

# PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA CÂMARA DE IONIZAÇÃO ESPECIAL DE PLACAS PARALELAS

**Ana F. Maia e Linda V. E. Caldas**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear  
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242  
CEP 05422-970  
São Paulo  
[afmaia@ipen.br](mailto:afmaia@ipen.br)  
[lcaldas@ipen.br](mailto:lcaldas@ipen.br)

## RESUMO

O objetivo principal deste estudo foi o desenvolvimento de uma câmara de ionização de placas paralelas com dimensões semelhantes às câmaras utilizadas em procedimentos dosimétricos em tomografia computadorizada (CT), denominadas câmaras de ionização tipo lápis. A construção desta câmara visa fornecer ao Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN um sistema padrão para os feixes de radiação utilizados na calibração das câmaras utilizadas em CT. A câmara foi submetida a testes de caracterização e de controle de qualidade e todos os resultados mostram que a câmara atende às exigências para operar como sistema de referência.

## 1. INTRODUÇÃO

A técnica da tomografia computadorizada (CT) representou um grande avanço para o radiodiagnóstico médico. Entretanto, as doses envolvidas nos procedimentos de CT são altas quando comparadas com as doses dos procedimentos convencionais de radiodiagnóstico. Por isso, é importante garantir a precisão das medidas dosimétricas realizadas nestes equipamentos. E, para isso, é necessária uma rede metrológica, com campos padrões e sistemas de referência adequados, que possa fornecer coeficientes de calibração para os dosímetros.

O sistema padrão de referência do Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) para feixes de radiodiagnóstico é uma câmara de ionização de placas paralelas com volume e geometria muito diferentes da maioria das câmaras de ionização comerciais tipo lápis. O mais adequado, entretanto, é que o sistema padrão de referência e o instrumento sob calibração sejam os mais semelhantes possíveis. Por isso, surgiu a idéia de se projetar uma câmara de ionização de placas paralelas com as especificações desejadas. O objetivo foi criar uma câmara que pudesse operar como câmara de referência para feixes de CT com algumas características semelhantes à câmara de campo (tipo lápis).

A câmara de ionização tipo lápis é uma câmara cilíndrica. A maior parte das câmaras deste tipo têm comprimento sensível de 10cm e volume sensível de aproximadamente 3cm<sup>3</sup> [1, 2]. A câmara desenvolvida difere das câmaras tipo lápis porque é de placas paralelas. Entretanto, as dimensões e o volume sensível da nova câmara são muito similares às das câmaras de ionização tipo lápis.

O LCI já tem experiência na confecção de câmaras de ionização: várias câmaras de placas paralelas e de extrapolação já foram construídas e testadas [3-7]. Em alguns casos, foram construídos sistemas tandem compostos por mais de uma câmara de ionização com eletrodos coletores de materiais diferentes [3, 4, 6, 7]. O Sistema Tandem é utilizado para avaliação de variações nos valores de camada semi-redutora em programas de controle de qualidade.

A escolha do tipo de câmara a ser construída foi baseada na facilidade de confecção. A câmara de placas-paralelas foi construída na oficina mecânica do IPEN, sem a necessidade de materiais específicos. Os materiais escolhidos para compor a câmara são materiais disponíveis no mercado nacional. A nova câmara, entretanto, não poderá ser utilizada diretamente em tomográficos, devido à rotação do tubo de radiação X. Contudo, não foi com esta finalidade que ela foi desenvolvida, mas sim de operar em laboratórios de calibração de instrumentos em feixes estabelecidos de CT como sistema de referência.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram aplicados testes de caracterização e de controle de qualidade para verificação do comportamento operacional da nova câmara de ionização desenvolvida: saturação, eficiência de coleta de íons, efeito da polaridade, corrente de fuga e estabilidade a curto e longo prazos.

O teste de saturação é realizado para se determinar a tensão de operação da câmara de ionização, que deve ser suficiente para coletar todos os íons primários gerados pela radiação incidente no volume sensível. A curva de saturação para a nova câmara de ionização foi obtida no intervalo de -400V a +400V, variando-se a tensão em passos de 50V. Para realização deste teste, foi utilizado um feixe padrão de radiodiagnóstico, recomendado para calibração das câmaras de ionização de CT (120kV, 3,84mmAl de CSR, taxa de kerma no ar de 121,8mGy/min), estabelecido num equipamento de radiação X Pantak/Seifert, modelo ISOVOLT 160HS, no Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN.

