

---

# Desenvolvimento de simuladores utilizando impressora 3D

VENEZIANI, G. R. – veneziani@usp.br (IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- Gerência de Metrologia das Radiações).

RODRIGUES Jr, O. (IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- Gerência de Metrologia das Radiações).

SAKURABA, R. K. – (Sociedade Beneficente Israelita Brasileira – Hospital Albert Einstein (HAE)).

CAMPOS, L.L. – (IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- Gerência de Metrologia das Radiações).

---

*PALAVRAS-CHAVE:* Impressora 3D, Simuladores, Material tecido equivalente.

*RESUMO:* Nesse trabalho foi avaliada a viabilidade do uso de impressora 3D (FDM) e materiais tecido equivalentes para o desenvolvimento de simuladores para serem aplicados em radioterapia e/ou diagnóstico. Os resultados avaliados por CT foram bastante promissores e abrem caminho para o desenvolvimento de simuladores personalizados e de baixo custo.

*KEYWORDS:* 3D printer, Phantom, Equivalent Tissues.

*ABSTRACT:* In this study we evaluated the feasibility of using 3D printer ( FDM ) and tissue equivalent material to the development phantoms to be used in radiation therapy or diagnosis. Results evaluated by CT were quite promising and open the way for the development of custom phantoms and low cost.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Simuladores são utilizados em física médica ou medicina para representarem o corpo humano desde os mais simples, como os simuladores de água, até o mais complexos, como o antropomórfico, e se tornaram essências no controle de qualidade tanto na área de imagens quanto na área dosimétrica [DeWerd, 2014].

Nos anos 2000 as impressoras 3D ganham espaço na área médica: implantes dentais, modelos anatômicos. Alguns trabalhos utilizam a impressoras 3D em radioterapia para melhorar o tratamento [C. LEE, 2014; HESPEL, 2014].

Atualmente existem diversos modelos de impressora 3D no mercado, a mais comumente comercializada é a tecnologia Fused Deposition Modeling (FDM) que utiliza material termoplástico como ABS (Acrilonitrila butadieno estireno) e PLA (ácido poliláctico) e realiza a impressão por deposição de material camada por camada.

O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade do uso de impressora 3D FDM e de materiais tecido-equivalente no desenvolvimento e criação de simuladores fidedignos aos modelos reais para a utilização nas áreas de radioterapia e/ou diagnóstico.

## 2. MÉTODO

Primeiramente foram impressos moldes cilíndricos (10 cm e raio 1 cm) de ABS para padronizar todas as amostras testadas (Figura 1). Baseando-se em alguns materiais citados como tecido equivalente pela ICRU 44 e outros escolhidos intuitivamente por atenderem alguns das características necessárias, tais como viscosidade, custo, acessibilidade, facilidade de manuseio e sólido à temperatura ambiente.

### 2.1. Primeiro teste realizado com os materiais escolhidos

As substâncias testadas deveriam atender a algumas características importantes, como a homogeneidade, ser sólida em temperatura ambiente, viscosidade (fundamental para penetrar ao longo de toda estrutura a ser preenchida com o material tecido equivalente) e baixo custo.

Baseando-se na literatura e intuitivamente foram realizadas tomografias computadorizadas ((CT) GE lightspeed 16 canais, protocolo de crânio) dos materiais selecionados para avaliação para verificar o número Hounsfield (HU) de cada um. Os materiais testados foram resina de poliéster fabricada por DuLatex; borracha de Silicone BB1 fabricada por DuLatex; parafina com pó de arroz fino (peneira granulométrica malha 300); parafina com papel alumínio granulado; parafina com pó de arroz grosso (peneira granulométrica malha 200); resina de poliéster com 30% de  $\text{CaCO}_3$ ; parafina; parafina com  $\text{CaCO}_3$ ; parafina com Iodo; massa gelatinosa infantil (geleca amoeba); massa de modelar infantil respectivamente (Figura 1a).

## 2.2. Segundo teste realizado com materiais escolhido

Posteriormente à análise dos resultados obtidos no primeiro teste, os materiais mais promissores foram mantidos e novos materiais adicionados para o segundo teste.

