

# Avaliação de desempenho e implementação de controle de qualidade de câmaras de ionização de placas paralelas usando acelerador linear

## Performance evaluation and quality control implementation of parallel plate ionization chambers using linear accelerator

André Vinícius de Camargo<sup>1</sup>, Everaldo Luiz Vicentin Junior<sup>1</sup>, Thais Damasio Quadros<sup>1</sup>, Mateus Hilário de Lima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Clinion – Centro de Tratamento do Câncer, São José dos Campos, Brasil

### Resumo

A Radioterapia de feixe externo utiliza feixes de elétrons para tratamento de lesões superficiais. Para a calibração deste tipo de feixe é recomendado que se utilize câmara de ionização de placas paralelas (CPPs). Portanto, se faz necessário um programa de controle de qualidade para este tipo de dosímetro. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho e implementar controle de qualidade de CPPs utilizando feixe de elétrons do acelerador linear (AL). Foram avaliadas quatro CPPs: três PPC05 da Iba e uma Roos Chamber da PTW. Os testes realizados foram de repetibilidade com duas diferentes metodologias, estabilidade da leitura com a variação da tensão para quatro configurações de tensões, linearidade de resposta e de fuga. Para a repetibilidade e estabilidade da leitura com a variação da tensão, as três câmaras PPC05 apresentaram grandes desvios quando se consideram as 5 primeiras leituras. Ao desconsiderá-las, as quatro câmaras apresentam desvios menores que a tolerância. Todas as câmaras analisadas apresentaram coeficiente de correlação de linearidade igual a 1, o que demonstra uma ótima linearidade de resposta com a dose. Os valores de fuga de corrente das quatro câmaras foram menores que 0,1%, mostrando um ótimo desempenho. Sendo assim, o trabalho demonstra que é possível utilizar o feixe de elétrons do AL para realização de testes de controle de qualidade de câmaras de placas paralelas. Além disso, ele mostra que ao se utilizar a câmara PPC05 para calibração do feixe de elétrons é recomendado que, após a aplicação da tensão no eletrometro, se realize algumas leituras até que as mesmas se estabilizem antes de considerá-las para o cálculo da dose.

**Palavras-chave:** Câmara de ionização; Placas paralelas; Controle de qualidade; Radioterapia; Acelerador linear.

### Abstract

External beam radiotherapy uses an electron beams to treat superficial lesions. For the calibration of this type of beam, it is recommended to use parallel plate ionization chambers (PPIs). Therefore, a quality control program is necessary for this type of dosimeter. Thus, the objective of this work was to evaluate the performance and implement quality control of PPIs using linear accelerator (LA) electron beam. Four PPIs were evaluated: three PPC05 from Iba and one Roos Chamber from PTW. The tests performed were repeatability with two different methodologies, reading stability with voltage variation for four voltage configurations, response linearity and leakage. For the repeatability and stability of the reading with the voltage variation, the three PPC05 chambers presented large deviations when considering the first 5 readings. When disregarding them, the four chambers present deviations smaller than the tolerance. All chambers analyzed presented linearity correlation coefficients greater than 1, which demonstrates excellent linearity of response with the dose. The current leakage values of the four cameras were less than 0.1%, showing excellent performance. Therefore, the work demonstrates that it is possible to use the LA electron beam to perform quality control tests on parallel plate chambers. Furthermore, it shows that when using the PPC05 chamber to calibrate the electron beam, it is recommended that, after applying voltage to the electrometer, a few readings are taken until they stabilize before considering them for calculating the dose.

**Keywords:** Ionization chamber; Parallel plates; Quality control; Radiotherapy; Linear accelerator.

### 1. Introdução

A radioterapia de feixe externo utiliza feixes de fótons e elétrons para tratamento de tumores nos seres humanos.

Especificamente os feixes de elétrons são usados para tratamento de lesões superficiais devido a sua capacidade de entregar uma alta porcentagem de dose em pequenas profundidades e queda abrupta de deposição de dose após a profundidade de máxima dose.

Para que feixes de fótons e elétrons possam ser utilizados clinicamente é necessário que eles sejam calibrados seguindo as condições de referência de algum protocolo reconhecido internacionalmente, por exemplo, o código de prática IAEA TRS 398 (1), para

que exista uma relação conhecida entre a quantidade de unidades monitoras (UM) e dose entregue pelo acelerador linear (AL).

