

Comparação entre métodos de calibração para monitoração *in vivo* no corpo humano

J Q de Mello, A P F Almeida, A L A Dantas, J G Hunt e B M Dantas

Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD-CNEN – Rio de Janeiro – Brasil

E-mail: bmdantas@ird.gov.br

Resumo: A determinação de emissores de fótons no corpo humano por meio de medições *in vivo* requer o uso de técnicas específicas para obtenção de fatores de calibração, que relacionam taxas de contagem e atividade presente no corpo. Neste trabalho foram comparados dois métodos de calibração de um detetor de cintilação NaI(Tl)3x3 para determinação de ^{40}K na geometria de corpo inteiro: (i) experimental, utilizando um fantoma físico-antropomórfico denominado de BOMAB e (ii) simulação matemática do fantoma e da interação dos fótons com o detetor. Os resultados obtidos demonstram a equivalência entre os métodos nas condições de geometria e energia utilizadas.

Palavras-chave: calibração, fantoma físico, monitoração *in vivo*.

Abstract: The determination of photon emitters in the human body through *in vivo* measurements requires the use of specific techniques to obtain calibration factors which correlate count rates and activities present in the body. In the present work two methods were compared for the measurement of ^{40}K in whole body geometry with a scintillation detector type NaI(Tl)3x3: (i) experimental, using a BOMAB physical anthropomorphic phantom and (ii) mathematical simulation of the phantom and the interaction of the photons with the detector. The results obtained show the equivalence between the methods in the geometry and energy conditions adopted in the experiment.

Keywords: calibration, physical phantom, *in vivo* monitoring.

1. INTRODUÇÃO

A determinação de radionuclídeos emissores de fótons de alta energia no corpo humano, através de métodos de monitoração *in vivo* requer a aplicação de técnicas específicas de calibração dos detetores visando à obtenção de fatores de calibração. Tais fatores convertem a taxa de contagem dos fótons em atividade do radionuclídeo presente no corpo do indivíduo sendo monitorado. Os fatores de calibração são obtidos experimentalmente com fantasmas físicos antropomórficos contendo

atividades certificadas dos radionuclídeos de interesse para a área de dosimetria interna ocupacional de rotina ou de acidentes (IAEA, 2004).

Um método alternativo para obter os fatores de calibração consiste na simulação matemática do fantoma e da interação dos fótons com o detetor, utilizando o Método de Monte Carlo (Hunt et al, 2000)

Este trabalho tem como objetivo comparar os fatores de calibração para medida de ^{40}K no corpo humano com detetor NaI(Tl)3x3,

utilizando o método experimental e a simulação matemática.

2. MATERIAS E MÉTODOS

2.1 Preparação do fantoma BOMAB

Para determinação do fator de calibração através do método experimental, foi utilizado um fantoma BOMAB (HML, 1990; Kramer, 1995), preenchido com solução calibrada de ^{40}K . Foram preparados, no Laboratório de Monitoração *In Vivo* do IRD (LABMIV), 80 litros de solução concentrada de cloreto de potássio comercial. Desta solução estoque,

uma amostra de 1 litro foi transferida para um recipiente de polietileno e analisada no Laboratório de Bioanálises do IRD, tendo sido determinada a atividade de ^{40}K de (2530 +/- 255) Bq/L.

O fantoma BOMAB foi então preenchido com 57,5 litros da solução estoque, perfazendo uma atividade total de 145475 Bq. O fantoma foi então posicionado na sala de monitoração de alta atividade do LABMIV do IRD, na geometria de corpo inteiro para contagem com detector NaI(Tl)3x3, conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1. Posicionamento do fantoma BOMAB para contagem com detector NaI(Tl)3x3.

2.2 Contagem do fantoma BOMAB

Foram realizadas seis séries de cinco contagens consecutivas de 30 minutos em posições adjacentes ao longo do eixo longitudinal do fantoma. As contagens foram iniciadas em um ponto localizado a 5,5 cm a partir do topo do recipiente que representa a cabeça do fantoma BOMAB, movimentando-se o suporte do detector horizontalmente 15 cm entre cada posição. Foi realizada também uma série de cinco contagens do BG (*background* da sala vazia), visando ao cálculo da taxa de contagem líquida na região de interesse do ^{40}K [Canais: 488 a 548; Energia (keV): 1374,2 a 1547,4].

Foi calculada a média de cada série de cinco contagens, e deste valor subtraído o BG médio. Os valores resultantes em cada posição foram divididos pelo tempo de contagem (1800 segundos), obtendo-se assim a taxa de contagem líquida, em cps. Os valores de cps foram divididos pela atividade de ^{40}K contida no fantoma, obtendo-se assim o fator de calibração, em cps/Bq, referente a cada posição. Este procedimento experimental consiste no método convencional para determinação do fator de calibração.

2.3 Simulação matemática

Foi utilizado o software VMC, escrito em linguagem MS-Visual Basic (Hunt, 2000), para

obtenção dos fatores de calibração através do método de simulação matemática. O software permite, entre outras funções, simular a distribuição homogênea de radionuclídeos de alta energia na geometria de corpo inteiro.

O software foi instalado em um Notebook Sony Vaio equipado com processador Intel Centrino-2 e memória RAM de 3 Gigabytes.