A partir da curva de saturação, é possível analisar o efeito da polaridade na resposta da câmara e determinar a eficiência de coleta de íons. Esta é obtida pela razão entre a corrente medida e a corrente de saturação ideal, e pode ser estimada pelo método das duas tensões, dado pela Equação 1, onde são obtidas medidas ( $M_1$  e  $M_2$ ) em duas tensões diferentes ( $V_1$  e  $V_2$ ) [8, 9]:

$$k_s = \frac{(V_1/V_2)^2 - 1}{(V_1/V_2)^2 - (M_1/M_2)} \quad (1)$$

Os testes de estabilidade visam avaliar a constância das respostas obtidas com uma câmara de ionização. Utilizou-se uma fonte de referência de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ , marca PTW, com 5,5MBq de atividade nominal (janeiro/2005). Além disso, também foi confeccionado um suporte específico para possibilitar o posicionamento preciso e reprodutível da fonte para eliminar o risco de desvios nas leituras gerados pela geometria do arranjo experimental.

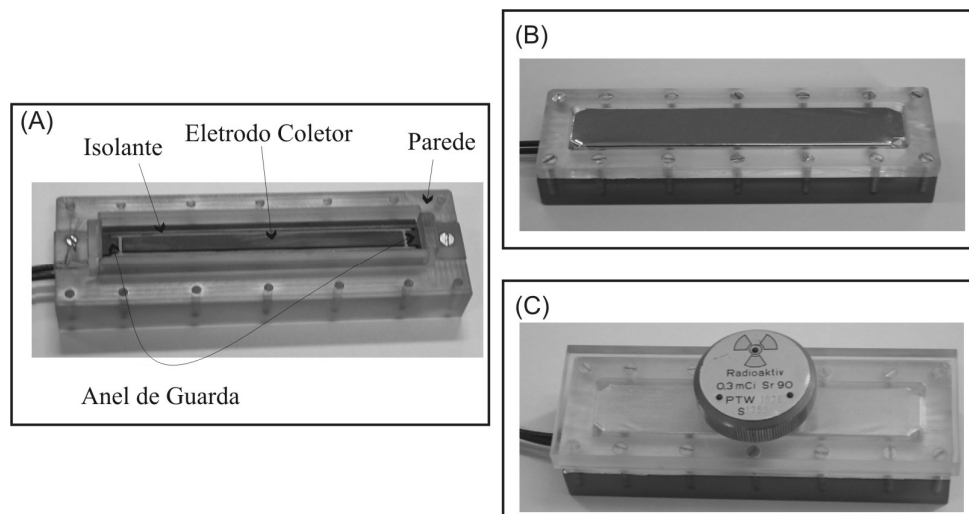
No teste de estabilidade a curto prazo, também denominado teste de repetitividade, são realizadas, normalmente, dez medidas consecutivas com a câmara de ionização exposta a uma fonte de controle em condições reprodutíveis e é analisado o desvio padrão entre as medidas. O teste de estabilidade a longo prazo, também denominado teste de reprodutibilidade, é um teste que avalia a estabilidade da câmara de ionização ao longo do tempo. Os resultados dos testes da estabilidade a longo prazo foram obtidos computando-se os resultados dos testes de repetitividade em função do tempo.

O teste de corrente de fuga tem como objetivo avaliar a contribuição na medida de algum sinal que não seja proveniente da ionização no volume sensível. Esse teste foi realizado medindo-se a variação na leitura do instrumento após irradiação.

### 3. RESULTADOS

A câmara de placas paralelas desenvolvida tem volume sensível de  $3,2\text{cm}^3$  e comprimento sensível de  $10\text{cm}$ , semelhantes à grande parte das câmaras de ionização tipo lápis comerciais (câmaras cilíndricas não selada de volume sensível de aproximadamente  $3\text{cm}^3$  e comprimento sensível entre  $10$  e  $15\text{cm}$  [2]). A largura da câmara construída é  $0,64\text{cm}$  e a espessura é  $0,5\text{cm}$ . O eletrodo e o anel de guarda são de grafite, o isolante é de Teflon, a parede é de acrílico e a janela é de poliéster aluminizado (Mylar).

As Fig. 1A e 1B mostram fotos da câmara durante sua montagem. A Fig. 1C mostra o arranjo utilizado para realização dos testes de estabilidade, com uma fonte de controle de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  de atividade nominal de  $5,5\text{MBq}$  (janeiro de 2005).



**Figura 1. Fotos da câmara de ionização de placas paralelas desenvolvida neste trabalho no IPEN: (A) Câmara sem a janela de entrada; (B) Câmara com a janela de entrada; (C) Câmara com a capa especial e a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ , para os testes de estabilidade.**

Os resultados obtidos durante a realização dos testes de caracterização e de controle de qualidade estão mostrados na Tabela 2, assim como os limites de aceitação para cada caso, quando aplicáveis.

