

INFORMAÇÃO SOBRE RADIOACTIVIDADE DAS ÁGUAS MINERAIS PORTUGUESAS

POR

A. Herculano de Carvalho

As determinações da radioactividade das águas minerais portuguesas têm incidido sobre o teor de radão (Rn), de rádio (Ra) e de urânio (U), nada se conhecendo sobre a possível, ainda que pouco provável, presença do tório (Th) e sua emanção. Com poucas excepções, isto mesmo tem acontecido em relação com a hidrologia estrangeira.

Radão — É sem dúvida o constituinte radioactivo mais vulgar das águas portuguesas e tem sido doseado em centenas de mananciais, em muitos dos quais se encontraram concentrações relativamente elevadas. Como se sabe, trata-se de elemento gasoso, produto imediato da desintegração do rádio, que manifesta uma actividade muito intensa e, por isso, se presta a medições de grande sensibilidade. Na tabela I vão indicadas quase todas as nascentes mínero-medicinais de Portugal conhecidas com teor da Ra superior a $1 \text{ m}\mu\text{C}/1$.

Como se vê, não parece haver qualquer relação entre o teor de radão e o tipo da água, se bem que os teores mais altos se encontrem com maior frequência em águas hiposalinas. Quanto à localização, verifica-se que as maiores radioactividades se encontram do Mondego para o norte, na faixa central do país. A tabela II reúne todas as águas conhecidas com concentrações de Rn superior a $20 \text{ m}\mu\text{C}/1$.

TABELA I

Águas portuguesas com teor de Radão (Rn) > 1 m μ C/l

Nascente	Rn m μ C/l	Nascente	Rn m μ C/l	Nascente	Rn m μ C/l
<i>Carbonatadas:</i>		C. da Visitação	3,1	<i>Hiposalinas:</i>	
Vidago I . . .	4,4	Cucos . . .	11,3	Serra do Bouro .	8,1
» II . . .	10,4	Piedade . . .	3,4	Foz da Sertã . .	1,7
Salus . . .	2,4	Azenha . . .	1,6	Abrunhosa . . .	52,6
G. Alcalina . .	1,1	Estoril . . .	13,7	Caria (12 nascent.)	—
Penedo . . .	2,9	Castelo de Vide .	1,2	» Lusitana . .	30,9
Romana . . .	11,3	<i>Sulfúreas:</i>		» Milagrosa . .	36,1
Pedras Salgadas	3,5	Caldinhas . . .	2,8	» Nasc. Nova . .	46,5
D. Fernando . .	7,4	S. Paulo . . .	2,8	» Deliciosa . .	25,8
Maria Pia . . .	6,0	Eirogo . . .	4,0	» Tijela . . .	28,9
Preciosa . . .	5,6	Entre-os-Rios . .	9,0	» Esperança I .	12,1
Sabroso . . .	21,5	Felgueira . . .	25,3	» » II . . .	11,8
Bensaúde . . .	8,9	St. ^o António . . .	2,1	» P. das Almas	18,0
Campilho . . .	23,4	Cró . . .	5,2	» Favacal I . .	9,4
Monção (Anjos).	7,1	Alcáface . . .	38,1	» » II . . .	5,1
» (Saúde) . . .	6,9	S. Pedro do Sul .	3,4	» Lameirão . .	25,2
Dossães . . .	3,7	Cavaca . . .	4,8	» Marineto . .	12,6
Gerez (Bica) . .	5,8	Carvalhal (L) . .	32,5	Luso . . .	29,2
» (Ág. Novas) .	16,2	Vizela (M) . . .	18,1	Cambres . . .	18,3
<i>Cloréticas:</i>		Unhais (O) . . .	5,6	Griçhães . . .	17,5
Verride . . .	2,4	Canavezes . . .	1,8	Alardo . . .	15,6
S. Marçal . . .	6,8	Taipas (B. V.) . .	8,4	Gradouro . . .	15,0
		Caldas da Rainha .	1,0	Caldelas . . .	7,2
				Monfortinho . .	5,9

Todas as nascentes da tabela II se podem situar dentro dum triângulo que, tendo como base a linha que une Luso a Chão de Pena (Caria), tem como vértice do ângulo oposto a esta base um ponto próximo da Fonte Campilho. No triângulo estão incluídas as nossas zonas uraníferas mais importantes e na vizinhança delas se localizam as três nascentes mais radioactivas: Urgeiriça II, S. Gemil, Abrunhosa. É pois evidente a relação entre a riqueza de radão das

águas minerais e a proximidade de filões radioactivos, isto é, quando eles existem encontram-se na vizinhança águas com teor elevado de radão.

