

Análise de curvas Tandem obtidas por meio de conjuntos de capas absorvedoras cilíndricas e câmara de ionização do tipo lápis para avaliação de CSR em Tomografia Computadorizada

Ladyjane Pereira Fontes¹, Maria da Penha Albuquerque Potiens²

^{1,2} Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN – CNEN/SP. Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, Cidade Universitária – 05508-000. São Paulo – SP – Brasil

E-mail: lpfontes@ipen.br

Resumo: Um sistema Tandem consiste na utilização de dosímetros com dependência energética diferentes, onde a razão entre as respostas das curvas de calibração em energia fornece a energia efetiva do feixe. A eficiência deste sistema está relacionada com as incertezas inerentes ao dosímetro utilizado e ao grau de dependência energética de cada conjunto. Quanto maior a inclinação da curva Tandem melhor será a identificação dos valores próximos de CSR tornando o sistema útil. Neste trabalho, o sistema Tandem é formado por câmara de ionização do tipo lápis e capas absorvedoras cilíndricas de materiais com diferentes dependências energéticas, para aplicação em tomografia computadorizada.

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada; Sistema Tandem; CSR.

Abstract: A Tandem system consists of the use of different energy dependent dosimeters, where the ratio of the responses of the calibration curves to energy provides the effective energy of the beam. The efficiency of this system is related to the uncertainties inherent in the dosimeter used and the degree of energy dependence of each set. The greater the slope of the Tandem curve the better will be the identification of values close to HVL making the system useful. In this work, the Tandem system consists of ionization chamber of the pencil type and cylindrical absorber layers of materials with different energetic dependencies, for application in computed tomography.

Keywords: Computed Tomography; Tandem System; HVL.

1. INTRODUÇÃO

O sistema Tandem composto por câmara de ionização do tipo lápis e capas absorvedoras cilíndricas foi pensado por Maia [1] com o objetivo de contribuir para o controle de qualidade nos tomógrafos de uma forma prática com base em um sistema simples e de baixo custo. Quando os valores de CSR não são facilmente determinados como no caso de Tomografia Computadorizada (TC), é possível avaliar a energia efetiva do feixe através de um sistema que consiste na utilização de dosímetros com dependência energética diferentes, onde a razão entre as respostas das curvas de calibração em energia pode fornecer a energia efetiva do feixe (sistema Tandem).

A aplicação deste sistema foi proposta por Kenney e Cameron [2] e Gorbics e Attix [3] que utilizaram materiais termoluminescentes para determinar energia de radiações gama e X. O sistema Tandem utilizado neste trabalho foi desenvolvido por Fontes [4] e é formado por dois conjuntos de câmara de ionização do tipo lápis e capas absorvedoras cilíndricas de alumínio (Al) e acrílico (PMMA). O sistema foi construído levando-se em consideração as qualidades de TC (RQT) implantadas por Dias [5] para calibração, através da aplicação de filtros de cobre em qualidades não atenuadas (RQR), obtendo assim energias na faixa de 100 a 150 kV no equipamento de radiação X do Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), seguindo o código de prática TRS 457 [6] e a revisão da norma IEC 61267 [7].

A eficiência deste sistema está relacionada com as incertezas inerentes ao dosímetro utilizado e ao grau de dependência energética de cada conjunto. Quanto maior a inclinação da curva Tandem melhor será a identificação dos valores próximos de CSR tornando o sistema útil.

2. OBJETIVO

Analisar o comportamento do sistema Tandem por meio da razão entre as respostas das curvas obtidas para os conjuntos formados por câmara de ionização do tipo lápis e cada capa absorvedora cilíndrica e as respostas com a câmara de ionização no ar.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizando-se o sistema de radiação X marca Pantak/Seifert, modelo Isovolt HS, na faixa de operação de radiodiagnóstico clínico (40 kV – 160 kV) do LCI; Câmara de ionização do tipo lápis marca Radcal, modelo 10x5 3 CT conectada a um eletrômetro marca Radcal, modelo 9015; Conjunto composto por capas absorvedoras cilíndricas de alumínio (uma capa absorvedora de 3 mm Al, três capas absorvedoras de 2 mm Al e uma capa absorvedora de 1 mm de Al) que acopladas formam capas de 1, 3, 5, 7 e 10 mm Al (figura 1) e Conjunto composto por duas capas absorvedoras cilíndricas de 10 mm PMMA e uma capa absorvedora 15 mm de PMMA que acopladas formam 10, 15 e 25mm de PMMA (figura 2).



