

Determinação da dose de entrada na pele devido a raio X odontológico utilizando método de Monte Carlo

Lara Meira Da Silva¹, Gessica Silva¹, William De Souza Santos², Divanizia do Nascimento Souza³, Walmir Belinato¹

¹ Instituto Federal de educação da Bahia-IFBA, Campus Vitória da Conquista, BA, Brasil; ² Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil; ³ Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil

E-mail: laraameira@gmail.com

Resumo: Neste estudo, foi empregado o código MCNPX2.7.0 e o simulador antropomórfico para representar um paciente adulto exposto a radiação X produzida por um equipamento odontológico da marca Gnatus-Timex 70E. Além da modelagem do equipamento, foi modelada uma câmara de ionização da Radcal 10x6-6 posicionada na entrada da pele do simulador antropomórfico, chamada de FASH3 para simular a dose de entrada na pele (DEP) da paciente submetida a exame de raio X periapical. Neste artigo propõe-se, a partir das dimensões de sala de raios-X odontológico, estimar a DEP em um paciente submetido a exame de raio X periapical através da simulação de detectores de radiação como também em um simulador antropomórfico virtual, chamado de FASH3. Observou-se que os resultados de DEP podem variar a depender da região de interesse a ser examinada, uma vez que a técnica diagnóstica odontológica para cada região utiliza diferentes tempos de exposição e ainda o espalhamento da radiação poder variar seu espalhamento a depender da posição do tubo de Raios X.

Palavras-chave: Raio X odontológico, Método de Monte Carlo, Dose de entrada na pele.

Abstract: In this study, the code MCNPX2.7.0 and the anthropomorphic simulator were used to represent an adult patient exposed to X radiation produced by dental equipment of the brand Gnatus-Timex 70E. In addition to the equipment modeling, a Radcal 10x6-6 ionization chamber was modeled, positioned at the skin entrance of the anthropomorphic simulator, called FASH3 to simulate the dose of entry into the skin (DEP) of the patient undergoing periapical X-ray examination. This article proposes, based on the dimensions of the X-ray room. dentistry, estimate DEP in a patient undergoing periapical X-ray examination through the simulation of radiation detectors as well as in a virtual anthropomorphic simulator, called FASH3. It was observed that the results of DEP might vary depending on the region of interest to be examined, since the dental diagnostic technique for each region uses different exposure times and the spread of radiation may vary its spread depending on the position of the patient. X-ray tube.

Keyword: Dental x-ray, Monte Carlo method, Dose of entry into the skin.

1. INTRODUÇÃO

A radiologia odontológica engloba os raios-x da boca - dentes, gengiva, maxilares, entre outros. Estes exames de radiologia (que usam raios x) são usados diariamente pelos odontólogos no seu consultório ou em centros especializados. Com o advento da tecnologia, os tubos de raios X adquiriram um alto padrão de desempenho, uma vez que devem entregar um feixe de fótons estável e de mesma intensidade para cada projeção (BELINATO, 2010). Os detectores de radiação podem ser tipo câmara de ionização ou tipo estado sólido. Os exames dentários estão entre os procedimentos radiográficos mais frequentes. Geralmente, os níveis de exposição dos pacientes são baixos em relação a outros procedimentos de diagnóstico, mas sua alta frequência justifica fazer uma avaliação dosimétrica dos pacientes expostos aos raios X, que pode estar sujeito a doses de radiação desnecessariamente altas (IAEA, 2007). O interesse pela radiologia odontológica é, portanto, muito grande devido a grande quantidade de equipamentos e ao grande número de pessoas expostas (IAEA, 2004). Nos últimos anos, a preocupação aumentou com os perigos da exposição a pequenas doses de radiação ionizante (IAEA, 2004; GALLAGHER, 2008). Portanto, é necessário o conhecimento da dose de entrada na pele (DEP), que é o parâmetro mais importante para a determinação dos riscos radiológicos dos pacientes envolvidos em radiografia odontológica (LOOE, 2006). A DEP é uma medida da dose absorvida no ponto de entrada do feixe de raios X na pele e pode ser realizado direta ou indiretamente. Neste sentido, um dos métodos mais utilizados para sua determinação é o método Monte Carlo. O método de Monte Carlo - MMC pode ser descrito como um método estatístico, onde se utiliza uma sequência de números aleatórios para a realizar a simulação de interação da radiação com a matéria (YORIYAZ, 2010). O código de monte carlo a ser utilizado neste projeto é o Monte Carlo N-particle eXtended - MCNPX, desenvolvido nas linguagens fortran 90 e C pelo *Los Alamos National Laboratory*-LANL, sendo destinado à simulação das interações entre partículas em amplo intervalo de energia (PELOWITZ, 2011). Por meio deste código, realizamos neste trabalho a simulação computacional de uma sala contendo raios X odontológicos Gnatus-Timex 70E, contendo um detector de radiação tipo Câmara de Ionização 10x6-6, Radcal, para estimar as doses absorvidas por um simulador antropomórfico virtual, chamado de FASH, representando um paciente submetido a exame de raio X periapical.

