ANÁLISE DE DIFERENTES MATERIAIS E GEOMETRIAS PARA DOSIMETRIA EM TOMOGRAFIA COM FOTODIODO UTILIZANDO UM MODELO COMPUTACIONAL DE MONTE CARLO.

Francisco Lucas Santos Oliveira [1], Ejakson José de Sousa Vasconcelos [2], Walmir Belinato [3], Alexandre Rocha Paschoal [4], Cinthia Marques Magalhães Paschoal [5]

RESUMO

Os tomógrafos têm passado por evoluções tecnológicas que melhoram a aquisição da imagem, mas que podem ocasionar um aumento na dose no paciente. Isso mostra a necessidade e importância de se avaliar as doses nesta técnica. Neste cenário, os detectores pequenos estão adquirindo espaço, especialmente os detectores semicondutores, por possuírem características que despertam interesse para dosimetria das radiações ionizantes. Considerando que no projeto inicial os dados experimentais com o fotodiodo BPW34FS foram validados, este projeto teve o intuito de estender a pesquisa e estimar a dosimetria para diferentes materiais de proteção do fotodiodo e configurações das experimentais, com o intuito de contribuir no campo da pesquisa em CT. Com as simulações feitas através do código MCNPX, os resultados das análises de diferentes materiais mostraram que o papelão apresentou um melhor resultado que o cilindro de alumínio (referencial) e possui um custo benefício mais favorável. Em relação às diferentes configurações, os resultados mostraram que há a possibilidade de obtenção de um valor de dose maior com 2 fotodiodos (um acima e outro abaixo da placa) e de obter o perfil de dose em menor tempo com um maior número de fotodiodo ao longo da placa.

Palavras-chave:

Dosimetria. Fotodiodo. Tomografia. MCNPX.

[1] Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto das Ciências Exatas e Natureza, Discente, e-mail: santoslucas0474@gmail.com
[2] Universidade Federal do Ceará - Campus do Pici, Departamento de Física, Discente, e-mail: ejakson@fisica.ufc.br
[3] Instituto Federal da Bahia - Campus da Vitória da Conquista, Departamento de Ensino, Docente, e-mail: wbfisica@gmail.com
[4] Universidade Federal do Ceará - Campus do Pici, Departamento de Física, Docente, e-mail: paschoal@fisica.ufc.br
[5] Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto das Ciências Exatas e Natureza, Docente, e-mail: cinthiam.paschoal@unilab.edu.br

INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada (CT) é um importante procedimento de imagem, mas a dose de radiação associada a esta técnica é relativamente alta quando comparada com procedimentos radiológicos convencionais. Por isso, a proteção radiológica deve ser otimizada para minimizar os riscos de efeitos biológicos adversos.
A dosimetria em CT é feita, principalmente, utilizando uma câmara de ionização tipo lápis de 100 mm de extensão. No entanto, verificou-se que essa extensão, que tem o intuito de coletar toda radiação espalhada do perfil de dose de um único corte em tomografia, não é suficiente. Uma forma alternativa de dosimetria tem sido sugerida através da translação de detectores menores. Baseado nessa proposta, um detector formado por um dispositivo comercial eletrônico pequeno, o fotodiodo BPW34FS, foi desenvolvido e caracterizado, sendo envolvido por uma capa de cilindro de alumínio para proteger da luminosidade (PASCHOAL, 2013).
O método de Monte Carlo, baseado em modelos probabilísticos de modelagem computacional, tem se tornado uma ferramenta muito útil para estimar a dose nesta área de radiodiagnóstico. O MCNPX (Monte Carlo N-Particle eXtended) é um código de transporte de radiação Monte Carlo geral que rastreia partículas elementares e ondas eletromagnéticas com energias até a ordem de GeV.
Este projeto teve o objetivo de modelar e validar diferente materiais e geometrias para o detector com o fotodiodo BPW34FS em um cenário computacional com o MCNPX para tomografia, a fim de contribuir com a pesquisa em dosimetria em CT. A execução deste projeto contou com uma cooperação com o Instituto Federal da Bahia (IFBA) e a Universidade Federal do Ceará (UFC).

METODOLOGIA

Com o cenário validado procedeu-se a análise de novos materiais para o encapsulamento do fotodiodo (FD). Foram escolhidos 8 materiais disponíveis no mercado. Para fazer a simulação usando o MCNPX, é necessária a fórmula molecular de cada material. Estes dados e os materiais utilizados estão contidos na Tabela 1.

O cenário modelado possui as dimensões de 3,25 m x 4,20 m x 2,75 m e o equipamento de CT é constituído por 36 fontes (BELINATO, 2016), dispostas em intervalos de 10º, perfazendo 360º, com colimadores e filtros tipo gravata borboleta (bowtie), como mostra a Figura 1. Este cenário foi usado por Vasconcelos (2018) e em todos os experimentos deste trabalho. Com esse cenário, foram realizadas as simulações com o detector com fotodiodo, sendo posicionado no centro do gantry para medição da dose. Através desta configuração, foi simulado um material de cada vez.