**Tabela 2. Resultados dos testes de caracterização e de controle de qualidade realizados com a câmara de ionização desenvolvida.**

<b>Teste</b>	<b>Resultado</b>	<b>Limite de Aceitação [10,11]</b>
Saturação	Atingida em todo o intervalo de tensão utilizado	-
Eficiência de Coleta de Íons	Para $V_1=-300V$ ; $V_2=-150V$ , melhor do que 99,9%	-
Efeito da Polaridade	Variação Máxima: 0,4%	Variação Máxima: 1% [11]
Estabilidade a Curto Prazo	Variação Máxima: 0,2%	Variação Máxima: 1% [10]
Estabilidade a Longo Prazo	Variação Máxima: 0,8%	Variação Máxima: 3% [10]
Corrente de Fuga	Maior corrente de fuga = 0,8% da corrente de ionização produzida pela menor taxa de kerma no ar efetiva utilizada (0,534 mGy/min)	5% da corrente de ionização produzida pela menor taxa de kerma no ar efetiva utilizada [10]

Como a resposta da câmara desenvolvida se mostrou dentro da região de saturação em todo intervalo estudado, qualquer tensão de polarização poderia ter sido escolhida. Entretanto, buscando a uniformização em relação aos demais sistemas dosimétricos do LCI, a tensão de polarização escolhida foi -300V, que é uma tensão muito utilizada com as demais câmaras do LCI.

Os três primeiros testes da Tabela 2 são relativos à caracterização do sistema dosimétrico e servem para se determinar propriedades específicas de cada instrumento. Os demais testes, listados na Tabela 2, são testes de controle de qualidade e são úteis para verificação do comportamento da câmara num dado momento e da constância do seu comportamento. Como a nova câmara de ionização foi desenvolvida para operar como um sistema de referência, é muito importante que ela apresente sempre bons resultados nos testes de controle de qualidade, como foi comprovado nos testes realizados neste estudo. Por exemplo, a baixa variação obtida no teste de estabilidade a longo prazo é uma garantia de reprodutibilidade nas calibrações feitas com este sistema de referência.

Outros testes de caracterização ainda deverão ser feitos com esta câmara, como o estudo de sua dependência energética e de linearidade da resposta. Entretanto, os resultados obtidos até então comprovam o bom desempenho da câmara desenvolvida.

#### 4. CONCLUSÃO

Em todos os testes realizados, a nova câmara de ionização mostrou desempenho excelente. Vale ressaltar ainda que esta câmara constituiu um protótipo, cuja intenção é, principalmente, mostrar a viabilidade da construção deste tipo de câmara.

O projeto foi desenvolvido buscando facilitar a construção da câmara, inclusive em relação aos custos. Mesmo assim, todos os testes mostraram que a câmara apresenta desempenho adequado e pode ser utilizada como sistema de referência nos feixes padrões de CT, no Laboratório de Calibração do IPEN.

#### AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem o apoio financeiro parcial da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil.

#### REFERÊNCIAS

1. R.A. Jucius, G.X. Kambic, "Radiation dosimetry in computed tomography (CT)," *SPIE Proc.*, v. **127**, pp.286-295 (1977).
2. A. Suzuki, M.N. Suzuki, "Use of a pencil-shaped ionization chamber for measurement of exposure resulting from a computed tomography scan," *Med. Phys.*, v. **5**, n.6, pp.536-539 (1978).
3. M.P.P. Albuquerque, L.V.E. Caldas, "New ionization chambers for beta and X-radiation," *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res.*, v. **A280**, pp. 310-313 (1989).
4. C.N. de Souza, L.V.E. Caldas, C.H. Sibata, A.K. Ho, K.H. Shin, "Two new parallel-plate ionization chambers for electron beam dosimetry," *Radiat. Meas.*, v. **26**, n. 1, pp. 65-74 (1996).
5. S.K. Dias, L.V.E. Caldas, "Development of an extrapolation chamber for calibration of beta-ray applicators," *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, v. **45**, n. 3, pp.1666-1669 (1998).
6. A.M. Costa, L.V.E. Caldas, "A special ionization chamber for quality control of diagnostic and mammography X ray equipment," *Radiat. Prot. Dosim.*, v. **104**, n. 1, p. 41-45 (2003).
7. A.M. Costa, L.V.E. Caldas, "Response characteristics of a tandem ionization chamber in standard X-ray beams," *Appl. Radiat. Isot.*, v. **58**, p. 495-500 (2003).
8. J.W. Boag, "Ionization chambers," In: *Kase, K.R.; Bjärngard, B.E.; Attix, F. H. The dosimetry of ionizing radiation*, v.2, pp.169-243, Academic Press Inc., Orlando (1987).
9. International Atomic Energy Agency. "Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: An international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water," Vienna, 2001. (IAEA TRS 398)
10. International Electrotechnical Commission. "Medical electrical equipment - Dosimeters with ionization chambers and/or semi-conductor detectors as used in X-ray diagnostic imaging," Genève, 1997. (IEC 61674)
11. International Electrotechnical Commission. "Dosemeters with ionization chambers as used in radiotherapy," Genève, 1997. (IEC 60731)