

Estudo da Estabilidade de Resposta e da Uniformidade do Campo Elétrico Aplicado a uma Câmara Monitora Anelar

Maíra T. Yoshizumi e Linda V. E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN - CNEN/SP, São Paulo, Brasil

Resumo. Uma câmara de ionização anelar foi desenvolvida e testada no Laboratório de Calibração de Instrumentos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). Esta câmara de ionização possui um furo central pelo qual passa o feixe direto de radiação. Somente a penumbra do feixe de radiação é medida, à semelhança da utilização de câmaras cilíndricas como câmaras monitoras. Esta câmara de ionização anelar foi construída com o intuito de monitorar a intensidade de feixes de radiação X sem causar interferência. Neste trabalho foi estudada a estabilidade da resposta da câmara de ionização anelar em diferentes pontos de seu volume sensível. Foram realizados os testes de estabilidade a curto e médio prazos e o teste de corrente de fuga, sendo os resultados muito satisfatórios, dentro dos limites recomendados internacionalmente.

Palavras-chave: câmara de ionização, radiação X, câmara monitora.

Study of the Response Stability and Applied Electrical Field Uniformity of a Ring-shaped Monitor Chamber

Abstract. A ring-shaped ionization chamber was developed and tested at the Calibration Laboratory of Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). This ionization chamber presents a central hole through which the direct radiation beam passes. Because of this central hole, the ionization chamber measures only the radiation penumbra, as do the cylindrical ionization chambers. The motivation for the construction of this ring-shaped ionization chamber was to monitor the direct radiation beam intensity with no interference on it. In this work the chamber response stability was studied in different positions of its sensitive volume. The short- and medium-term stability tests and the leakage current test were evaluated; the results obtained are in good agreement with international recommendations.

Keywords: ionization chamber, X radiation, monitor chamber

1. Introdução

Como os equipamentos de radiação X são ligados à rede elétrica, eles podem apresentar uma variação em sua resposta devido à oscilação desta rede. Assim, a intensidade de seus feixes de radiação deve ser monitorada para garantir que a dose aplicada seja igual à desejada. Essa garantia é muito importante quando se trata de equipamentos utilizados em laboratórios de calibração uma vez que eles serão utilizados como referência para calibrar os dosímetros clínicos.

A norma atualmente em vigor para o controle qualidade em radiodiagnóstico, IAEA TRS 457 [1], recomenda a utilização de câmaras monitoras para assegurar a estabilidade do feixe de radiação X nos laboratórios de calibração de instrumentos. Essas câmaras de ionização são geralmente de placas-paralelas, com um grande volume sensível e são fabricadas com um material "invisível" à radiação. As câmaras de ionização utilizadas nesses laboratórios devem seguir algumas recomendações quanto às suas características [2]. Quando todo o feixe de radiação deve ser monitorado, as câmaras de ionização monitoras devem permanecer fixas à frente da saída do tubo

de radiação e a área de seu volume sensível deve ser maior que a área coberta pelo feixe de radiação [3]. Na impossibilidade de se utilizar uma câmara monitora deste tipo, pode-se usar uma câmara cilíndrica, do tipo Farmer, posicionada fora do feixe, medindo-se a penumbra do feixe [3].

No Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN, uma câmara de ionização monitora foi desenvolvida para ser utilizada em feixes de radiação X, nível radiodiagnóstico; os testes pré-operacionais, assim como os testes de estabilidade de sua resposta, que incluem o teste de repetitividade (estabilidade a curto prazo) e reprodutibilidade (estabilidade a longo prazo), foram satisfatórios [4]. A estabilidade foi estudada somente em um ponto do volume sensível da câmara anelar escolhido arbitrariamente.

No presente trabalho, os testes de repetitividade e reprodutibilidade da resposta da câmara anelar foram novamente realizados, mas em 4 posições diferentes bem definidas, para confirmar a estabilidade de sua resposta e a uniformidade do campo elétrico aplicado ao volume sensível da câmara.

2. Material e Métodos

A câmara de ionização anelar desenvolvida é de placas-paralelas com um furo central. Seu volume sensível é de aproximadamente 200 cm³. A câmara possui uma janela de entrada fina de poliéster aluminizado; o eletrodo coletor e os anéis de guarda são de alumínio. Foi utilizada uma tensão de operação de -400 V. Esta câmara monitora anelar é mostrada na Figura 1.

