

DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR PEDIÁTRICO VIRTUAL MASCULINO DE 15 ANOS COM BASE NOS PARÂMETROS ANATÔMICOS DA ICRP DE Nº 89

Érick da S. Oliveira¹, Albérico B. de C. Júnior¹, Paulo V. dos S. Tavares¹.

¹ Departamento de Física da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (SE), Brasil.

Resumo: A dosimetria computacional se dedica na estimativa de dose de radiação recebida por um indivíduo exposto a um campo de radiação e avalia o risco de câncer associado a este tipo de exposição. Para realizar tal avaliação é utilizado simuladores virtuais que representam seres humanos. Atualmente, com o desenvolvimento de *softwares* de animação gráfica, a elaboração destes simuladores foi facilitada utilizando somente o conhecimento da anatomia humana para se elaborar diversos tipos de simuladores (homem, mulher, criança e bebê) em diversas posições (sentado, em pé, correndo) ou parte dos mesmos (cabeça, tronco e membros). Neste projeto, construímos um menino virtual de 15 anos em *mesh* e em *voxels* para uso em dosimetria computacional.

Palavras-chave: proteção radiológica; anatomia; computação gráfica; simuladores humanos.

Abstract: *Computational dosimetry is engaged in radiation dose estimate received by an individual exposed to a radiation field and evaluates the cancer risk associated with this type of exposure. To perform such an assessment is used virtual simulators representing humans. Currently, with the development of graphic animation software, the development of these simulators was facilitated using only knowledge of human anatomy to prepare various types of simulators (man, woman, child and baby) in various positions (sitting, standing, running) or part thereof (head, trunk and limbs). In this project, we built a virtual boy 15 years in mesh and voxels to use in computational dosimetry.*

Keywords: *radiation protection; anatomy; computer graphics; human simulators.*

Introdução:

A estimativa de dose de indivíduos expostos a fontes de radiação interna ou externa em âmbito computacional é realizada através do método Monte Carlo. Para quantificar esta deposição energética através deste método, são simuladas as leis físicas do transporte da radiação e através de simuladores antropomórficos, ou seja, simuladores humanos virtuais, esta interação é avaliada [1]. Estes simuladores foram evoluindo através dos anos e foram classificados como simuladores matemáticos, onde são construídos através de equações matemáticas que descrevem volumes geométricos, os simuladores *voxel*, que são elaborados através das imagens obtidas por ressonância magnética, fotografia ou tomografia computadorizada e os simuladores de malha, que são construídos através de *softwares* de animação gráfica [2, 3]. Atualmente os simuladores de malha são os mais utilizados pela comunidade científica devido a sua versatilidade, pois a manipulação de malhas permite elaborar facilmente simuladores de diferentes características (sexo e idade) e em diversas posições (sentado, em pé, deitado e correndo) [4, 5, 6]. Sendo assim, aumentam-se as possibilidades de se estimar os riscos associados aos mais diversos cenários de irradiação. O objetivo deste trabalho será construir um simulador virtual pediátrico masculino de 15 anos baseado nos dados anatômicos do Homem Referência da ICRP utilizando as superfícies *mesh*.

Método: Seguimos os seguintes passos para desenvolver este trabalho:

1. Foi utilizado o software Daz Studio para construir um humano virtual com todas as suas características físicas [7]. Nesta fase foi feita a modelagem da pele do simulador do em superfície de malha (*mesh*).
2. O arquivo gerado foi importado para o software de manipulação de superfície *mesh* chamado Blender (software livre) [8], onde foram elaboradas e adicionadas todas as estruturas internas do simulador. Nesta fase, modificamos os órgãos fornecidos pelo BodyParts3D [9] para atender as especificações anatômicas da publicação de nº 89 da ICRP [10].
3. O software Binvox (software livre) [11] foi utilizado para converter todas as estruturas do simulador que estão em superfícies de malha em *voxels*. Nesta fase, cada estrutura foi *voxelizada*

individualmente devido à incapacidade do programa de diferenciar as estruturas no processo de voxelização.