Figura 1. Capas absorvedoras cilíndricas de alumínio.



Figura 2. Capas absorvedoras cilíndricas de acrílico.

3.1. Construção das curvas Tandem

Foram realizadas três séries de cinco leituras com a câmara de ionização do tipo lápis no ar, com a câmara de ionização do tipo lápis e as capas

absorvedoras cilíndricas de alumínio e com a câmara de ionização do tipo lápis e as capas absorvedoras cilíndricas de PMMA, respectivamente, para cada qualidade RQT (tabela 1), conforme arranjo da figura 3, afim de se construir curvas Tandem por meio das razões entre as repostas obtidas pelos conjuntos formados entre a câmara de ionização e as capas.

Tabela 1. Qualidades de radiação RQT, recomendadas pela norma IEC 61267 [7] a partir das qualidades RQR.

Qualidade	Tensão nominal (kV)	Filtro Adicional (mm Cu)	1ª CSR (mm Al)
RQT 8	100	0,20	6,9
RQT 9	120	0,25	8,4
RQT 10	150	0,30	10,1

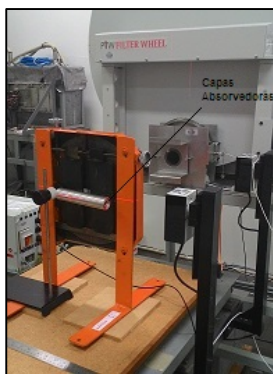


Figura 3. Arranjo utilizado para realizar as leituras com a câmara de ionização do tipo lápis e as capas absorvedoras cilíndricas de alumínio.

As razões entre as respostas obtidas para cada conjunto podem ser vistas nas tabelas 2,3,4,5 e 6

Tabela 2. Razão obtida entre as médias das leituras feitas com cada capa absorvedora cilíndrica de alumínio e a média das leituras com a câmara de ionização no ar para cada CSR de referência.

Razão entre as médias das leituras	CSR (mm Al)		
	6,9	8,4	10,1
1mm Al/Ar	0,9628	0,9723	0,9771
3mm Al/Ar	0,8695	0,9007	0,9219
5mm Al/Ar	0,7744	0,8191	0,8606
7mm Al/Ar	0,6852	0,7436	0,7927
10mm Al/Ar	0,5879	0,6536	0,7144

Tabela 3. Razão obtida entre as médias das leituras feitas com cada capa absorvedora cilíndrica de acrílico (PMMA) e a média das leituras com a câmara de ionização no ar para cada CSR de referência.

Razão entre as médias das leituras	CSR (mm Al)		
	6,9	8,4	10,1
15mm PMMA/ Ar	0,9140	0,9168	0,9158
25mm PMMA/ Ar	0,7915	0,8008	0,8039
35mm PMMA/ Ar	0,6807	0,6923	0,7007

Tabela 4. Razão obtida entre as médias das leituras dos conjuntos formados pela câmara de ionização do tipo lápis e cada capa absorvedora cilíndrica de alumínio, e câmara de ionização do tipo lápis e a capa absorvedora cilíndrica de 15mm de acrílico (PMMA).

Razão entre as médias das leituras	CSR (mm Al)		
	6,9	8,4	10,1
1mmAl/ 15 mm (PMMA)	1,0534	1,0907	1,0669
3mmAl/ 15 mm (PMMA)	0,9513	0,9825	1,0066
5mm Al/ 15 mm (PMMA)	0,8472	0,8934	0,9397
7 mm Al/ 15 mm (PMMA)	0,7490	0,8111	0,8655
10 mm Al/ 15 mm (PMMA)	0,6432	0,7129	0,7800

Tabela 5. Razão obtida entre as médias das leituras dos conjuntos formados pela câmara de ionização do tipo lápis e cada capa absorvedora cilíndrica de alumínio, e câmara de ionização do tipo lápis e a capa absorvedora cilíndrica de 25mm de acrílico (PMMA).

