

Caracterização do irradiador de raios X RS-2000

Sarah Jéssica Mazaró¹, Juliana Fernandes Pavoni¹, Maelson do Nascimento Silva², Adriano L. B. Bianchini², Leonardo Lira do Amaral²

¹Departamento de Física – Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras de Ribeirão Preto- Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil.

²Serviço de Radioterapia – Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo (HCFMRP/USP), Ribeirão Preto, Brasil.

Resumo. Irradiadores gama estão em desuso e tem sido cada vez mais substituídos pelos irradiadores de raios-x por serem mais econômicos e terem maiores benefícios de segurança associados à proteção radiológica. Existem alguns testes que devem ser realizados para garantia de controle da qualidade quando se trabalha com radiação, como os testes de constância, linearidade, repetitividade, reprodutibilidade, levantamento radiométrico e testes de segurança. Eles avaliam parâmetros técnicos, de desempenho de instrumentos e equipamentos de maneira rápida e eficiente. A caracterização do irradiador permite determinar o seu funcionamento, garantindo que a dose depositada seja aquela desejada. Este trabalho tem como objetivo caracterizar o irradiador de raios x por meio dos testes dosimétricos. O equipamento apresentou estabilidade nas leituras de taxa de dose no espaço livre e regularidade nos testes de segurança durante o período avaliado. Além disso, as medidas foram reprodutíveis tendo uma variação máxima de 10% e o levantamento radiométrico mostrou que os resultados obtidos estão de acordo com a isenção de requisitos de proteção radiológicas descritos na posição regulatória 3.01/001:2011.

Palavras-chave: Irradiação de raios-x, RS2000, caracterização, radioterapia, dosimetria.

Characterization of X-ray irradiator RS-2000

Abstract. Gamma irradiators are being replaced by the x - rays ones which are more economical and have greater safety benefits compared to the radionuclide irradiators. Some tests are usually performed to ensure quality control while working with radiation, as constancy, linearity, repeatability, reproducibility, radiometrics survey and security tests. Evaluating the technical parameters and the instrument and equipment performance quickly. The irradiator characterization determines its operation, by ensuring that the deposited dose is the one desired. This study aims to characterize x-rays irradiators through dosimetric tests. The equipment used in this study stable in dose rate free space and regularity for safety test. Furthermore, the measurements were reproducible with a maximum variation of 10% and the radiometrics survey showed that the results are consistent with the exemption requirements of radiological protection described in regulatory position 3.01/001:2011.

Keywords: X-ray irradiation, RS2000, characterization, radiotherapy, dosimetry.

1. Introdução

Irradiadores gama utilizam isótopos radioativos e são comuns por entregar alta taxa de dose, sendo utilizados para pesquisa e algumas aplicações comerciais como, por exemplo, na esterilização de alimentos. Porém estes irradiadores estão sendo cada vez mais substituídos pelos irradiadores de raios-X pelo alto rendimento deste último. Do ponto de vista de radioproteção, há fatores benéficos tanto econômicos como de segurança envolvidos. Os fatores econômicos estão associados à menor quantidade de blindagem, o que os torna mais leves e baratos. Em termos de segurança, os irradiadores de raios x não utilizam radionuclídeos [1,2].

Uma das aplicações dos irradiadores em geral, é a irradiação de pequenos animais que pode ser utilizada em estudos pré-clínicos com a finalidade

de avaliar e aperfeiçoar novas modalidades de tratamento como, por exemplo, a radioterapia ablativa [3].

O irradiador do presente estudo é útil para irradiações experimentais em células e pequenos animais. Desta maneira, com a disponibilidade do irradiador, não há necessidade de se realizar medidas nos equipamentos destinados aos tratamentos de pacientes e, portanto a rotina clínica não sofre interferências. Sendo assim, o irradiador se torna um equipamento prático e viável para a demanda do serviço de radioterapia do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto.

Na utilização de qualquer feixe de radiação, procedimentos de controle de qualidade são extremamente necessários para garantir as mínimas condições de operação aos serviços que trabalham com radiação ionizante. Um dos testes

realizados para certificar este controle de qualidade é o de constância da dose. A verificação da constância permite minimizar os erros na entrega da dose. Normalmente é feita através da avaliação de alguns parâmetros técnicos e de desempenho de instrumentos obtidos através de câmaras de ionização, filmes radiográficos ou detectores semicondutores.

