

Estudo comparativo da estabilidade de resposta de câmaras de ionização monitoras em feixes de radiação X

Maíra T. Yoshizumi* e Linda V. E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN)

Comissão Nacional de Energia Nuclear

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, 05508-000, São Paulo, SP, Brasil

Tel/Fax: +55 11 31339716

E-mail: mairaty@ipen.br

E-mail: lcaldas@ipen.br

Resumo: As organizações internacionais recomendam a utilização de uma câmara de ionização monitora para a garantia da qualidade durante serviços de calibração em feixes de radiação X. Esta câmara monitora deve ser “transparente” à radiação e cobrir toda a área útil do feixe. Mas uma câmara cilíndrica (do tipo Farmer) também pode ser utilizada se mantida na região de penumbra. No Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) foram desenvolvidas câmaras de ionização anelares, que unificam estes dois tipos de câmaras monitoras. Neste trabalho, foi feito um estudo comparativo da estabilidade da resposta de quatro câmaras monitoras em feixes de radiação X: cilíndrica, de placas-paralelas e duas anelares.

Abstract: International organizations recommend the utilization of a monitor ionization chamber for quality assurance during calibration services in X-radiation beams. The monitor chamber may be “transparent” to radiation, and it shall cover the whole radiation field. A cylindrical chamber (Farmer type) can also be used for this purpose, but it has to be positioned in the radiation penumbra region. At IPEN two ring-shaped ionization chambers were developed. These chambers unify the other two types of monitor chambers. In this work, a comparative study of the response stability in X-radiation beams of four monitor chambers (a cylindrical, a parallel-plate and two ring-shaped ionization chambers) was performed.

Keywords: monitor chamber, X-radiation.

INTRODUÇÃO

As câmaras de ionização são os detectores de radiação mais utilizados. As câmaras são simples e, dependendo do material utilizado e da sua configuração, elas podem ser utilizadas para diversas finalidades. Os tipos mais comuns de câmaras de ionização são as de placas-paralelas, as cilíndricas e as esféricas [DeWERD e WAGNER, 1999].

Um tipo especial de câmara de ionização é a câmara de transmissão. Ela é utilizada para monitorar a intensidade do feixe de saída dos equipamentos de radiação X, pois esse pode sofrer oscilações devido a oscilações da rede elétrica. Este tipo de câmara possui um volume sensível grande e normalmente permanece fixo em frente à saída do tubo de raios-X, cobrindo todo o campo de radiação [IAEA, 2007]. A câmara do tipo Farmer, ou “câmara dedal”, é uma câmara cilíndrica que, se posicionada na região de penumbra, pode também ser utilizada como uma câmara monitora [ATTIX, 1986].

Duas câmaras de ionização anelares foram desenvolvidas no IPEN. Estas câmaras são do tipo placas-paralelas e possuem um volume sensível grande e em forma anelar. Elas possuem um furo central para a passagem do feixe de radiação, sendo feita a medição somente da radiação de penumbra. A diferença entre as duas câmaras anelares é o material do eletrodo coletor, sendo um de alumínio e outro de grafite.

Uma característica muito importante nas câmaras monitoras é a estabilidade da resposta a longo prazo, ou reprodutibilidade. Como essas câmaras serão utilizadas para monitorar a intensidade do feixe de radiação é necessário que sua resposta seja confiável e, para isso, a resposta deve ser reprodutível ao longo do tempo.

O objetivo deste trabalho foi fazer um estudo comparativo da estabilidade de resposta de quatro câmaras de ionização monitoras: uma câmara de transmissão comercial, uma câmara comercial do tipo Farmer e as duas câmaras anelares desenvolvidas no IPEN.

* Autor correspondente

MATERIAIS UTILIZADOS

Foi utilizado um equipamento de raios-X, Pantak/Seifert, modelo ISOVOLT 160-HS, que opera entre 5 e 160 kV. Neste equipamento estão implantados feixes padrões, níveis radioterapia, radiodiagnóstico e radioproteção, sendo que, para este trabalho foram utilizadas quatro qualidades de feixe, nível radiodiagnóstico [IEC, 1994]. As características dessas qualidades de radiação estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características dos feixes padrões de radiação X do equipamento Pantak/Seifert, nível radiodiagnóstico [IEC, 1994].

Qualidade da radiação	Tensão do tubo (kV)	Corrente do tubo (mA)	Filtração adicional (mmAl)	Camada semi-redutora (mmAl)	Energia efetiva (keV)	Taxa de kerma no ar (mGy/min)
RQR 5	70	10	2,5	2,35	30,15	47,17
RQR 7	90	10	2,5	2,95	33,05	74,51
RQA 5	70	20	23,5	6,86	49,40	3,40
RQA 7	90	20	32,5	9,22	59,70	4,87

Neste estudo foram avaliadas:

- Uma câmara de transmissão comercial, Physikalisch-Technische Werkstätten (PTW), modelo 34014, Alemanha. Esta câmara monitora pertence ao Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN e é utilizada regularmente nos serviços de calibração.
- Uma câmara cilíndrica, Nuclear Enterprises (NE), modelo 1229, Inglaterra.
- Dois câmaras anelares desenvolvidas no IPEN.

