

# DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO NATURAL E $^{226}\text{Ra}$ EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO FOSFÁTICA DO NORDESTE DO BRASIL

RICARDO DE ANDRADE LIMA  
BRIGITTE R. S. PECEQUILO\*  
HELEN JAMIL KHOURY  
DEN/UFPE e \*IPEN/CNEN-SP

## RESUMO

Estudos aerocintilométricos na faixa sedimentar costeira do nordeste mostraram a existência de urânio em jazidas de fosfato em uma faixa que se estende desde a costa pernambucana até a costa paraibana. Tendo em vista que na região há elevada densidade demográfica e que a água consumida pela população local é, na sua maioria, de origem subterrânea, foi realizado este trabalho com o objetivo de determinar o teor de urânio natural e de  $^{226}\text{Ra}$  presentes nas águas subterrâneas desta região. Os resultados obtidos mostraram que o teor de urânio varia na faixa de  $7,58 \pm 0,14 \text{ mBq/L}$  a  $172,2 \pm 4,5 \text{ mBq/L}$  enquanto que a concentração de  $^{226}\text{Ra}$  se situa na faixa entre  $10,8 \pm 3,4 \text{ mBq/L}$  e  $854 \pm 13 \text{ mBq/L}$ .

## INTRODUÇÃO

As rochas fosfáticas de origem marinha sempre contêm pequenas quantidades de urânio em concentrações que variam diretamente com as do fosfato. No caso das jazidas de fosfato da bacia sedimentar costeira do nordeste do Brasil as concentrações de urânio variam entre 30 e 450 ppm (1). Estas jazidas se localizam em uma faixa de largura média de 4 km que se estende de Pernambuco à Paraíba, em áreas de grande densidade demográfica. A população local abastece-se de águas que na sua maioria são de origem subterrânea.

O objetivo deste trabalho é a determinação do teor de urânio e de  $^{226}\text{Ra}$  nestas águas, uma vez que a água é a principal via de ingestão de urânio pelo homem. De fato, antigamente pensava-se que a água era uma fonte desprezível de ingestão de urânio. Entretanto, trabalhos realizados por Cothorn e Lapenbusch(2), em 1983, baseados em cerca de 2200 amostras de água potável dos Estados Unidos, mostraram que a água pode frequentemente contribuir mais que os alimentos para a ingestão de Urânio pelo homem. Segundo estes autores, os alimentos contribuem com cerca de 15% do urânio ingerido enquanto que a água contribui com os 85% restantes. Outros autores também têm apresentado resultados que reforçam a idéia de que a água é a principal via de ingestão de urânio. Segundo trabalhos realizados por Hess et alii (3), de um consumo diário de 2 L de água contendo  $74 \text{ mBq/L}$  ( $2 \text{ pCi/L}$ ) acarreta a ingestão de urânio num valor 5 a 10 vezes maior que o decorrente da sua ingestão via alimentos.

As concentrações de urânio na água variam dependendo da sua origem geológica, das condições climáticas e das características dos recursos hídricos do local. Os dados apresentados pela Agencia de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S.EPA) no seu programa de controle ambiental mostram, que a concentração encontrada em várias amostras de água potável dos Estados Unidos variou entre  $37 \text{ mBq/L}$  ( $1 \text{ pCi/L}$ ) e  $118,4 \text{ mBq/L}$  ( $3,2 \text{ pCi/L}$ ) (2). No caso do Canadá a variação da concentração de urânio em 68 estações de água superficial era de  $2,48 \text{ mBq/L}$  a  $107,3 \text{ mBq/L}$  ( $0,067$  a  $2,9 \text{ pCi/l}$ ).

Em termos de Proteção Radiológica, outro radionuclídeo importante é o  $^{226}\text{Ra}$ , que é um dos

elementos da série de decaimento do  $^{238}\text{U}$ . O descendente do  $^{226}\text{Ra}$  é o  $^{222}\text{Rn}$ , que é um gás inerte, e cuja ingestão ou inalação pode contribuir para a dose no pulmão(4). Vários trabalhos realizados (5,6) mostram que a ingestão ou inalação do radônio através da água contribui para o aumento da estimativa de risco de câncer do pulmão. As concentrações de  $^{226}\text{Ra}$ , principal isótopo do urânio natural, encontradas nas águas subterrâneas da região de fosfato da Carolina do Norte nos Estados Unidos (7) variaram entre  $0,016 \text{ Bq/l}$  e  $0,11 \text{ Bq/l}$  ( $0,43 \text{ pCi/l}$  e  $2,99 \text{ pCi/l}$ ). Em termos do Brasil, a análise de águas minerais do planalto de Poços de Caldas, realizadas pelo IRD-CNEN (8), mostraram que as concentrações de  $^{238}\text{U}$  e de  $^{226}\text{Ra}$  eram respectivamente menores que  $52 \text{ mBq/L}$  e  $4,0 \text{ mBq/L}$ .