Razão entre as médias das leituras	CSR (mm Al)		
	6,9	8,4	10,1
1 mm Al/ 25 mm (PMMA)	1,2164	1,2140	1,2154
3 mm Al/ 25 mm (PMMA)	1,0985	1,1247	1,1468
5 mm Al/ 25 mm (PMMA)	0,9783	1,0228	1,0705
7 mm Al/ 25 mm (PMMA)	0,8656	0,9286	0,9860
10 mm Al/ 25 mm (PMMA)	0,7427	0,8162	0,8886

3.2. Análise das curvas Tandem

Foram analisadas as razões entre as respostas obtidas pelos conjuntos formados entre a câmara de ionização do tipo lápis e cada capa absorvedora cilíndrica de alumínio e PMMA, com as respostas da câmara de ionização no ar. Além das razões entre as respostas dos conjuntos formados pela câmara de ionização do tipo lápis e as capas absorvedoras cilíndricas de alumínio e as respostas da câmara de ionização do tipo lápis e as capas absorvedoras cilíndricas de alumínio e as respostas da câmara de ionização do tipo lápis e as capas absorvedoras cilíndricas de acrílico (PMMA).

As curvas Tandem construídas foram analisadas com base nas diferenças percentuais entre as razões obtidas por cada conjunto, para camadas semirredutoras subsequentes. Os valores de CSR correspondentes as qualidades RQT 8, 9 e 10 de referência para um feixe de tomografia computadorizada são respectivamente: 6,9, 8,4 e 10,1 mm Al. Nos gráficos das figuras 4,5,6 e 7 é possível observar que essas variações para o intervalo 1 (6,9 a 8,4 mm Al) e o intervalo 2 (8,4 a 10,1 mm Al) aumentam com o poder de absorção da capa.

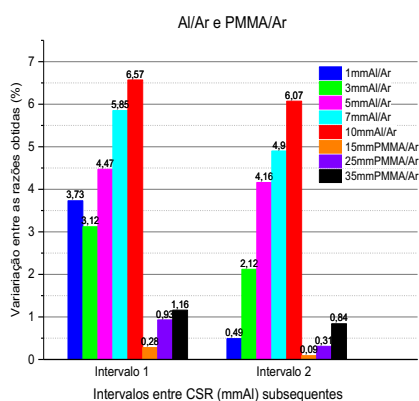


Figura 4. Gráfico das diferenças percentuais das razões entre as respostas obtidas pelos conjuntos formados com a câmara de ionização do tipo lápis e as capas absorvedoras cilíndricas de alumínio e acrílico (PMMA) e a câmara de ionização do tipo lápis no ar.

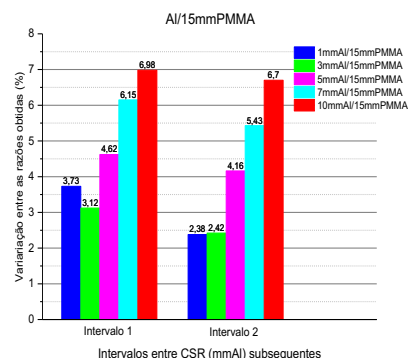


Figura 5. Gráfico das diferenças percentuais das razões entre as respostas obtidas pelos conjuntos formados com a câmara de ionização do tipo lápis e as capas absorvedoras cilíndricas de alumínio e a câmara de ionização do tipo lápis com a capa absorvedora cilíndrica 15 mm PMMA.