Os materiais submetidos à CT nessa etapa foram: gelatina balística caseira (62,5% água, 31,5% glicerina, 6% gelatina incolor Royal<sup>®</sup>); gelatina balística 270 Bloom (62,5% água, 31,5% Glicerina, 6% gelatina suína 270 bloom); massa gelatinosa infantil (geleca amoeba); borracha de silicone BB1 fabricada por DuLatex; massa gelatinosa infantil (geleca amoeba) artesanal; resina de poliéster com 60%  $\text{CaCO}_3$ ; resina de poliéster com 80%  $\text{CaCO}_3$  respectivamente (Figura 1b).

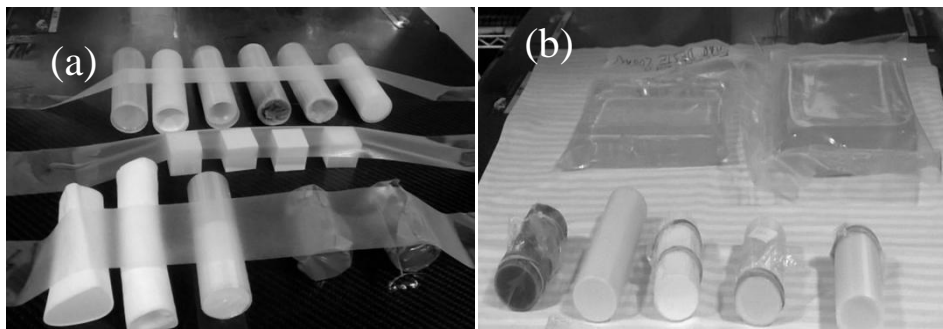


Figura 1 – (a)- primeiro teste e (b)- segundo teste, realizados com materiais tecido equivalentes submetidos à CT para verificação da homogeneidade e número Hounsfield (HU) de cada composto testado.

## 3. RESULTADOS

Os resultados obtidos através da tomografia computadorizada dos materiais testados nos dois testes estão apresentados na Figura 2 (a) e (b) respectivamente, a olho nu não é possível distinguir com clareza qual material melhor se aproxima do tecido, por isso, é necessário através do software do próprio equipamento mapear o valor HU e a homogeneidade de cada material testado.

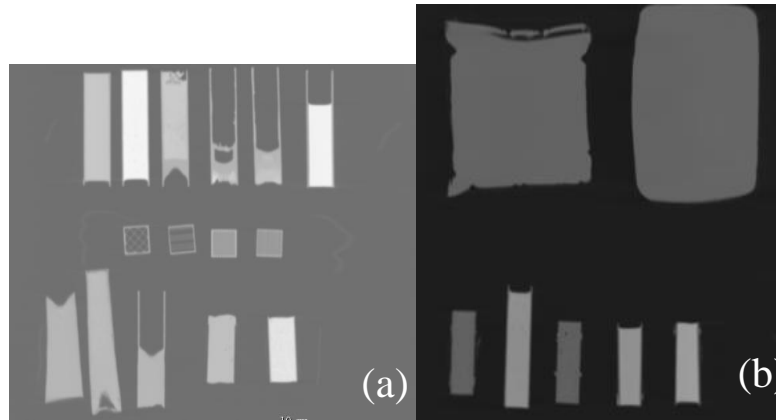


Figura 2– (a) – tomografia realizada nos materiais do primeiro teste; (b)– tomografia realizada nos materiais do segundo teste.

A escolha do material tecido equivalente deu-se pela proximidade do HU do material em relação ao HU do tecido real, alguns materiais tiveram resultado com HU próximo ao tecido, porém a homogeneidade ao longo do corpo de prova foi insatisfatória excluindo alguns elementos.

Os compostos escolhidos foram a gelatina balística (270 Bloom) com valor aproximadamente  $85\pm 8$  HU para simular tecido muscular e resina de poliéster com 80% de carbonato de cálcio com valor de  $963\pm 15$  HU para simular tecido esquelético.

