

CURVAS DE SATURAÇÃO DE CÂMARAS DE IONIZAÇÃO TANDEM PARA A MEDIDA DE Hp(10)

Vitor Vivolo e Linda V.E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
Av. Professor Lineu Prestes 2242
05508-000 São Paulo, SP
vivolo@ipen.br, lcaldas@ipen.br

RESUMO

Neste trabalho foi estudado o efeito de polaridade e a recombinação iônica, obtendo-se as curvas de saturação de duas câmaras de ionização de placas paralelas idênticas desenvolvidas no IPEN (nível radioproteção) com eletrodos coletores diferentes (de modo a se obter dependências energéticas diferentes) em feixes padrão de radiação X de energias intermediárias. As duas câmaras foram desenvolvidas para a medida do equivalente de dose pessoal constituindo um Sistema Tandem. Os resultados obtidos nos ensaios mostram a viabilidade deste sistema de medida.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, é desejável que os instrumentos de medida possam determinar as doses com as maiores precisão e exatidão possíveis, sendo estas consideradas importantes ferramentas diagnósticas. Existe, assim, uma tendência em se enfatizar a necessidade por uma alta exatidão. Desse modo é necessário o conhecimento das características dos feixes de radiação e sua utilização tanto em clínicas de radioterapia e radiodiagnóstico como em laboratórios de calibração de instrumentos detectores de radiação.

Desde 1963 têm sido utilizados sistemas Tandem de dosímetros termoluminescentes [1-4]. Consistem de dois dosímetros individuais com dependências energéticas diferentes e permitem a determinação da energia efetiva em campos de radiação X não conhecidos.

Quando a determinação da energia efetiva de um dado feixe de radiação não pode ser feita pela medida da camada semi-redutora, pode ser utilizado um método alternativo. O método denominado Tandem está baseado na determinação da energia efetiva do feixe, além da exposição ou do kerma no ar por meio da aplicação de dois dosímetros que possuem diferentes dependências energéticas; utilizando-se a razão entre os valores das respostas ou dos fatores de calibração dos dosímetros, pode-se determinar a energia efetiva da radiação incidente.

Um outro tipo de sistema Tandem foi proposto no IPEN [5-8] composto por câmaras de ionização semelhantes, com uma diferença principal: os seus eletrodos coletores eram constituídos de materiais diferentes, de modo a se introduzir a dependência energética necessária para o estabelecimento das curvas Tandem. Considerando que as medidas

adicionais dos espectros de fótons de energias baixas e médias utilizam equipamentos sofisticados e caros como espectrômetros para fótons, o uso de câmaras de ionização especialmente desenvolvidas para medir diretamente o equivalente de dose pessoal, ou $H_p(10)$ [9], com pequena dependência energética, é muito mais simples e econômico. Estas câmaras, uma vez calibradas, eliminam a necessidade de medidas espectrométricas rotineiras.

Quando uma câmara de ionização está sujeita a um campo de radiação, a corrente de ionização medida inicialmente aumenta com o aumento da tensão aplicada e depois se estabiliza. O aumento inicial da corrente de ionização com a tensão é causada pela coleção de íons incompleta em tensões baixas. Os íons positivos e negativos tendem a se recombinar, a menos que eles sejam rapidamente separados pelo campo elétrico; esta recombinação pode ser minimizada pelo aumento do campo elétrico. A câmara deve ser usada na região de saturação para que pequenas mudanças na tensão não resultem em mudanças na corrente.

O número de pares de íons formados por unidade de caminho percorrido é uma função da densidade do gás em uma câmara de ionização; desse modo, para câmaras de ionização não seladas, devem ser aplicadas correções no valor da corrente de ionização para variações de temperatura e pressão.

O objetivo deste trabalho é a realização de ensaios para a obtenção das curvas de saturação, do cálculo da eficiência de coleção de íons, do efeito de polaridade e da recombinação iônica, sendo que os ensaios foram aplicados conforme recomendações internacionais[10] e fazem parte dos ensaios para caracterização do comportamento destas câmaras de ionização.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas duas câmaras de ionização de placas paralelas montadas dentro de um simulador de tronco, confeccionado em PMMA, desenvolvidas no IPEN. As paredes das câmaras são confeccionadas em PMMA, e as janelas de entrada, em grafite com espessura de cerca de 0,04mm e 5cm de diâmetro. As câmaras foram desenvolvidas com eletrodos coletores de diferentes materiais, sendo um de alumínio e o outro de grafite, com diâmetros de 5cm e espessura de 2mm. O anéis de guarda foram confeccionados nos mesmos materiais dos eletrodos coletores, porém com dimensões de 10cm de diâmetro e 2mm de espessura. As câmaras foram acopladas ao eletrômetro marca PTW, modelo Unidos. A tensão de polarização das câmaras foi incrementada em intervalos de 50V até atingir a tensão máxima de 400V. Esta variação de tensão foi realizada tanto para a tensão de polaridade positiva como negativa.