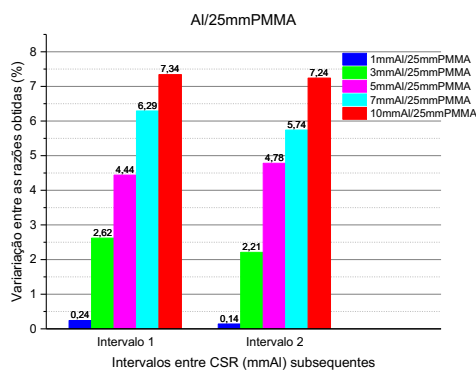


Figura 6. Gráfico das diferenças percentuais das razões entre as respostas obtidas pelos conjuntos formados com a câmara de ionização do tipo lápis e as capas absorvedoras cilíndricas de alumínio e a câmara de ionização do tipo lápis com a capa absorvedora cilíndrica 25 mm PMMA.

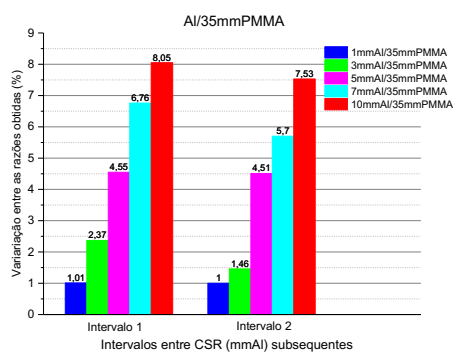


Figura 7. Gráfico das diferenças percentuais das razões entre as respostas obtidas pelos conjuntos formados com a câmara de ionização do tipo lápis e as capas absorvedoras cilíndricas de alumínio e a câmara de ionização do tipo lápis com a capa absorvedora cilíndrica 35 mm PMMA.

4. RESULTADO

Das variações entre as respostas para as CSR subsequentes das curvas obtidas para os conjuntos formados entre a câmara de ionização do tipo lápis e as capas absorvedoras cilíndricas de alumínio e PMMA e a câmara de ionização no ar, vistas no gráfico da figura 4 e para os conjuntos formados pela câmara de ionização do tipo lápis com as capas absorvedoras cilíndricas de alumínio e pela câmara de ionização do tipo lápis com as capas absorvedoras cilíndricas de 15 mm PMMA (figura 5), 25 mm PMMA (figura 6), e 35 mm PMMA (figura 7) a curva que obteve maior variação é referente ao conjunto formado pela câmara de ionização do tipo lápis com a capa absorvedora cilíndrica de 10 mm Al e a câmara de ionização do tipo lápis com a capa absorvedora cilíndrica de 35 mm PMMA.

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados foi possível concluir que houve maior variação na dependência energética de acordo com o aumento do poder de absorção pelas capas absorvedoras cilíndricas, tendo melhores resultados para as de material mais absorvedor como o alumínio e no caso do acrílico (PMMA) maior espessura, tornando a curva referente ao conjunto formado pela câmara de ionização do tipo lápis com a capa absorvedora cilíndrica de 10 mm Al e a câmara de ionização do tipo lápis com a capa absorvedora cilíndrica de 35 mm PMMA, mais eficiente para aplicação do sistema Tandem.

6. REFERÊNCIAS

[1] MAIA, A.F. *Padronização de feixes e metodologia dosimétrica em tomografia computadorizada*. Tese de Doutorado—Universidade de São Paulo. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2005.

[2] KENNEY, G.N. ; CAMERON, J.R. *X ray beam quality measurement utilizing TL dosimeters Progress Report*, AEC contact no AT 11-1-1105-TID-19112, 1963.

[3] GORBICS, S.G.; ATTIX, F.H. *LiF and CaF₂:Mn thermoluminescent dosimeters in Tandem*. Int.J.Appl.Radiat. Isot., v.19, n.1, p.81-89, 1968.

[4] FONTES, L.P. *Desenvolvimento de um guia orientativo para dosimetria em tomografia computadorizada*. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2016.

[5] DIAS, D. M. *Estabelecimento de um novo método de calibração de câmaras de ionização tipo lápis para dosimetria em feixes de tomografia computadorizada*. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2010.

[6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice. Technical Reports Series N° 457*, IAEA, Vienna, 2007.

[7] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *Medical diagnostic X-ray equipment – Radiation conditions for use in determination of characteristics*. Revisão 2005. Genève, 2005.