Para os testes de repetitividade e reprodutibilidade foi utilizada uma fonte de controle de ⁹⁰Sr+⁹⁰Y, Physikalisch-Technische Werkstätten (PTW), Alemanha, modelo 8921, com atividade nominal de 33 MBq, 1994.

Os testes de estabilidade de resposta foram realizados utilizando-se um suporte especial de acrílico que foi desenvolvido especialmente para posicionar a fonte de controle em 5 posições diferentes. Este suporte é mostrado na Figura 2.



Figura 1. Câmara de ionização anelar.



Figura 2. Suporte de acrílico para posicionamento da fonte de controle.

3. Resultados

A resposta da câmara monitora anelar foi estudada com relação à corrente de fuga e estabilidades a curto e longo prazos. A partir dos resultados obtidos pelos testes de estabilidade foi verificada a uniformidade do campo elétrico aplicado à câmara monitora.

3.1. Testes de repetitividade e reprodutibilidade

No teste de repetitividade, ou teste de estabilidade a curto prazo, foram feitas 10 medições consecutivas da carga coletada durante 15 segundos. Estas medições foram realizadas com a fonte em 4 posições diferentes, como

mostrado na Figura 3. Na posição central do suporte (Figura 2) a câmara não apresentou resposta à radiação da fonte, como esperado. Estas medições consecutivas não devem apresentar um desvio padrão maior que $\pm 3\%$, de acordo com as recomendações internacionais [2]. O teste de repetitividade foi realizado 14 vezes. A Tabela 1 mostra o valor médio obtido a partir destes 14 testes realizados em cada uma das 4 posições da fonte. O maior desvio padrão encontrado para este teste foi de apenas 0,37%, estando portanto dentro do limite recomendado [2].



Figura 3. Câmara anelar com a fonte de controle de ⁹⁰Sr+⁹⁰Y disposta na posição 1 do suporte para fonte.

Tabela 1. Médias das 14 medições da respostas da câmara monitora anelar obtidas para o teste de repetitividade.

Posição	Resposta da câmara (pA)	Valor relativo
1	-173,04 \pm 0,29	1,007 \pm 0,002
2	-174,05 \pm 0,25	1,012 \pm 0,002
3	-172,18 \pm 0,23	1,002 \pm 0,002
4	-168,32 \pm 0,26	0,979 \pm 0,002
Média	-171,90 \pm 0,13	1

A partir dos valores médios obtidos no teste de repetitividade, verificou-se a reprodutibilidade da resposta da câmara anelar. Os 14 testes de repetitividade foram realizados ao longo de 3 meses. Para o teste de reprodutibilidade, a resposta da câmara de ionização não deve variar mais que $\pm 2\%$ ao longo de um ano [2].

Na Figura 4 são mostrados os resultados obtidos para o teste de reprodutibilidade para as 4 posições diferentes da fonte na câmara. Analisando os resultados do teste repetitividade ao longo do tempo, tem-se que a maior variação foi de apenas 1,01% durante o período do estudo, estando portanto perfeitamente dentro do limite recomendado [2].

No trabalho anterior [4], os testes de estabilidade a curto e médio prazos foram realizados somente na posição 1 do suporte da fonte de controle. Os maiores desvios padrão obtidos foram de 0,39% e 0,67% para os testes de estabilidade a curto e médio prazos, respectivamente.

