

Utilização de filmes radiográficos para estudos dosimétricos em radioterapia com feixes de elétrons

Gregório Soares de Souza e Paulo de Tarso Dalledone Siqueira
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A dosimetria com feixes de elétrons ainda continua sendo objeto de muitos estudos, principalmente para faixa de energia de uso clínico que normalmente varia entre 4 e 20 MeV. O alcance limitado dos elétrons permite tratar particularmente estruturas superficiais limitando a dose em tecidos mais profundos. Entretanto, verifica-se que em muitos centros médicos, feixes de elétrons são subutilizados principalmente pela dificuldade em se estimar corretamente as doses em regiões heterogêneas devido à complexidade do espalhamento em meios que envolve simultaneamente ar, tecido mole e osso. A região de build-up é a região de maior interesse clínico, porém de difícil avaliação dosimétrica principalmente nos primeiros milímetros devido ao tamanho das câmaras de ionização, equipamento de uso consagrado para este tipo de dosimetria. Uma boa opção é a utilização de filmes radiográficos pelo fato de fornecerem dados com alta resolução espacial e ao mesmo tempo uma distribuição bidimensional de dose em cada exposição, possibilitando uma forma rápida de se realizar medidas experimentais. Entretanto, existem vários fatores que afetam sensibilidade dos filmes radiográficos tais como energia, orientação do filme e o tipo de densitômetro [1]. Uma ferramenta adicional para minimizar e auxiliar esses fatores é o uso de dosimetria numérica, onde códigos computacionais calculam ou simulam a interação da radiação com a matéria.

Um dos fatores que influenciam diretamente na qualidade dos resultados de Monte Carlo é o correto conhecimento das características do feixe de elétron incidente no alvo, entretanto, existe apenas um limitado conhecimento das características dos feixes de elétrons na literatura [2].

OBJETIVO

Este trabalho pretende auxiliar na dosimetria clínica com feixes de elétrons utilizada no

serviço de radioterapia do Hospital das Clínicas, utilizando filmes radiográficos X-OMAT V da Kodak para medidas de dose radiais e axiais em objetos simuladores (*phantoms*) de água sólida, acrílico e água. Numa segunda etapa do trabalho, pretende-se simular os experimentos realizados, através do uso do código de Monte Carlo, MCNP-4C [3].

METODOLOGIA

Um filme radiográfico consiste em uma base transparente, feita de acetato de celulose ou resina de poliéster, recoberta por uma emulsão contendo cristais de brometo de prata muito pequenos. Quando o filme é exposto à radiação ionizante ou luz visível, uma reação química envolvendo os cristais resulta no que é chamado de imagem latente. Uma série de filmes foram irradiados por feixes de elétrons produzidos pelo acelerador Varian Clinac 2100C do Instituto de Radioterapia do Hospital das Clínicas de São Paulo. Os parâmetros analisados nas irradiações foram: energia do feixe; dose administrada, tamanho do campo e orientação do filme no objeto simulador. Para estas medidas foram utilizados objetos simuladores de água, água sólida e acrílico. Imediatamente após a irradiação dos filmes, estes foram revelados e posteriormente digitalizados. A análise dos filmes foi feita ora pela utilização de densitômetros ópticos ora pela manipulação das imagens digitalizadas. O programa utilizado para a análise foi o ImageJ (Image processing and analysis in Java) [4].

RESULTADOS

Todas as análises feitas foram de filmes já revelados e digitalizados. Um par de filmes foi selecionado para análise com o densitômetro ótico no Hospital das Clínicas. Para a calibração dos filmes foram irradiados dois filmes, cada qual com uma energia de feixe, a saber 6 e 15 MeV. Estas energias foram escolhidas por corresponderem aos

limites energéticos de operação do acelerador empregado. Cada filme foi exposto a 9 radiações com doses variando de 10 a 90 cGy. Cada irradiação correspondeu a um feixe de 4x4 cm² sensibilizando regiões diferentes do filme. Em todas irradiações utilizou-se um objeto simulador de acrílico com o filme posicionado perpendicularmente ao feixe à profundidade de 1,3 cm para o filme A (energia do feixe = 6 MeV) e 3,0 cm para o filme B (energia do feixe = 15 MeV). Com o auxílio do densitômetro óptico foram obtidas as densidades óticas médias de cada uma das radiações dos dois filmes. A densidade ótica média de cada irradiação foi estimada a partir da média de 4 medidas, que apresentaram valores muito próximos uns dos outros, e que portanto o desvio padrão nesse caso foi bem pequeno. Com os valores médios foram levantadas duas curvas sensiométricas uma para 6 MeV e outra para 15 MeV. Foram construídos gráficos para cada energia relacionando os tons de cinza com a densidade ótica (figura 1)

