

APLICAÇÃO DE METODOLOGIA TANDEM EM PROCEDIMENTOS DE RADIOPROTEÇÃO

Nogueira, M. S.^{1,2}, Zenóbio, M. A. F.², Leyton F.¹, Mello, O.¹, da Silva P. A.¹, Batista Neto, A. T.¹, Almeida Jr, A.T.³, Silveira, R.⁴

¹ Pós-graduação em Ciências e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais - CDTN/CNEN

² Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, Brasil

³ Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO, Minas Gerais, Brazil

⁴ Centro Regional de Ciências Nucleares – CRCN / CNEN, Pernambuco, Brazil,

E-mail: mnogue@cdtn.br

Abstract: The paper proposes a tandem methodology for measuring average power, tension and CSR in interventional radiology procedures. Isodose curves can be built to suit the dose limits for occupationally exposed individuals. It used two types of TLDs (LiF, LiF-100H and 900) for constructing tandem system on the range 40-150 N - ISO, in narrow spectra. The maximum difference observed for the experimental results was (-8.6%) for the average power and (21.3%) for CSR on 80KV. It has been shown that the use of the tandem system composed of dosimeters of different energy dependence is feasible.

Keywords: tandem system; thermoluminescent dosimeters; interventional radiology

1. Introdução

A radiação espalhada e o tempo de fluoroscopia causam um excesso de exposição dos profissionais. Um médico chega a receber 18,8 μ Sv por procedimento de cardiologia intervencionista, conforme reportado por LEYTON F. et. al [1] que relatam doses equivalentes de 293mSv por ano no cristalino e de 400mSv por ano nas mãos. Foram constatadas evidências de ocorrência de opacidade do cristalino e de catarata em médicos e enfermeiros e relatos de epilação nas mãos dos cirurgiões.

Dentro das possibilidades para a determinação da energia efetiva no ponto de medição, dentro de um simulador, seria a determinação dessa energia efetiva pelo método

tandem, uma vez que o campo de radiação não se mantém constante no interior do simulador. O método tandem consiste na determinação da razão das respostas de dois tipos de dosímetros, que respondem diferentemente à variação de energia. Calibrando-se estes dosímetros em campo de radiação de energias conhecidas é possível construir uma curva que permitirá determinar a energia num ponto de interesse, onde a energia do campo de radiação é desconhecida. Quanto maior for a inclinação desta curva, maior será a exatidão na determinação da energia.

Silva et. al [2] desenvolveram um sistema tandem utilizando câmaras de ionização com aplicação em raios X diagnóstico. O sistema desenvolvido pelos autores foi formado por duas

câmaras, ambas com volume sensível de 6 cm³, com coletores de grafite e alumínio. Os autores utilizaram qualidades da IEC [3], RQR e RQA para a calibração do sistema, em termos da linearidade e dependência energética.

O trabalho proposto nesta pesquisa utilizou metodologia tandem para a medida da energia média em procedimentos de radiologia intervencionista. Utilizando essa metodologia a construção de curvas de isodose, no que se refere à adequação quanto aos limites de dose definidos para indivíduos ocupacionalmente expostos, poderão ser construídas. Assim, será possível estimar o equivalente de dose pessoal a partir da localização de cada profissional da equipe na sala de fluoroscopia e fazer adequações, caso sejam necessárias.

2. Experimental

Foram utilizados dois tipos de dosímetros termoluminescentes TL (LiF-100H e LiF-900) para a construção de um sistema tandem. Na calibração e testes de constância dos Tld's foi utilizado um equipamento de raios X do fabricante PANTAK/Seifert Isovolt HS320 (Fig 1). Os fatores de calibração utilizados foram determinados para o potencial de tubo 40-150 kV da série ISO 4037-1[4], espectro estreito da ISO.



Figura 1 – Setup de calibração do sistema. Raios X industrial pantak Seifert dosímetros UNFORS e TLDs.

Para a leitura dos TLDs LiF-100H programou-se um aquecimento de 240°C por 30s e para os TLDs LiF-900 programou-se a temperatura de 300°C por 50 segundos a uma taxa de aquecimento de 25°C por segundo, conforme manual do fabricante. A Fig. 2

apresenta a leitora Harshaw 5500 utilizada nas leituras dos TLDs.



Figura 2 - Leitora Termoluminescente Harshaw 5500 Thermo Electron.

A qualidade utilizada para a determinação da curva de calibração foi espectro estreito, conveniente para a calibração de dosímetro usado em radiologia intervencionista. Para cada irradiação, o detector foi posicionado ao lado de um conjunto de dosímetros, formado por 3 LiF-100H e 3 LiF-900. A tabela 1 são apresentadas as qualidades de radiação utilizadas nesta pesquisa.