As irradiações foram realizadas no sistema gerador de raios-X Seifert/Pantak, Alemanha, modelo ISOVOLT 160 HS, utilizando-se a tensão de 50 kV e corrente de 10 mA, com uma filtração total de 2,5 mmAl, simulando um feixe de entrada em radiodiagnóstico (RQR3)[11]. A distância foco-detector foi de 1m.

Como as câmaras utilizadas não são seladas, todas as medições foram corrigidas para as condições naturais de temperatura e pressão.

3. RESULTADOS

Foram obtidas as curvas de saturação, variando-se a tensão aplicada aos eletrodos das câmaras de ionização. Estas curvas de saturação são mostradas nas Fig. 1 e 2. As correntes de ionização medidas representam o valor médio de dez leituras. As incertezas nas medidas das correntes de ionização foram menores que 0,3%. Quando uma câmara de ionização está sujeita a um campo de radiação, a corrente de ionização aumenta com o aumento da tensão aplicada entre os seus eletrodos e então se estabiliza. As câmaras apresentaram o comportamento esperado, atingindo a saturação com a tensão de 100V.

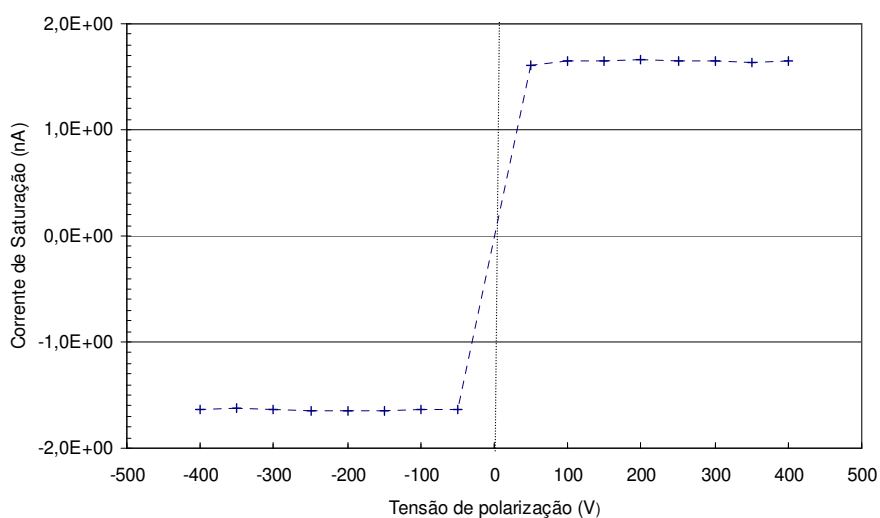


Figura 1. Curva de saturação para a câmara de ionização com eletrodo coletor de alumínio.

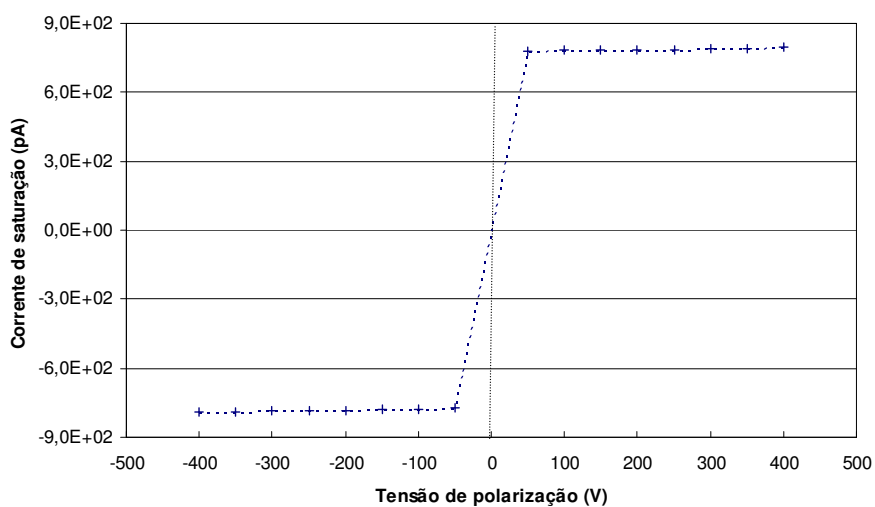


Figura 2. Curva de saturação para a câmara de ionização com eletrodo coletor de grafite.

O efeito de polaridade para esta qualidade de raios-X, com os valores máximos permitidos de tensão positiva e negativa deve ser menor que 1%, caso contrário devem ser determinados fatores de correção com uma incerteza associada menor que 1% [10]. Isto significa que a razão entre a carga coletada positiva e negativa com os valores máximos de tensão de polarização positiva e negativa em função da qualidade da radiação incidente deve estar entre 0,99 e 1,01. As Tabelas 1 e 2 mostram os valores obtidos para este ensaio para as duas câmaras. Aplicou-se tensão de polarização de + 400V até - 400V, com intervalos de incremento de tensão de 50V. Todos os resultados obtidos se mantiveram dentro do intervalo recomendado.