Os principais protocolos que descrevem códigos de práticas para determinação de dose absorvida na água para feixes externos recomendam que para feixes de elétrons com  $R_{50} < 4 \text{ g. cm}^{-2}$  ( $E_0 < 10 \text{ MeV}$ ) sejam utilizadas câmaras de placas paralelas (CPPs) (1-3). Importante frisar que neste caso é considerado o  $R_{50}$  de dose e não o de ionização (essa diferença entre os  $R_{50}$  deve ser sempre levada em conta quando se realiza medidas de elétrons com câmara de ionização). O uso de CPP tem algumas vantagens em relação as câmaras cilíndricas como menor efeito de gradiente de dose (2) e melhor definição da

profundidade de medida (3). Além disso, devido a geometria de fabricação das CPPs elas requerem menores correções do *replacement factor* para feixes de elétrons de baixa energia. Para câmaras do tipo Farmer a correção pode ser da ordem de 4%, podendo exceder 5% para câmaras com diâmetros interno maiores que 7 mm (3).

Nota-se que as câmaras de ionização são ferramentas fundamentais para se manter a qualidade da radioterapia. E devido à alta frequência de utilização, é recomendado que, além de se realizar a calibração desses equipamentos, se faça a verificação periódica da estabilidade de resposta, para garantir seu bom funcionamento (1).

A norma brasileira CNEN 6.01 de 2021, recomenda que se faça a medição periódica da estabilidade da resposta das câmaras cilíndricas de 0,6 cm<sup>3</sup> (Farmer) com uma fonte-teste, porém não existe esta recomendação para as CPPs nesta mesma norma e em nenhuma outra no Brasil.

A fonte-teste mais prática para estes testes é o dispositivo de verificação radioativa (*radioactive check device – RDC*). Obter um RDC para CPP gera um custo adicional para os Serviços de Radioterapia e como a legislação brasileira não exige que se tenha este tipo de aparato, quase nenhuma instalação adquire.

Walter *et al.* avaliou a estabilidade de câmaras Farmer utilizando feixe de fótons de 6MV e de diferentes câmaras de ionização usando várias fontes de radiação e concluiu que o AL fornece um método mais preciso e eficiente para avaliar a estabilidade de câmaras de ionização devido à menor incerteza de posicionamento, além de ser compatível com uma maior variedade de câmaras (4).

Desta forma, uma alternativa para a realização de testes de controle de qualidade das CPPs é utilizar o feixe de elétrons do próprio AL. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho e implementar um programa de controle de qualidade de CPPs utilizando feixe de elétrons do AL.

## 2. Materiais e Métodos

Foram avaliadas quatro câmaras de ionização de placas paralelas: três PPC05 (nomeadas como A, B e C) da fabricante IBA Dosimetry GmbH (IBA, Schwarzenbruck, Germany) com o eletrômetro DOSE 1 do mesmo fabricante; e uma câmara Roos Chamber (nomeada de D) da PTW (PTW, Freiburg, Germany) com o eletrômetro modelo UNIDOS Romeo da PTW. As medidas das câmaras IBA foram realizadas em um fantoma com água em dois ALs Clinac CX (Varian Medical System, Inc., Palo Alto, CA, USA), porém as medidas da câmara A foram realizadas em um CX (nomeado CX1) de uma instituição e as medidas das câmaras B e C em um CX (nomeado CX2) de outra instituição. As medidas da câmara da PTW foram feitas em um fantoma de água sólida no AL Versa HD (Elekta Oncology Systems, Crawley, UK). Cada câmara pertence a uma instituição diferente. Foi usada a energia de elétrons de 12 MeV, a taxa de dose de 400 UM/min, e uma distância fonte-superfície de 100 cm e cone de

15x15 cm<sup>2</sup> nos Clinacs CX e 14x14 cm<sup>2</sup> no Versa HD (este aparelho não possui cone de 15x15 cm<sup>2</sup>). As leituras foram feitas na profundidade de referência ( $z_{ref}$ ) de cada feixe e corrigidas pela temperatura e pressão utilizando a metodologia descrita no TRS 398 (equação 1). A temperatura e pressão foram medidas com termômetros e barômetros devidamente calibrados. A energia de 12 MeV foi escolhida por ser um feixe estável com uma profundidade de referência bem definida, diferente de energias maiores que possuem um “platô” de deposição de máxima dose, dificultando sua identificação, e de energias menores, que são superficiais.

$$K_{T,P} = \left( \frac{273,2+T}{273,2+T_0} \right) * \left( \frac{P_0}{P} \right) \quad (1),$$

onde P e T são a pressão e a temperatura do ar da cavidade da câmara no momento das medições, e P<sub>0</sub> e T<sub>0</sub> são os valores de referência.

