

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MONTE CARLO PARA AVALIAÇÃO DE UMA CÂMARA DE IONIZAÇÃO TIPO LÁPIS ESPECIAL

D. S. C. Mendonça*, L. P. Neves** **, W. S. Santos* **, W. Belinato***, L. V. E. Caldas** e A. P. Perini*

*Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia (INFIS/UFU), Caixa Postal 593, 38400-902, Uberlândia, MG, Brasil

** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN/CNEN-SP), 05508-000, São Paulo, SP, Brasil

***Departamento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista, Zabelê, 45030-220, Vitória da Conquista, BA, Brasil
e-mail: dalila.fismed@gmail.com

Resumo: Uma câmara de ionização tipo lápis especial, foi avaliada para determinar a influência de seus componentes em sua resposta, para feixes padrões diretos de raios X. Para este propósito, empregou-se o método de Monte Carlo e um espectro padrão de radiodiagnóstico (RQR5). Os resultados obtidos mostram que, embora, esta câmara de ionização tipo lápis tenha sido fabricada para dosimetria de tomografia computadorizada, ela também pode ser empregada para dosimetria de feixes padrões de radiodiagnóstico. Isto se deve ao fato de que não houve influência significativa dos componentes da câmara de ionização na sua resposta, quando esta foi irradiada com feixes de radiodiagnóstico.

Palavras-chave: Câmara de ionização, simulação de Monte Carlo, feixe padrão de radiodiagnóstico.

Abstract: *A special pencil ionization chamber was evaluated to determine the influence of its components in its response, to standard diagnostic radiology beams. For this purpose, we used the Monte Carlo method and a standard diagnostic radiology spectrum (RQR5). The results showed that although this pencil ionization chamber has been made for computed tomography dosimetry, it can also be used for dosimetry in diagnostic radiology. This is due to the fact that there was no significant influence of the components of the ionization chamber in its response when it was irradiated with diagnostic radiology beams.*

Keywords: *Ionization chamber, Monte Carlo simulation, standard- diagnostic radiology beam.*

Introdução

Os raios x foram descobertos em 1895 por Wilhelm Conrad Röntgen, e desde então seu uso tem sido empregado em exames de diagnóstico. Com o passar do tempo, surgiu a necessidade de avaliar as doses de radiação envolvidas nestes exames, a fim de evitar os riscos provenientes das doses de radiação absorvidas pelo paciente. A determinação da dose absorvida é importante não somente para fins de proteção

radiológica, mas também por estar relacionada à otimização da qualidade da imagem nos procedimentos de diagnóstico.

O primeiro método de determinação de dose foi o eritema induzido pela radiação. Em 1908, Paul-Ulrich Villard propôs uma nova técnica para determinação de dose que se baseava na ionização gerada no ar em condições normais de temperatura e pressão. Este conceito de determinação de dose foi adotado no Segundo Congresso Internacional de Radiologia, em 1928, e tem sido utilizado na dosimetria em medicina desde a sua criação [1].

Um dosímetro bastante utilizado em dosimetria das radiações é a câmara de ionização tipo lápis. Esta câmara de ionização foi desenvolvida especialmente para dosimetria em tomografia computadorizada (TC) e, para esse fim, ela possui uma configuração especial e algumas propriedades particulares. Não é comum utilizar a câmara de ionização tipo lápis em dosimetria de feixes padrões de radiodiagnóstico, porém é possível encontrar na literatura alguns trabalhos, como o de Maia e Caldas [2], que mostram o bom desempenho de uma câmara de ionização tipo lápis comercial para vários feixes de radiação, incluindo feixes padrão de radiodiagnóstico.

No Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP) foi desenvolvida uma câmara de ionização tipo lápis, com comprimento do volume sensível de 1,0 cm, e com algumas diferenças em relação às câmaras de ionização comerciais. Estas diferenças estão relacionadas ao material que ela foi constituída e à disposição geométrica de seus componentes. Esta câmara de ionização já foi avaliada para dosimetria de feixes padrões de TC, com resultados dentro das normas internacionais [3,4].

