

# RISCO DA INGESTÃO DE $^{222}\text{Rn}$ PELO CONSUMO DE ÁGUA DA REGIÃO FOSFÁTICA DO NORDESTE DO BRASIL

Ricardo de Andrade Lima\* e Brigitte R. S. Pecequilo\*\*

\*Departamento de Energia Nuclear - UFPE  
Av. Luiz Freire, 1000 - Cidade Universitária  
50740-540, Recife-PE-Brasil  
e-mail: ral@npd.ufpe.br

\*\*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- CNEN/SP  
Caixa Postal 11049  
05422-970, São Paulo-SP-Brasil  
e-mail:brigitte@net.ipen.br

## RESUMO

Estudos geológicos realizados na faixa sedimentar costeira do nordeste do Brasil mostraram a existência de urânio em jazidas de fosfato em uma faixa que se estende desde a costa pernambucana até a costa paraibana. Como os aquíferos locais atravessam a região fosfática, os radionuclídeos naturais podem ser lixiviados do sedimento, acarretando a sua presença na água consumida pela população. Este trabalho foi realizado com o objetivo de se determinar o risco da ingestão de  $^{222}\text{Rn}$  pelo consumo de água desta região. Os resultados obtidos, tendo por base o valor médio da concentração de  $^{222}\text{Rn}$ , referente a todos os recursos hídricos disponíveis para a população residente na área de estudo, evidenciaram um aumento de 1,25% nos casos de câncer decorrente da ingestão de  $^{222}\text{Rn}$ .

## I INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem crescido o interesse na determinação dos teores de radionuclídeos no meio ambiente, tendo em vista que a radioatividade natural é responsável por cerca de 70% da dose total recebida pela população [1]. Dentre os radionuclídeos da cadeia do  $^{238}\text{U}$ , de importância no estudo do risco na população, destaca-se o  $^{222}\text{Rn}$ , que é produzido diretamente pelo decaimento do  $^{226}\text{Ra}$ . Por ser um gás nobre, o radônio difunde-se facilmente da rocha ou solo matriz para a água, onde se apresenta em concentrações muito superiores aos dos seus antecessores na cadeia de decaimento [2].

Estudos geológicos realizados na faixa sedimentar costeira do nordeste do Brasil mostraram a existência de urânio em jazidas de fosfato em uma faixa que se estende desde a costa pernambucana até a costa paraibana [3]. Deste modo, o estudo dessa região é justificado pelo potencial de risco decorrente da presença do urânio e seus descendentes nos recursos hídricos disponíveis para a população [4].

Neste trabalho, as estimativas do risco decorrente da ingestão de radônio pelo consumo de água, foram obtidos por meio de um modelo biocinético, desenvolvido por Crawford-Brown [5].

## II METODOLOGIA

No modelo biocinético desenvolvido por Crawford-Brown, o corpo humano é dividido em compartimentos (Fig. 1) e a cada um desses compartimentos é atribuída uma taxa de dose em função do tempo inicial da ingestão.

Os valores da variação temporal da concentração de  $^{222}\text{Rn}$  para cada compartimento, foram determinados a partir de dados experimentais obtidos por Correia et al. [6] no estudo do movimento do gás inerte  $^{133}\text{Xe}$  (análogo ao radônio), no corpo humano após ingestão de aproximadamente 2mCi deste. A concentração de  $^{133}\text{Xe}$  foi determinada com detectores de cintilação colocados na parte externa do corpo.

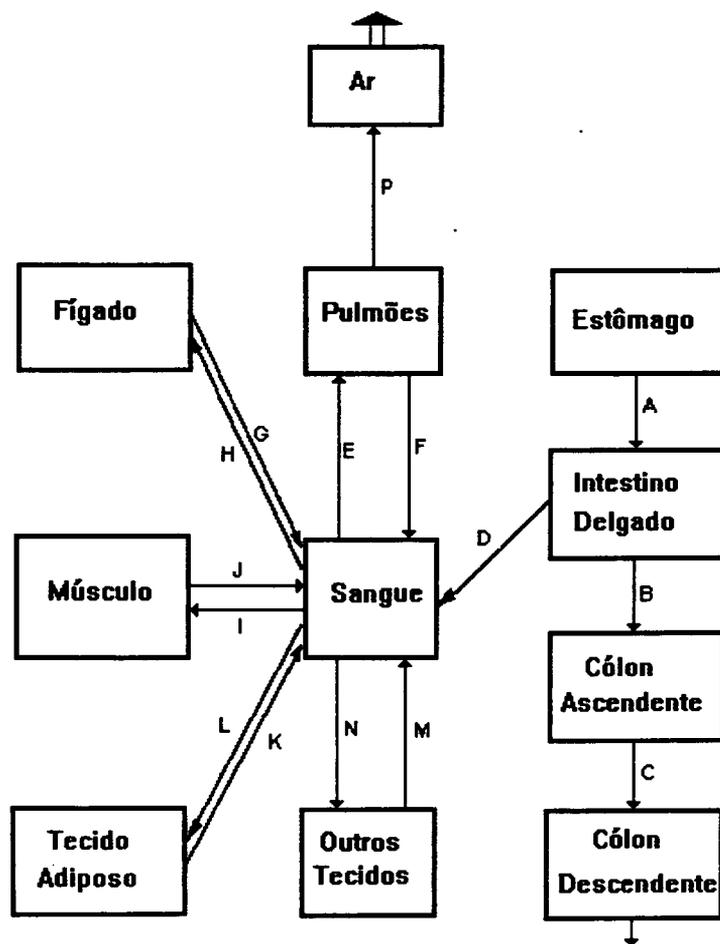


Figura 1. Modelo biocinético para ingestão do radônio desenvolvido por Crawford-Brown

