



P

ROTEÇÃO CONTRA RADIAÇÕES
NA COMUNIDADE DOS PAÍSES
DE LÍNGUA PORTUGUESA

Luis Neves (coord.)

IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
2018

**USO DO SOFTWARE DIP PARA VOXELIZAÇÃO
DE FANTOMAS MESH**

**USE OF THE DIP SOFTWARE FOR VOXELIZATION
OF MESH PHANTOMS**

J. W. VIEIRA – jose.wilson59@uol.com.br (Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco/ Instituto Federal de Pernambuco, Laboratório de Dosimetria Numérica)

M. O. M. CABRAL – manuela.omc@gmail.com (Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear, Laboratório de Dosimetria Numérica)

P. H. A. ANDRADE – andrade.pha@gmail.com (Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear, Laboratório de Dosimetria Numérica)

V. LEAL NETO – viriatoleal@yahoo.com.br (Instituto Federal de Pernambuco, Laboratório de Dosimetria Numérica)

V. J. M. LIMA – vjr@ufpe.br (Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Anatomia)

J. M. LIMA FILHO – josedemelo@gmail.com (Instituto Federal de Pernambuco, Laboratório de Dosimetria Numérica)

F. R. A. LIMA – falima@cnen.gov.br (Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste)

PALAVRAS-CHAVE: EGSnrc, Modelos Computacionais de Exposição, dosimetria numérica, modelagem 3D, processamento de imagens digitais.

RESUMO: Modelos Computacionais de Exposição (MCEs) utilizam fantasmas acoplados a códigos Monte Carlo (MC) e simuladores

de fontes emissoras de elétrons, pósitrons e fótons para estimar a dose absorvida por órgãos radiosensíveis de indivíduos expostos às radiações. Recentemente o Grupo de Dosimetria Numérica (GDN) tem utilizado técnicas de modelagem 3D na produção dos fantasmas e desenvolvido técnicas de conversões para voxels. Neste trabalho é apresentada a metodologia que permitiu a voxelização do fantoma mesh MARIA (Modelo Antropomórfico para dosimetria das Radiações Ionizantes em Adultas). A MARIA foi desenvolvida no Autodesk 3ds Max e exportada como um arquivo do tipo OBJ, que contém os dados primários deste trabalho. Para acoplá-la ao código MC EGSnrc objetos 3D (superficiais) foram convertidos em objetos do tipo voxels (volumétricos). Foram implementadas técnicas ao software DIP (Digital Image Processing) para: 1) Ler um arquivo OBJ e convertê-lo para TXT contendo apenas os vértices e as faces da versão mesh. 2) Ler o arquivo TXT e criar, para cada órgão/tecido presente, uma pilha de fatias em formato SGI (RAW+cabeçalho). 3) Unir arquivos SGI contendo estruturas que não se sobrepõem, estruturas ósseas e estruturas com contornos e conteúdos. 4) Criar um único arquivo SGI unindo os arquivos do item anterior com ordem de prioridade baseada no volume dos órgãos/tecidos. A versão final voxelizada do fantoma MARIA está disponível na página do GDN (<http://dosimetrianumerica.org/>).

KEYWORDS: EGSnrc, Exposure Computational Model, numerical dosimetry, 3D modeling, digital image processing.

ABSTRACT: Exposure Computational Models (ECMs) use phantoms coupled to Monte Carlo (MC) codes and simulators of emitting sources of electrons, positrons and photons in order to estimate the absorbed dose by radiosensitive organs of exposed individuals to radiation. Recently the Grupo de Dosimetria Numérica (Group of Numerical Dosimetry - GDN) have used 3D modeling techniques

in the production of phantoms and have developed techniques to voxels conversion. This paper presents the methodology which allowed the voxelization of the mesh phantom named MARIA (Modelo Antropomórfico para dosimetria das Radiações Ionizantes em Adultas/ Antropomorphic Model for dosimetry of the Ionizing Radiation in Adult woman). The MARIA was developed with Autodesk 3ds Max and exported as an OBJ file type which contains the primary data of this work. 3D objects (surfaces) were converted into voxels type objects (volumetrics) in order to couple MARIA to EGSnrc MC code. Techniques have been implemented to the DIP software (Digital Image Processing) to: 1) Read an OBJ file and convert it to TXT containing only the vertices and faces of the mesh version. 2) Read the TXT file and create (for each organ/tissue present) a stack of slices on SGI (RAW + header) format. 3) Merge SGI files containing structures that do not overlap, bone structures and structures with contours and contents. 4) Create a single SGI file merging the previous item files with priority order based on the volume of organs/tissues. The final voxelized version of the MARIA phantom is available on the GDN's page (<http://dosimetrianumerica.org/>).