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para este estudo foram coletadas amostras de 17 poços subterrâneos cujas profundidades variaram entre 60 e 120 m. A água destes poços é captada do aquífero Beberibe e é fonte de abastecimento de fábricas, hospitais e pequenas comunidades locais. A sua localização é próxima aos municípios de Abreu e Lima e Cruz de Rebouças, conforme mostrado na fig.1. Nesta região encontram-se áreas em que o fosfato ainda não foi extraído e áreas em que já ocorreu a extração. Os poços foram selecionados de modo a estarem localizados em ambas as áreas, conforme mostrado na fig.1. De cada poço em estudo foram coletados em recipientes de polietileno 5 litros de água, que foram acidificados com ácido clorídrico concentrado.

A concentração de urânio nas amostras foi determinada pela medida da intensidade de fluorescência por ele emitida. Para tanto, de cada amostra foram tomadas 2 alíquotas de 20 ml e o urânio foi extraído utilizando o extrator orgânico TOPO. Em seguida o urânio foi fundido a  $1000^\circ\text{C}$  em pastilhas confeccionadas com uma mistura de 2% de fluoreto de lítio e 98% de fluoreto de sódio. Após a fusão forma-se o fluoreto de urânio cuja intensidade de fluorescência foi lida em um fluorímetro Jarrel ASH 26000. A concentração de urânio na amostra é proporcional à intensidade de fluorescência lida. Esta concentração foi determinada a partir de uma curva de calibração que foi previamente obtida utilizando padrões de urânio e adotando-se o mesmo procedimento experimental.