O objetivo deste trabalho foi caracterizar esta câmara de ionização tipo lápis especial, utilizando o código de monte Carlo MCNP-4C [5], avaliando a influência de seus componentes em sua resposta para feixes padrões de radiodiagnóstico. Esta avaliação é importante, pois além destas câmaras serem produzidas nacionalmente, utilizando materiais de baixo custo, seu

uso poderá ser estendido para feixes de radiação diferente dos feixes de TC, o que ajudará hospitais e clínicas que possuem apenas este tipo de câmara de ionização a fazer melhor uso dela.

Materiais e métodos

A câmara de ionização tipo lápis caracterizada neste trabalho, foi desenvolvida no IPEN e possui características diferentes das câmaras de ionização comerciais. A Figura 1 mostra esta câmara de ionização, e suas características são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características da câmara de ionização tipo lápis.

Componentes	Especificações
Material do eletrodo coletor	Alumínio
Material da parede	PVC com uma camada de grafite
Diâmetro do eletrodo coletor	1,22 mm
Diâmetro do interior da câmara de ionização	6,72 mm
Espessura da parede	0,26 mm
Comprimento do volume sensível	10,00 mm
Tipo de conector	BNC
Volume sensível	0,34 cm ³

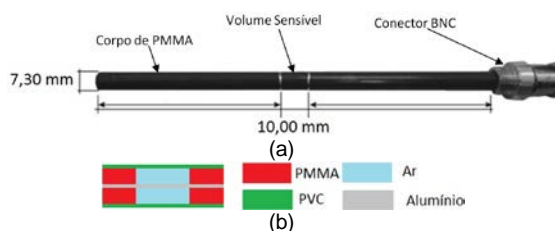


Figura 1: Câmara de ionização tipo lápis avaliada neste trabalho (a) e esquema do volume sensível, com os materiais constituintes (b). Figura modificada de [3].

Foi utilizado o código de Monte Carlo MCNP-4C [5] para simular esta câmara de ionização tipo lápis. Este código permite simular o transporte de diferentes radiações ionizantes. A câmara de ionização foi simulada com base em suas dimensões reais, apresentadas na Tabela 1, incluindo os materiais que cada componente é constituído. Seus principais componentes são: parede de PVC, eletrodo coletor de alumínio, corpo de PMMA e conector BNC.

Durante as simulações, foi empregado um espectro de radiodiagnóstico convencional, fornecido pelo Laboratório Padrão Primário da Alemanha *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (PTB) [6]. Este espectro foi

adquirido no PTB em um equipamento de raios X da marca Yxlon, que opera até 450 kV, a uma distância de 100,0 cm do ponto focal do tubo de raios x. Esta é a mesma distância utilizada durante as simulações. Este espectro é referente à qualidade de referência RQR5 e suas características são: tensão no tubo de 70 kV, camada semirredutora com 2,58 mmAl e taxa kerma no ar de $37,88 \pm 0,32$ mGy/min [7].

Para avaliar a influência dos componentes da câmara de ionização tipo lápis em sua resposta, determinou-se a razão entre as energias depositadas no volume sensível da câmara de ionização sem o componente em estudo e a câmara de ionização completa. Para determinar a energia depositada no volume sensível, sem o componente em estudo, o material que constitui este componente foi substituído por ar, o mesmo ar que rodeia a câmara de ionização. Para o estudo do material da parede, o PVC foi substituído por PMMA e avaliou-se a razão entre as energias depositadas com estes materiais diferentes da parede.

O número de histórias simuladas foi de $2,1 \times 10^9$, e a energia depositada foi obtida utilizando o *tally* F6.

Resultados

A câmara de ionização tipo lápis completa, simulada no código de Monte Carlo MCNP-4C, é apresentada na Figura 2.

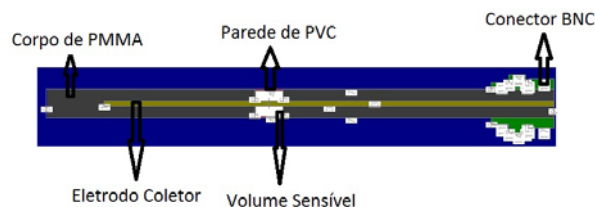


Figura 2: Geometria da câmara de ionização tipo lápis empregada nas simulações com seus principais componentes.