2. METODOLOGIA

As características do raios x odontológico foi obtida no *datasheet* do tubo de raios x Gnatus-Timex 70E, mostrado na figura 1.

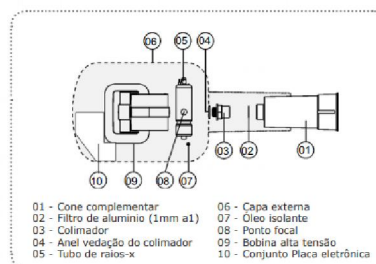


Figura 1. Datasheet do tubo de raios-x Timex 70 E, Gnatus (GNATUS, 20--).

As geometrias foram modeladas definindo os materiais e reais dimensões do tubo, possibilitando a implementação no código MCNPX (PELOWTIZ, 2011). O detector de radiação construído neste trabalho foi a câmara de ionização 10x6-6 da Radcal, conforme figura 2.



Figura 2. Câmara de ionização 10x6-6 da Radcal (Radcal, 2012)

A partir dos dados contidos no manual dos detectores da Radcal (RADCAL, 2012) e em um *datasheet* do detector 10x6-6 (RADCAL, 2019) foram implementadas as geometrias no código MCNPX.

Após a construção da geometria dos detectores foi realizada a construção de todo o cenário da sala para as simulações do raio-x odontológico, contendo uma cadeira odontológica que comporta o paciente na posição deitado. Para a simulação em um paciente adulto, foi utilizado o simulador FASH3 (Feminino Adulto meSH) produzido por (CASSOLA et al., 2011), o qual tem uma estrutura anatômica real de uma paciente adulta. Detalhes do simulador FASH3 são mostradas na tabela 1.

Tabela 01. Características antropomórficas do simulador FASH3 (Cassola et al., 2011)

Nome	Massa (kg)	Altura (cm)	Índice de massa corporal (kg/m ²)	Matriz	Dimensões de voxel (mm ³)
FASH3	60	163	22.7	221 x 128 x 677	2.4 x 2.4 x 2.4

As simulações foram realizadas para medir três regiões distintas apresentadas no manual GnatuS-Timex 70E: molares, oclusal superior e a Bitewing (Interproximal).

Após encontrar os valores de dose absorvida simulada (Tally F6) no detector 10x6-6, os valores de MeV/g/partícula foram convertidos para dose absorvida em unidades de mGy/7 mAs por um fator de conversão (FC), utilizado por BELINATO et al. (2015), conforme a equação (1):

$$(FC)_{E,NT} = \frac{KERMA_{(100,AR,MEDIDO\ POR\ 100mAs)E,NT}}{KERMA_{(100,AR,SIMULADO\ POR\ PARTICULA)E,NT}} \quad (1)$$

No detector, em unidades de mGy/7 mAs, a dose absorvida é determinada usando a equação 02. Equação idêntica é usada na literatura para determinação de dosimetria em Tomografia Computadorizada (TC) (Belinato et al., 2015):

$$D_{ABSOLUTA} = D_{SIMULADA} \cdot CF \quad (2)$$

3. RESULTADOS

O cenário contendo os detalhes do tubo de raios X no código MCNPX é mostrada na Figura 3:

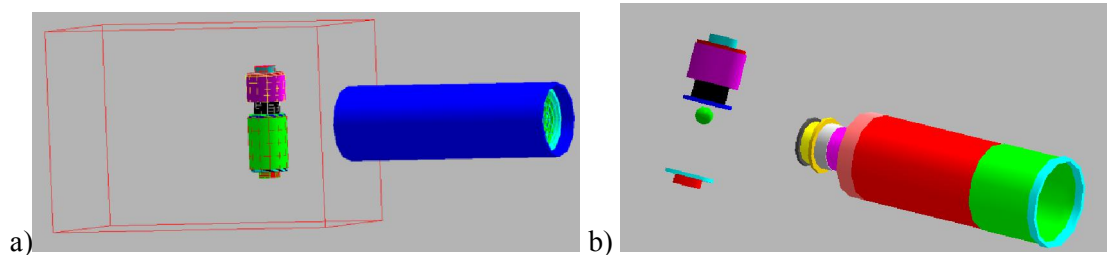


Figura 3. Geometrias do tubo de raios X Gnatus-Timex 70E no código MCNPX a) Interior do tubo com ampola colimador externo b) Detalhes do interior do tubo de raios x e colimador com a esfera sendo o ponto de emissão do feixe de raios X;

Os detalhes do detector tipo câmara de ionização 10x6-6, Radcal, construído no código MCNPX São mostrados na Figura 4.

