

25 - 29 SEPTEMBER, 2017

CONVENTION CENTER
GOIÂNIA, BRAZIL

Sharing Experiences



Estudo da distribuição de dose para radiografia de tórax utilizando o modelo computacional ALDERSON/EGSnrc

B. C. Muniz^a; C. J. M. Menezes^b

^a *Laboratório de Dosimetria Numérica, Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 50740-540, Recife-PE, Brasil*

^b *Laboratório de Física Médica, Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste, 50730-120, Recife-PE, Brasil*
bianca.cm95@gmail.com

RESUMO

A dosimetria numérica utiliza Modelos Computacionais de Exposição (MCE) para realizar estudos de dose em situações de exposições à radiação sem a necessidade de que indivíduos sejam expostos. Os MCE são compostos essencialmente por um algoritmo simulador da fonte radioativa, um código Monte Carlo, e um fantoma de voxels representando a anatomia humana. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo da distribuição de dose na região torácica em exames de radiografia utilizando o MCE ALDERSON/EGSnrc. Para tanto, foram realizadas simulações virtuais empregando técnicas do Método Monte Carlo para cálculo de dose no simulador de voxels representativo da região torácica. Os resultados obtidos demonstram que a maior parte da energia do feixe foi depositada no esqueleto para todas as técnicas radiológicas simuladas, enquanto frações menores foram depositadas nos pulmões e no tecido mole. Por exemplo, na tensão de 90 kV tem-se que 14% da energia foi depositada no meio ósseo, enquanto pulmões e tecido mole recebem apenas 5 e 3%, respectivamente. Conclui-se então que o MCE ALDERSON/EGSnrc pode ser utilizado para estudos da distribuição de dose em radiografias de tórax utilizadas na prática de radiodiagnóstico, otimizando assim dose absorvida no paciente em exames clínicos.

Palavras-chave: Dosimetria numérica, Método Monte Carlo, Radiodiagnóstico.

1. INTRODUÇÃO

Para a dosimetria numérica, a construção de Modelos Computacionais de Exposição (MCE) ocorre com a finalidade de realizar simulações virtuais e estudos da distribuição de dose em situações de exposição à radiação sem que indivíduos sejam expostos. Os MCE são compostos, fundamentalmente, por um fantoma de voxels que simula a geometria a ser irradiada, um algoritmo para simular a fonte radioativa e um código Monte Carlo (MC) que simula o transporte e interação da radiação com a matéria e também estima a energia depositada no meio [1].

O fantoma físico Alderson-Rando simula um adulto feminino sem os membros superiores e inferiores e o mesmo possui três meios principais de diferentes densidades, o esqueleto, o material simulador do tecido pulmonar e o material que o envolve, semelhante quimicamente e fisicamente ao tecido mole [2]. A *International Commission on Radiological Protection* em sua publicação 110 [3] recomenda que o fantoma de voxels seja obtido a partir de imagens tomográficas ou de ressonância magnética, pois reproduzem imagens mais realistas da anatomia humana. Portanto, o fantoma de voxels utilizado neste trabalho foi gerado a partir de imagens de tomografia computadorizada (TC) do fantoma físico Alderson-Rando [4], que dentre os fantomas antropomórficos existentes é o mais conhecido e universalmente aceito como opção para simular o corpo humano [5]. O fantoma foi acoplado ao código MC EGSnrc a partir do MCE *Fash STANDING* (FSTA), um dos MCE completos disponibilizados pelo Departamento de Energia Nuclear (DEN) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em *caldose.org* [6]. O código MC EGSnrc é baseado em técnicas estatísticas para simulações com elétrons e/ou fótons de energias entre 1 keV e 10 GeV por meio de sequência de números aleatórios [7].

Este trabalho apresenta o estudo da distribuição de dose no MCE formado pelo simulador de voxels Alderson-Rando, e o código Monte Carlo EGSnrc para os três meios principais do fantoma.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o acoplamento, as imagens tomográficas do fantoma físico foram inicialmente obtidas no formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM), e então convertidas para o

formato JPEG por meio do *software* RadiAnt DICOM Viewer [8]. Foram assim agrupadas em uma pilha de imagens *.sgi, onde passaram por uma série de filtragens não-lineares medianas e segmentações para que cada meio fosse definido por um único identificador. Para então ser convertida em um arquivo de texto (extensão *.data) a ser lido no EGSnrc. Todas estas etapas foram realizadas utilizando o *software* Digital Image Processing (DIP), disponibilizado pelo Grupo de Dosimetria Numérica (GDN) em dosimetrianumerica.org/ [9].