Além disso, ambientes que possuem serviços envolvendo radiação ionizante necessitam de sistemas de verificação da segurança. Por isto, é essencial a realização de testes de blindagens como, por exemplo, os de radiação de fuga e levantamentos radiométricos que revelem as condições relativas à proteção radiológica [4]. Um sistema de segurança utiliza dispositivos que ajudam a reduzir a exposição perigosa detectando erros. Estes sistemas de segurança em geral incluem: mecanismos de intertravamento da porta, luzes de advertência, botões de emergência, interrupção de irradiação e estabilidade intrínseca do aparelho (*warm-up*).

Este trabalho apresenta uma análise da caracterização do equipamento RS 2000 por meio de testes dosimétricos como linearidade, reprodutibilidade (constância), repetitividade, distribuição de dose do feixe, testes de segurança e levantamento radiométrico. A caracterização do irradiador é de grande importância para determinar a distribuição de dose gerada e avalia parâmetros de funcionamento, a fim de garantir uma correta dose depositada nas irradiações.

2. Material e métodos



Figura 1. Esquema experimental utilizado no irradiador RS 2000

Foram feitas irradiações no irradiador de raios x Rad Source modelo RS 2000 Biological System [5], com 25mA, 160kVp, respeitando-se as mesmas posições. Juntamente, utilizou-se um eletrômetro Radcal Corporation modelo Accu-Dose™/2086, uma câmara de ionização 10X6-06-3 da Radcal Corporation e outra câmara CC01 da IBA company (utilizada para linearidade e distribuição de dose do feixe). Também se utilizou um suporte para fixar cada câmara a fim de

posicioná-las na bandeja do irradiador. Para o teste de fuga do levantamento radiométrico, também foi utilizado um medidor ThyracIII Survey Meter, modelo 490, série 5671-Victoreen.

Para caracterizar o irradiador, foram feitos testes de linearidade, reprodutibilidade, repetitividade e distribuição de dose do feixe, além de testes de segurança e levantamento radiométrico. Toda metodologia deste estudo foi realizada no serviço de radioterapia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP

Caracterização do irradiador

2.1. Linearidade

As medidas foram feitas em um intervalo de tempo de 0 a 10 minutos. Com os valores obtidos de leitura na câmara de ionização da IBA, foi possível verificar a linearidade destas medidas ao longo do tempo de exposição.

2.2. Constância

A reprodutibilidade da taxa de dose foi feita a fim de verificar a constância de feixe de fótons no irradiador. A frequência mínima da avaliação da constância para este irradiador é trimestral e excepcionalmente após reparos. Foi utilizada uma câmara de ionização da Radcal Corporation. As leituras foram feitas no modo taxa, com 0,3 mmCu e devem estar dentro do intervalo de $\pm 3\%$ com relação as medidas adquiridas após dosimetria absoluta com câmara calibrada para serem aceitas.

2.3. Repetitividade da dose no irradiador

Para avaliar a repetitividade das medidas da dose no irradiador, foram feitas 4 irradiações com a câmara de ionização da Radcal Corporation por um período de 1 minuto cada.

2.4. Distribuição de dose do feixe

O irradiador possui em seu interior, 6 níveis de altura e 6 círculos na base de uma bandeja móvel assim como mostra a figura abaixo, sendo que para cada nível, há um círculo correspondente ao tamanho de campo obtido. A figura 2 representa estas configurações descritas:

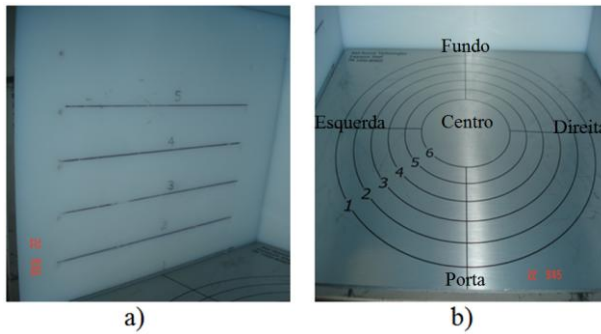


Figura 2. Esquema experimental utilizado no irradiador RS 2000. A) níveis de altura e B) círculos da base do irradiador

Para avaliação do perfil do feixe, foram feitas leituras com a câmara de ionização durante 60 segundos nas seguintes posições que limitam cada círculo: centro, porta, fundo, esquerda e direita.