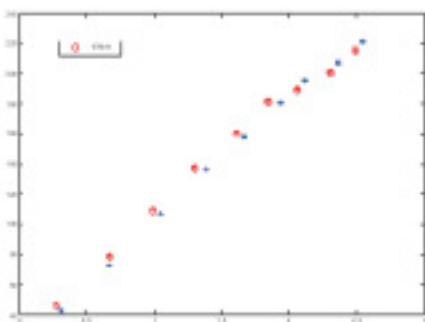


Figura 1: Relação entre os parâmetros: Densidade Ótica e Tom de Cinza

Verifica-se a existência de uma relação entre a densidade ótica e os tons de cinza, ou seja, as duas grandezas são proporcionais. Portanto, a "curva sensiométrica" utilizando tons de cinza e não densidade ótica serve também para aprimorar essa relação. Não se pode afirmar que as duas curvas são totalmente equivalentes, mas um dos objetivos desse trabalho é aprimorar as técnicas de medição do programa e testar sua validade.

Dois filmes de irradiações paralelas ao feixe, um de 9 MeV e outro de 15 MeV, também foram analisados no ImageJ para se obter os perfis de dose profunda, PDP (figuras 2 e 3) que quando comparados com valores obtidos com a câmera de ionização se mostraram bastante correlatos, com uma diferença máxima de 6% na região build-up. A discrepância de valores no começo da curva deve-se ao desvio entre a imagem do filme e

a imagem digitalizada, em ambas imagens o filme foi digitalizado um pouco inclinado em relação a imagem total digitalizada e isso ocasionou uma certa dificuldade para medir os tons de cinza.

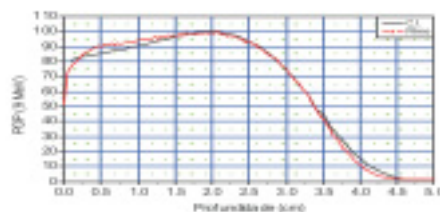


Figura 2 : PDPs para feixe de elétrons de 9 MeV obtidos com filme e câmera de ionização

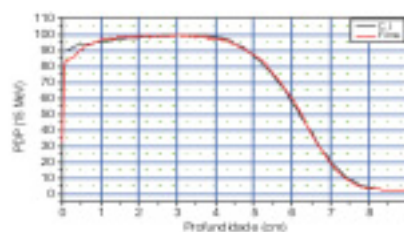


Figura 3: PDPs para feixe de elétrons de 15 MeV obtidos com filme e câmera de ionização

CONCLUSÕES

Uma das vantagens da análise pelo programa ImageJ é a rapidez com que se obtém os valores de tons de cinza dos filmes digitalizados. E nessa primeira análise a utilização do programa foi satisfatória, associando a rapidez desse procedimento com algumas vantagens da dosimetria utilizando filmes. Comparado aos outros tipos de análise, torna o filme uma boa opção para dosimetria de feixe de elétrons.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. J. Williamson., Film dosimetry of megavoltage photon beams: A practical method of isodensity-to-isodose curve conversion, *Med. Phys.*, 8(1), pp. 94-98, 1981.
2. B. Fadegon, J. Balogh, R. Mackensie and D. Scora, Clinical considerations of Monte Carlo for electron radiotherapy treatment planning, *Rad. Phys. Chem.*, 53, pp.217-227, 1998.
3. J.F. Briesmeister, MCNP: A general Monte Carlo N-particle transport code, version 4C, LA-13709-M, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos, New México, 2000.
4. <http://rsb.info.nih.gov/ij/>

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/PROBIC