A relação das câmaras, os ALs e as profundidades de referência em que foram utilizadas para a realização das medidas é apresentada na tabela 1.

**Tabela 1.** Relação das câmaras, ALs e profundidade de referência

	Câmaras			
	A	B	C	D
AL	CX1	CX2	CX2	Versa HD
$z_{ref}$ (cm)	3	3	3	2,77

Fonte: O autor (2026).

Um dos motivadores para a realização da avaliação do desempenho das câmaras neste trabalho, foi a variação observada nas primeiras leituras ao se utilizar as câmaras PPC05. Devido a isto foi decidido fazer medidas em dois ALs iguais (CX1 e CX2), mas de instituições diferentes, para tirar a dúvida de que o aparelho de determinada instituição poderia ser o responsável por este comportamento nas leituras. Também foi medido com duas câmaras PPC05 no mesmo local afim de verificar que os mesmos resultados seriam encontrados em dois dosímetros diferentes com o mesmo feixe. Além disso, foi realizado os mesmos testes em uma câmara de modelo e fabricante diferente para utilizar seus resultados como parâmetro de comparação em relação as variações das primeiras leituras da PPC05 e para constatar que os testes podem ser feitos em qualquer dosímetro e AL que esteja dentro das especificações de seu fabricante.

Para avaliação das câmaras foram realizados quatro testes que serão descritos nos subtópicos a seguir.

### 2.1. Repetibilidade

O teste de repetibilidade foi realizado com duas metodologias diferentes e em ambas o teste se iniciou com o eletrômetro desligado. Na metodologia 1, ligou-se o eletrômetro, aplicou-se a tensão de -300 V, foi adquirida a radiação de fundo, aguardou-se dois minutos, e então foram feitas 20 leituras de

irradiações realizadas com 50 UM. Na metodologia 2, o passo a passo foi o mesmo, porém após a aquisição da radiação de fundo, realizou-se uma irradiação de 500 UM. O intervalo de 2 minutos aguardados após a aquisição da radiação de fundo foi definido para padronizar o momento de início das leituras nas diferentes instituições considerando que existe um tempo necessário para preparar o feixe no AL.

A avaliação do teste foi feita através do desvio padrão relativo (equação 2) de quatro grupos de medidas: das 5 primeiras medidas; das 10 primeiras medidas; de todas medidas; e sem as 5 primeiras medidas:

$$Desv_{Relativo}(\%) = \frac{Desvio\ padrão}{Média} \cdot 100 \quad (2)$$

O desvio relativo tem tolerância de 0,3% (5).

## 2.2. Estabilidade da leitura com a variação da tensão

De acordo com o protocolo de dosimetria do TRS 398 (1) é necessário realizar medidas em diferentes tensões para corrigir o efeito de recombinação iônica e de polaridade.

Em particular, o efeito de polaridade na leitura de medida deve ser sempre avaliado. Para a maioria dos tipos de câmara, o efeito será insignificante em feixes de fótons, sendo uma exceção as câmaras com janelas muito finas usadas para raios-X de baixa energia. Porém, em feixes de partículas carregadas, sobretudo elétrons, o efeito pode ser significativo. Portanto, quando uma câmara é usada em um feixe que produz um efeito de polaridade mensurável, a leitura real considerada deve ser a média dos valores absolutos das leituras feitas em ambas as polaridades (1).

Para CPPs, o efeito de polaridade é geralmente mais pronunciado em feixes de elétrons de baixa energia. No entanto, para certos tipos de câmaras, foi demonstrado que o efeito da polaridade aumenta com a energia. Por esse motivo, o efeito da polaridade deve ser sempre investigado em todas as energias de elétrons (1).

Sendo assim, foi testada a estabilidade das leituras em quatro diferentes configurações de tensões: (1) aplicando inicialmente a tensão de -300 V e realizando as medidas em -150 V; (2) aplicando a tensão de -300 V e realizando as medidas em +300 V; (3) aplicando a tensão de -150 V e medindo em +300 V; e (4) aplicando a tensão de +300 V e medindo em -150 V.