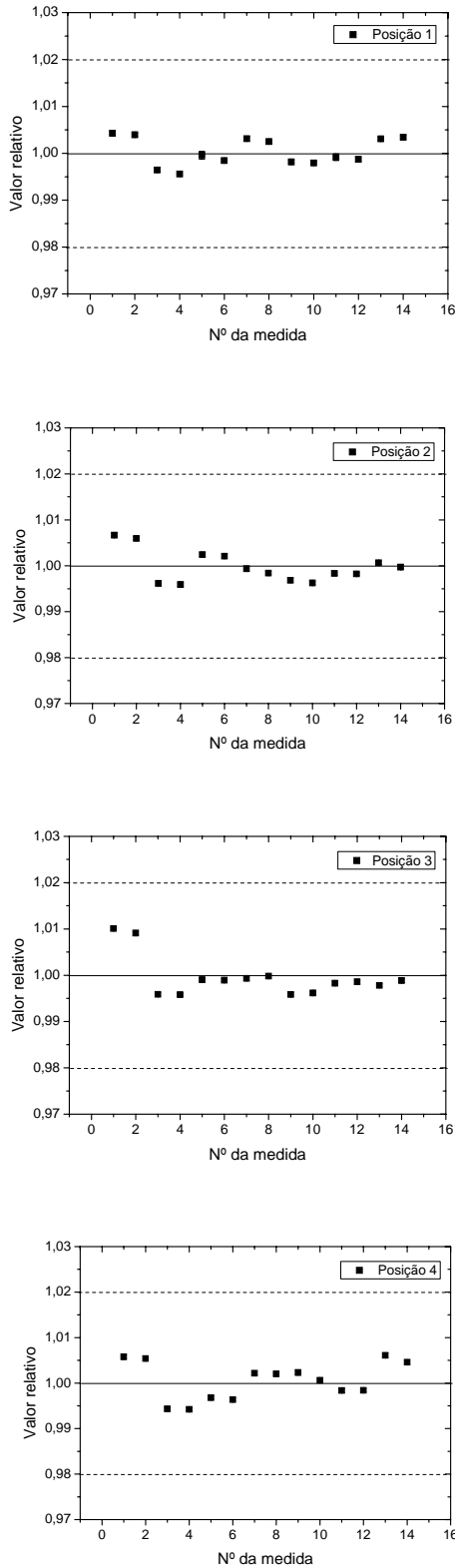


Figura 4. Estabilidade a médio prazo da resposta da câmara anelar em 4 posições diferentes da fonte de controle.

3.2. Teste de corrente de fuga

O teste de corrente de fuga foi realizado antes e depois de expor a câmara à radiação. No teste pré-irradiação coletou-se a carga durante 20 minutos com a câmara ligada e com tensão aplicada, mas sem nenhuma fonte de irradiação. No teste pós-irradiação coletou-se a carga por

15 segundos com a fonte de controle; logo depois a fonte foi retirada e coletou-se a carga por mais 20 minutos. Assim, o teste de corrente de fuga pós-irradiação foi realizado para as 4 posições da fonte, diferentemente do teste pré-irradiação. Os testes de corrente de fuga pré- e pós-irradiação foram sempre realizados antes e após as medições para o teste de repetitividade, respectivamente. Portanto, ao todo foram feitas 14 medições das correntes de fuga, como exposto na Tabela 2.

Tabela 2: Corrente de fuga pré- e pós-irradiação. No teste pós-irradiação o resultado é a média obtida para as 4 posições da fonte.

Medida	Corrente de fuga (pA)	
	Pré-irradiação	Pós-irradiação
1	$(9,10 \pm 0,11) \times 10^{-1}$	$(9,35 \pm 0,01) \times 10^{-1}$
2	$(4,50 \pm 0,01) \times 10^{-1}$	$(-5,66 \pm 0,02) \times 10^{-1}$
3	$(-4,07 \pm 0,02) \times 10^{-3}$	$(-5,00 \pm 0,02) \times 10^{-2}$
4	$(9,23 \pm 0,12) \times 10^{-1}$	$(8,90 \pm 0,01) \times 10^{-1}$
5	$(2,50 \pm 0,01) \times 10^{-2}$	$(4,08 \pm 0,01) \times 10^{-2}$
6	$(-4,68 \pm 0,01) \times 10^{-1}$	$(4,45 \pm 0,02) \times 10^{-1}$
7	$(2,00 \pm 0,01) \times 10^{-1}$	$(-1,26 \pm 0,03) \times 10^{-1}$
8	$(9,30 \pm 0,01) \times 10^{-1}$	$(5,42 \pm 0,01) \times 10^{-1}$
9	$(-7,57 \pm 0,01) \times 10^{-1}$	$(-4,25 \pm 0,01) \times 10^{-1}$
10	$(-4,23 \pm 0,01) \times 10^{-2}$	$(3,20 \pm 0,01) \times 10^{-2}$
11	$(-2,23 \pm 0,02) \times 10^{-1}$	$(2,95 \pm 0,02) \times 10^{-1}$
12	$(5,32 \pm 0,01) \times 10^{-1}$	$(-4,46 \pm 0,01) \times 10^{-1}$
13	$(2,80 \pm 0,01) \times 10^{-1}$	$(-5,45 \pm 0,01) \times 10^{-1}$
14	$(-1,92 \pm 0,01) \times 10^{-2}$	$(1,50 \pm 0,01) \times 10^{-2}$

De acordo com as recomendações internacionais o valor da corrente de fuga não deve ser maior que 5% do valor da menor taxa de exposição à qual a câmara será exposta [2]. As correntes de fuga pré- e pós-irradiação, durante todo o experimento, foram consideradas desprezíveis, representando menos que 1% da corrente produzida pela menor taxa de kerma no ar utilizada.

