

RISCO DA INGESTÃO DE ^{226}Ra PELO CONSUMO DAS ÁGUAS DA REGIÃO FOSFÁTICA DO NORDESTE DO BRASIL

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

*Departamento de Energia Nuclear - UFPE
e-mail: ral@npd.ufpe.br

**Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- CNEN/SP
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 ^{226}Ra pelo consumo das águas desta região. Os resultados obtidos, tendo por base o valor médio da concentração de ^{226}Ra referente a todos os recursos hídricos disponíveis para a população residente na área de estudo, evidenciaram um aumento de 7% nos casos de carcinoma de crânio e de 3% nos casos de sarcoma de osso decorrente da ingestão de ^{226}Ra .

INTRODUÇÃO

O estudo dos níveis de radioatividade ambiental em regiões consideradas anômalas tem sido abordado de forma prioritária em vários países. No nordeste do Brasil, a região costeira dos estados de Pernambuco e Paraíba é considerada anômala pela presença de altas concentrações de urânio associado ao minério de fosfato [1,2].

Os depósitos de fosfatos ocorrem geralmente em pequenas profundidades, possibilitando contato direto com as águas subterrâneas. Deste modo, o movimento das águas contribui para extrair os radionuclídeos dos sedimentos, aumentando suas concentrações na água [3]. O estudo desta região do Nordeste é justificado pelo potencial de risco decorrente da presença do urânio e seus descendentes, uma vez que a população da região dispõe unicamente destes recursos hídricos para as suas necessidades.

O ^{226}Ra , descendente do ^{238}U , é classificado como um radionuclídeo carcinogênico para os humanos, tendo sido verificado um aumento da incidência em dois tipos de câncer de ocorrência relativamente baixa: o carcinoma de crânio e o sarcoma de osso [4].

Neste trabalho, as estimativas de risco devido ao ^{226}Ra foram obtidas por meio de modelos matemáticos desenvolvidos por Rowland et al. [5] e Amaral [6], utilizando dados epidemiológicos em função da

incorporação de rádio no sangue dos trabalhadores das indústrias que usavam tintas a base de rádio em mostradores de relógios.

METODOLOGIA

O dano biológico de maior importância, correspondente a doses baixas e médias devida a incorporação interna de rádio, é o aumento de câncer nos ossos. Por esta razão, as análises de dados são direcionadas com o objetivo de estabelecer relações entre as doses e os efeitos biológicos em baixas exposições. Neste sentido, May et al. [7] e Rowland et al. [5] estabeleceram correlações lineares entre a dose e o dano biológico.

Para calcular a taxa de incidência de carcinoma de crânio, devida à assimilação do ^{226}Ra no sangue, Rowland et al. [5] consideraram um período latente mínimo de 10 anos. Segundo eles, a curva que melhor descreve o risco de indução de carcinoma de crânio é dada pela relação:

$$IA_c = 4,32 \times 10^{-10} D_c \quad (1)$$

onde:

IA_c = excesso de incidência anual de carcinoma de crânio;

D_c = quantidade de ^{226}Ra acumulada no sangue durante a vida (Bq).

Supondo uma expectativa de vida de 65 anos [8], somente a transferência de rádio durante 55 anos é considerada efetiva para induzir carcinomas de crânio, admitindo um período mínimo latente de 10 anos para esses tumores [4]. A quantidade de ^{226}Ra acumulada no sangue durante a vida (D_o) foi determinada da seguinte forma:

$$D_c = A \times B \times T_1 \quad (2)$$

onde:

A = quantidade de ^{226}Ra que passa para o sangue em Bq/dia;

B = 365 dias/ano;

T_1 = 55 anos.

O risco médio no decorrer da vida (TM_o) foi calculado levando em consideração a taxa de risco no início (zero) e final da vida; desta forma tem-se:

$$TM_c = (0 + IA_c) / 2 \quad (3)$$

Para o cálculo do risco acumulado (RC_o) é levado em consideração um período de 55 anos; assim:

$$RC_c = TM_c \times T_1 \quad (4)$$

Para calcular a taxa de incidência de sarcoma de osso, os mesmos autores verificaram que a equação que melhor descreve o risco é dada pela exponencial:

$$IA_o = 1,9 \times 10^{-10} D_o^2 e^{-0,0011 D_o} \quad (5)$$

onde:

IA_o = excesso de incidência anual de sarcoma de osso;

D_o = quantidade de ^{226}Ra acumulada no sangue durante a vida (Bq).

Para baixos valores de ingestão, a exponencial na equação (5) aproxima-se da unidade e o cálculo da incidência anual para ^{226}Ra varia com o quadrado da transferência. Em baixas doses, a incidência anual calculada para ^{226}Ra aproxima-se rapidamente de zero.

Segundo Rowland et al. [5] o ajuste mais aceitável para o risco de sarcoma de osso, devido à acumulação de pequenas quantidades de ^{226}Ra será:

$$IA_o = 2,7 \times 10^{-10} D_o \quad (6)$$

Para um tempo de vida de 65 anos, somente a ingestão de ^{226}Ra durante os primeiros 60 anos é considerada capaz de induzir sarcomas em ossos. Considerando um período mínimo latente de 5 anos, teremos:

$$D_o = A \times B \times T_2 \quad (7)$$

onde:

A = transferência de ^{226}Ra para o sangue, em Bq/dia;

B = 365 dias/ano;

T_2 = 60 anos.