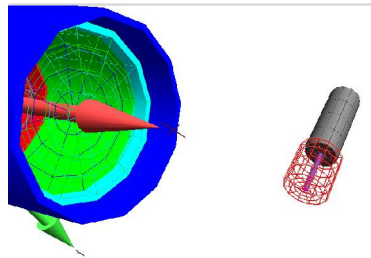


Figura 4. Geometrias do detector 10x6-6, Radcal contendo eletrodo interno e região do gás sem preenchimento, construídas no código MCNPX.

Os Cenários para as três técnicas odontológicas apresentadas no manual Gnatus-Timex 70E: molares, oclusal superior e a Bitewing (Interproximal), são mostradas na figura 5 a) b) e c), nesta ordem.

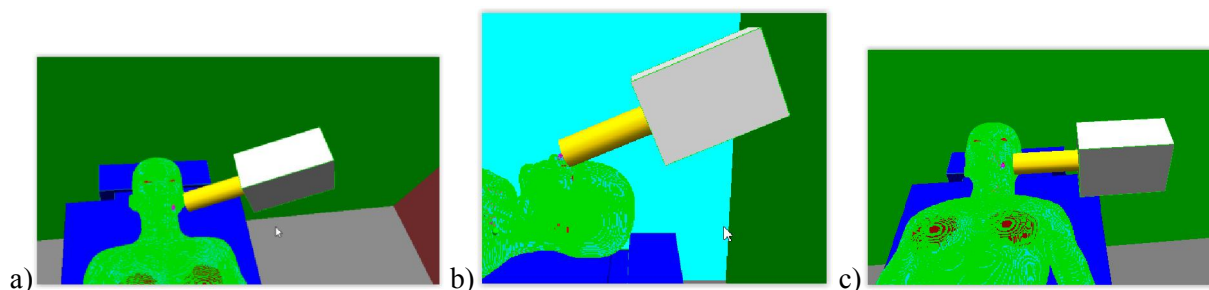


Figura 5. Posição do tubo de raios X com detector 10x6-6 na saída do feixe, próximo a pele do paciente. a) Técnica molar, b) Técnica oclusal superior e c) Técnica Bitewing (interproximal) .

Os valores de Tally F6 encontrados na simulação se apresentam na tabela 2. Considerando um número de partículas transportadas de 1E6, as incertezas nas simulações foram abaixo de 3%.

Tabela 2. Valores de Tally F6 encontrados na simulação.

Posição de simulação da Câmara de ionização	Tally F6 (MeV/g.partícula)
AR	9,72E-05 (0.7%)
Simulador Acrílico –DEP	1,11E-04 (0.8%)
Simulador FASH -DEP MOLAR	7,63E-05 (1.6%)
Simulador FASH -DEP INTERPROXIMAL	8,58E-05 (1.7%)
Simulador FASH -DEP OCLUSAL	9,60E-05 (1.8%)

Considerando os resultados da tabela 2 e as equações (1) e (2) foi possível encontrar os valores da taxa de dose para as simulações. A taxa de dose absorvida experimentalmente no detector 10x6-6 foi de 2.91 mGy/s no ar e 3,54 mGy/s na superfície do simulador odontológico de acrílico (BELINATO, 2010), considerando incerteza experimental de 4% quando exposto junto a um simulador de acrílico, utilizando metodologia de cálculo da DEP recomendado pela Instrução Normativa 57 (BRASIL, 2019). A DEP obtida no código MCNPX utilizando o simulador de acrílico foi de 3.34 mGy/s, estando 5.8% abaixo do valor experimental, sendo considerado satisfatório para validação do cenário de simulação. Realizando a compensação para os tempos em cada região examinada, foram simulados os valores de DEP no simulador FASH e comparados aos valores informados pelo manual do equipamento da GNATUS (GNATUS, 20--). As incertezas apresentadas na tabela 3 foram propagadas considerando as incertezas experimental e simulada.

