

---

# AVALIAÇÃO DE UMA NOVA CÂMARA DE IONIZAÇÃO PARA DOSIMETRIA DE $^{60}\text{Co}$

**Luiz Felipe Stamato da Silva Furquim**

Instituto de Física,  
Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil  
*felipe.stamato@fismed.ufu.br*

**Ana Paula Perini**

Instituto de Física,  
Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil  
*anapaula.perini@ufu.br*

**William de Souza Santos**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares,  
Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN-CNEN/SP),  
São Paulo, SP, Brasil  
*wssantos@ipen.br*

**Linda V. E. Caldas**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares,  
Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN-CNEN/SP),  
São Paulo, SP, Brasil  
*lcaldas@ipen.br*

**Lucio Pereira Neves**

Instituto de Física,  
Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil  
*lucio.neves@ufu.br*

## Resumo

O programa PENELOPE é uma sub-rotina que utiliza a técnica de Monte Carlo, amplamente empregada para cálculos de grandezas de interesse na área de radiações ionizantes, para a simulação do transporte acoplado de fótons e elétrons. Nesse trabalho, a simulação de Monte Carlo foi empregada para avaliar uma nova câmara de ionização para dosimetria de fontes de  $^{60}\text{Co}$ .

**Palavras-chave:** Câmara de Ionização; Dosimetria;  $^{60}\text{Co}$ ; Simulação computacional.

## Introdução

As câmaras de ionização são sistemas que utilizam meios gasosos como medidores de radiação, e consistem basicamente de um recipiente construído com material condutor e preenchido de ar, com um eletrodo coletor no seu interior.

Para as câmaras de ionização empregadas como padrões secundários, diversos materiais podem ser empregados, e.g. PMMA, grafite, PMMA gra-

fitado. Um material até o momento não empregado nestes dosímetros é o policloreto de vinila (do inglês, PolyVinyl Chloride) (PVC). Devido à facilidade de obtenção e de uso do PVC, uma nova câmara de ionização, com paredes e eletrodo coletor de PVC, com uma camada de grafite, foi desenvolvida e caracterizada experimentalmente [1]. Entretanto, ainda é necessária a avaliação dos seus componentes, sobre a energia depositada no volume sensível.

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência dos diferentes componentes da câmara de ionização de PVC, sobre a energia depositada no volume sensível.

### Materiais e Métodos

Conforme alguns testes realizados com o dosímetro previamente desenvolvido no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP) pôde-se observar que o PVC apresentou algumas vantagens sobre o PMMA (muito utilizado em dosímetros comerciais): resistência mecânica, fácil usinagem e pode ser grafitado sem apresentar rachaduras. As especificações técnicas desta câmara de ionização são listadas na Tabela 1, e uma foto é apresentada na Figura 1.

Características	Especificações
Material do eletrodo coletor central e da parede	PVC grafitado
Material do corpo	PMMA
Material da haste	PMMA
Diâmetro do eletrodo coletor	2,0 mm
Diâmetro interno da câmara	9,0 mm
Espessura da parede da câmara	3,0 mm
Comprimento do volume sensível	18,0 mm
Volume sensível da câmara	1,0 cm <sup>3</sup>

Tabela 1. Especificações técnicas da câmara de ionização avaliada neste trabalho.

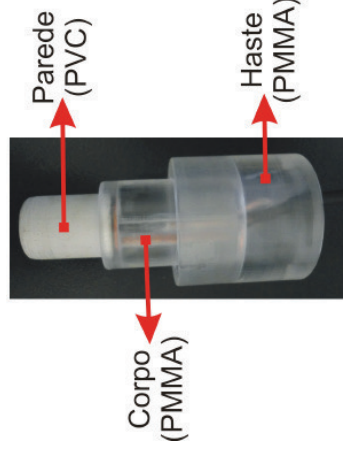


Figura 1. Foto da câmara de ionização avaliada neste trabalho.

### Simulação Computacional

O PENELOPE é um pacote de simulação de Monte Carlo, usado para simular o transporte de radiações ionizantes [2,3]. A simulação possui parâmetros de controle, responsáveis pela sua exatidão e seu desempenho, são eles:

$E_{abs}$  - Valor da energia máxima que uma partícula, carregada ou não, pode possuir antes de ser absorvida, finalizando o processo de transporte desta partícula e iniciando o transporte de uma nova partícula;  $C_1$  - Parâmetro relacionado com a deflexão angular média produzida por múltiplo espalhamento entre duas colisões fortes consecutivas de uma partícula carregada;  $C_2$  - Parâmetro relacionado à perda fracional máxima de energia permitida entre eventos de colisão forte de uma partícula carregada;  $W_{cc}$  - Energia máxima perdida por partícula carregada em colisões fortes;  $W_{cr}$  - Energia máxima perdida por partícula carregada em perdas radiativas fortes.

### Resultados

A câmara de ionização cilíndrica de PVC foi modelada cuidadosamente, baseando-se em suas dimensões, formas e composição química no código PENELOPE. Um esquema da geometria

utilizada durante as simulações, bem como os materiais empregados é mostrado na Figura 4a. Para esta avaliação, foram simuladas  $2,1 \times 10^9$  histórias, e a energia depositada no material que compõem o volume sensível (ar) foi calculada (utilizando o Tally Energy Deposition) [2,3]. Os valores obtidos são mostrados na Tabela 2.