2.5. Testes de segurança e Levantamento radiométrico

Durante o período de setembro de 2012 até maio de 2014 foram feitos 72 testes de segurança do equipamento através dos dispositivos que verificam intertravamento da porta, luzes de advertência, botões de emergência, interrupção de irradiação e estabilidade intrínseca do aparelho (warm-up).

Com relação ao teste de fuga, as medidas das taxas equivalentes de dose ambiente foram realizadas a 10 cm em cada um dos lados aparelho (frontal, posterior, direita e esquerda). Sendo que cada lateral possui três pontos de medidas: parte superior, central e inferior.

3. Resultados

3.1. Linearidade

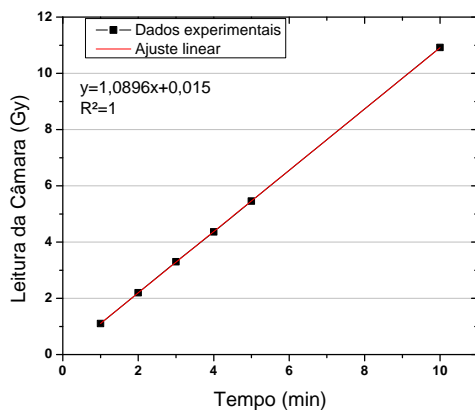


Gráfico 1. Linearidade do irradiador na faixa de 1-10min.

3.2. Medidas da constância

A tabela 1 representa a constância das medidas. Nota-se que diante das 18 medições, duas não foram aceitas considerando-se a diferença percentual limite como sendo $\pm 3\%$.

Tabela 1. Reprodutibilidade das medidas com a câmara da Radcal Corporation

Data	Leitura média da câmara (mGy/min)	Diferença percentual
23/04/2013	1,205	0,17
03/06/2013	1,208	0,42
17/06/2013	1,277	6,11
25/06/2013	1,202	-0,12
01/07/2013	1,185	-1,54
03/07/2013	1,206	0,21
13/08/2013	1,197	-0,54
19/08/2013	1,285	6,77
30/08/2013	1,192	-0,96
02/09/2013	1,192	-0,96
17/09/2013	1,199	-0,37
27/09/2013	1,201	-0,21
30/09/2013	1,203	-0,04
14/11/2013	1,202	-0,12
22/11/2013	1,199	-0,37
06/01/2014	1,191	-1,04
04/02/2014	1,213	0,79
07/04/2014	1,167	-2,99
Média	1,206	-
Desvio Padrão	0,029	-

3.3. Repetitividade

As leituras das câmaras de ionização ao longo do tempo estão registradas na tabela 2, sendo que apresentaram uma variação máxima de 0,18%.

Tabela 2. Repetitividade das medidas com a câmara da Radcal Corporation

Medidas	Leitura da câmara (Gy)
1	1,106
2	1,105
3	1,104
4	1,105
Média	1,105
Desvio Padrão	0,0008

3.4. Distribuição de dose do feixe

A partir dos dados coletados nas posições descritas para cada círculo, foi possível calcular e verificar o desvio percentual com relação ao centro. Estes dados de diferença percentual estão registrados na tabela 4.

Tabela 4. Diferença percentual com relação ao centro

Níveis	Porta	Fundo	Esquerda	Direita
Nível 1	16,8	15,8	21,2	19,1
Nível 2	14,6	16,7	20,3	21,3
Nível 3	16	18,6	19	22,8
Nível 4	20,1	20,7	22,6	21,8
Nível 5	20,7	21,2	28,6	23,8

3.5. Testes de segurança e Levantamento Radiométrico

A figura 3 apresenta os valores das taxas de dose equivalente para os diversos pontos descritos para medidas.

Nos dispositivos avaliados, nunca houve nenhum tipo de falha mecânica no período entre setembro de 2012 e maio de 2014.