As câmaras de ionização anelares desenvolvidas no IPEN são de PMMA e possuem uma janela fina feita de poliéster aluminizado. A principal diferença entre elas é o material do eletrodo coletor, sendo um de alumínio e outro de grafite. Há também pequenas diferenças no diâmetro do furo central e no tamanho do volume sensível das câmaras de ionização: respectivamente, 6 cm e 200 cm³ no caso da câmara com eletrodo de alumínio e 7 cm e 160 cm³ no caso da câmara com eletrodo de grafite, aproximadamente. Essa diferença interfere somente na intensidade da resposta das câmaras. A Figura 1 apresenta uma fotografia da câmara de ionização anelar de grafite.



Figura 1 – Câmara de ionização anelar com eletrodo coletor de grafite.

Todas as câmaras de ionização foram conectadas a eletrômetros, PTW, modelo UNIDOS, com exceção da câmara de transmissão comercial, que foi utilizada em conjunto com um eletrômetro, PTW, modelo UNIDOS E.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As câmaras de ionização monitoras foram posicionadas, uma a uma, a 30 cm do foco do tubo de radiação, em um sistema de colimação, como mostrado na Figura 2.



Figura 2 – Posicionamento das câmaras de ionização no feixe de radiação: (a) anelares e de transmissão (na foto é mostrada a câmara de ionização anelar com eletrodo coletor de alumínio) e (b) cilíndrica.

Para cada qualidade de radiação foram feitas 10 medições consecutivas para avaliar a estabilidade de resposta a curto prazo, ou repetitividade. O desvio padrão máximo destas medições não deve ser maior que 3%, de acordo com recomendações internacionais [IEC, 1997]. Foram feitos 12 testes de repetitividade com cada câmara de ionização em cada uma das qualidades do feixe. A Tabela 2 mostra os desvios máximos obtidos dentre os testes realizados. Todas as câmaras atendem às recomendações.

Tabela 2: Desvios padrões máximos, determinados para o teste de repetitividade, das câmaras de ionização monitoras.

Modelo da câmara de ionização	Variação máxima (%)			
	RQR 5	RQR7	RQA 5	RQA 7
Câmara de transmissão	0,03	0,05	0,03	0,04
Câmara cilíndrica	0,41	0,27	0,31	0,31
Câmara anelar (alumínio)	1,14	1,20	2,11	1,44
Câmara anelar (grafite)	0,19	0,03	0,07	0,05

O teste de reprodutibilidade foi realizado a partir dos resultados obtidos para o teste de repetitividade. O valor médio de cada série de 10 medições foi analisado, como mostrado nas Figuras 4 a 7. O limite recomendado de variação da resposta é de $\pm 2\%$ [IEC, 1997]; estes limites estão expostos nos gráficos como linhas tracejadas.

Pelas Figuras 4 a 7, é possível observar que a resposta da câmara de ionização cilíndrica ultrapassa os limites recomendados em todas as qualidades de radiação. Isso deve ocorrer provavelmente devido a dificuldade de posicionamento da câmara, apesar do sistema de lasers. Como esta câmara tem um volume sensível muito pequeno ($0,6 \text{ cm}^3$), qualquer diferença em seu posicionamento gera uma variação significativa na resposta. A variação máxima encontrada para esta câmara foi de 5,5% para a qualidade RQR 5.