Tabela 3. Resultados da DEP obtidos nas simulações em cada uma das posições

Região	Tempo	DEP prevista no manual do equipamento (mGy)	DEP Simulada (mGy)	Varição Simulação/valores nominais(%)
Maxilar (molar)	0,64	2,0	1,46 (4.1%)	26,9
Mandíbula (molar)	0,50	1,5	1,14 (4.3%)	23,8
Bitewing (Anterior/Posterior)	0,40	1,1	1,03 (4.4%)	6,5
Oclusal (Superior)	0,63	2,0	1,81 (4.3%)	9,4

Observa-se que os resultados de DEP podem variar a depender da região de interesse a ser examinada, uma vez que a técnica diagnóstica odontológica para cada região utiliza diferentes tempos de exposição e a radiação poder variar seu espalhamento a depender da posição do tubo de Raios X. Na região oclusal superior, de acordo as simulações, os resultados da DEP são maiores, comparada a região maxilar, mesmo tendo um tempo de exposição idêntico.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho, a partir das dimensões de sala de raios-x odontológico Gnatus-timex 70E, foram estimadas a DEP em um paciente submetido a exame de raio X periapical através da simulação de detectores de radiação da radcal 10x6-6 como também em um simulador antropomórfico virtual,

chamado de FASH3. Os resultados da DEP obtidas por meio de simulador de acrílico apresentaram resultados de 3,54 e 3,34 mGy (variação de 5,8%), medido e simulado respectivamente. Os resultados de DEP obtidos com a FASH neste projeto foram comparados aos valores nominais de DEP informados no manual do fabricante do equipamento Gnatus-timex 70E. Quando considerada as técnicas apresentadas pelo manual, os resultados obtidos nas simulações apresentaram valores de DEP abaixo do previsto, variando de 6,5 a 26,9%, a depender da região examinada. Na região oclusal superior, de acordo as simulações, os resultados da DEP são maiores, comparada a região maxilar, mesmo tendo um tempo de exposição idêntico.

REFERÊNCIAS

- Belinato, W. Avaliação de parâmetros físicos em radiologia odontológica de consultórios públicos de sergipe. Dissertação de mestrado. São cristóvão, ufs: 2010.
- Belinato, W.; Santos, W. S.; Paschoal, C. M. M.; Souza, D. N. Monte carlo simulations in multi-detector ct (mdct) for two pet/ct scanner models using mash and fash adult phantoms. Nucl. Instrum. Meth. In phys. Res. A. V. 784, p. 524–530, 2015.
- Brasil. Instrução normativa nº 57, 20 de dezembro de 2019. Diário oficial da união: seção 1, edição 249, p. 131, 26 de dezembro de 2019.
- Cassola, V.F., Milian, F.M., Kramer, R., de Oliveira Lira, C.A., Khoury, H.J., 2011. Standing adult human phantoms based on 10th, 50th and 90th mass and height percentiles of male and female Caucasian populations. Phys. Med. Biol. 56 (1), 3749–3772.
- European Commission, Radiation Protection .136, European guideline on radiation protection in dental radiology, the safe use of radiographs in dental practice, 2004. (<http://europa.eu.int>).
- Gallagher A., Dowling M., Devine H., Bosmans P., Kaplanis U., Zdesar J., et al. European Survey of Dental X-ray Equipment, Radiation Protection Dosimetry. 2008; 129:284-7. doi:10.1093/rpd/ncn037.
- Gnatus. Manual do proprietário. Raios X Timex 70E. São Paulo: Gnatus, [20--].
- International Atomic Energy Agency (IAEA). Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice. Technical Reports Series. Printed by the IAEA in Australia, STI/PUB/1294. 2007; 14; 5-101.
- Looe H.K., Pfaffenberger A., Chofor N., Eenboom F., Sering M., Rühmann A. et al. Radiation exposure to children in intraoral dental radiology, Radiation Protection Dosimetry 2006;121:461-5. doi:10.1093/rpd/ncl071.
- Pelowitz, d. B. Mcnpx user's manual version 2.7.0. Los alamos, lanl, 2011.
- RADCAL. **10X6-6 chamber sheet.** Disponível em: <https://radcal.com/rpclwp/wpcontent/uploads/2016/10/radcal-10X6-6-chamber-spec-sheet.pdf> Acesso em 20 de agosto de 2019.
- Radcal. Accu-gold user guide. Monrovia, Radcal, 2012.
- Yoriyaz, h. Fundamentos do método de Monte Carlo para transporte de radiação. São paulo: IPEN-CNEN, 2010.