Com os materiais tecido equivalentes definidos foi impresso em impressora 3D um protótipo de membro pélvico canino e preenchido com esses dois materiais simulando a estrutura óssea e a estrutura muscular (Figura 3). Posteriormente foi realizada uma tomografia computadorizada e utilizado software de reconstrução (Figura 4).

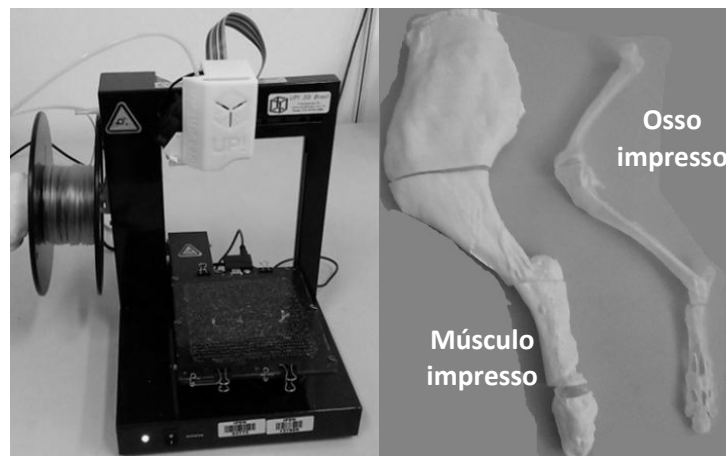


Figura 3 – Protótipo de simulador impresso na impressora 3D UP plus2 em ABS e posteriormente preenchido com material tecido equivalente para realização da tomografia computadorizada.

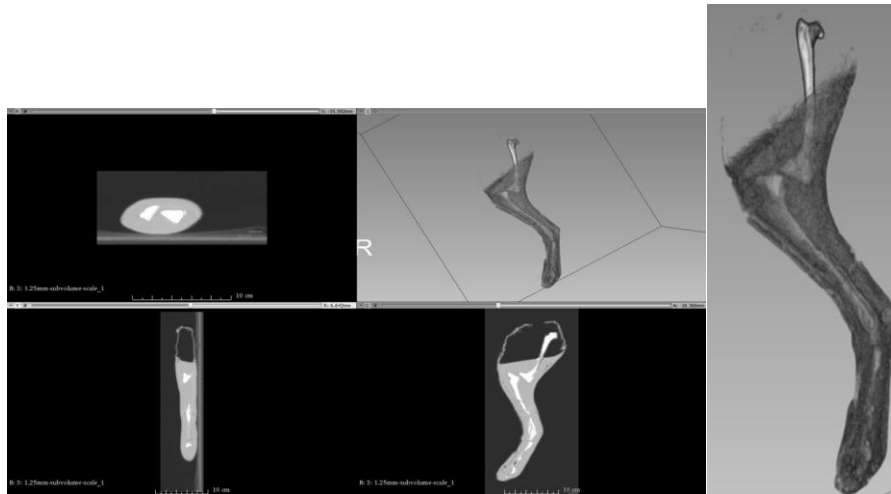


Figura 4 – Tomografia computadorizada do protótipo de simulador impresso em 3D e preenchido com material tecido equivalente. Reconstrução do protótipo de simulador reconstruído a partir das imagens do CT.

### Agradecimentos

Suporte financeiro: CNPq, CAPES e FAPESP projeto no. 2010/16437-0,

### Referências

- C. LEE VENTOLA. Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses. P&T, Vol. 39 No. 10, pp 704 – 711, Outubro 2014.
- DeWERD A. L.; KISSICK M.: *The Phantoms of Medical and Health Physics: Devices for research and Development* - Wisconsin Institutes for Medical Research, 2014 – Springer.
- HESPEL, A.M.; WILHITE, R.; HUDSON, J.: Invited review – Applications for 3D printers in veterinary medicine, *Vet Radiology and Ultrasound*, Vol55 No. 4, pp 347-358, 2014
- ICRU 44, (1989). International Commission on Radiation Units and Measurements, Tissue substitutes in radiation Dosimetry and measurement, ICRU Report 44, Bethesda, MD: International Commission on Radiation Units and Measurements.