

## ESTUDO DA SENSIBILIDADE DE DOSÍMETROS CLÍNICOS PARA TELETERAPIA

Willian B. Damatto, Gelson P. Santos, Maria da Penha A. Potiens, Linda V. E. Caldas, Vitor Vivolo

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, Brasil,  
wbdamatto@ipen.br, gpsantos@ipen.br, mppalbu@ipen.br, lcaldas@ipen.br, vivolo@ipen.br

**Sumário:** O objetivo deste trabalho é demonstrar a importância do controle de qualidade dos dosímetros clínicos e, por conseguinte dos equipamentos de tratamento de radioterapia, assim demonstrando os cuidados necessários a eles, relacionando às respostas e sensibilidades e os possíveis defeitos do conjunto clínico.

**Palavra-chave:** dosímetro clínico, radiação gama, radioterapia.

### 1. INTRODUÇÃO

Os dosímetros clínicos para radioterapia são utilizados para estimar a dose de radiação absorvida pelos órgãos e tecidos de pacientes, com acuidade e segurança para o paciente. Como estes sistemas operam com níveis de corrente e carga muito baixas as condições ambientais onde o equipamento residir influenciará na sua leitura, pois poderá haver fuga (corrente ou carga), ou acréscimo de leitura, dependendo assim da umidade relativa do ar, da temperatura do ambiente, e da pressão atmosférica neste local. Assim, se o operador do dosímetro não possuir cuidados especiais com o equipamento, o conjunto clínico não reproduzirá fielmente a leitura da radiação. E se a leitura da radiação for incorreta, isto se transformará em erro de cálculo de dose no paciente durante um tratamento de radioterapia.

### 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é demonstrar a importância da realização dos testes de qualidade nos dosímetros clínicos, como, por exemplo, a calibração periódica deles por meio do estudo dos protocolos internacionais e das normas relacionadas ao controle de qualidade deles. Cuidados especiais no conjunto clínico podem prevenir um futuro defeito ou erro de leitura.

### 3. MÉTODOS

Um dosímetro clínico consiste em eletrômetro, conectores, cabo e câmara de ionização, sabendo que seu princípio de funcionamento baseia-se na contagem ou leitura, na forma de carga ou corrente elétrica que está relacionada à radiação da fonte emitida.

Durante o período de agosto de 2008 a março de 2009 foram analisados diferentes equipamentos pertencentes a

institutos, clínicas e a hospitais que enviaram os seus dosímetros clínicos para o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) para a calibração periódica. Assim, foram realizados os testes de repetibilidade, teste de fuga e teste de reprodutibilidade nos sistemas dosimétricos. A calibração é realizada na água para a determinação do  $N_d,w$  (coeficiente de calibração em termos de dose absorvida na água), seguindo as recomendações do protocolo “Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy”, publicado pela Agência Internacional de Energia Atômica no ano de 2000 [1], pelo método da substituição. Neste trabalho foram selecionados os dosímetros clínicos que não apresentaram condições de calibração durante a realização dos testes. Para uma análise mais detalhada, escolheu-se a câmara de ionização Exradin, modelo A12, por ser à prova de água e não necessitar de *holder* para ser posicionada no simulador de água (*phantom*). Para o teste de fuga, utilizou-se um *phantom* preenchido com água destilada, termômetro, higrômetro, barômetro, sistema irradiador de teleterapia da Siemens, modelo Gamatron, com fonte emissora de radiação gama de  $^{60}\text{Co}$  (1250 keV), com atividade de 0,34 TBq (1999), sistema de ar condicionado, e o eletrômetro de referência do laboratório. Todas as câmaras de ionização testadas são instrumentos que já estavam em uso.

### 4. RESULTADOS

Foram analisados os equipamentos que não apresentaram condições de calibração, e foi utilizado o teste de fuga de corrente para assim possibilitar a determinação do defeito.