Tabela 1 - calibração Tandem nas Doses de 1,3 e 5mGy[4]

Radição de referência	Corrente (mA)	Tensão (kV)	Taxa de kerma a 1,5m (µGy/s)	Filtros utilizados	Energia média (keV)	CSR (mmCu)
N40	15	40	9,24	2,35 mmAl e 0,2 mmCu	33	0,084
N60	15	60	16,31	3,0 mmAl e 0,5 mmCu	48	0,24
N80	20	80	17,62	2,0 mmAl e 1,7 mmCu	65	0,58
N100	20	100	7,61	3,0 mmAl e 4,4 mmCu	83	1,11
N120	30	120	4,51	4,0 mmAl e 4,4 mmCu e 1,0 mm Sn	100	1,71
N150	30	150	31,3	1,0 mmAl E 2,5 mm Sn	118	2,36

3. Resultados e discussões

3.1. Calibração Tandem

Foram utilizados os dosímetros LiF-100H, que não tem dependência com a energia, e o TLDs LiF-900 que é altamente dependente da energia. A reprodutibilidade das respostas dos dosímetros para uma mesma exposição foi verificada usando-se o campo de radiação do ⁶⁰Co. O fator de reprodutibilidade do lote de TLDs é recomendado pela Comissão Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2000) através da Equação 1 e 2, com um valor estabelecido de ≤ 20%, com intervalo de confiança de 95%.

$$R(\%) = \frac{(s + I_s)}{\bar{L}} \cdot 100 \quad (1)$$

$$I_s(95\%) = (t_s \cdot s_i) \sqrt{\frac{0,5}{10-1}} \quad (2)$$

Onde s é o desvio padrão de cada TL e I_s é o intervalo de confiança de 95%. \bar{L} é a média das leituras de cada TL. E t_s é o valor de t-student de 2,26 para 10 medidas[5]

A avaliação do fator de calibração e sua dependência energética foram feitas experimentalmente utilizando-se campos de radiação. A energia média dos raios X estudados variou de 33 a 118 keV com dose de exposição aos TLDs sempre de 5 mGy, para facilitar a leitura dos dosímetros. A curva Tandem, obtida através do quociente entre os valores das curvas de dependência energética de cada dosímetro é mostrada nas figuras 3, 4 e 5, para o cálculo da energia média, tensão e camada semi redutora (CSR).

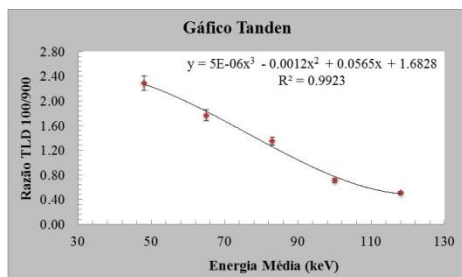


Figure 3– Curva Tandem para medida da energia média do feixe de raios X.

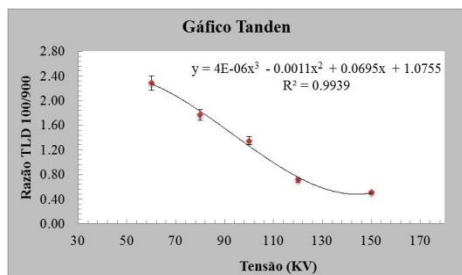


Figure 4– Curva Tandem para medida da tensão do feixe de raios X.

As respostas obtidas, para os feixes correspondentes às radiações de referência N60 a N120, são mais precisas para determinação da tensão – parte mais inclinada das curvas (Fig. 4).

O conhecimento da distribuição de energia em cada ponto possibilita a determinação da dose ao longo da sala de fluoroscopia, possibilitando

otimizar a dose ocupacional e proporcionar um ambiente mais seguro do ponto de vista da proteção radiológica.

A tabela 2 apresenta resultados experimentais para medida da tensão, energia média e CSR que foram obtidos através das curvas de calibração indicadas nas figuras 3, 4 e 5, para feixes de raios X primários, obtidos no laboratório de calibração.

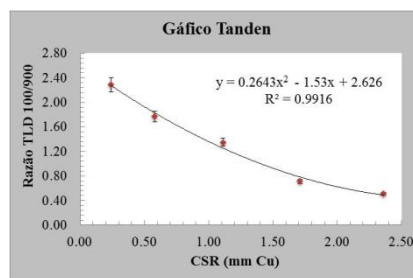


Figure 5– Curva Tandem para medida da camada semiredutora - CSR

Foi observada a máxima variação entre a tensão do tubo medida e a estabelecida para a qualidade de radiação de 12%). Essa diferença pode ser justificada pelo comportamento da curva (Fig. 3) não está mais na faixa inclinada da reta. Com relação aos outros parâmetros medidos: Energia média e CSR, comparando estes resultados experimentais da tabela 2 com os valores indicados pela ISO (Tab.1). A tabela 2 apresenta as medias e desvio padrão (DP) dos resultados. Foi observada uma variação máxima para os resultados experimentais de (-8,6%) para a energia média e de (21,3%) para a CSR, ambos com 80KV. Os resultados aqui apresentados demonstram que podemos utilizar esta metodologia como ferramenta alternativa para a medida destes parâmetros em campos de radiação de feixe espalhado, como por exemplo, em procedimentos de radiologia intervencionista, onde há necessidade de um monitoramento da dose recebida pelos profissionais expostos. Alternativa que poderia ser utilizada seria medir os espectros do feixe espalhado e deste obter a energia média. Esse processo fornece bons resultados, mas seria bem mais demorado e difícil de realizar, já que o espectrômetro necessita de um alinhamento para se obter a medida correta, além de se obter somente um espectro de cada vez. Com a metodologia

TANDEN podemos mapear vários pontos em um único disparo do raios X.