O cálculo do risco médio no decorrer da vida (RC_o) segue o mesmo critério da equação (3):

$$TM_o = (0 + IA_o) / 2 \quad (8)$$

Para o cálculo do risco acumulado (RC_o) considera-se o tempo de 60 anos; assim:

$$RC_o = TM_o \times T_o \quad (9)$$

As concentrações de ^{226}Ra das águas da região fosfática, base dos cálculos para a análise de risco, foram obtidas de trabalhos anteriores [2] realizados em uma sub-área representativa para o estudo proposto. Estes valores foram obtidos de 101 pontos de coleta, sendo 70 pontos do lençol freático, 18 do lençol semi-confinado e 13 de recursos hídricos superficiais.

Para determinação da ingestão anual de ^{226}Ra foi adotado o consumo de 2 l diários de água [9] e para o cálculo da quantidade de ^{226}Ra acumulado no sangue durante a vida do indivíduo admitiu-se um fator de 21% para a absorção gastrointestinal [7].

RESULTADOS E CONCLUSÕES

A tabela I mostra os valores da ingestão anual e as probabilidades de aumento das incidências de carcinoma de crânio e sarcoma de osso em decorrência da ingestão de ^{226}Ra pelo consumo das águas dos recursos hídricos disponíveis à população residente na região fosfática do nordeste do Brasil. As probabilidades médias para carcinoma de crânio variam de $7,3 \times 10^{-6}$ a $3,3 \times 10^{-5}$ e para sarcoma de osso, de $5,5 \times 10^{-6}$ a $2,5 \times 10^{-5}$. Podem ser observadas variações superiores até uma ordem de grandeza, entre os valores médio e o de máxima probabilidade da tabela I. Este fato pode ser explicado pela grande dispersão na distribuição dos valores das

concentrações de ^{226}Ra encontradas na região.

A incidência natural, para uma expectativa de vida de 75 anos, é de 375 casos de carcinoma de crânio e 750 de sarcoma de osso por 1 milhão de pessoas [7]. Assim, o acréscimo relativo para a região é de 7% dos casos do carcinoma de crânio e de 3% dos casos de sarcoma de osso. A probabilidade geral obtida na tabela 1 referentes

aos dois tipos de câncer, considerando todos os recursos hídricos disponíveis à população, corresponde a uma estimativa de 48 casos adicionais de câncer para uma população de 1 milhão de habitantes. Este número é muito pequeno e equivale somente a 0,02% do número de casos espontâneos de câncer letal [10].

TABELA 1. Valores da ingestão de ^{226}Ra das águas e as probabilidades da incidência de carcinoma de crânio e sarcoma de osso da região urano-fosfática do nordeste do Brasil

ORIGEM	Ingestão(Bq/ano)		Probabilidade			
	média*	máxima**	carcinoma de crânio		sarcoma de osso	
			média	máxima	média	máxima
Lençol freático	243	3696	$3,3 \times 10^{-5}$	$5,1 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-5}$	$3,8 \times 10^{-4}$
Lençol semi-confinado	175	774	$2,4 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$1,8 \times 10^{-5}$	$7,9 \times 10^{-5}$
Superficial	53	246	$7,3 \times 10^{-6}$	$3,4 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-5}$
Geral***	206	3696	$2,8 \times 10^{-5}$	$5,1 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-5}$	$3,8 \times 10^{-5}$

* - 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] LIMA, R.A., PECEQUILO, B. R. S., KHOURY, H. J. Determinação da concentração de urânio natural e ^{226}Ra em águas subterrâneas da região fosfática do nordeste do Brasil. *Anais do IV Congresso Geral de Energia Nuclear*, Rio de Janeiro, 2:795-798, 1992.

[2] LIMA, R.A., Hazin, C. A., KHOURY, H. J., PECEQUILO, B. R. S. Uranium, radium and radon in groundwaters of the phosphatic region of Northeastern Brazil, Zacatecas, Mexico. 2:288-291, 1993.

[3] 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).

[4] 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).

[5] ROWLAND, R. E., STEHNEY, A. F.; LUCAS, H. F. Dose-response relationships for female radium dial workers. *Radiat. Res*, 76:368-383, 1978.

[6] AMARAL, R. S. **Dose na população da região urano-fosfática pernambucana, devida a presença de urânio e ^{226}Ra nos cultivares**. Tese de Doutorado, IPEN/ USP, São Paulo, 1994.

[7] MAY, C. W.; ROWLAND, R. E.; STEHEY, A. F. Cancer risks from the lifetime intake of Ra e U isotopes. *Health Phys.*, 48(5):635-47, 1985.

[8] BRUMINI, R. **Câncer no Brasil: Dados Histopatológicos**. Ministério da Saúde. 1982

[9] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Report of the task group on reference man**. 1975. (ICRP Publication 23).

[10] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cancer in five continents**. International Agency for research on Cancer, World Health Organization, Lion, 1982.

SUMMARY

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 local population uses the water that crosses phosphate area, with 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 ^{226}Ra due to water consumption. The results of the analyses showed increments of 7% for head sarcoma and 3% for osteosarcomas occurrences due to ^{226}Ra ingestion for the local population.