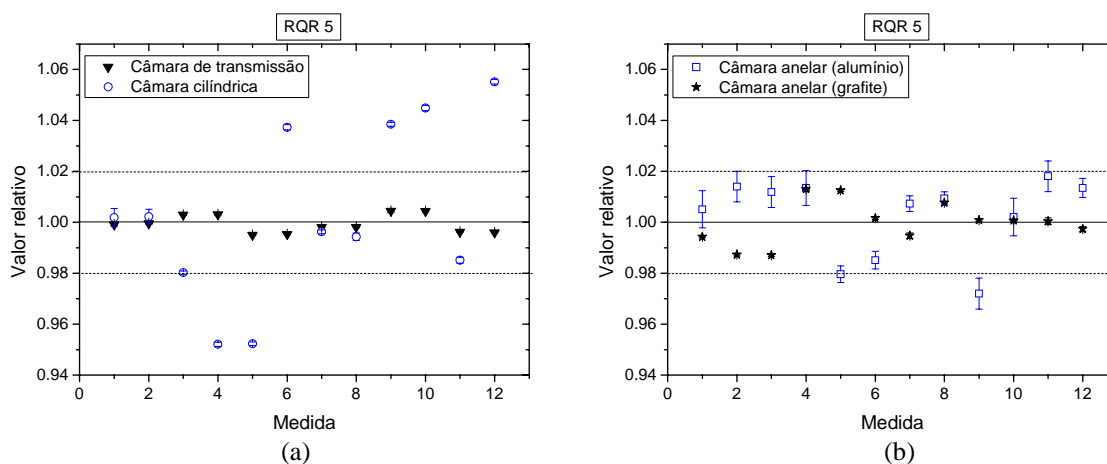


Figura 3 – Reprodutibilidade das câmaras de ionização utilizando a qualidade de radiação RQR 5. a) Câmaras comerciais e b) Câmaras anelares.

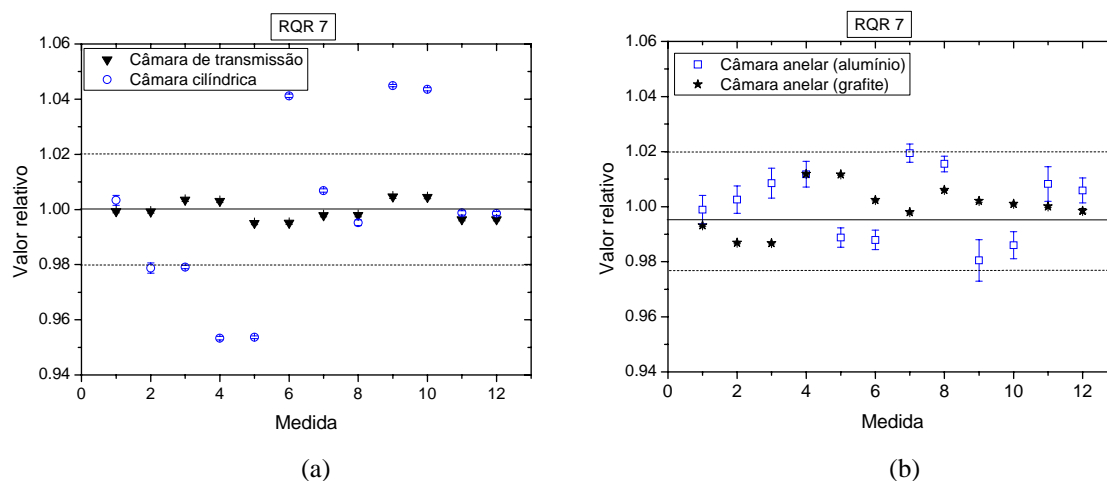


Figura 4 – Reprodutibilidade das câmaras de ionização utilizando a qualidade de radiação RQR 7. a) Câmaras comerciais e b) Câmaras anelares.

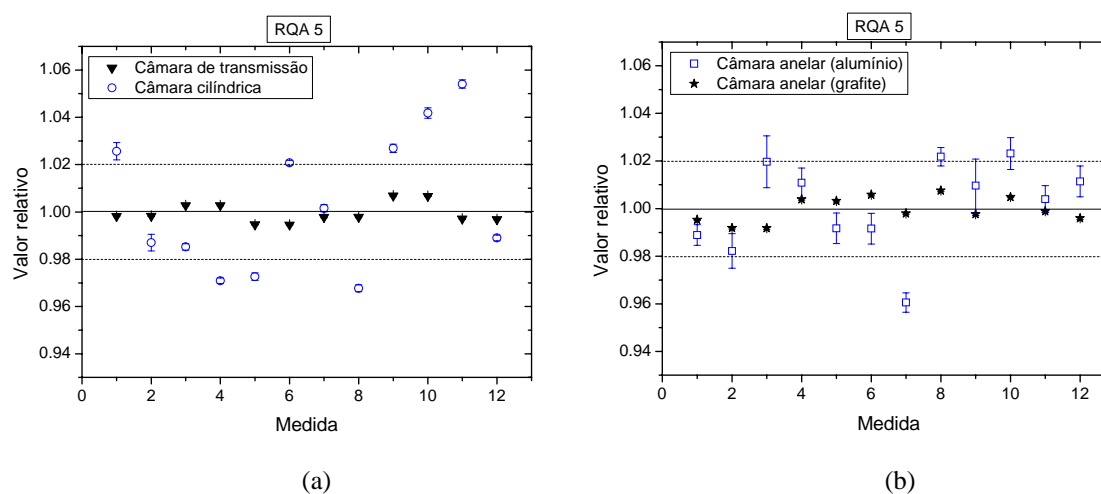


Figura 5 – Reprodutibilidade das câmaras de ionização utilizando a qualidade de radiação RQA 5. a) Câmaras comerciais e b) Câmaras anelares.