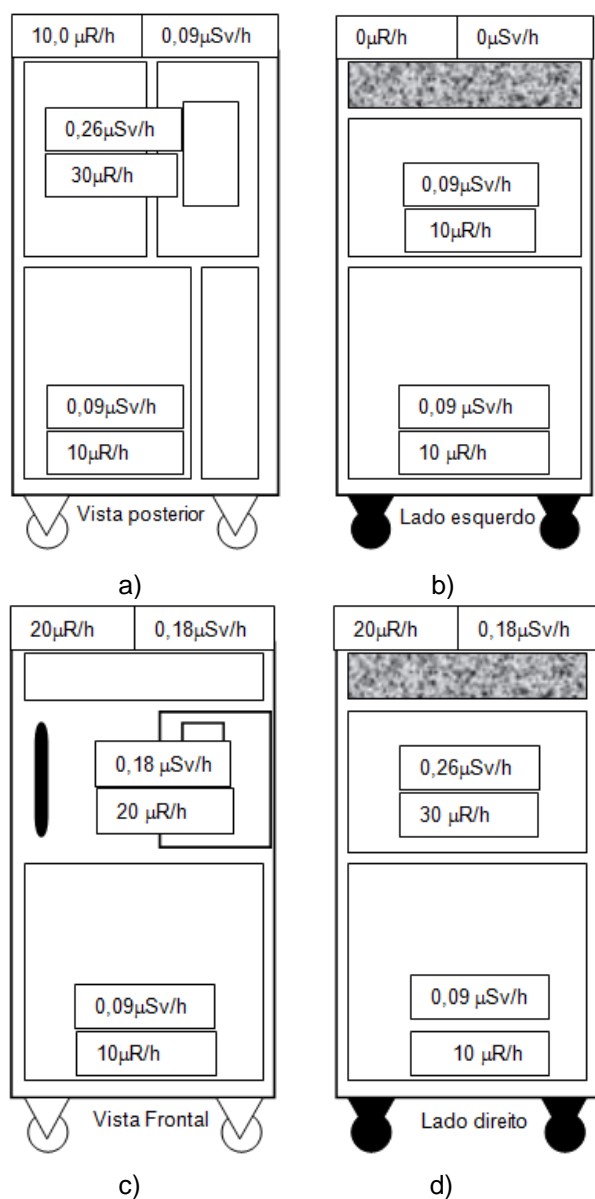


Figura 3. Esquema experimental do irradiador utilizado para o levantamento radiométrico. A) Vista posterior; B) Lado esquerdo; C) Vista frontal; D) Lado direito.

4. Discussão e conclusões

O coeficiente de correlação de 1 resultante do ajuste linear, além de demonstrar a estabilidade da leitura da câmara de ionização, demonstra a estabilidade do equipamento em manter a mesma taxa de dose no ar nos intervalos estudados. Logo, a energia e a dose depositada é uma função linear do tempo.

Apesar de duas leituras não serem aceitáveis, o método descrito para verificar a constância do irradiador, baseado na intercomparação das medidas realizadas na câmara de ionização, se

mostrou conveniente devido à mínima variação dos dados ao longo do tempo. Estes valores não aceitos podem estar relacionados à interferência da variação de temperatura ambiente e tensão elétrica da rede uma vez que após certo tempo as medidas mostraram-se reprodutíveis, pois voltaram ao intervalo correto mesmo sem necessidade de correções.

Com relação a repetitividade ou seja, sob as mesmas condições, os valores de leitura foram muito próximos, tendo um desvio máximo de 0,18%. Portanto o irradiador mostrou bom desempenho.

Sempre que os botões de segurança e a porta foram acionados com o aparelho em funcionamento, o feixe foi interrompido imediatamente, mostrando que o aparelho apresenta a segurança desejada.

Considerando os resultados obtidos, os níveis de taxa de equivalente de dose ambiente estão abaixo dos limites de isenção estabelecidos pela posição regulatória 3.01/001:2011, que é de $1 \mu\text{Sv/h}$ a 10 cm em torno do envoltório do equipamento [6].

Assim, considerando os resultados apresentados neste estudo podemos concluir que o irradiador de RS – 2000 é adequado para irradiações de células e pequenos animais uma vez que apresenta elevado índice de segurança e estabilidade no feixe de raios x.

Referências

- Wagner, Jennifer Koop, et al. "Dose characterization of the rad source™ 2400 X-ray irradiator for oyster pasteurization." *Applied Radiation and Isotopes* 67.2 (2009): 334-339.
- Mehta, Kishor, and Andrew Parker. "Characterization and dosimetry of a practical X-ray alternative to self-shielded gamma irradiators." *Radiation Physics and Chemistry* 80.1 (2011): 107-113.
- Pidikiti, R., et al. "Dosimetric characterization of an image-guided stereotactic small animal irradiator." *Physics in medicine and biology* 56.8 (2011): 2585.
- Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de Equipamentos e Segurança, ANVISA
- Rad Source Technologies Available from: http://www.radsources.com/applications/cell_research_irradiation. Accessed: May 23, 2014.
- http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_01.pdf

Contato:

Sarah Jéssica Mazaro

E-mail: sarahmazaro@yahoo.com.br