Componente	Razão	Influência (%)
Corpo	0,9769±0,0072	2,31
Elet. coletor central	0,9997±0,0074	0,03
Haste	0,9982±0,0074	0,18

Tabela 2. Influência de cada componente estudado na resposta da câmara de ionização.

Até o momento, os autores deste trabalho descrevem qualquer trabalho que envolva a avaliação computacional dos componentes de uma câmara de ionização cilíndrica de PVC, semelhante à avaliada neste trabalho. Entretanto, alguns trabalhos apresentam resultados para câmaras similares, mas de grafite.

No trabalho de Allisy-Roberts et al. [4], foram avaliadas as câmaras de ionização padrões primários do Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). Estes valores, bem como as diferenças entre os valores encontrados neste trabalho, são apresentados na Tabela 3.

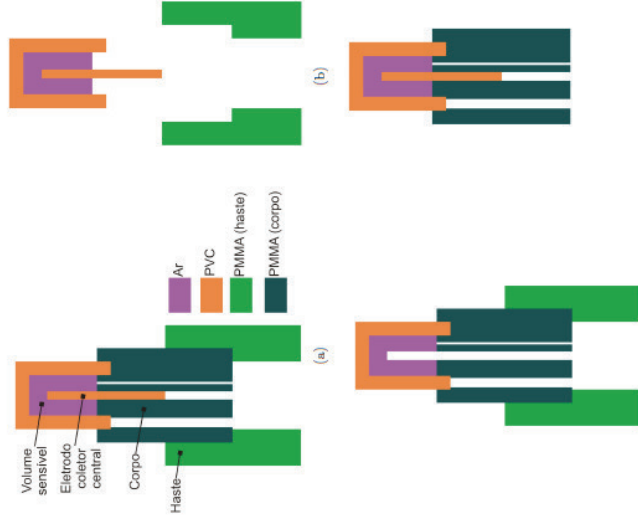


Figura 4. Câmara de ionização avaliada neste trabalho. É possível observar, para fins de comparação a câmara de ionização: (a) completa, (b) sem o corpo de PMMA, (c) sem o eletrodo central e (d) sem a haste de PMMA. As regiões em cor branca representam o ar que circunda o dosímetro (ar atmosférico).

Componente	BIPM	Diferença com este trabalho (%)
Corpo	1,0000±0,0002	2,31
Elet. coletor central	1,0000 <sup>†</sup>	0,03
Haste	1,0000±0,0002	0,18
<sup>†</sup> O valor para este componente foi considerado unitário.		

Tabela 3. Comparação entre as influências dos componentes determinados neste trabalho, com os fatores de correção do padrão primário utilizado no BIPM [4].

Como pode-se observar pelos valores apresentados pela Tabela 3, a maior diferença foi para o corpo da câmara de ionização. Deve-se notar, entretanto, que o dosímetro empregado pelo BIPM é de grafite, e desta forma, apresenta uma influência muito pequena sobre as leituras.

### Conclusão

Analisando os resultados obtidos, concluímos que a maior influência advém do corpo de PMMA, devido aos elétrons gerados além da radiação espalhada pela interface de contato com o ar presente no volume sensível. A influência dos demais componentes é muito menor, demonstrando que este dosímetro é adequado para dosimetria em feixes de  $^{60}\text{Co}$ . Comparando estes resultados com os obtidos para outro dosímetro, desenvolvido no BIPM, as diferenças também são pequenas, o que demonstra a qualidade e possível aplicabilidade deste dosímetro.

### Agradecimentos

Os autores agradecem às agências de fomento: CAPES (Projeto Pró-Estratégia 1999/2012), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), MCT: Projeto INCT Metrologia das Radiações em Medicina e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG.

### Referências

- [1] NEVES, L.P.; PERINI, A.P., CALDAS, L.V.E. Development and Characterization of a New Cylindrical Ionization Chamber for Dosimetry of  $^{60}\text{Co}$  Beams. IEEE Transactions on Nuclear Science, 60(2), (2013), 712-715.
- [2] SALVAT, F.; FERNÁNDEZ-VAREA, J.M., SEMPÁU, J. PENELOPE - A code system for Monte Carlo simulation of electron and photon transport. Relatório técnico, OECD Nuclear Energy Agency, Issy-les-Moulineaux, France, (2003).
- [3] SALVAT, F.; FERNÁNDEZ-VAREA, J.M., SEMPÁU, J. Proceedings of the PENELOPE-2008 Workshop. Em PENELOPE-2008: A code system for Monte Carlo Simulation of electron and photon transport, Spain, 30 June-3 July, (2008).
- [4] ALLISY-ROBERTS, P.J.; BURNS, D.T.; BÜERMANN, L.; KRAMER, H.-M. Comparisons of the standards for air kerma of the PTB and the BIPM for  $^{60}\text{Co}$  and  $^{137}\text{Cs}$  gamma radiation. Relatório técnico, Bureau International des Poids et Mesures, Sévres.