AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA COMPUTACIONAL DE ATIVIDADE DIDÁTICA COM ^{137}Cs

L. W. G. Souza*, A. P. Perini*,**,***, W. S. Santos*,** e L. P. Neves*,**

*Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB) - Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Brasil.
** Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121, 38400902 Uberlândia, MG, Brasil;
***Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN-CNEN/SP), Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, 05508-000 São Paulo, SP, Brasil.
e-mail: lucasswill@gmail.com

Resumo: Neste trabalho foram avaliadas computacionalmente as doses recebidas por oito estudantes durante um experimento com uma fonte didática de ^{137}Cs. Foi utilizado o código de Monte Carlo MCNP5 para simular o ambiente de estudo. Os estudantes foram representados por cilindros de água e posicionados em distâncias distintas em relação à fonte. Os resultados mostram que a distância entre estudantes e a fonte e a posição dos estudantes entre si são fatores que afetam as doses recebidas. Dessa forma, um planejamento da atividade experimental com base nestes resultados pode reduzir a exposição dos estudantes.
Palavras-chave: Simulação Monte Carlo, ^{137}Cs, radiação ionizante.

Abstract: *This work consists on a computational evaluation of the radiation doses absorbed by 8 students during an experimental work with a ^{137}Cs didactic source. The study environment simulations were carried out using the MCNP5 Monte Carlo code. The students were represented by water cylinders and placed in different positions from the source. The results show that student's position in relation to the source affects the received doses. Therefore, it is necessary to plan the experiment in order to reduce student's exposition.*
Keywords: *Monte Carlo simulation, ^{137}Cs, ionizing radiation.*

Introdução

As descobertas sobre a radioatividade ocorridas entre o fim do séc. 19 e início do séc. 20 não só abriram um novo campo de pesquisa na Física como trouxeram grandes impactos na medicina [1]. Atualmente, diversas técnicas como tomografia computadorizada (TC), mamografia, tomografia por emissão de pósitrons (PET) dentre outras são utilizadas diariamente no ramo médico. Dessa grande aplicação de radiação surge a necessidade de formação de profissionais multidisciplinares para o correto desenvolvimento, aplicação e monitoramento das práticas com radiação. Esses requisitos são preenchidos pelo profissional de Física Médica [2], uma área que cresce continuamente no Brasil.

Durante a formação, o estudante de Física Médica adquire conhecimentos em Física, Química, Biologia dentre outras áreas que o possibilita a compreensão de toda a dinâmica dos processos de interação da radiação com a matéria. Esta formação sólida e integrada é possibilitada pela integração da aprendizagem teórica e prática. No início do curso o estudante participa de atividades experimentais que solidificam o conhecimento dos conceitos fundamentais da Física Nuclear e que são utilizados nos hospitais [2].

O estudo de fontes radioativas didáticas permite tanto o desenvolvimento do conhecimento de física quanto das práticas de segurança que devem ser adotadas no manuseio destes materiais. Uma das fontes comumente utilizadas é o gerador de isótopos de ^{137}Cs/^{137m}Ba produzida pela *Phywe* para estudo do tempo de meia vida de isótopos. Nesta fonte ocorre o decaimento β (0,512 MeV) do ^{137}Cs em ^{137m}Ba e o decaimento γ (0,617 MeV) do ^{137m}Ba em ^{137}Ba com uma atividade de 400 kBq. No passado, o ^{137}Cs era utilizado para tratamento de tumores através da técnica de teleterapia, contudo foi substituído pelas fontes de ^{60}Co e por aceleradores lineares que são mais eficientes e mais seguros. No Brasil, o acidente com ^{137}Cs foi um dos grandes motivadores pelo desuso deste elemento em teleterapia [3].

Do ponto de vista pedagógico, a atividade laboratorial com o ^{137}Cs permite uma abordagem contextualizada do ensino de Física Médica envolvendo fatores técnico-científicos, econômicos e ambientais favorecendo a formação sólida do estudante.