Foram realizadas duas séries de seis simulações variando-se a coordenada “x” correspondente à posição horizontal ao longo do eixo central do fantoma matemático. Na primeira série variou-se também a coordenada “z” (z-variável), correspondente à distância entre a face frontal do detector e a superfície do fantoma. Esta variação teve como objetivo ajustar a posição do detector de forma a compensar as diferenças entre as dimensões do fantoma matemático e o fantoma físico (BOMAB). Na segunda série de simulações, manteve-se fixa a coordenada “z” (z-fixa), variando-se apenas a coordenada “x”. As simulações com “z” variável foram executadas com um total de 10 milhões de histórias e as com “z” fixo, 50 milhões de histórias.

Tabela 1. Posicionamento do detector em relação à superfície do BOMAB.

Posição	Sessão	^a z (cm)	
		variável	fixo
1	cabeça	34,9	34,9
2	pescoço	34,3	34,9
3	tórax	36	34,9
4	tórax	36	34,9
5	tórax	36	34,9
6	quadril	37	34,9

^adistância entre a face frontal do detector NaI(Tl)3x3 e o plano base onde se apoia o fantoma.

A figura 2 representa a simulação da medição de um corpo humano contendo ⁴⁰K distribuído uniformemente, usando detector NaI(Tl)3x3.

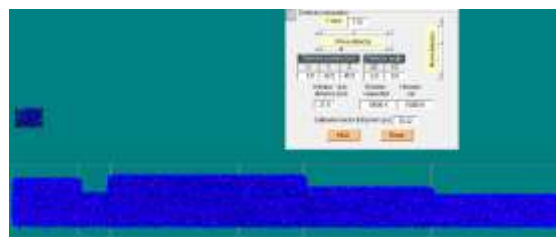


Figura 2. Simulação da medição do fantoma BOMAB contendo ⁴⁰K uniformemente distribuído. Os pontos amarelos representam as interações dos fótons por efeito fotoelétrico e os azuis o efeito Compton.

3. RESULTADOS

A tabela 2 apresenta a comparação entre os fatores de calibração obtidos com os dois métodos.

Tabela 2. Fatores de calibração do detector NaI(Tl)3x3 para medição de ⁴⁰K no corpo inteiro, obtidos pelos métodos experimental e simulação matemática.

Posição	BOMAB	FC (cps/Bq) x 10 ⁻⁵	
		z-variável	z-fixa
		VMC	VMC
1	1,04	1,28	1,55
2	1,42	2,34	2,45
3	2,13	2,70	3,12
4	2,55	2,77	3,64
5	2,74	3,69	4,05
6	2,61	3,57	3,88

A comparação entre os FCs obtidos por simulação matemática em relação ao BOMAB demonstra que a diferença entre os valores de z-variável, isto é, quando aplicada a correção entre as dimensões do fantoma matemático em relação ao físico, são menores que os valores obtidos com z-fixa.

A tabela 3 apresenta uma avaliação entre os dois métodos, tomando-se como base o parâmetro “R”, que consiste na razão entre o valor de referência de FC, obtido experimentalmente com o fantoma BOMAB, e

os valores estimados por meio da técnica de simulação matemática.

Tabela 3. Avaliação dos valores de FC obtidos por simulação, em relação valores de referência obtidos experimentalmente com fantoma BOMAB.

Posição	R (VMC/BOMAB)	
	z variável	z fixo
1	1.23	1.49
2	1.65	1.72
3	1.26	1.46
4	1.09	1.43
5	1.34	1.47
6	1.37	1.48

Entre os valores obtidos, destaca-se a posição 4, correspondente ao centro do fantoma, onde os valores de FC em ambas as simulações se aproximam mais do valor experimental de referência.

De acordo com o critério de avaliação de desempenho de ensaios, sugerido pela ANSI (1996), observa-se que, apesar das diferenças observadas entre os valores obtidos pelo método experimental e por simulação computacional, com exceção do FC na posição 2, todos os demais se encontram no intervalo de aceitação ($0,75 < R < 1,5$).

4. CONCLUSÃO

Supõe-se que as discrepâncias observadas entre os valores experimentais e teóricos se justificam por diferenças de formato nas sessões do simulador BOMAB real em relação ao simulador matemático gerado por meio do software VMC. Tais diferenças serão mais facilmente observáveis quanto mais próximo for posicionado o detector em relação ao simulador, resultando em sensíveis diferenças nos valores de FC nestas condições de medição e simulação

Por outro lado, verifica-se que o ajuste da distância entre o detector em relação à superfície do BOMAB aproxima os valores experimentais e os teóricos. Tais resultados atestam a aplicabilidade da técnica de simulação matemática para o tipo de medição estudado neste trabalho.

A utilização de tais recursos de simulação em monitoração *in vivo* permite a simulação de uma grande variedade de radionuclídeos em diferentes geometrias e detectores, o que pode vir a se tornar um método de baixo custo e fácil utilização tanto em monitoração ocupacional de rotina quanto em situações de acidentes envolvendo a exposição interna a radionuclídeos emissores gama.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American National Standards Institute, Performance Criteria for Radiobioassay, ANSI N 13.30, New York. 1996.
- Hunt, John G, Malátová, I., Fontánova, S., Dantas, B. M. Calibration of In Vivo Measurement Systems Using a Voxel Phantom and the Monte Carlo Technique. Radiation Protection Dosimetry. , v.89, p.283 - 286, 2000.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). Methods for Assessing Occupational Radiation Doses due to Intakes of Radionuclides. IAEA Safety Reports Series No. 37. 2004.
- Kramer Gary H. The Canadian Whole Body Counting Intercomparison Program: A Summary Report for 1989-1993. Health Physics, 69(4):560-565, 1995.
- Human Monitoring Laboratory. Phantoms. Technical Document. HMLTD-90-I, Ottawa, Canada, 1990