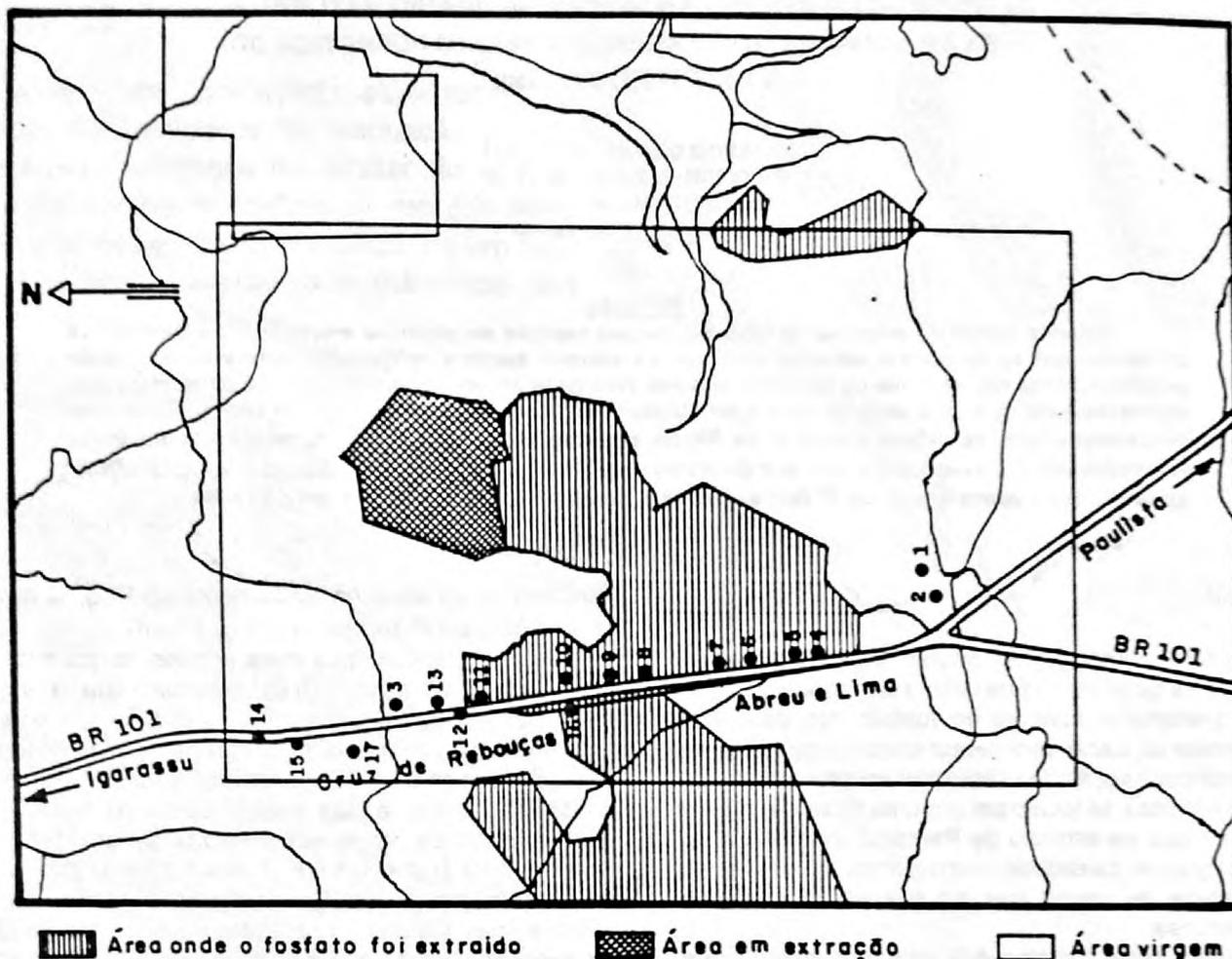


FIGURA 1 - ÁREA DE ESTUDO

Para a determinação do teor de  $^{226}\text{Ra}$  utilizou-se o método de emanção simples no qual determina-se a concentração de rádio na água através da medida do  $^{222}\text{Rn}$  que é facilmente retirado da solução por borbulhamento com ar comprimido isento de traços de Radônio(9). Neste método o rádio foi separado da solução por coprecipitação com sulfato de bário. O precipitado foi dissolvido em solução de EDTA e  $\text{NH}_4\text{OH}$  e colocado em um borbulhador. Antes de iniciar o crescimento do radônio a amostra foi borbulhada por cerca de 20 minutos a fim de eliminar traços de radônio presentes na solução. Em seguida o borbulhador foi selado e armazenado por um período de 4 dias. Após o crescimento, o radônio foi transferido através do borbulhamento de ar comprimido para a célula de Lucas e esperou-se cerca de 3 horas para que ocorresse o equilíbrio radioativo entre o radônio e seus descendentes. Em seguida a célula de Lucas foi acoplada à um sistema de detecção de cintilação e a contagem alfa total foi efetuada. A concentração do rádio nas amostras foi determinada levando-se em consideração as correções na leitura referentes ao tempo de crescimento do radônio, ao tempo de espera entre a transferência de radônio para a célula de Lucas e o início de contagem e às eficiências de contagem e de extração do rádio das amostras.

## RESULTADOS

A tabela I mostra os resultados das concentrações de urânio e  $^{226}\text{Ra}$  encontrados nas águas dos poços subterrâneos localizados na área em que o fosfato não foi extraído. As concentrações de urânio variaram entre  $9,30 \pm 0,17$  e  $172,2 \pm 4,5$  mBq/l, enquanto que para o  $^{226}\text{Ra}$  a concentração variou entre  $14,8 \pm 2,1$  e  $607 \pm 14$  mBq/l.

TABELA I - Concentrações de urânio natural e  $^{226}\text{Ra}$  encontradas nas águas de poços subterrâneos localizados em áreas em que a fosforita não foi extraída.

Posição	Urânio (mBq/L)	$^{226}\text{Ra}$ (mBq/L)
1	$34,43 \pm 0,75$	$20,6 \pm 3,0$
2	$17,63 \pm 0,38$	$14,8 \pm 2,1$
3	$172,2 \pm 4,5$	$607 \pm 14$
12	$58,7 \pm 1,3$	$486 \pm 13$
13	$17,27 \pm 0,22$	$493 \pm 11$
14	$21,58 \pm 0,38$	$84,3 \pm 5,3$
15	$9,3 \pm 0,17$	$21,1 \pm 4,9$
17	$11,57 \pm 0,48$	$29,9 \pm 3,4$

Observa-se a partir destes dados que apesar da água dos poços ser captada do mesmo aquífero há variações significativas nas concentrações dos radionuclídeos em estudo. Provavelmente isto decorre das diferenças hidrogeológicas locais.

Na tabela II são apresentados os resultados encontrados para os poços subterrâneos localizados na área em que o fosfato foi extraído. As concentrações de urânio, neste caso, variaram entre  $7,58 \pm 0,14$  mBq/l e  $148,2 \pm 2,8$  mBq/l e as do  $^{226}\text{Ra}$  variaram entre  $10,8 \pm 3,4$  mBq/l e  $854 \pm 13$  mBq/l.

TABELA II- Concentrações de urânio natural e  $^{226}\text{Ra}$  encontradas nas águas de poços subterrâneos localizados em áreas em que a fosforita foi extraída.