3.3. Uniformidade do campo elétrico

Comparando as respostas da câmara obtidas em cada posição definida pelo suporte da fonte, foi analisada a uniformidade do campo elétrico aplicado ao volume sensível da câmara anelar. Esta análise foi feita da seguinte maneira: 1) a partir do resultado dos testes de estabilidade foi comprovada a repetitividade da resposta da câmara ao longo do tempo nas 4 posições estudadas; e 2) comparando entre si as respostas obtidas em cada posição, foi possível verificar a diferença máxima dessas respostas, que mostra a uniformidade do campo elétrico nessas posições. Na Tabela 3 é apresentada a variação máxima observada entre os valores medidos nas 4 posições diferentes.

Tabela 3: Variação da uniformidade do campo.

Medida	Variação (%)
1	3,45
2	3,42
3	3,54
4	3,53
5	3,91
6	3,92
7	3,09
8	3,01
9	2,83
10	2,94
11	3,36
12	3,35
13	2,84
14	2,89

Na Tabela 3 pode-se observar que a maior variação encontrada entre as respostas obtidas nas 4 diferentes posições foi de apenas 3,9%. Para uma melhor visualização da uniformidade do campo elétrico foi feito um gráfico da resposta da câmara monitora em função da posição da fonte de controle (Figura 5). Este gráfico foi obtido a partir da média de todas as 14 medições realizadas para o teste de estabilidade a curto prazo. Na Figura 5 as respostas foram normalizadas com relação ao valor médio das 4 medidas e a variação máxima, neste caso, foi de apenas 2,1%, como mostrado na terceira coluna da Tabela 1.

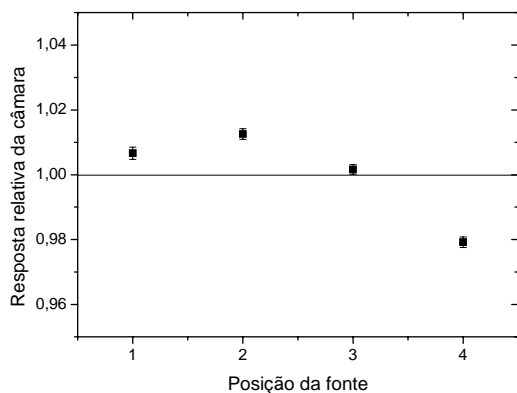


Figura 5. Uniformidade do campo elétrico nas 4 posições diferentes da fonte de controle.

4. Conclusões

Pelos resultados obtidos nos testes realizados neste trabalho, pode-se concluir que a câmara de ionização anelar desenvolvida no IPEN apresenta uma resposta estável a curto e médio prazos. Foi possível verificar que o campo elétrico aplicado ao volume sensível da câmara é uniforme (dentro de 3,9%), considerando 4 pontos de medição.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e ao Ministério de Ciência e Tecnologia (INCT em Metrologia das

Radiações na Medicina), pelo apoio financeiro parcial.

Referências

1. International Atomic Energy Agency. Dosimetry in diagnostic radiology: An international code of practice. Technical Reports Series No. 457. Vienna: 2007.
2. International Electrotechnical Commission. Medical electrical equipment – Dosimeters with ionization chambers and/or semi-conductors as used in X-ray diagnostic imaging. IEC Report 61674. Genève; 1997.
3. Attix FH, Introduction on radiological physics and radiological dosimetry. 2nd ed., New York, N.Y.: John Wiley & Sons, 1986.
4. Yoshizumi MT, Caldas LVE. Preliminary studies of a new monitor ionization chamber. Appl Radiat Isot 2009. Artigo aceito para publicação.

Contato:

Maíra Tiemi Yoshizumi
mairaty@ipen.br