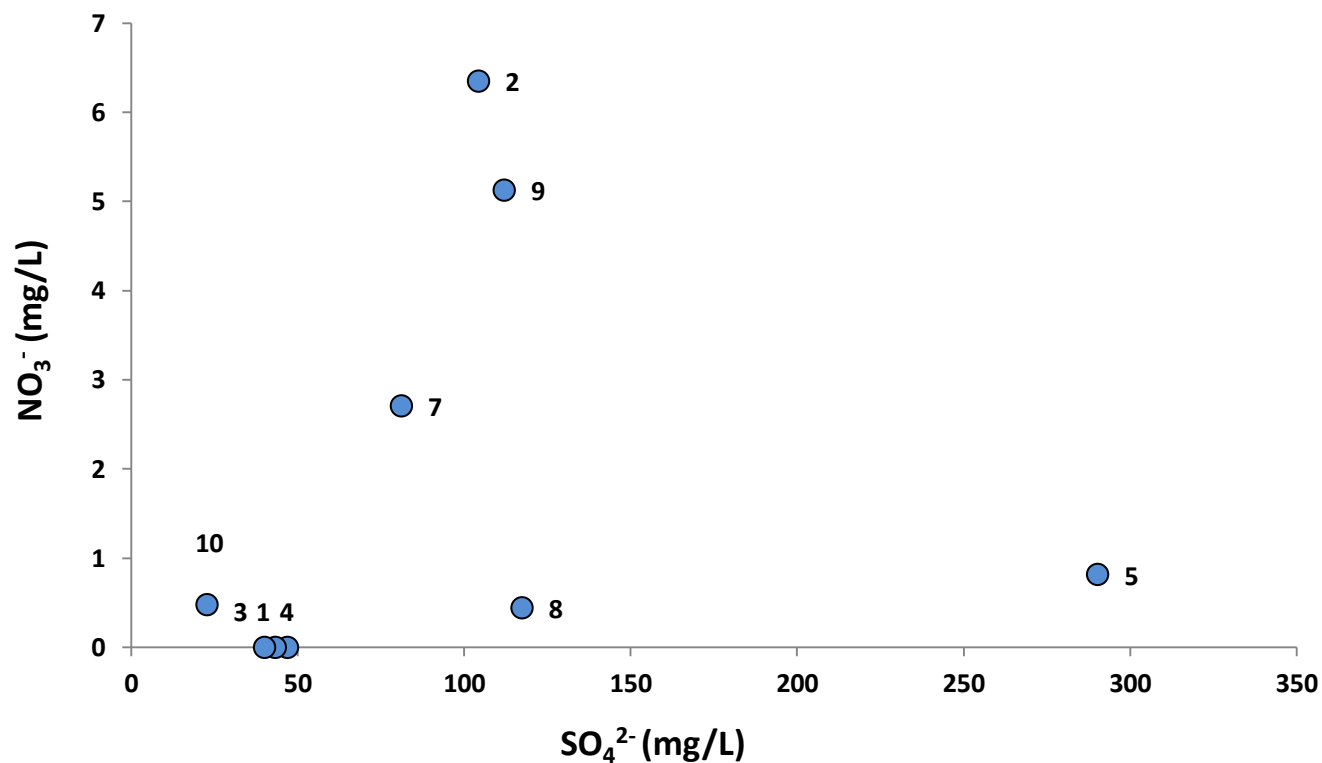
RESULTADOS



RESULTADOS



RESULTADOS



Conclusões

- Confirmou-se que as águas estudadas apresentam uma grande variabilidade na sua composição físico-química;
- A sobressaturação em relação à calcite e dolomite pode ser explicada pelo efeito do ião comum devido à dissolução sequencial da calcite e gesso;
- A composição isotópica das águas sugere uma origem meteórica e a existência de processos de fraccionamento isotópico de $\delta^{18}\text{O}$ relacionados com a interacção água rocha, que confirmam a importância dos processos de precipitação de calcite e de dissolução de gesso;
- As temperaturas de equilíbrio estimadas variam entre 37 e 55 °C, apontando para uma circulação profunda (>1000m) em semelhança ao **que** foi observado no furo geotérmico do Lumiar;