No modelo admite-se que o  $^{222}\text{Rn}$  flui do sistema gastrointestinal para a corrente sanguínea chegando rapidamente ao fígado e aos pulmões. Uma parcela do radônio da corrente sanguínea é adsorvida pela água dos outros tecidos, onde fica distribuído de maneira uniforme. As concentrações na corrente sanguínea e no fígado permanecem em níveis mais elevados do que nos outros tecidos durante a permanência do fluxo de radônio do sistema gastrointestinal.

As funções de concentração por órgão, base de cálculo para a determinação da dose, obtidas no modelo, são:

Estômago:

$$C(t) = 2,5 \times 10^{-3} \times (0,998e^{-0,029t} + 0,002e^{-0,0026t}) \quad (1)$$

Intestino delgado:

$$C(t) = 2,4 \times 10^{-4} \times (0,9e^{-0,02t} + 0,012e^{-0,0045t}) \quad (2)$$

Intestino grosso superior:

$$C(t) = 1,4 \times 10^{-4} \times (0,85e^{-0,015t} + 0,15e^{-0,006t}) \times (1 - e^{-0,099t}) \quad (3)$$

Intestino grosso inferior:

$$C(t) = 3,3 \times 10^{-5} \times e^{-0,0048t} \times (1 - e^{-0,099t}) \quad (4)$$

Fígado:

$$C(t) = 3,3 \times 10^{-5} \times (0,87e^{-0,022t} + 0,13e^{-0,0039t}) \quad (5)$$

Músculos:

$$C(t) = 1,1 \times 10^{-5} \times e^{-0,0029t} \times (1 - e^{-0,023t}) \quad (6)$$

Tecido adiposo:

$$C(t) = 1,1 \times 10^{-5} \times e^{-0,005t} \times (1 - e^{-0,099t}) \quad (7)$$

Outros tecidos:

$$C(t) = 1,1 \times 10^{-4} \times (0,92e^{-0,022t} + 0,08e^{-0,0035t}) \quad (8)$$

Essas concentrações correspondem a uma ingestão de 1 Bq, no tempo inicial  $t=0$ . Os valores de tempo são expressos em minutos e todas as concentrações em  $Bq/cm^3$ . Supõe-se também na formulação do modelo, a meia vida biológica independente da idade, a densidade dos órgãos ou tecidos de  $1g/cm^3$ , adotando-se o volume dos órgãos do homem de referência da ICRP-23 [7].

A dose equivalente para determinado órgão ou tecido é dada por :

$$D_i = 19,9 \times 1,6 \times 10^{-10} \times 20 \times 60 \times A \times \int_0^t c(t)dt \quad (9)$$

Onde:

$D_i$  representa a dose equivalente em Sv para determinado órgão ou tecido e A a atividade em Bq de  $^{222}Rn$  ingerida. O valor 19,9 MeV corresponde à energia liberada pelas partículas alfas do  $^{222}Rn$  e seus descendentes de meia vida curta;  $1,6 \times 10^{-10}$  é o fator de conversão de MeV/g para Gy; 20 é o fator de qualidade para partículas alfas e 60 é o fator de conversão de minuto para segundo.

A dose efetiva é determinada pela soma dos

produtos da doses dos órgãos ou tecidos de deposição com os fatores de ponderação da ICRP-60 [8].

A estimativa da incidência do risco de câncer em decorrência da ingestão do  $^{222}Rn$  utilizando os procedimentos do modelo considera um período latente de ocorrência de câncer de 10 anos. Supõe-se uma expectativa de vida de 65 anos para a população da região [9] e adotam-se os valores da ICRP-60 para o cálculo de risco para efeitos somáticos ponderado para sexo e idade de 0,05 casos/Sv. Assim, o acréscimo de risco acumulado durante a vida é dado por:

$$RI_{Rn} = f \times t \times E \quad (10)$$

Onde:

f = fator de risco

t = 55 anos

E = dose efetiva anual

Para um tempo de vida de 65 anos, somente a ingestão de  $^{222}Rn$  durante os primeiros 55 anos é considerada capaz de induzir efeitos somáticos.

As concentrações de  $^{222}Rn$  utilizadas como base dos cálculos para a análise de risco, foram obtidas de trabalhos anteriores [10] realizados em uma sub-área representativa para o estudo proposto. Esses valores foram obtidos de 101 pontos de coleta, sendo 70 amostras do lençol freático, 18 do lençol semi-confinado e 13 de recursos hídricos superficiais, todas da região considerada.