Tabela 1. Efeito de polaridade para a câmara de ionização com eletrodo coletor de alumínio

Tensão de polarização (V)	Corrente (nA)	Resultado
+ 50/-50	1,61/1,63	0,99
+100/-100	1,65/1,64	1,01
+150/-150	1,64/1,64	1,00
+200/-200	1,66/1,65	1,01
+250/-250	1,64/1,65	0,99
+300/-300	1,65/1,64	1,01
+350/-350	1,64/1,63	1,01
+400/-400	1,65/1,63	1,01

Tabela 2. Efeito de polaridade para a câmara de ionização com eletrodo coletor de grafite

Tensão de polarização (V)	Corrente (pA)	Resultado
+ 50/-50	781,34 / 771,81	1,01
+100/-100	781,91 / 776,20	1,01
+150/-150	783,26 / 779,10	1,01
+200/-200	784,72 / 782,11	1,00
+250/-250	786,04 / 784,16	1,00
+300/-300	788,26 / 786,00	1,00
+350/-350	793,40 / 787,63	1,01
+400/-400	799,21 / 789,66	1,01

A partir destes valores foram feitos os cálculos da eficiência de coleta de íons para cada uma das câmaras, utilizando-se a equação 1[10]. Foram utilizadas os valores de 200V e 400V positivos e negativos para este cálculo, para cada câmara.

$$K_s = \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right) - 1 \right] / \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 - \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \right] \quad (1)$$

onde :

K_s = eficiência de coleta de íons

M_1 e M_2 = leituras nas tensões V_1 e V_2

V_1 e V_2 = tensões de polarização

$V_1/V_2 = 2$

Os valores obtidos estão na Tabela 3. Como a eficiência de coleta de íons deve ser melhor que 99%, as duas câmaras de ionização atenderam ao recomendado. As eficiências para a câmara com eletrodo de grafite ficaram em torno de 100%, lembrando que existe uma incerteza na medição das leituras devida ao próprio instrumento de medida, no caso o eletrômetro, em torno de 0,3% da medida.

Tabela 3. Eficiência de coleta de íons para as duas câmaras de ionização.

Câmara de ionização com eletrodo coletor de	Eficiência de coleta de íons	
	Tensão de polarização positiva	Tensão de polarização negativa
Alumínio	0,9969	0,9957
Grafite	1,0062	1,0032

3. CONCLUSÕES

As variações nas leituras obtidas dos ensaios realizados para as curvas de saturação não superaram 1% para aplicação de tensões de polarização positivas e negativas nas câmaras de ionização no intervalo de +400 V até -400 V, com variações de 50 V. Com relação ao efeito de polaridade, as câmaras ensaiadas atenderam ao recomendado pela norma, ou seja, os valores obtidos ficaram entre 0,99 e 1,01. O mesmo ocorreu com o ensaio de recombinação iônica. Os ensaios atenderam ao recomendado pela norma IEC 60731 [10]. Estes testes fazem parte da caracterização das câmaras de ionização desenvolvidas no IPEN e os seus resultados mostram a sua viabilidade de utilização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro parcial da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Brasil

REFERÊNCIAS

1. G. N. Kenney and J.R.Cameron, "X-ray beam quality measurement utilizing TL dosimeters", *Progress Report*, AEC Contract AT 11-1-1105, **TID-19112**, 1963.
2. S.G.Gorbics and F.H. Attix., "LiF and CaF₂:Mn thermoluminescent dosimeters in Tandem", *International Journal of Applied Radiation Isotopes*, **19(1)**, pp.81-89, (1968).
3. Z. Spurny and C. Milu and N. Racoveanu. "Comparasion of X-ray beams using thermoluminescent dosimeters", *Physics in Medicine and Biology*, **18(2)**, pp. 276-278, (1973).
4. L.A.R. Da Rosa, "Utilizacao de dosimetros termoluminescentes para determinacao da exposicao ou dose absorvida em campos de radiacao gama ou X com distribuicao espectral desconhecida". Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1981.
5. A.M. da Costa and L. V. E. Caldas, "Response characteristics of a tandem ionization chamber in standard x-ray beams", *Applied Radiation and Isotopes*, **58** (4), pp. 495-500 (2003).
6. A.M. da Costa and L. V. E. Caldas, "A special ionisation chamber for quality control of diagnostic and mammography x ray equipment", *Radiation Protection Dosimetry*, **104** (1): 41-45 (2003).
7. M. P. P. Albuquerque and L.V.E. Caldas, "New ionization chambers for beta and X-radiation", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, **A280**, pp. 310-313 (1989).
8. L.V.E. Caldas, "A sequential tandem system of ionisation chamber for effective energy determination of radiation fields", *Radiation Protection Dosimetry*, **36** (1), pp. 47-50 (1991).
9. U.Ankerhold, P. Ambrosi and T. Eberle, "A chamber for determining the conventionally true value of Hp(10) and H*(10) needed by calibration laboratories", *Radiation Protection Dosimetry*, **96** (1-3), pp. 133-137 (2001).
10. "Medical Electrical Equipment, Dosimeters with Ionization Chambers as Used in Radiotherapy", *International Electrotechnical Commission (IEC 60731)*, Geneva (1997).
11. "Medical diagnostic X-ray equipment - Radiation conditions for use in determination of characteristics", *International Electrotechnical Commission, (IEC 61267)*, Geneva (1994).