Há porém casos de águas relativamente ricas de Rn que não estão próximas de jazigos de urânio. Por exemplo, a água minero-medicinal do Estoril tem 13,7 e a de Cucos 11,3 m μ C/l.

TABELA II

Nascentes	Rn m μ C / l	Observadores
Luso (4)	29,2	(1) Egas Pinto Basto, Custódio de Moraes, Viana de Lemos.
Caria (2) (6 nascentes)	25,2-46,5	(2) Ch. Lepierre e H. de Carvalho.
Felgueira (3)	25,3	(3) H. de Carvalho e A. Pio Leite.
Urgeirica II (1)	179,0	(4) Valor encontrado por R. Couceiro da Costa em análises recente, mas que, descontando a correcção para gases dissolvidos, coincide com as numerosas determinações já feitas anteriormente.
S. Gemil (1)	63,1	
Alcáface (1)	38,1	
Abrunhosa (1)	52,6	
Carvalhal (3)	32,5	
Gonjoim (1)	35,9	
Sabroso (2)	21,5	
Campilho (2)	23,4	

Como é natural, os gases espontâneos das nascentes radioactivas contêm também radão, o que dispensa de mencionar os valores que nalguns deles têm sido determinados: se a água é radioactiva, esses gases também o são e vice-versa.

Se entrarmos em linha de conta com o caudal da nascente, podemos calcular a quantidade total de emanção de rádio fornecida, por exemplo anualmente, por alguns grupos hidrológicos. Os números a que assim se chega não são muito elevados e têm apenas uma significação bastante discutível, mas não deixam de ter interesse.

O grupo de 12 nascentes de Chão de Pena (Caria) fornece anualmente, cerca de 13,7 Curie; se somarmos as contribuições de Luso e de Abrunhosa, verifica-se que os mananciais situados na base do triângulo que imaginámos produzem por ano 22,3 Curie.

O caudal mensal de radão dissolvido corresponde escassamente à quantidade de emanção em equilíbrio com 2 g de rádio (Ra). Tomando a razão de Boltwood igual a $3,4 \cdot 10^{-7}$, valor geralmente admitido para os minérios portugueses, isso corresponderia por sua vez a 6 toneladas de urânio elemento. Para um minério com 2% de O_8U_3 , teríamos assim que a emanção que dissolvem esses mananciais seria a *totalmente produzida* por cerca de 350 t de minério de urânio desse teor. É claro que essa extracção total é pura fantasia e, na realidade, a contribuição deve ser dada por massa incomparavelmente maior de minério.

Na extremidade norte do triângulo considerado, contando com os grupos hidrológicos de Vidago e Pedras Salgadas, o caudal de radão pouco excede quatro milésimos do indicado para as nascentes da base sul do triângulo, pois não vai além de 90 milicurie por ano. Não deve porém perder-se de vista que esta circunstância resulta fundamentalmente do caudal da água ser muito menor. Há no entanto fora do triângulo, a oeste do vértice norte, um grupo de nascentes, Monção, com um caudal de água considerável; o radão dissolvido corresponde nesse grupo a cerca de 0,5 Curie por ano. Ao sul do Tejo não se conhecem nascentes com teor de radão superior a 5 m μ C/1.

Rádio — Nenhuma relação se tem encontrado entre os teores de radão e de rádio dissolvidos nas águas portuguesas e o mesmo pode dizer-se quanto às estrangeiras, não se conhecendo na literatura indicação segura de qualquer água onde a concentração de rádio (Ra) atinja valor superior a $2 \cdot 10^{-9}$ g/l, ou seja o correspondente a 2 m μ C/1 de emanção. Isto explica-se aliás pela baixa solubilidade de alguns sais de rádio, como o sulfato e o carbonato, cujos aniões existem normalmente nas águas naturais.

Algumas das primeiras determinações do teor de rádio em águas portuguesas deram valores que mais tarde não foram confirmados, tendo-se a impressão de que eles resultaram do facto das amostras de água analisadas trazerem em suspensão partículas de minério radioactivo.