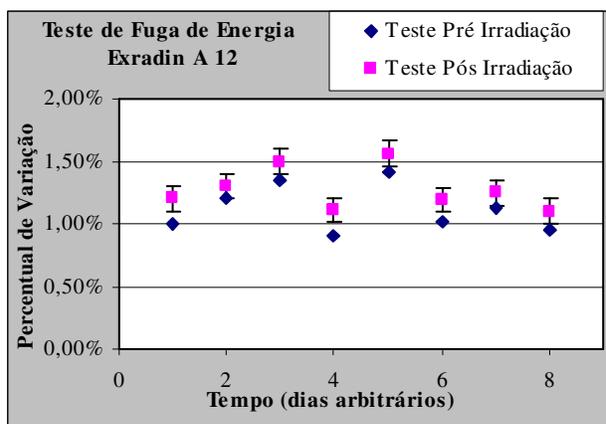
Para se determinar a fuga de corrente foi realizado o teste de fuga, que consiste em coletar diversas medidas em certo tempo e após este tempo analisar o comportamento após a irradiação em contagem do dosímetro. O tempo do teste é dez vezes maior do que o tempo de leitura de irradiação; assim, é analisado se há oscilações na leitura neste tempo pós-irradiação, determinando-se assim a fuga de corrente existente no equipamento, porém é realizado primeiramente o teste de fuga de pré-irradiação, ou seja, é realizada a leitura no tempo de dez vezes maior que o tempo que será utilizado na leitura da irradiação sem irradiação, verificando se o conjunto clínico está realizando leituras sem irradiação. Este serão os testes discutidos neste trabalho, pois a partir deles poderemos determinar a fuga de corrente e onde ela está ocorrendo, demonstrando a sensibilidade do

dosímetro clínico e se este necessita de manutenção. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos.

**Tabela 1. Equipamentos com defeitos, demonstrando o fabricante, modelo e a conclusão do defeito.**

Fabricante (Eletrômetro/ Câmara de ionização.)	Modelo	Defeitos Apresentados
STD Imaging/ Exradin	CDX200B/ A12	Fuga de corrente na câmara de ionização.
NE/ NE	2502/3/ 2505/3B	Fuga de corrente na câmara ou defeito na polarização do eletrômetro.
SUN/ SNC	06/10/02/ 10-730	Fuga de corrente na câmara de ionização.
STD Imaging/ Exradin	CDX200B/ A12	Fuga de corrente na câmara de ionização.
NE/ NE	24/01/07/ 2570/1B	Fuga de corrente no eletrômetro.
STD Imaging/ Exradin	MAX40001/ A12	Fuga de corrente na câmara de ionização.

Ao se analisar a Tabela 1, percebe-se que há uma incidência de defeito no conjunto clínico composto por câmara de ionização Exradin A12 e eletrômetro Standard Imaging de 50% em relação aos equipamentos com defeitos, demonstrando assim que este tipo de equipamento possui um fator de defeito maior que os outros. Ao estudar o possível defeito ocorrente neste conjunto, chegamos a conclusão que o defeito ocorrente é fuga de corrente na câmara de ionização e foi determinado este defeito através da realização do teste de fuga de corrente de pré irradiação e de pós irradiação. Assim foi utilizado na realização do teste à câmara de ionização Exradin A12, o cabo triaxiais e o eletrômetro de referência do Instituto de Pesquisa Energéticas (IPEN), para assim ser avaliado apenas o comportamento da câmara de ionização, ou seja, considerando que o cabo triaxiais e o eletrômetro estão em perfeito estado. Portanto podemos observar o comportamento da fuga de corrente na câmara de ionização Exradin A12 na Fig. 1.