Em todas as configurações o teste se iniciou com o eletrômetro desligado. Em seguida ele foi ligado, aplicada a tensão de início como descrito acima, adquirida a radiação de fundo, realizada uma irradiação de 500 UM, esperado dois minutos, alterado para a tensão de leitura e então foram realizadas 10 leituras com irradiações feitas com 50 UM.

A avaliação do teste foi feita através do desvio padrão relativo calculado conforme a equação 2 de

três grupos de medidas: das 5 primeiras medidas; de todas medidas; e sem as 5 primeiras medidas.

## 2.3. Linearidade de resposta

Para que o resultado deste teste possa trazer uma conclusão sobre o bom funcionamento da câmara, é importante garantir que a taxa de dose do AL seja constante, caso contrário a dose entregue dentro de cada intervalo de tempo pode variar e influenciar na linearidade de leitura da câmara. Portanto, o mal funcionamento da taxa de dose do AL pode levar a conclusão equivocada de que há um problema na câmara.

A linearidade de resposta foi realizada registrando as leituras de um feixe de 15 s, 30 s, 60 s, 120 s, 300 s e 450 s. Foram feitas duas medidas para cada tempo de irradiação. Como o Versa HD limita a irradiação em até 1000 UM para o feixe de elétrons de 12 MeV, a linearidade para a câmara PTW foi considerada apenas até 120 s de exposição.

Para realizar as leituras considerando o tempo de irradiação:

- CX:
  - ✓ Em modo de serviço, foi preparado um feixe com número de UM maior do que aquele que seria entregue durante o tempo de medida (calcular a UM a partir da taxa de dose), e programado para que o feixe fosse paralisado após atingir o tempo de interesse;
- Versa HD:
  - ✓ A partir da taxa de dose, foi calculado o número de UM necessárias para finalizar o feixe no tempo de interesse;

A avaliação do teste foi feita através do coeficiente de correlação linear que varia entre 0 e 1 e possui valor igual a 1 como correlação perfeita.

## 2.4. Teste de fuga

Para a realização do teste de fuga, o eletrômetro foi ligado, aplicada a tensão de -300 V, adquirida radiação de fundo e feita uma irradiação de 500 UM. Em seguida foi feita uma irradiação de 60 s e o eletrômetro foi deixado realizando leitura por mais 540 s. A avaliação do teste foi feita a partir do resultado absoluto do cálculo da corrente de fuga neste intervalo de tempo (equação 3) e pela variação da leitura média (equação 4). A leitura média da equação 4 foi obtida através de 5 leituras de irradiação de 60 s.

$$I_{fuga} \left( \frac{nC}{s} \right) = \frac{L_{60} - L_{540s}}{540} \quad (3)$$

$$\Delta L_{média}(\%) = \left( \frac{I_{fuga}}{L_{média}} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

A tolerância é  $\Delta L_{média} < 0,1\%$  (6).

### 3. Resultados

Os resultados para todos os testes mencionados são apresentados a seguir.

#### 3.1. Repetibilidade

Os dados de repetibilidade das câmaras para as duas metodologias são demonstrados na tabela 2.

**Tabela 2.** Repetibilidade das câmaras

Metodologia	Medidas	Câmaras			
		A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
1	5 primeiras	2,02	2,20	0,60	0,09
	10	1,70	1,78	0,44	0,10
	20	1,31	1,39	0,31	0,09
	Sem as 5 primeiras	0,20	0,24	0,11	0,04
2	5 primeiras	0,34	0,13	0,15	0,03
	10	0,25	0,11	0,13	0,02
	20	0,18	0,10	0,11	0,04
	Sem as 5 primeiras	0,07	0,08	0,09	0,05

Fonte: O autor (2026).

Como pode ser visto, a câmara B obteve desvios maiores na metodologia 1 e a câmara A, para a metodologia 2. Além disso as duas metodologias apresentam maiores desvios quando se avaliam apenas as 5 primeiras medidas.

Nota-se que a câmara D demonstrou menores variações e seus resultados são equivalentes para as duas metodologias.

#### 3.2. Estabilidade da leitura com a variação da tensão

Os desvios relativos encontrados com a variação da tensão em cada configuração são apresentados na tabela 3.