Tabela 2. Comparação dos parâmetros medidos – Feixe direto.

QUALIDADE	Tensão(KV)	DP	Energia Média (keV)	DP	CSR (mm Cu)	DP
ISO	Medida	(KV)	(keV)	keV	Medida	mm Cu
N60	61.350	10.371	46.399	5.419	0.215	0.124
N80	77.377	5.177	59.399	5.000	0.478	0.159
N120	104.857	2.516	82.027	1.409	1.130	0.058

A tabela 3 apresenta resultados experimentais para Energia média e CSR, em feixes de raios clínicos.

As medidas experimentais foram realizadas no sistema de angiografia equipado com detector de tela (panel) plana. O modo de cine e três modos de fluoroscopia: baixa, média e alta dose foram usadas. As doses de radiação espalhada foram medidas em três projeções angiográficas: ântero-posterior (AP), oblíqua anterior esquerda e oblíqua anterior esquerda 45° com cranial 30° (Spider). Os detectores (TLDs) foram posicionados a uma distancia típica na qual fica o olho do cardiologista. Juntamente com os TLDs foi colado um medidor de estado solido (UNFORS) para avaliação da dose no cristalino. A maior taxa de dose, o equivalente de dose pessoal, Hp(3), no cristalino foi $19,74 \pm 1,97$ mSv/h sem biombo de teto no modo cine para projeção "spider". Para projeção lateral no modo cine, o uso do biombo de teto reduz a dose em um fator de 10% [3]. O operador Intervencionista pode, portanto, facilmente exceder o limite de dose de cristalino se o biombo de teto não é utilizado.

Tabela 3. Comparação dos parâmetros medidos- Feixe espalhado.

	Tensão Indicada (KV)		Energia Média (keV)		CSR (mm Cu)	DP (mm Cu)
			Feixe espalhado			
Fluoroscopia - AP						
FLUO CINE	75	45.45(4.50)	36.32(3.23)		0.092	0.030
Fluoroscopia - LAT						
Fluoroscopia normal	103	64.50(5.23)	52.80(6.20)		0.339	0.023
FLUO BAIXO	89	50.96(4.30)	41.24(2.80)		0.136	0.015
FLUO CINE	110	62.09(5.1)	50.92(4.81)		0.311	0.021
FLUO BAIXO SPIDER	70	48.29(4.30)	40.17(3.20)		0.182	0.009

Pode-se observar na tabela 3 concordancia com os valores da tabela 1, em relação aos valores medidos nesta pesquisa para a CSR.

4. CONCLUSÕES

Foram utilizados dois tipos de dosímetros termoluminescentes TL (LiF-100H e LiF-900)

para a construção do sistema tandem utilizando potencial de tubo de raios X de 40-150 kV da série N-ISO, de espectros estreitos. A variação máxima observada para os resultados experimentais foi de (-8,6%) para a energia média e de (21,3%) para a CSR, ambos com 80kV. Foi comprovado que a utilização do sistema tandem composto de dosímetros de dependência energética diferentes é viável, pois possibilita a determinação da distribuição espacial de doses em uma sala de fluoroscopia. O que permite estabelecer as posições dos membros da equipe para minimizar as dose, permitindo-se, assim, localizar os pontos de maiores dose recebida pela equipe durante o procedimento. O baixo custo e menor tempo de medição desse sistema, em relação a métodos tradicionais, possibilita a realização de experimentos com maior frequência, melhorando o sistema de radioproteção.

Acknowledgments

The authors are thankful to FUNDACENTRO, UFOP/REDEMAT, CNPq, and CNEN. This work was supported by FAPEMIG, CNPq and Ministry of Science and Technology - MCT/Brazil, through the Brazilian Institute of Science and Technology (INCT) for Radiation Metrology in Medicine

7. REFERÊNCIAS

- [1] LEYTON F. et. al. Rev Bras Cardiol Invasiva. 2014;22(1):87-98.
- [2]Silva, J. O. et. al. Revista Brasileira de Física Médica.2011;4(3):27-30.
- [3] IEC – IEC 61267: Medical diagnostic X-ray equipment – Radiation conditions for use in the determination of characteristics. Geneva, Switzerland, 2005.
- [4] ISO - Radiation characteristics and production method. ISO 4037-1. ISO (1996).
- [5] EUROPEAN COMMISSION. Recommendations for Patient Dosimetry in Diagnostic Radiology Using TLD. Luxembourg: 2000. (EURATOM Report)