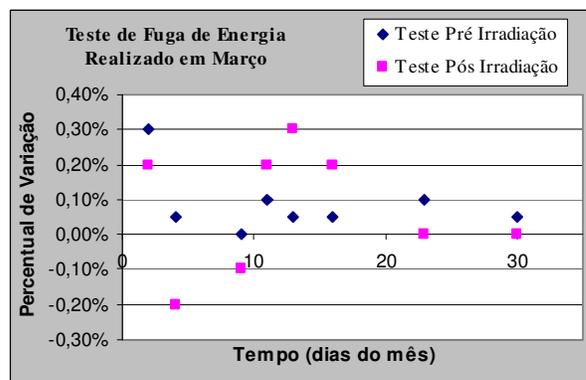
**Fig. 1.** Teste de fuga de corrente realizado na câmara de ionização Exradin A12, com variação percentual em relação ao valor de leitura por tempo, e o desvio padrão da média dos valores de leitura de irradiação (barra de erro).

Nas 3 primeiras medidas do gráfico, sendo dia 1, 2 e 3, percebe-se que a fuga de corrente aumentou gradativamente. O teste neste dias foi realizado no período de uma semana, sendo a realização do teste em um dia e o tratamento da câmara de ionização na estufa dessecadora no outro dia. Todavia, mesmo tomando estas medidas, a fuga de corrente aumentou gradativamente, assim como podemos visualizar na fig. 1. Porém no 4 dia, ponto 4, a câmara de ionização foi tratada na estufa de dessecadora por 2 dias, sendo estes durante o final de semana, e a fuga de corrente diminuiu significativamente. No ponto 5, a fuga de corrente aumentou, pois foi realizado o teste no dia seguinte, sem o tratamento de um dia na estufa. No ponto 6,7 e 8, a câmara de ionização se comportou praticamente igual como nas primeiras medidas, pois o processo de medição foi o mesmo. Portanto ao analisarmos o gráfico percebemos que pelo passar do tempo da realização do teste de fuga de corrente o seu fator percentual de variação aumentou gradativamente e assim demonstrando que a câmara de ionização Exradin A12 não é totalmente blindada à água ou a umidade da água do phantom influência de alguma maneira na medição, ou seja, neste ponto a umidade relativa deve estar sendo maior que a permitida, sendo esta 60%.

Assim como demonstram os dados do teste de fuga de corrente, o índice percentual de variação de sua fuga está muito acima do aceitável ( $\pm 0,58\%$ ) conforme a norma IEC-60731[2], mostrando que há uma fuga de corrente por ocorrência da infiltração de água ou pela influência da umidade relativa do ar maior neste ponto em contato com a água na câmara de ionização durante os testes.

## 5. DISCUSSÃO

É realizado o teste de fuga de energia no conjunto clínico de referência, para a verificação do seu perfeito estado. Composto por uma câmara de ionização (0,6 cm<sup>3</sup>) NE 2507/3A, e um eletrômetro da PTW, modelo UNIDOS, com rastreabilidade ao Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI), no IRD – RJ, o qual tem rastreabilidade ao laboratório primário PTB (Alemanha). Assim na fig. 2 podemos visualizar o último teste realizado no dosímetro clínico padrão utilizado no IPEN.



**Fig. 2.** Teste de fuga de corrente realizado no conjunto clínico de referência

A câmara de ionização NE 2507/3A, instrumento padrão do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN),

possui o seu comportamento de fuga de corrente aceitável perante a norma IEC-60731. Assim podemos observar na fig. 2 quando a fuga de corrente é no eletrômetro ou quando a fuga de corrente é na câmara de ionização. Quando a fuga de corrente for maior no teste de pré-irradiação a fuga esta no eletrômetro e quando a fuga de corrente for maior no teste de pós-irradiação a fuga está na câmara de ionização, pois quando há fuga de corrente na câmara de ionização o conjunto clínico irá realizar uma leitura maior, pois haverá maior ionização na câmara e quando a fuga de corrente for do eletrômetro o conjunto irá realizar uma leitura menor, pois o conjunto perde capacidade de leitura. Portanto podemos comparar a câmara de ionização NE 2507/3A com a câmara de ionização Exradin A12, pois os eletrômetros utilizados em ambos os testes foram os mesmos e assim podendo realizar a comparação de eficiência destas.