**Tabela 3.** Desvios relativos das leituras obtidos com a variação da tensão em diferentes configurações

Configuração	Medidas	Câmaras			
		A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
1	5 primeiras	0,85	3,88	0,44	0,04
	10	0,62	2,71	0,32	0,05
	Sem as 5 primeiras	0,11	0,09	0,14	0,04
2	5 primeiras	1,69	2,44	2,27	0,09
	10	1,52	2,34	1,98	0,08
	Sem as 5 primeiras	0,07	0,14	0,05	0,04
3	5 primeiras	1,76	1,85	1,74	0,08
	10	1,45	1,49	1,52	0,10
	Sem as 5 primeiras	0,08	0,11	0,14	0,03
4	5 primeiras	2,17	3,93	1,12	0,11
	10	1,68	3,14	0,84	0,10
	Sem as 5 primeiras	0,07	0,19	0,08	0,09

Fonte: O autor (2026).

Observa-se uma grande variação das medidas quando se consideram as 5 primeiras leituras. A câmara B obteve o maior desvio (3,93%) para a configuração 4, na qual foi aplicada inicialmente a tensão de +300 V no eletrômetro e as medidas foram realizadas em -150 V. Na realidade, dentre as PPC05, a câmara B foi a que apresentou os piores

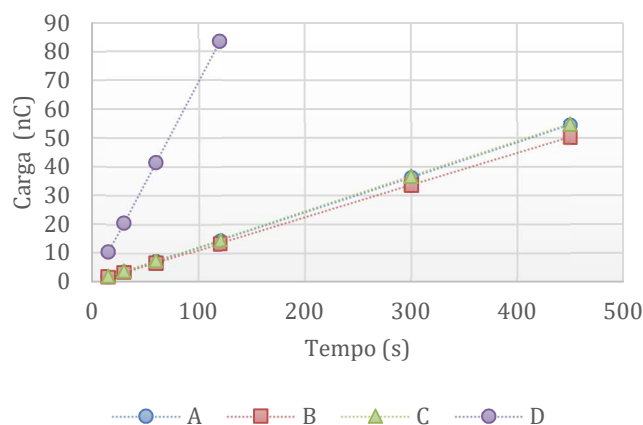
resultados e a C os melhores em todas as configurações, mesmo assim a câmara D ainda foi superior dentre todas.

#### 3.3. Linearidade de resposta

Todas as câmaras analisadas apresentaram coeficiente de correlação de linearidade igual a 1.

Os ajustes lineares dos resultados que relacionam carga coletada e tempo de exposição são apresentados na figura 1.

Linearidade de leitura com o tempo de irradiação



**Figura 1.** Ajustes lineares da carga elétrica em função do tempo de exposição.

As equações dos ajustes lineares que relacionam leitura de carga (nC) e tempo (s) de exposição demonstrados na figura 1 são apresentadas na tabela 4.

**Tabela 4.** Equações dos ajustes lineares para as diferentes câmaras

Câmara	Equação	Coef. Correlação
A	$L(t) = 0,121.t - 0,049$	1
B	$L(t) = 0,112.t - 0,035$	1
C	$L(t) = 0,122.t - 0,015$	1
D	$L(t) = 38,75.t - 0,079$	1

Fonte: O autor (2026).

É possível notar que as curvas das três câmaras PPC05 possuem comportamento semelhante, enquanto que a carga coletada pela câmara da PTW é bem maior. Isso ocorre devido a diferença de volume sensível entre os dois modelos. De qualquer modo, constata-se que os dados das quatro câmaras estão bem ajustados linearmente.

#### 3.4. Teste de fuga

Os resultados do teste de fuga para as diferentes câmaras são apresentados na tabela 5.

**Tabela 5.** Resultado do teste de fuga para as diferentes câmaras

Câmara	$\Delta L_{média} (\%)$
A	0,015
B	0,005
C	0,011
D	0,028

Fonte: O autor (2026).

Como se pode observar a câmara D apresentou o maior valor de fuga, mesmo assim ficou bem abaixo do limite de tolerância de 0,1%.

#### 4. Discussão

Analisando as tabelas 2 e 3 é possível notar que apesar da metodologia 2 oferecer melhores resultados em todos os conjuntos de medidas, quando se exclui as 5 primeiras, os desvios de todas as câmaras para as duas metodologias ficam abaixo da tolerância de 0,3%.

Observa-se também que as câmaras PPC05 possuem comportamentos parecidos entre si, porém só se assemelham a câmara D quando se desconsideram as 5 primeiras medidas.