Dada a concentração normal do elemento rádio nas rochas, não parece dever dar-se significação a teores de Ra inferiores a 10^{-11} g por 1 g de resíduo seco; com esta base, as nossas águas hiposalinas,

com resíduo inferior a 0,1 g/l e onde se têm achado valores de concentração de rádio da ordem de grandeza de 10^{-12} , seriam já ricas desse elemento. Mas, com os meios normalmente empregados para tal determinação, não deve depositar-se muita confiança na realidade dos factores que afectam a ordem de grandeza 10^{-12} . Mais seguro e mais sensato é partirmos do princípio de que só tem significação essas medições quando conduzem a valores superiores a 10^{-11} por litro. Nestas condições se apresenta a tabela III onde se compilaram todos os casos até hoje conhecidos.

TABELA III

Nascente	10^{-11} g Ra/l	Observador
Vidago I	159	Herculano de Carvalho
Salus.	13,6	» » »
Grande Alcalina	8,7	» » »
Penedo	6,0	» » »
Chaves	20,0	» » »
Campilho	3,5	A. Pio Leite
Caria (Marineto)	3,4	Herculano de Carvalho
Urgeiriça	1	E. Pinto Basto

Não deixa de ser estranho o verificar-se serem as águas bicarbonatadas gaso-carbónicas as mais ricas de rádio. O valor achado para Vidago I é excepcional; medições mais recentes, uma do Dr. Couceiro da Costa e outra do Eng.º A. Pio Leite, não o confirmaram, se bem que os resultados respectivos continuassem superiores a 10^{-11} g l. A questão merece ser esclarecida, mas o valor apontado na tabela III é o único que corresponde a amostra recente, especialmente colhida para o fim em vista.

Todas as outras águas portuguesas em que se tem doseado o rádio dão valores da ordem de 10^{-12} g/l.

Urânio — Poucas determinações deste elemento nas águas se

encontram referidas na bibliografia (1). O conhecido tratado «Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie» no fascículo sobre urânio da 3.^a edição (1936), menciona a tal propósito quase só os nomes de autores portugueses. Em 1929, A. Pereira Forjaz encontrou aquele elemento por via espectroscópica na água de Cambres e alguns anos antes Ch. Lepierre encontrara na água de S. Vicente (Entre-os-Rios) uma ordem de grandeza de 10^{-8} g/1.

Em 1930, examinei sobre o mesmo aspecto as águas de 5 nascentes de Caria (2), achando vestígios de urânio da ordem de grandeza de 10^{-6} g/1. Nos depósitos que se formam junto a uma das nascentes encontrei 0,03 ‰ de U.

Nada mais se sabe sobre este assunto mas também aqui não deve admirar a baixa concentração de urânio, mesmo em águas que surdem junto aos jazigos uraníferos, pois que todas as que se conhecem nessas condições têm $\text{pH} > 5$ e esta acidez não é suficiente para manter UO_2 (3) em solução.

*

* *

Para encerrar esta informação tem interêsse mencionar as nascentes conhecidas do estrangeiro que apresentam radioactividade mais alta. Extrai-se esta informação das publicações dos Drs. Pinto Basto, Custódio de Moraes e A. Viana de Lemos (4).

(1) Certamente existem trabalhos recentes sobre o assunto, que interessam, por ex. a geoquímica, mas não nos foi possível referenciá-los.

(2) Comptes Rendus, 191 (1930) pág. 95.

(3) É facto conhecido a dissolução do urânio, pela água, quando os minérios contenham sulfuretos oxidáveis.

(4) «Determinações de radioactividade em águas minerais» — Rev. Fac. Ciências da Univ. de Coimbra 1936 e 1937 — Em separatas.

	Rn m μ C / l	Ra 10 ⁻¹¹ g / l
<i>Alemanha :</i>		
Oberschlema :	4.914	—
Fonte Hindenburgo	1.092	—
» Bismarck	728	—
Brambach Wettingquelle	1,8	179,2
Heidelberg	—	110,0
Zreuznach		
<i>Checoslováquia :</i>		
Joachimstahl	máx.: 1.800	—

Ainda para comparação, indica-se que as águas dos rios apresentam normalmente uma concentração de 10^{-13} a 10^{-11} g / l de Ra e sempre menos de 1 m μ C / l de Rn.

Lisboa, Abril de 1955.

Instituto de Alta Cultura — Centros de Estudos da Energia Nuclear — Secção de Química — Instituto Superior Técnico.