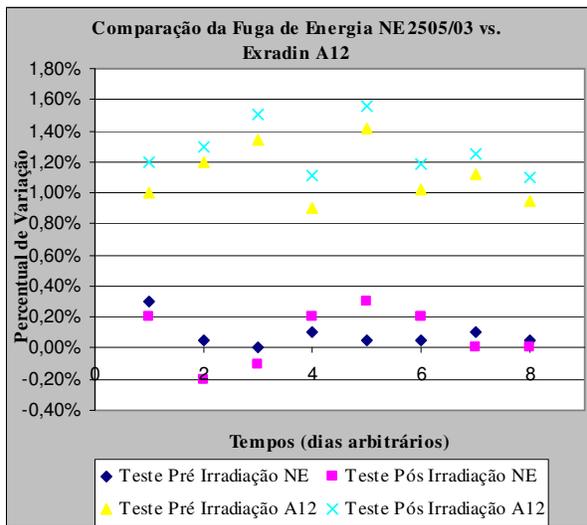


Fig. 3. Comparação do teste de fuga na câmara de ionização Exradin A12 e na câmara de ionização NE 2507/3<sup>a</sup>

Comparando a câmara de ionização NE 2507/3A com a câmara de ionização Exradin A12, conclui-se que a fuga de corrente desta última é alta. Seu comportamento é instável na maioria dos casos vistos. Portanto, a variação na resposta obtida na câmara Exradin A12 é mais que o dobro em relação à câmara padrão, assim como podemos visualizar na fig. 3.

## 6. CONCLUSÃO

Portanto um acompanhamento minucioso do conjunto clínico faz com que o operador perceba possíveis futuros defeitos e pode atribuir uma segurança maior ao seu tratamento de radioterapia, pois o equipamento de controle, dosímetro clínico, está confiável. O teste de fuga de corrente permite este tipo de acompanhamento e a confirmação de possível defeito ao se determinar fuga de corrente excessiva no conjunto clínico, e assim cumprindo as atribuições do especialista em radioterapia, sendo uma delas “Elaborar um programa de controle de garantia de qualidade para os dosímetros clínicos. Executar a calibração dos padrões terciários periodicamente”[3].

Não são todas as câmaras de ionização Exradin A12 que apresentam este tipo de comportamento, porém em relação ao percentual do contexto de calibração de equipamentos com problemas, a Exradin foi a que mais apresentou frequência de defeito. Esta possuía o mesmo problema em todos os casos. Assim o operador deste equipamento deverá tomar cuidados dobrados, como mantê-la sempre guardada em uma estufa, ao utilizá-la verificar se está bem vedada, e realizar testes frequentemente, para assim poder ter um controle da câmara. Todavia, este tipo de cuidado da câmara deve-se ter com todo dosímetro clínico e com todo modelo/tipo de conjunto clínico, pois assim a confiabilidade em relação ao seu dosímetro será muito maior e serão evitados problemas de fuga e logo possíveis erros desnecessários. Por um simples cuidado com a estabilidade de temperatura e umidade do ambiente será possível evitar-se uma variação na leitura do sistema e erro no tratamento do paciente de radioterapia e irá fazer com que o seu equipamento tenha resposta de leituras confiáveis.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, Projeto: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) em Metrologia das Radiações na Medicina) pelo apoio financeiro parcial.

## REFERÊNCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency, Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy, IAEA, Vienna, 2000 (Technical Report Series No. 398).
- [2] IEC-60731, “Medical Electrical Equipment Dosimeters with Ionization Chambers as Used in Radiotherapy”, 1997.
- [3] <http://www.abfm.org.br/prova.asp?cod=3>