Mesmo sendo uma fonte didática, a avaliação das doses recebidas pelos estudantes durante um experimento com ^{137}Cs pode auxiliar no planejamento da atividade para que a exposição seja reduzida. Além disso, esta avaliação tem o potencial de envolver os estudantes em uma situação prática de proteção radiológica. Os custos de aquisição e leitura de dosímetros e objetos simuladores de corpo inteiro são barreiras para uma avaliação dosimétrica experimental,

sendo uma opção a utilização da Simulação de Monte Carlo (MC) que tem se mostrado eficiente em dosimetria [4].

Neste contexto, este trabalho apresenta a avaliação dosimétrica computacional com o código *Monte Carlo N-Particle* versão 5 (MCNP5) de uma atividade experimental com fonte de ^{137}Cs. Pretende-se obter dados para melhor planejamento da atividade e potencializar o engajamento dos estudantes.

Materiais e métodos

Foi utilizado o código de transporte de radiação MCNP5 para simular o cenário de atividade experimental com gerador de ^{137}Cs (Figura 1). Este código possibilita a simulação da interação de fótons, nêutrons e elétrons com a matéria em geometrias tridimensionais construídas computacionalmente [4].

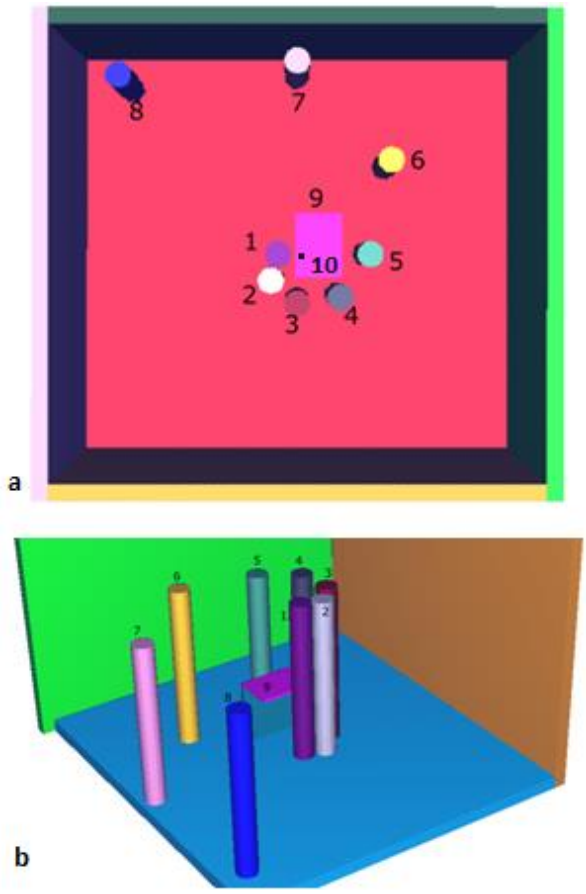


Figura 1: a) Visão superior do cenário de experimento com ^{137}Cs. Os estudantes (1-8) estão separados da fonte (10) posicionada sobre a mesa (9) por distâncias distintas, b) visão superior lateral do cenário. Paredes e teto foram suprimidos para melhor visualização do cenário.

O cenário montado no arquivo de entrada (Figura 1a e Figura 1b) do código MCNP5 consiste de um gerador de ^{137}Cs sobre uma mesa de madeira localizada no centro de uma sala com dimensões 2,70x2,44x3,10 m^3 com paredes de concreto de 13 cm de espessura. O gerador foi modelado como uma fonte isotrópica pontual emissora de partículas β (0,512 MeV) e raios γ (0,617 MeV). Os estudantes foram representados por 8 cilindros de água de 1,65 m de altura e 14 cm de raio, localizados em distâncias distintas em relação à fonte como mostrado na Tabela 1. A composição de todos os materiais foi obtida da literatura [5]. A energia depositada sobre os estudantes foi calculada empregando-se o *tally* F6 (MeV/g/particle) do código MCNP5.

Tabela 1: Distância dos estudantes em relação à fonte.

Estudante	Distância (cm)
1	5
2	20
3	30
4	40
5	50
6	100
7	150
8	200

Resultados

Com o objetivo de reduzir as incertezas estatísticas inerentes ao método de Monte Carlo foram simuladas 1x10^9 histórias. Os resultados da simulação do cenário de exposição ao ^{137}Cs durante o experimento estão apresentados na Tabela 2. Para facilitar a análise, os dados foram normalizados em relação ao maior valor encontrado na simulação (empregando o *tally* F6) $D = 13{,}051x10^{-16}\, MeV/g/particle$ que foi obtido pelo estudante 1.