4. Posteriormente, foi utilizado o software de processamento de imagem chamado ImageJ (software livre) [12] para combinar os arquivos *voxels* de todas as estruturas do simulador e assim, construir o simulador virtual completo.

Através do *software* Daz Studio elaboramos um menino de quinze anos com características físicas equivalentes às fornecidas pela ICRP. Fizemos a movimentação dos membros para deixar o personagem em posição anatômica.

Depois de criado, o personagem foi exportado para o *software* Blender, onde foram feitas as estruturas internas, esqueleto e órgãos, usando a base de dados anatômicos BodyParts3D como apoio na criação. A figura 1 mostra esta etapa concluída.

As estruturas trabalhadas foram separadas e convertidas de *mesh* para *voxels* de 2cm³ de volume através do *software* Binvox. Com o processador de imagens ImageJ, os arquivos foram novamente editados, fazendo os ajustes necessários para seguir os parâmetros da ICRP nº 98. Na sequência as estruturas foram sobrepostas, finalizando o simulador virtual.

Resultados:

O simulador virtual do menino de quinze anos, chamado de SE015m, contém 30 tecidos que obedecem com valores muito próximos aos parâmetros de referência da publicação de nº 89 da ICRP. Na tabela 1 vemos os tecidos que o compõe, sua massa e volume, assim como a razão entre os tecidos. O modelo elaborado seguindo a metodologia apresentada neste trabalho pode ser visto na figura 1.

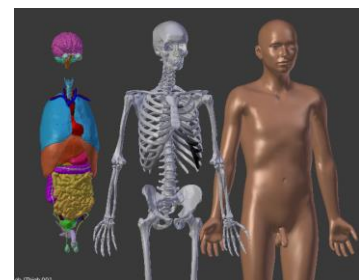


Figura 1 – Menino de 15 anos em *mesh*.

Tecido	Massa (g) - ICRP	Massa (g) SE015m	Volume (cm ³) - ICRP	Volume (cm ³) - SE015m	Razão entre os tecidos - ICRP	Razão entre os tecidos - SE015m
Adrenal	10	10,34	9,708	10,039	0,000187911	0,000195478
Baço	130	134,42	125	129,25	0,002419353	0,002516777
Bexiga urinária	40	41,36	38,462	39,769	0,000744416	0,000774393
Cartilagens	1140	1178,76	1036,364	1071,6	0,02005864	0,02086637
Cérebro	1420	1468,28	1352,381	1398,362	0,0261751	0,027229131
Coração	660	682,44	628,571	649,943	0,012165892	0,012655793
Esôfago	30	31,02	29,126	30,117	0,000563733	0,000586433
Esqueleto	7950	8220,3	4416,667	4566,833	0,085483822	0,088926122
Estômago	128,9	133,2826	123,942	128,156	0,002398882	0,002495481
Fígado	1300	1344,2	1238,095	1280,190	0,02396312	0,024928077
Glândulas salivares	68	70,312	66,0194	68,264	0,001277794	0,001329249
Globos oculares	13	13,442	12,381	12,802	0,000239631	0,000249281
Intestino delgado	520	537,68	500	517	0,009677414	0,010067108
Intestino grosso	300	310,2	288,462	298,269	0,005583123	0,005807947
Laringe	22	22,748	21,359	22,085	0,000413404	0,000430051
Língua	56	57,904	53,333	55,147	0,001032257	0,001073825
Medula óssea	1080	1116,72	1102,041	1139,510	0,02132981	0,022188728
Músculo	24000	24816	22857,143	23634,286	0,442396062	0,460210659
Pâncreas	110	113,74	104,762	108,324	0,002027649	0,002109299
Pele	2000	2068	1834,862	1897,248	0,035513445	0,036943516
Próstata	4,3	4,4462	4,175	4,317	8,08017E-05	8,40555E-05
Pulmão	900	930,6	849,057	877,925	0,016433344	0,017095089
Rins	250	258,5	238,095	246,190	0,004608292	0,004793861
Tireóide	12	12,408	11,538	11,931	0,000223325	0,000232318
Traquéia	7,5	7,755	7,282	7,529	0,000140933	0,000146608