Milana *et al* (7) obtiveram valores de repetibilidade similares para duas câmaras de placas paralelas modelo PPC40 da fabricante IBA. Os desvios padrão relativos tiveram variação máxima de  $0,17 \pm 0,24\%$  para a câmara mais antiga (19 anos de fabricação), e variação máxima de  $0,12 \pm 0,18\%$  para a câmara mais nova (5 anos de fabricação). Outro estudo obteve desvio máximo de 0,083% (8).

Sendo assim, os valores obtidos neste trabalho são compatíveis com a literatura quando se desconsideram as 5 primeiras medidas.

Em relação a estabilidade das leituras com a variação da tensão aplicada no eletrômetro, nota-se o mesmo comportamento observado no teste de repetibilidade: para as câmaras PPC05, quando se considera as 5 primeiras leituras, obtêm-se maiores desvios. Isso sugere que, ao se utilizar este modelo de câmara, um erro sistemático pode ser introduzido ao considerar as primeiras leituras na calibração do feixe. E esse erro pode chegar na ordem de 4% (câmara B). A câmara D se apresentou estável dentro de todos os grupos de medidas em todas as configurações.

A instabilidade das primeiras leituras para este modelo de câmara da IBA pode estar relacionada ao seu pequeno volume sensível ( $0,046 \text{ cm}^3$ ). Isso faz com que a quantidade de carga coletada também seja pequena para a dose entregue utilizada usualmente na calibração do feixe (100 cGy). A câmara da PTW possui um volume sensível ( $0,35 \text{ cm}^3$ ) bem maior em relação a PPC05. Isto pode ser notado com a diferença de cargas coletadas nos mesmos intervalos de tempo entre as câmaras apresentada na figura 1. Uma avaliação com modelos de volumes maiores se faz necessária para validar esta hipótese. Nenhum trabalho foi encontrado na literatura que fizesse testes neste modelo de câmara.

Os coeficientes de correlação demonstram que todas as câmaras avaliadas possuem uma linearidade de leitura com o tempo de irradiação (ou dose) ótima.

A respeito da corrente de fuga é possível verificar que todas as câmaras apresentaram valores abaixo da tolerância.

#### 5. Conclusões

Os resultados demonstram que é possível utilizar o feixe de elétrons do AL para realização de testes de controle de qualidade de CPPs. Desta forma, foi implementado o programa de CQ das CPPs utilizadas no trabalho.

Além disso, os resultados mostram que ao se utilizar a câmara PPC05 para calibração do feixe de radiação é recomendado que, após a aplicação da tensão no eletrômetro, se realize algumas leituras até que elas se estabilizem antes de considerá-las para o cálculo da dose.

#### Referências

1. Andreo P, Burns DT, Hohlfeld K, et al. Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water. IAEA Technical Reports Series no. 398. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2000.
2. Almond, P. R., Biggs, P. J., Coursey, B. M., Hanson, W. F., Huq, M. S., Nath, R., & Rogers, D. W. (1999). AAPM's TG-51 protocol for clinical reference dosimetry of high-energy photon and electron beams. *Medical physics*, 26(9), 1847-1870.
3. Task Group 21, Radiation Therapy Committee, AAPM. (1983). A protocol for the determination of absorbed dose from high-energy photon and electron beams. *Medical Physics*, 10(6), 741-771.
4. Walter, A. E., Hansen, J. B., & DeWerd, L. A. (2020). Evaluation of ionization chamber stability checks using various sources. *Physica Medica*, 80, 327-334.
5. International Electrotechnical Commission. Medical electrical equipment - Dosimeters with ionization chambers as used in radiotherapy. Geneva: IEC; 2011. p. 60731.
6. Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. TEC DOC - 1151: aspectos físicos da garantia da qualidade em radioterapia. Rio de Janeiro: INCA, 2000.
7. Milana, M., Jelena, M., & Borislava, P. (2023). Quality assurance of six cylindrical and two parallel plate chambers by radioactive check device: influence of chamber age to its performance. *Physica Medica*, 112, 102635.
8. Sharifi, B., Zeinali, H. Z., Soltani, J., Negarestani, A., & Shahvar, A. (2015). Investigation and performance tests of a new parallel plate ionization chamber with double sensitive volume for measuring diagnostic X-rays. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 770, 177-181.

#### Contato:

André Vinícius de Camargo  
Clinion – Centro de Tratamento do Câncer  
Endereço: R. Maria Martins de Souza Lima, 60,  
Urbanova, São José dos Campos - SP  
e-mail: andre\_cno@yahoo.com.br