Tabela 2: Dose relativa recebida por cada estudante.

Estudante	Dose relativa [%]
1	100
2	37,54
3	44,79
4	25,35
5	35,56
6	8,40
7	0,88
8	0,93

Discussão

Os resultados da Tabela 2 mostram que, como esperado, o estudante 1 recebe a maior dose. Isso é explicado pela sua maior proximidade em relação à

fonte como visto na Tabela 2. A quantidade de radiação que um indivíduo recebe é inversamente proporcional ao quadrado da distância em relação à fonte, assim quanto maior a proximidade, maior a exposição [6]. Observa-se que a dose recebida pelo estudante 3 é superior à do estudante 2 que está mais próximo da fonte. Isso se deve ao efeito de blindagem parcial proporcionado pela posição do estudante 1 em relação ao estudante 2, como visto na Figura 1a. Dessa forma, parte da radiação é absorvida pelo estudante 1 e não chega ao estudante 2.

O espalhamento da radiação ao interagir com cada estudante também deve ser considerado nesta análise, principalmente em relação aos estudantes 1, 3, 4 e 5 que estão próximos a fonte e não são parcialmente blindados como o estudante 2. Os valores inferiores referentes aos estudantes 6, 7 e 8 são decorrentes de sua maior distância em relação à fonte, como discutido anteriormente. Além da distância, o maior volume de ar entre estes estudantes e a fonte oferece uma barreira ao atenuar parte da radiação.

Os resultados indicam que, para reduzir a exposição à radiação durante o experimento com ^{137}Cs deve se reduzir o tempo em que há maior proximidade entre os estudantes e a fonte. Assim, deve ser elaborado previamente um plano de estudos detalhando os procedimentos a serem seguidos com o intuito de reduzir o tempo de duração das operações que necessitam de proximidade com a fonte. Outra medida cabível é se posicionar atrás de paredes e objetos que possam oferecer blindagem aos raios γ e β quando possível. Quando a atividade envolver um grupo, como neste trabalho, as tarefas devem ser divididas de forma a minimizar o tempo de exposição de cada indivíduo.

É importante ressaltar que a fonte utilizada é segura para este tipo de atividade, contudo todos os esforços devem ser considerados com o intuito de reduzir a exposição à radiação ionizante.

Conclusão

Neste trabalho são apresentados os resultados da avaliação computacional das doses de radiação recebidas por oito estudantes, durante um experimento com o emprego de uma fonte de ^{137}Cs. Foi utilizado o código de transporte de radiação MCNP5 para simular um ambiente de laboratório de ensino de Física das Radiações. Os estudantes foram posicionados com distâncias distintas em relação à fonte. Os resultados mostram que a proximidade com a fonte e a posição dos estudantes entre si são fatores que determinam as doses na geometria simulada. Com o intuito de se reduzir a exposição à radiação ionizante deve se elaborar um plano de trabalho detalhando as atividades durante o experimento.

Agradecimentos

Apoio Financeiro: FAPEMIG (Projetos nº APQ-02934-15 e APQ-03049-15) e CNPq (Projetos nº 420699/2016-3, 421603/2016-0 e 168947/2017-0). O autor Lucas Wilian Gonçalves de Souza atualmente é bolsista de mestrado da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Referências

[1] Xavier A. M et al. Marcos da História da Radioatividade e Tendências Atuais. Química Nova.2007; 30 (1): 83–91..

[2] Gibson A. P., Cook E., e Newing A..Teaching Medical Physics. Physics Education.2006; 41(4): 301–306.

[3] Okuno E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. Estuddos Avançados. 2011; 27(77): 185–200

[4] X-5 Monte Carlo Team. MCNP - A General N-Particle Transport Code, Version. 2008.

[5] Williams R. G., Gesh C. J., and Pagh R. T. Compendium of Material Composition Data for Radiation Transport Modeling, Richland, WA. 2006.

[6] E. Okuno and E. M. Yoshimura. Física das Radiações Ionizantes. São Paulo: Oficina de Textos; 2010.