NOVA CONFIGURAÇÃO PARA A PLACA QUE CONTÉM O FOTODIODO

Além da análise de novos materiais, procuraram-se diferentes configurações para o detector, o que foi utilizado experimentalmente possuía apenas um fotodiodo na placa. Para isso, foram feitas novas configurações da placa, como o aumento do número de fotodiodos. O primeiro teste foi feito com dois fotodiodos, um em cima e outro embaixo da placa, como mostra a Figura 2. O esperado com essa simulação era que a radiação detectada fosse 2 vezes maior que a configuração inicial.

Também foi modelada uma placa com 7 fotodiodos, sendo um no meio da placa, 3 à esquerda e os outros 3 à direita do fotodiodo central, como mostrado na Figura 3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DOS DADOS DOS MATERIAIS

A seguir serão apresentados os resultados das simulações com os diferentes tipos de materiais para o encapsulamento do fotodiodo PIN BW34FS. A Tabela 2 mostra os materiais e a dose absorvida pelo fotodiodo. A partir de análises da dose no centro do gantry, observou-se que alguns materiais deram resultados melhores do que o do cilindro de alumínio.

Inicialmente, foi testado o cilindro de alumínio, que é o material de referência por ter sido analisado experimentalmente. Como colocado nos objetivos, a intenção era encontrar um material que possibilitasse uma maior dose no detector, atenuando menos a radiação.
Pela Tabela 2, os cilindros feitos de ferro e PVC (Polyvinyl Chloride) obtiveram resultados inferiores ao cilindro de alumínio, por esse motivo, estes materiais não satisfizeram o objetivo esperado. Diferentemente, os cilindros feitos de acrílico, policarbonato e polipropileno apresentaram resultados melhores que o cilindro de alumínio, porém, foram descartados pelas suas propriedades de transparência (SANTOS, 2002; LIMA et al., 2012; FERREIRA, 2008). Tais materiais foram escolhidos inicialmente por serem produzidos de diferentes cores, como a cor preta. No entanto, apesar disso a taxa de transparência é considerável. Esse fato só foi verificado no decorrer do desenvolvimento do trabalho.
A dose absorvida pela parte sensível do fotodiodo envolvido por cilindros de grafite e de papelão mostraram um aumento de 133% e 102,3%, respectivamente, em relação ao cilindro de alumínio. O papelão analisado foi considerado como sendo feito somente por fibras de celulose (LORZ, 1988). Em suma, o grafite e o papelão, dentre os materiais analisados, foram os melhores para a proteção do fotodiodo. Porém, por questões de custo, o papelão foi o escolhido, sendo o material de proteção utilizado para os demais testes.

ANÁLISE DA NOVA CONFIGURAÇÃO DA PLACA

A Tabela 3 mostra os resultados da simulação considerando a configuração com dois fotodiodos.

Pela Tabela 3 é possível ver que há um aumento na absorção da dose, como era previsto. Para o cilindro de alumínio com dois fotodiodos houve um aumento de 98,5% em relação à placa com apenas um FD, o mesmo ocorreu com o cilindro de papelão, em que houve um aumento de 85% comparado com o cilindro com apenas 1 fotodiodo. Comparando o cilindro dos dois materiais, , o cilindro de papelão envolvendo 2 fotodiodos apresentou uma resposta 87,4% maior do que o detector com capa de alumínio e 2 fotodiodos Os resultados da placa com 7 fotodiodos estão em fase final de processamento, mas espera-se que a partir dessa placa seja possível obter um perfil de dose em menor tempo, sem a necessidade de translação do detector.

CONCLUSÕES

A análise de diferentes materiais constatou que o papelão é material mais indicado, pois possui valor acessível e possibilita uma detecção de dose 102% maior do que com cilindro de alumínio, que foi utilizado experimentalmente.
Com relação às diferentes configurações da placa, foi possível perceber que, com 2 fotodiodos na placa, obteve-se valores maiores da dose, como esperado. E, com a configuração com 7 fotodiodos, existe a expectativa de obtenção do perfil de dose em menor tempo. De modo geral, os dados obtidos nesse projeto mostram o desenvolvimento de novas técnicas para a melhoria da dosimetria com o fotodiodo BPW34FS em tomografia computadorizada , apresentando um aumento na detecção que ultrapassam 80% em relação aos

dados já validados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a orientação prestada pela Professora Doutora Cinthia Marques Magalhães Paschoal do início ao fim deste trabalho e pelos colaboradores da UFC e IFBA que me ajudaram bastante em relação ao código MCNPX. Agradeço à bolsa PIBIC/UNILAB.

REFERÊNCIAS

BELINATO, Walmir. Dosimetria de pacientes adultos e pediátricos empregando método de Monte Carlo em PET/CT. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Sergipe.

FERREIRA, C. I. Nanocompósitos pp/grafite obtenção e propriedades. 2008. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LORZ, R.; LINHART, L.; AUHORN, W.; MATZ, M. Production of paper and cardboard. U.S. Patent n. 4,749,444, 7 jun. 1988.

PASCHOAL, Cinthia Marques Magalhães et al. Caracterização de dispositivos eletrônicos para dosimetria em tomografia computadorizada. 2012. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Sergipe.

SANTOS, J. C. P. Desempenho térmico e visual de elementos transparentes frente à radiação solar. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VASCONCELOS, E. J. S. AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA DE UM DISPOSITIVO UTILIZANDO O CÓDIGO MCNPX EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA. 2018. Tese de mestrado. Universidade Federal do Ceará.