Para determinação da ingestão anual de  $^{222}Rn$  foi adotado o consumo de 1 L diário de água [7].

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

A TABELA 1. mostra os valores da dose efetiva anual e as probabilidades de aumento da incidência de câncer em decorrência da ingestão de  $^{222}Rn$  pelo consumo das águas dos recursos hídricos disponíveis à população residente na região fosfática do nordeste do Brasil. As probabilidades médias para incidência de câncer variam de  $1,1 \times 10^{-3}$  a  $2,7 \times 10^{-3}$  e os valores máximos de  $3,8 \times 10^{-3}$  a  $3,0 \times 10^{-2}$ . Podem ser observadas variações superiores de até uma ordem de grandeza, entre os valores médios e os de máximas probabilidades da TABELA 1. Este fato pode ser explicado pela grande dispersão na distribuição dos valores das concentrações de  $^{222}Rn$  encontrados na região.

A probabilidade geral obtida na tabela 1 referente ao aumento da incidência de câncer, considerando todos os recursos hídricos disponíveis à população, corresponde a uma estimativa de 2500 casos adicionais de câncer para

uma população de 1 milhão de habitantes. Este número é relativamente pequeno e equivale a cerca de 1,25 % do

número de casos espontâneos de câncer letal [11].

TABELA 1. Valores da Dose Efetiva Anual decorrente da Ingestão de  $^{222}\text{Rn}$  das Águas e as Probabilidades da Incidência de Câncer da Região Urano-Fosfática do Nordeste do Brasil

| ORIGEM                | Dose efetiva (mSv/ano) |          | Probabilidade        |                      |
|-----------------------|------------------------|----------|----------------------|----------------------|
|                       | média*                 | máxima** | média                | máxima               |
| Lençol freático       | 1,00                   | 10,8     | $2,7 \times 10^{-3}$ | $3,0 \times 10^{-2}$ |
| Lençol semi-confinado | 0,41                   | 1,4      | $1,1 \times 10^{-3}$ | $3,8 \times 10^{-3}$ |
| Água Superficial      | 0,65                   | 2,7      | $1,7 \times 10^{-3}$ | $7,3 \times 10^{-3}$ |
| Geral***              | 0,92                   | 10,8     | $2,5 \times 10^{-3}$ | $3,0 \times 10^{-2}$ |

\* - Média aritmética das ingestões para todos os pontos de coleta.

\*\* - Ponto de coleta de maior valor de ingestão.

\*\*\* - Todos os recursos hídricos disponíveis para a população sem considerar a origem da captação.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] UNITED NATIONS. **Sources, effects and risks of ionizing radiation**. New York. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1988 (Report to the General Assembly, with annexes).
- [2] NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Health risks of radon and other internally deposited alpha emitters**. Washington, D.C. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation, 1988. (BEIR IV Report)
- [3] DUARTE, P. J. **Depósitos de fosfatos na formação Maria farinha**. Anais Soc. Biol. Pernamb., Recife, 9;37-42, 1942.
- [4] SAAD, S.; **Aspectos Econômicos do Aproveitamento do Urânio Associado aos Fosfatos do Nordeste**. Comissão Nacional de Energia Nuclear, 1974. (Boletim nº 7).
- [5] CRAWFORD-BROWN, D. J. **Cancer fatalities from waterborne radon(radon-222)**. Risk Analysis, 11(1), 1991.
- [6] CORREIA, J. A.; S. B. WEISE; R. J. CALLAHAN; AND H. W. STRAUSS. **The kinetics of ingested  $^{222}\text{Rn}$  in humans determined from measurements with  $^{133}\text{Xe}$** . Massachusetts General Hospital, Boston, MA, Unpublished Report (1987). Apud CRAWFORD-BROWN, D. J. Analysis of the health risk from ingested radon. IN: COTHERN, C. R. & REBERS, P. A., eds. **Radon, radium and uranium in drinking water**. Chelsea, Michigan, Lewis Publishers, 1990, p.17-26.
- [7] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Report of the task group on reference man**. 1975. (ICRP Publication 23).
- [8] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection**. 1991 (ICRP PUBLICATION 60).
- [9] BRUMINI, R. **Câncer no Brasil: Dados Histopatológicos**. Ministério da Saúde. 1982
- [10] LIMA, R. A. **Avaliação da dose na população da região urano-fosfática do Nordeste que utiliza os recursos hídricos da região**. São Paulo, 1996 (Tese de doutorado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, USP).
- [11] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cancer in five continents**. International Agency for research on Cancer, World Health Organization, Lion, 1982.

### ABSTRACT

Geological survey performed in the coastal region of the Northeast of Brazil showed presence of uranium phosphate deposits in a land strip corresponding to the Pernambuco-Paraíba sedimentary basin. The water consumed by the local population crosses the phosphate area and presents higher than normal concentration of uranium and its progeny. This work is aimed to determine the cancer risk, based on the rate of ingestion the  $^{222}\text{Rn}$  due to water consumption. The results of the analyses showed increments of 1,25% for cancer occurrences due to  $^{222}\text{Rn}$  ingestion for the local population.