1. INTRODUÇÃO

Para estimar a dose absorvida em um indivíduo exposto à radiação, a dosimetria numérica utiliza modelos computacionais ou físicos de exposição. Alguns MCEs foram desenvolvidos pelo GDN para aplicações em proteção radiológica, acidentes, radio-diagnóstico e medicina nuclear. Os simuladores antropomórficos (fantomas) desenvolvidos pelo GDN tiveram como base imagens médicas que passaram por diversas transformações até constituírem matrizes 3D, representando corpos humanos virtuais com as

massas ajustadas dos órgãos e tecidos radiosensíveis de acordo com recomendações da ICRP.

O processo que transforma imagens médicas (mapa de bits) sequenciais de um indivíduo em um conjunto/geometria de voxels, capaz de descrever atributos (material, densidade, cor, etc..) de um volume 3D, é chamado de voxelização. Embora historicamente o GDN tenha desenvolvido e aperfeiçoado técnicas para construção de fantasmas de voxels, atualmente o grupo tem intensificado a produção de fantasmas de malhas poligonais (mesh), desenvolvidos a partir de modelagem 3D. Um dos motivos para isto é a liberdade de criação de dados primários para a construção de modelos antropomórficos sem o uso de imagens médicas e/ou formas geométricas, customizando ou criando do zero qualquer objeto de interesse a partir de um polígono e referências detalhadas.

A técnica de acoplamento de fantasmas mesh a códigos MC ainda é recente e não há um grande volume de informações sobre a sua eficiência em comparação com o acoplamento de fantasmas de voxels, dominada pelo GDN desde 2004 para dosimetria de fótons e elétrons. Sendo assim, a voxelização tornou-se uma etapa importante para a realização de um acoplamento do satisfatório. O código MC EGSnrc (Kawrakow et al, 2013) será utilizado neste trabalho para o acoplamento do fantoma MARIA (Cabral, 2015).

Independente da técnica de modelagem utilizada para construção de um fantoma se faz necessário integrar as diversas tarefas de processamento de imagens digitais originais para obtenção de dados primários. Neste trabalho, o software DIP (Vieira & Lima, 2009) foi utilizado para auxiliar em todo o processamento necessário para que os fantasmas desenvolvidos pelo GDN pudessem ser acoplados e validados.

O software DIP vem sendo desenvolvido pelo GDN utilizando a linguagem de programação C#, no ambiente de desenvolvimento integrado do Microsoft Visual Studio. Estão implementadas

ao DIP diversas técnicas de processamento de imagens digitais organizadas em menus intuitivos aos usuários. Na realização desse trabalho foram aperfeiçoados os menus relativos à voxelização de objetos 3D.

Um tutorial do uso das ferramentas implementadas e utilizadas para a construção e melhoramentos realizados na versão mais recente do fantoma MARIA é apresentado neste artigo.

2. MÉTODOS e RESULTADOS

2.1 Conversão de arquivos OBJ para TXT

Na construção do Fantoma MARIA usou-se o ambiente virtual da versão livre do aplicativo comercial 3ds Max 2015 da Autodesk. O formato padrão para salvar arquivos no 3ds Max é o MAX, entretanto o software dispõe de outros formatos universalmente aceitos para exportação. Diversos tipos de informações podem estar incluídos nos arquivos OBJ como: dados relativos aos vértices e aos elementos, dados de visualização e renderização, etc.. Ao exportar o arquivo MARIA.max para o formato OBJ padrão, são salvas as seguintes informações: a posição geométrica dos vértices (v), a textura dos vértices (vt), o vetor normal em cada vértice (vn) e o conjunto de vértices que forma uma face do polígono (f). Foi implementada uma ferramenta ao software DIP capaz de converter arquivos OBJ em arquivos TXT. Para tanto, foi utilizado um algoritmo que busca, linha por linha, dentro do arquivo original OBJ os conjuntos de caracteres que referenciam vértices e faces. Como a finalidade do arquivo TXT gerado nessa etapa é servir de base para a construção das estruturas de um fantoma de voxels, as demais informações contidas no OBJ podem ser desprezadas, pois não contribuem para esse fim.