REFERÊNCIAS

- Acciaiuoli, L. (1952): "Le Portugal Hydromineral". Direction Générale dês Mines e dês Services Geologiques. V.I, 284 pp.
- Almeida, C., Carvalho, M.R., Almeida, S. (1991): "Modelação de Processos Hidrogeoquímicos Ocorrentes nos Aquíferos Carbonatados da Região de Lisboa-Cascais-Sintra". *Hidrogeologia y Recursos Hidráulicos*, t. XVIII, 289-304.
- Andrade, C.F. (1932). "A tectónica do estuário do Tejo e dos vales submarinos ao largo da costa da Caparica, e a sua relação com as nascentes termominerais de Lisboa (Considerações Preliminares)". Separata do tomo XIX das Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal, 21 pp
- Almeida, A. (1952): "Lisboa, Capital das Águas". Revista Municipal. Separata dos nºs 49 e 50, 27 pp.
- Carvalho, J.M., Cardoso, A.A.T. (1994). "The Air Force Hospital Geothermal Project in Lisbon". *Geothermics'94 in Europe Document nº230*, Ed. BRGM, Orléans, France, pp. 441-448.
- Carvalho, J.M., Berthou, P.Y., Silva, L.F. (1990). "Introdução aos Recursos Geotérmicos da Região de Lisboa". Livro Homenagem a Carlos Romariz – Secção de Geologia Económica e Aplicada, Lisboa, pp. 332-356.
- Carreira, P.M., Araujo, M.F., Nunes, D.(2005). "Isotopic composition of rain and water vapour samples from Lisbon region: Characterization of monthly and daily events". En: *Isotopic Composition of Precipitation in the Mediterranean Basin in Relation to Air Circulation Patterns and Climate*, IAEA, Vienna. ISBN 92-0-105305-3.
- Carreira, P.M., Nunes, D., Valério, P., Araújo, M.R. (2009). "A 15-year record of seasonal variation in the isotopic composition of precipitation water over continental Portugal". *J Radioanal Nucl Chem* (2009) 281:153-156. DOI 10.1007/s10967-009-0064-0
- Carvalho, M.R., Ferreira, F., Silva, C., Almeida, C. (2013). "Origin of dissolved carbon in groundwaters from carbonated aquifers in Lisbon-Cascais region (Portugal) using $\delta^{13}\text{C}$ ". AIG10, Budapest, Hungria, 22-27 Setembro.
- Ferreira, F., Carvalho, M.R., Silva, C., Almeida, C. (2011). "Variabilidade hidrogeoquímica nos aquíferos carbonatados entre Lisboa e Cascais". 8º Seminário sobre águas subterrâneas, Lisboa, 10-11 de Março.
- Fournier, R.O. (1977). "Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems". *Geothermics*, 5, pp 41-50.
- Lopo-Mendonça, J., Oliveira da Silva, M., Bahir, M. (2004). "Considerations concerning the origin of the Estoril (Portugal) thermal water". *Estudios Geológicos*, 60, 153-159.
- Marrero-Díaz, R., Costa, A., Duarte, L., Ramalho, L., Rosa, C., Rosa, D. (2013). "Principais características e limitações hidrogeológicas do Aquífero Cretácico Inferior da Região de Lisboa para o seu Aproveitamento como Recurso Geotérmico de Baixa Entalpia". ISBN: 978-989-8509-07-9, pp. 47-48.
- Ramalho, E.C., Lourenço, M.C. (2006). "As águas de Alfama – a riqueza esquecida da cidade de Lisboa". Edição Especial Boletim de Minas, 40 (1), pp. 5-24.
- Rozanski, K., Aragua's-Aragua's, L., Gonfiantini, R. (1993). "Isotopic patterns in modern global precipitation. Climate change in continental isotopic records". *American Geophysical Union. Geophys. Monogr.* 78, 1-36.



Obrigado pela atenção