Vesícula biliar	52,7	54,492	51,165	52,905	0,000990291	0,001030168
Ureteres	12	12,408	11,650	12,047	0,000225493	0,000234573
Uretra	7,7	7,962	7,476	7,730	0,000144691	0,000150518
Testículo	16	16,544	16	16,544	0,000309677	0,000322147
Tecido adiposo	12000	12408	12631,579	13061,053	0,244482035	0,254326943

Tabela 1 – Comparativo entre valores de referência e valores do simulador SE015m.

Discussão e Conclusões: Verifica-se que através de softwares de animação e modelagem gráfica, é possível construir simuladores que representam um ser humano de forma bastante realística. Este simulador virtual poderá ser utilizado na dosimetria computacional nos mais diversos cenários de irradiação, pois devido a metodologia de elaboração utilizada, sua postura pode facilmente ser modificada.

Referências:

1. Fisher HL, Snyder WS. Distribution of dose in the body from a source of gamma rays distributed uniformly in an organ. Report ORNL-4168, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA, 1967.
2. Williams G, Zankl M, Abmayr W, Veit R, Drexler G. The calculation of dose from external photon exposures using reference and realistic human phantoms and Monte Carlo methods. *Phys Med Biol.* 1986;31(4):347-54.
3. Lee C, Lodwick D, Bolch WE. NURBS-based 3-D anthropomorphic computational phantoms for radiation protection dosimetry applications. *Radiat Prot Dosimetry.* 2007; 127(1-4):227-32.
4. Cavalcante FR; Galeano DC; Carvalho Júnior AB; Hunt J. Comparison of conversion coefficients for equivalent dose in terms of air kerma using a sitting and standing female adult voxel simulators exposure to photons in antero-posterior irradiation geometry. *Radiation Physics and Chemistry* (1993), v. 95, p. 158-160, 2014.
5. Galeano DC ; Cavalcante FR ; Carvalho AB ; Hunt J. Comparison of conversion coefficients for equivalent dose in terms of air kerma for photons using a male adult voxel simulator in sitting and standing posture with geometry of irradiation antero-posterior. *Radiation Physics and Chemistry* (1993), v. 95, p. 233-235, 2014.
6. Alves MC. ; Santos WS. ; Bolch W ; Lee C ; Hunt J. ; Carvalho, AB. Organ and effective dose conversion coefficients for a sitting female hybrid computational phantom exposed to monoenergetic protons in idealized irradiation geometries. *Physics in Medicine and Biology* (Print), v. 59, p. 7957-8003, 2014.
7. DazStudio 2015. [homepage da internet]. [citado 10 dezembro 2015]. Disponível em: <http://www.daz3d.com>.
8. Blender 2014. [Homepage da internet]. [citado 20 abril 2014]. Disponível em: <http://www.blender.org/>.
9. Mitsuhashi N; Fujieda K; Tamura T; Kawamoto S; Takagi T and Okubo K. BodyParts3D: 3D structure database for anatomical concepts. *Nucleic Acids Research*, V. 37, p. 782-785, 2009.
10. Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection reference values. International Commission on Radiological Protection. Publication 89. Pergamon Press, 2002.
11. Min P 2014 Binvox: 3D mesh voxelizer. [citado 20 abril 2014], Disponível em: <http://www.google.com/search?q=binvox>.
12. ImageJ 2014 National Institute of Health. ImageJ: Image Processing and Analysis in Java. [citado 20 abril 2014]. Disponível em: <http://rsbweb.nih.gov/ij/>.