2.2 Conversão de arquivo TXT para “n” Arquivos SGI

De posse do arquivo TXT contendo as informações dos vértices e das faces dos “n” objetos (órgãos e tecidos) do fantoma MARIA, utilizou-se um método implementado no DIP para criar uma pilha no formato SGI (Simulações Gráficas Interativas) para cada um desses objetos. É necessário, entretanto, antes de gerar os fantomas, buscar no arquivo TXT o menor e o maior ponto 3D para definir as dimensões, em “coordenadas físicas”, do paralelepípedo que contém o fantoma. Para este fim, é suficiente ler em um laço a coleção de vértices, retendo, iterativamente, em estruturas Point3D os menores e os maiores valores de x, y e z. Com estes dois pontos é definido o paralelepípedo real que contém o fantoma. A unidade de volume deste paralelepípedo é um voxel cúbico de aresta 0,12 cm. Para relacionar as dimensões físicas com pixels, o número de fatias pretendido deve ser passado como dado de entrada no início da execução da ferramenta. A partir da razão entre o número de fatias informado e a dimensão física máxima, obtém-se o fator a ser usado para definir as dimensões (em número de pixels) de um objeto da classe CFantoma, nomeado fanSaida. Em um laço que percorre todo o arquivo TXT, o fanSaida é criado e inicializado com id=0 a cada novo órgão lido. Na sequência, todos os vértices do órgão atual e faces são convertidos e adicionados ao fanSaida. Para preencher uma aresta de cada face, uma coleção de pontos físicos 3D (com tamanho igual ao perímetro da face dividido pela aresta do voxel) é criada e preenchida com pontos pertencentes ao segmento de reta que define a aresta. Cada elemento desta coleção é voxelizado, isto é, as coordenadas são convertidas de cm para número de pixels. O voxel resultante é adicionado ao fanSaida caso o id correspondente ainda for igual a zero. As demais arestas das faces são preenchidas de modo similar. A coleção de pontos pertencentes ao contorno de uma face é usada para preencher o seu

interior usando o mesmo princípio das arestas sendo que, agora, os segmentos de reta podem ter como extremos quaisquer dois pontos da coleção. Finalmente, o interior do órgão é preenchido seguindo os passos: 1) Trocam-se os ids do fundo do fanSaida por um número diferente de zero; 2) Trocam-se os 0's do interior do objeto pelo id do contorno; 3) Trocam-se, novamente, os ids do fundo por 0's. O objeto fanSaida é salvo e o id atual é incrementado de 1 até percorrer todo o arquivo TXT.

2.3 União de “n” Arquivos SGI

O software DIP realiza a voxelização de objetos tridimensionais de forma automática, individual e sequencial. A partir da conversão do arquivo OBJ para TXT, foi possível criar N pilhas de imagens (uma para cada estrutura) sem deformação e em formato SGI. Finalizada a etapa de voxelização, o software DIP foi utilizado para a realização de processamentos diversos como: trocas de ids para adição de contornos e conteúdos em órgãos; exclusão/adição de fatias, linhas e colunas de uma pilha SGI; ajuste do volume de uma estrutura, permitindo selecionar quais ids podem ser sobrepostos (caso seja necessário aumentar o volume de um órgão) ou trocados (caso seja necessário reduzir o volume de um órgão); construção de voxels a partir de voxels-sementes em posições predefinidas; técnicas MC para posicionar voxels em torno das sementes; adição de um contorno na região mais externa do fantoma para caracterizar a pele, etc.. Para que o fantoma final fosse criado, pilhas de órgãos específicos foram unidas em grupos com base em uma lista ordenada de ids. Esta etapa permite dar prioridade/importância às estruturas consideradas “críticas”, isto é, que não podem ter seu número de voxels alterado pela presença de estruturas circunvizinhas no momento da união. Com o intuito de caracterizar quais estruturas se enquadravam neste grupo crítico foram analisados dois critérios:

tamanho inferior quando comparado às estruturas circunvizinhas e importância da estrutura para fins dosimétricos.

3. CONCLUSÕES

Este trabalho contém o aperfeiçoamento dos menus do software DIP relativos à voxelização de objetos 3D. Uma introdução às funcionalidades implementadas para construção e melhoramentos realizados na versão mais recente do fantoma MARIA foi apresentada neste trabalho. Outras publicações do GDN, com informações de menus já consolidados e apresentação do software DIP, bem como seu instalador, podem ser encontrados na página <http://dosimetrianumerica.org/software/>.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Pernambuco, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, à Universidade de Pernambuco, ao Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- Cabral, M. O. M. (2015). Desenvolvimento de um Modelo Computacional de Exposição para uso em avaliações dosimétricas em gestantes. Dissertação de Mestrado, PROTEN, UFPE, Recife, Pernambuco, Brasil.
- Kawrakow, I.; Mainegra-Hing, E.; Rogers D. W. O.; Tessier, F.; Walters, B. R. B. (2013). The EGSnrc Code System: Monte Carlo Simulation of Electron and Photon Transport. NRCC Report PIRS-701. National Research Council of Canada, 314 p.
- Vieira, J. W., & Lima, F. R. A. (2009). A software to digital image processing to be used in the voxel phantom development. *Cellular and Molecular Biology*, 55(3), 16-22.