



# XXV Congresso de Iniciação Científica da Unicamp

18 a 20 Outubro Campinas | Brasil

25 anos

2017



## Espectros de raios X para aplicação em radiologia: Simulação Monte Carlo

Maria Clara Franco Couto\*, Alessandra Tomal.

### Resumo

Neste trabalho foram realizadas simulações de espectros de raios X com o código PENELOPE, utilizando-se diferentes combinações de ânodo/filtro e diferenças de potencial do tubo, a fim de estudá-los e validá-los com a literatura.

### Palavras-chave:

Raios X, simulação Monte Carlo, interação da radiação.

### Introdução

O conhecimento da produção de raios X é de extrema importância para otimização em radiodiagnóstico. Uma forma de realizar este estudo é de forma computacional, utilizando o método de Monte Carlo para simular o transporte de fótons e elétrons.

O objetivo deste trabalho é modelar interações de fótons e elétrons em um tubo de raios X com o código de Monte Carlo PENELOPE e seu auxiliar PenEasy, de forma a analisar o espectro de raios X obtido para diferentes combinações de ânodo, filtro e diferenças de potenciais do tubo, bem como estudar o efeito anódico.

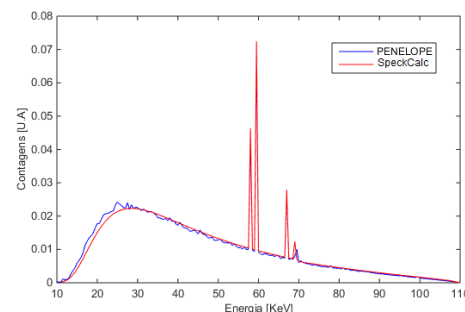
### Resultados e Discussão

Foram simulados espectros de raios X com o código PENELOPE 2014, utilizando o pacote adicional PenEasy; Foi modelada uma geometria que simula o tubo de raios X, bem como uma fonte de elétrons monoenergéticos de área  $0.3 \times 0.3 \text{ cm}^2$ . Os elétrons produzidos eram direcionados para o ânodo, composto de tungstênio e posicionado a 3 cm do centro do cátodo e com angulação de 22 graus; no ânodo, os elétrons interagem, produzindo raios X. Filtros de diferentes composições foram simulados, sendo posicionados a 3 cm do centro do ânodo. Um detector ideal, de raio 5 cm e posicionado a 12 cm do centro do ânodo, foi simulado para detectar o espectro de energia dos fótons de raios X produzidos com uma resolução de energia de 0,5 KeV.

Espectros de raios X foram simulados para as seguintes combinações de materiais ânodo/filtro: W/Al, W/Cu, W/Ag, W/Rh, utilizados em um tubo de raios X para radiologia e mamografia. As energias dos elétrons monoenergéticos variou entre 28 KeV e 150 KeV. O método de redução de variância *Forcing*, ferramenta de simulação do PENELOPE que nos permite forçar interações de interesse, foi utilizado, devido à baixa probabilidade de produção de raios X. Isto nos possibilitou aumentar a probabilidade de que as interações de interesse (no caso de produção de raios X, *bremstrahlung* e raios X característicos) ocorram, reduzindo a incerteza dos dados simulados e aumentando a velocidade da simulação.

Foram obtidos espectros de raios X para cada combinação de alvo/filtro e diferentes energias, a partir dos valores do resultado das simulações que foram posteriormente plotados com o software *Matlab*. Os espectros de raios X possuem características específicas que dão sua forma: o espectro contínuo representa as interações de *bremstrahlung*, enquanto os picos representam os raios X característicos, quando a energia inicial do feixe de elétrons monoenergético é suficiente para que haja a produção deste tipo de radiação. Além disso, quando se

acrescenta uma filtração adicional, a contribuição de fótons de baixa energia para o espectro vai ser reduzida devido à maior probabilidade de interação do feixe de raios X com o material do filtro.



**Figura 1.** Comparação entre o espectro obtido com a simulação PENELOPE e o software SpekCalc, com uma combinação W/Al, para energia inicial dos elétrons de 110 KeV.

A figura 1 mostra a comparação entre um espectro simulado utilizando o PENELOPE e o software *spekCalc*, considerando o espectro produzido na interação de elétrons de 110 keV com ânodo de tungstênio e filtrado utilizando um filtro de alumínio com 0,1 cm de espessura. A análise preliminar nos mostra uma concordância entre os espectros, validando o resultado obtido pelas simulações. Uma boa concordância também foi observada para outras energias do elétron incidente e filtração.

### Conclusões

É possível observar, com os resultados já obtidos, que há concordância entre os valores encontrados na literatura<sup>1</sup> e os obtidos com a simulação utilizando o PENELOPE; a comparação entre a Camada semi redutora encontrada a partir do espectro simulado e o valor do *SpekCalc* nos dá uma diferença de 7,7%, o que valida o modelo criado para a obtenção de espectros de raios X.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a SAE, a CNPQ e Fapesp pelo apoio financeiro concedido.

<sup>1</sup> Poludniowski G, Landry G, DeBlois F, Evans P M and Verhaegen F. *SpekCalc: a program to calculate photon spectra from tungsten anode x-ray tubes*. 2009, Physics in Medicine & Biology, Volume 54, Number 19.