Posição	Urânio natural (mBq/L)	$^{226}\text{Ra}$ (mBq/L)
4	$26,16 \pm 0,87$	$84,9 \pm 4,9$
5	$11,54 \pm 0,82$	$38,5 \pm 3,4$
6	$148,2 \pm 2,8$	$854 \pm 13$
7	$45,25 \pm 0,47$	$522 \pm 11$
8	$7,58 \pm 0,14$	$15,5 \pm 2,1$
9	$25,9 \pm 1,7$	$45,0 \pm 4,8$
10	$32,39 \pm 0,89$	* ND
11	$18,6 \pm 1,0$	$10,8 \pm 3,4$
16	$36,6 \pm 1,9$	$85,8 \pm 4,1$

\*ND- Leitura não determinada

## CONCLUSÕES

Comparando-se os resultados das duas tabelas pode-se concluir que as concentrações de urânio e  $^{226}\text{Ra}$  nas águas de poços subterrâneos não apresentaram dependência significativa com relação às atividades de mineração do fosfato. Este fato pode ser explicado pelo fato de que a recarga da água do aquífero ocorre primordialmente a longas distâncias do poço de modo que modificações localizadas nas jazidas de fosforita pouco influenciam as concentrações dos radionuclídeos nos lençóis de captação.

As faixas de variação das concentrações de urânio e  $^{226}\text{Ra}$  apresentam valores similares para as águas subterrâneas de áreas de fosforita extraída e virgem. As máximas concentrações de urânio encontradas nos poços em estudo estão dentro do limite de concentração total de radionuclídeos em água, recomendado pelas normas de potabilidade de água do Ministério da Saúde o qual é de 10 pCi/l ( $370$  mBq/l) (10). Entretanto, um estudo mais detalhado deve ser efetuado com relação ao  $^{226}\text{Ra}$  uma vez que, os valores encontrados em alguns poços ultrapassam este limite.

## BIBLIOGRAFIA

1. SAAD, S. - Aspectos Econômicos do Aproveitamento de Urânio Associado aos fosfatos do Nordeste - São Paulo, Boletim CNEN, nº 7, ano 1974

2. COTHERN, C.R and LAPPENBUSH, W.L- Occurrence of Uranium in Drinking Water in U.S- Health Physics, V45, p.89 (1989)

3. HESS, C.T; MICHEL, J ; NORTON T.R; PRICHARD, H.M and CONIGLIO, W.A- The occurrence of Radioactivity in Public water Supplies in the United States. Health Physics- V48, n.5 -p.553 -586(1985)

4. MAYS, C.W; ROWLAND, R.E and STEHNEY A.F.- Cancer Risks from Lifetime Intake of Ra and U Isotopes, Health Physics, V 48, p.635-647 (1985)

5. CROSS, F.T, HARLEY, N.H and HOFMANN W.- Health Effects and Risks from  $^{222}\text{Rn}$  in Drinking Water- Health Physics, V. 48 p.649-670 (1985)

6. HESS C.T, WEIFFENBACH, C.V and NORTON S.A- Environmental radon and cancer correlations in Maine. Health Physics, V.45 p. 339-348 (1983)

7. WATSON J.E and MITSCH B.F- Ground Water Concentration of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{222}\text{Rn}$  in North Carolina Phosphate Lands- Health Physics V52, n.3 p.361-365 (1987)

8. LAURIA, D.C, GODOY, J.M- Determinação de U-238, U-234, Th-232, Th-230, Ra-228 e Ra-226 em Águas Minerais do Planalto de Poços de Caldas. Ciência e Cultura V.40, n.9 (1988)

9. Rushing, D. R, Garcia, W. J; Charts, D.A. "The Analysis of Effluents and Environmental Samples for Radium, Polonium and Uranium." Radiological Health and safety in Mining and Milling of Nuclear materials, vol II, IAEA, Vienna, 1964

10. Ministério da Saúde. Portaria n. Bsb 56/Bsb de 14 de março de 1977

## SUMMARY

Aerial surveys performed in the coastal region of the Northeast of Brazil demonstrated the presence of uranium phosphate deposits in a land strip corresponding to the Pernambuco-Paraíba sedimentary basin. In the state of Pernambuco, the area containing the phosphate deposits is located in a densely populated region. As a large fraction of the population living in this region uses water from drilled wells, this work aimed to determine the concentrations of natural uranium and  $^{226}\text{Ra}$  in groundwaters of that region. The results of water analysis showed uranium concentration ranging from  $7.58 \pm 0.14$  mBq/L to  $172.2 \pm 4.5$  mBq/L and  $^{226}\text{Ra}$  concentrations ranged from  $10.8 \pm 3.4$  mBq/L to  $854 \pm 13$  mBq/L.