Ao substituir os componentes a serem avaliados por ar, exceto a parede de PVC que foi substituída por PMMA, determinou-se a razão entre as energias depositadas no volume sensível da câmara de ionização, sem o componente a ser avaliado, e a câmara de ionização completa. Estes resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Influência dos componentes da câmara de ionização tipo lápis em seu volume sensível, considerando a qualidade de radiação RQR5.

Componente estudado	Razão entre as energias depositadas
Eletrodo coletor	1,02
Conector BNC	1,00
Corpo de PMMA	0,98
Parede de PVC substituída por PMMA	1,06

Discussão

Os dados apresentados na Tabela 2 mostram a influência dos componentes da câmara de ionização tipo lápis em sua resposta, quando submetida a um feixe padrão de radiodiagnóstico.

Da Tabela 2 é possível observar que o conector BNC não apresentou influência na resposta da câmara de ionização. Este fato é importante, pois este conector é colocado junto à câmara de ionização, o que difere das câmaras de ionização comerciais, em que o conector é ligado à câmara de ionização através de um cabo. A influência do corpo de PMMA também foi insignificante.

Também pode-se observar que o eletrodo coletor de alumínio tem influência na resposta da câmara de ionização. Isto está relacionado ao fato de que os elétrons de recuo e os fotoelétrons, produzidos por interações de fótons com o eletrodo coletor de alumínio, contribuírem com a energia depositada em seus volumes sensíveis.

A parede de PMMA no lugar de PVC apresentou a maior influência entre as energias depositadas no volume sensível. Esta influência está relacionada à diferença dos números atômicos destes materiais.

Conclusão

Neste trabalho, foi avaliada uma câmara de ionização tipo lápis, onde foi determinada a influência de seus componentes em sua resposta. Uma das motivações deste trabalho está relacionada ao fato de que estas câmaras de ionização são comumente aplicadas em dosimetria de TC e seria de grande importância ampliar seu uso para dosimetria de feixes de radiodiagnóstico, principalmente para hospitais e clínicas que podem possuir apenas este tipo de câmara de ionização. Outra motivação é que esta câmara foi desenvolvida no Brasil pelo IPEN, utilizando materiais de baixo custo e possui algumas diferenças das câmaras de ionização tipo lápis comerciais. No estudo realizado neste trabalho, foi possível observar que a maior influência encontrada foi na substituição da parede de PMMA, que constitui a maioria das câmaras de ionização comerciais, por PVC. Esta influência é pequena, o que nos permite concluir que esta câmara de

ionização tipo lápis é uma boa alternativa para dosimetria em radiodiagnóstico.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio financeiro das seguintes agências: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Projeto nº. APQ-03049-15), CAPES (Projeto Pro-Estratégia no. 1999/2012), CNPq (Projetos no. 501857/2014-1 e 157593/2015-0) e INCT (Projeto INCT Metrologia das Radiações em Medicina).

Referências

- [1] Dewerd LA e Wagner LK. Characteristics of radiation detectors for diagnostic radiology. *Applied Radiation and Isotopes*. 1999; 50 (1): 125–136.
- [2] Maia, AF e Caldas LVE. Performance of a pencil ionization chamber in various radiation beams. *Applied Radiation and Isotopes*. 2003; 55 (5): 595–601.
- [3] Perini, AP, Neves, LP, Vivolo V, Xavier, M, Khoury, HJ, Caldas, LVE. Characterization of a CT ionization chamber for radiation field mapping. *Applied Radiation and Isotopes*. 2012; 70: 1300–1303.
- [4] Perini, AP, Neves LP, Fernández-Varea, JM, Büermann, L, Caldas, LVE. Evaluation and simulation of a new ionization chamber design for use in computed tomography beams. *IEEE Transactions on Nuclear Science*. 2013; 60(2): 768–773.
- [5] Briesmeister, JF, 2000. MCNPTM - A general Monte Carlo N - particle Transport Code, Version 4C. Los Alamos National Laboratory Report LA - 13709-M.
- [6] Büermann, L. PTB Radiation qualities for calibration of secondary standards. 2012. Disponível em: <http://www.ptb.de/en/org/6/62/625/pdf/strhlq.pdf>.
- [7] IEC, 2005. International Electrotechnical Commission. Medical diagnostic X-ray equipment – Radiation conditions for use in determination of characteristics, Standard IEC 61267, Geneva.