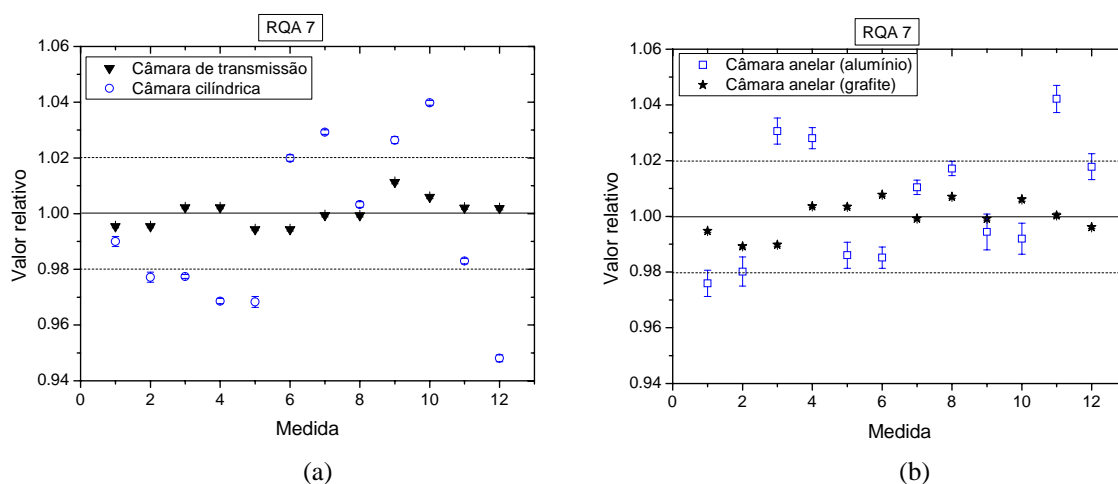


Figura 6 – Reprodutibilidade das câmaras de ionização utilizando a qualidade de radiação RQA 7. a) Câmaras comerciais e b) Câmaras anelares.

A câmara de transmissão comercial apresentou uma resposta muito estável em todas as qualidades de radiação estudadas (variação máxima de 0,7% para a qualidade RQA 5). Esse fato era esperado, pois ela tem um volume sensível muito grande, é fixa no sistema de colimação e cobre todo o feixe de radiação.

Com relação às câmaras anelares, pode-se observar que a câmara com eletrodo de alumínio apresenta uma resposta mais estável para os feixes não atenuados, mas ainda muito próximo ou fora dos limites recomendados [IEC, 1997]. A câmara anelar de grafite foi projetada e construída especialmente para aprimorar a estabilidade de resposta desse tipo de câmara em feixes de radiação X. Pelos resultados apresentados pode-se perceber que este objetivo foi alcançado, uma vez que a câmara anelar de grafite apresenta resposta estável em todas as qualidades de radiação estudadas. As variações máximas encontradas para as câmaras foram de 4,2% para a câmara com eletrodo coletor de alumínio e 1,4% para a câmara com eletrodo coletor de grafite.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi possível verificar o comportamento da resposta de quatro câmaras de ionização monitoras com relação à sua estabilidade. Todas as câmaras apresentaram uma boa estabilidade de resposta em curto prazo, ou seja, repetitividade. A variação máxima obtida foi de 2,1% para a câmara anelar de alumínio na qualidade de radiação RQA 5.

Os resultados obtidos para o teste de reprodutibilidade mostraram que as câmaras de ionização cilíndrica e anelar de alumínio não apresentaram respostas estáveis e confiáveis em feixes de radiação X. Entretanto, as câmaras de ionização de transmissão e a câmara anelar com eletrodo coletor de grafite apresentaram resultados muito bons, estando dentro dos limites recomendados.

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 (FAPESP) e ao Ministério de Ciência e Tecnologia (P&D: INCT em Metrologia das Radiações na Medicina), Brasil, pelo suporte financeiro parcial.

REFERÊNCIAS

ATTIX, F.H. Introduction on radiological physics and radiological dosimetry. 2nd ed., New York, N.Y.: John Wiley & Sons, 1986.

DeWERD, L. A.; WAGNER, L. K. Characteristics of radiation detectors for diagnostic radiology. Applied Radiation and Isotopes. v. 50, pp. 125-136, 1999.

IAEA 2002. Calibration of radiation protection monitoring instruments. IAEA Safety Reports Series-16. Vienna: International Atomic Energy Agency.

IEC 1994. Medical diagnostic X-ray equipment - Radiation conditions for use in the determination of characteristics. IEC 1267. Genève: International Electrotechnical Commission.

IEC 1997. Medical electrical equipment – Dosimeters with ionization chambers and/ or semi-conductor detectors as used in X-ray diagnostic imaging. IEC 61674. Genève: International Electrotechnical Commission.