Além do fantoma, o MCE é composto de outros diversos arquivos de texto que necessitam ser modificados com as informações do fantoma e do arranjo a ser simulado. Tal como o arquivo *.pegs4dat com as densidades e a composição química dos meios presentes no fantoma; o *.make e o makefile que recebem alterações com o nome do MCE; e o código principal (*.mortran), que inclui lista dos meios e órgãos presentes no fantoma, referenciados no código pelas variáveis MEDARR e CORG, respectivamente. Estas listas são correlacionadas com as densidades fornecidas na biblioteca das seções de choque por RHO. Informações como o nome, a quantidade de fatias, e as dimensões externas do arquivo que contém o simulador, também devem ser informadas no código principal. Por fim, na chamada individual de cada órgão/tecido (CASE) está presente os meios e a composição do simulador, sendo o IVOXMED correspondente ao meio e o IVOXORG correspondente aos valores de CORG. Para as simulações o arquivo de entrada *.egsinp recebeu informações adicionais que caracterizam as dimensões dos voxels da geometria, posição da fonte, a largura e a altura do campo irradiado, o tipo da fonte, a energia inicial e tipo de radiação que está sendo emitida pela fonte, assim como o número de histórias e o número do espectro.

O MCE foi então utilizado para simular radiografias de tórax, em projeção PA variando as tensões (90 kV; 96 kV; 102 kV; 109 kV e 117kV), enquanto se manteve a filtração de 2,5 mmAl e o material do ânodo de tungstênio, a fim de se obter as razões de dose absorvida/kerma incidente no ar (D/INAK) em cada um dos meios do fantoma.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme pode ser observado na Tabela 1, o estudo de distribuição da dose foi realizado para os três meios da geometria, obtendo-se as razões de dose absorvida/kerma incidente no ar (D/INAK)

para a projeção posteroanterior com cinco tensões simuladas. As simulações evidenciam que a maior parte da energia do feixe foi depositada no esqueleto com aproximadamente 13,6% para 80 kV e alcançando cerca de 18,4% em 120 kV, enquanto os pulmões variaram em torno de 4,9% a 7,6% e o tecido mole de 3,2% a 4,3% para as mesmas tensões.

Tabela 1: Razões de dose absorvida/kerma incidente no ar (D/INAK) para as diferentes tensões.

| Tensões (kV) | D/INAK (Gy/Gy) | | |
|-----------------|----------------|------------|-------------|
| | Esqueleto | Pulmões | Tecido Mole |
| 80 | 1,3568E-01 | 4,8924E-02 | 3,1898E-02 |
| 90 | 1,4147E-01 | 5,2329E-02 | 3,3299E-02 |
| 100 | 1,5807E-01 | 6,0066E-02 | 3,6741E-02 |
| 110 | 1,7226E-01 | 6,7212E-02 | 3,9936E-02 |
| 120 | 1,8422E-01 | 7,3808E-02 | 4,2890E-02 |

4. CONCLUSÕES

Concluindo dessa forma a eficácia do MCE ALDERSON/EGSnrc para o estudo da distribuição de dose em radiografias de tórax utilizadas na prática de exames radiodiagnósticos, igualmente a otimização e estudo podem acontecer para outros exames de estruturas presentes no ALDERSON-RANDO, como radiografia de crânio e coluna. Além dos meios já presentes no fantoma de voxels utilizado, outras estruturas podem ser incluídas como, por exemplo, órgãos e dosímetros termoluminescentes e/ou semicondutores para medição das doses em órgãos, dessa forma ampliando as possibilidades de novos trabalhos para diferentes situações de exposição à radiação.

5. AGRADECIMENTO

Agradecemos ao CNPq/CNEN, ao CRCN-NE/CNEN e ao IFPE (Campus Recife).

REFERÊNCIAS

1. VIEIRA, J. W. **Construção de um modelo computacional de exposição para cálculos dosimétricos utilizando o código Monte Carlo EGS4 e fantasmas de Voxels**, Tese de Doutorado, DEN-UFPE, Recife-PE, Brasil, 2004.
2. OLIVEIRA, F. L. de. **Avaliação dosimétrica de propostas de planejamento radioterápico para tratamento de mama e próstata**, Tese de Doutorado, DEN-UFPE, Recife-PE, Brasil, 2015.
3. ICRP, 2009. **Adult Reference Computational Phantoms**. ICRP Publication 110. Ann. ICRP 39 (2).
4. ALDERSON, S. W.; LANZL, L. H.; ROLLINS M.; SPIRA J. Am. J. Roenrgenol. 87 185-95, 1962.
5. SANTOS, A. M. **Desenvolvimento de um modelo computacional para cálculos de dose absorvida em órgãos e tecidos do corpo humano nas situações de exposições acidentais**, Tese de Doutorado, DEN-UFPE, Recife-PE, Brasil, 2006.
6. CALDose. Disponível em: <<http://www.caldose.org>>. Acesso em: 23 de jun. 2017.
7. KAWRAKOW, I.; MAINEGRA-HING, E.; ROGERS, D. W. O. TESSIER, F., WALTERS, B. R. B., **The EGSnrc Code System: Monte Carlo Simulation of Electron and Photon Transport**, NRCC Report PIRS-701, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, 2015.
8. RadiAnt DICOM Viewer. Disponível em: <www.radiantviewer.com>. Acesso em: 27 de jun. 2016.
9. VIEIRA, J. W.; LIMA, F. R. A. **A software to digital image processing to be used in the voxel phantom development**. Cellular and Molecular Biology, v. 55, n. 3, p. 16-22, 2009.