

Determinação do centro efetivo de um detector do tipo De Pangher Long Counter no salão de baixo espalhamento de nêutrons do Laboratório de Metrologia de Nêutrons (LN).

SS.Fernandes,^{1,2,3}, KCS.Patrão², ES.Fonseca², WW. Pereira², RT.Lopes¹

¹UFRJ, COPPE, Programa de Engenharia Nuclear, ²CNEN, IRD, Laboratório de Metrologia de Nêutrons, ³FFCLSM, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras Souza Marques

simonesilvafernandes@gmail.com

Resumo: A avaliação do centro efetivo de um detector tipo *De Pangher Long Counter* para um conjunto de fontes de radionuclídeos corresponde a um dos parâmetros para sua caracterização. Neste trabalho são apresentados os resultados da avaliação do centro efetivo deste detector, preenchido com gás ³He, para duas fontes de radionuclídeos com espectros bem definidos de ²⁴¹AmBe e ²⁵²Cf. As medições foram realizadas no salão de baixo espalhamento do Laboratório de Metrologia de Nêutrons (LN) pertencente ao Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD).

Palavras-chave: 1. Centro efetivo 2. De Pangher Long Counter 3. Fluência de nêutrons

Abstract: Determination of the effective centre of a De Pangher Long Counter neutron detector for a set of radionuclide sources corresponds to one of parameters for characterization. This paper presents the preliminary results from determination of the effective centre of this neutron detector filled with ³He gas, using two different well-defined ISO8529 source spectra ²⁴¹AmBe e ²⁵²Cf. Measurements were carried out at Institute of Radiation Protection and Dosimetry (IRD) in the low scattering room Neutron Metrology Laboratory (LN).

Keywords: 1. Effective centre 2. De Pangher Long Counter 3. Neutron fluence

1. INTRODUÇÃO

Para se obter uma medição confiável da grandeza fluência de nêutrons, considerando as dificuldades de detecção desta partícula que ocorre de forma indireta, faz-se necessário o aperfeiçoamento de métodos e equipamentos que ofereçam resultados com a menor incerteza associada. O Laboratório de Metrologia de Nêutrons (LN) possui entre seus equipamentos de referência três detectores do tipo *De Pangher Long Counter* (LC). A necessidade de retomar a padronização secundária de fontes de nêutrons e implementação de mais uma linha na base de dados do *Bureau International de Poids et Mesures* (BIPM) sobre a capacidade de medição e calibração (CMC), faz com que o LN retome essas medições. A última vez que este sistema foi utilizado para padronização secundária ou medição de fluência de nêutrons data do final da década de 1970 [1]. Com o propósito de ampliar a rede de rastreabilidade do padrão de medida para a grandeza fluência de nêutrons, o Laboratório de Metrologia de Nêutrons (LN) realizou medições experimentais para a determinação do centro efetivo com um de seus detectores LC. Para tal, foram utilizadas duas fontes isotópicas de referência ($^{241}\text{AmBe}$ e ^{252}Cf) recomendadas pela ISO 8529-1 [2]. O dispositivo em questão foi construído no Instituto de Estudos Avançados (IEAv) [3]. O LC é um detector de nêutrons amplamente utilizado em laboratórios que possuem o padrão de referência nacional como um instrumento de transferência para manter a rastreabilidade. Laboratórios primários como, por exemplo, o National Metrology Institute of Germany (PTB), o National Institute of Standards and Technology (NIST) e o National Physical Laboratory (NPL) do Reino Unido são pioneiros no estudo do centro efetivo e da eficiência de um LC para caracterização e padronização da fluência de nêutrons em uma instalação [4,5]. As incertezas relativas à padronização da fluência de nêutrons de uma fonte, com este sistema, não são muito maiores que a realizada pelo sistema de

padronização primária, baseado no banho de sulfato de manganês. Na padronização primária esta incerteza se apresenta com valores típicos entre 0,6 a 1%, enquanto na padronização secundária encontram-se valores em torno de 1% [6]. As características que fazem este tipo de detector o mais adequado para estimar a grandeza fluência de nêutrons são: resposta relativamente plana ao longo de uma ampla faixa de energias de nêutrons, insensibilidade aos raios gama, boa estabilidade, razoável direcionabilidade e reprodutibilidade.

2. GEOMETRIA E CARACTERÍSTICAS DO LONG COUNTER

2.1 A geometria do LC

A figura 1 mostra um esboço geométrico da estrutura interna do LC, inspirado no modelo de DePangher e Nichols [4], com 350 mm de comprimento e 440 mm de diâmetro. O princípio de detecção do LC é baseado em um contador proporcional a gás ^3He , no formato cilíndrico com 288 mm de comprimento e 38,2 mm de diâmetro externo, fabricado pela Centronic Ltd. Para impedir a detecção de nêutrons incidentes lateralmente, possui uma capa externa cilíndrica composta de parafina borada que envolve o cilindro menor de polietileno, a fim de termalizar os nêutrons incidentes na face frontal, de forma que possam ser capturados pelo detector central. Também foi adicionada uma capa de cádmio à face frontal do detector, que possui a função de minimizar a detecção de nêutrons térmicos diretos provenientes do salão.

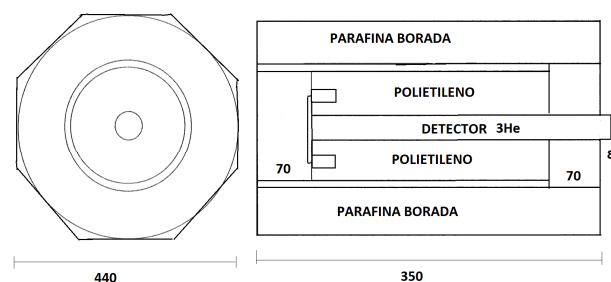


Figura1: Esquema do detector LC construído pelo IEAv. As dimensões estão em mm [3].

2.2 O centro efetivo

O centro efetivo de um LC é o ponto onde ocorre a maior captura de nêutrons térmicos no tubo-detector. Devido à geometria cilíndrica e as camadas de materiais moderadores, o volume sensível do tubo-detector varia com a energia dos nêutrons incidentes. Nessas condições, a posição exata do centro efetivo não pode ser considerada como o centro geométrico do LC, devendo ser determinada para um espectro de energia em particular. A resposta da taxa de contagem pode ser representada, para uma fonte pontiforme no vácuo, através da relação I / R^2 que expressa uma diminuição da contagem com a distância R fonte-detector. Levando em conta os efeitos de espalhamento e geometria, surgem alguns parâmetros de correção para garantir que a fluência da taxa de contagem siga a lei do inverso do quadrado da distância.

3. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO CENTRO EFETIVO DO LC

Os centros efetivos foram medidos experimentalmente no salão de baixo espalhamento do LN. O método utilizado foi a variação da posição fonte-detector, alinhada ao centro da face frontal do LC, no sentido da normal, ao longo do eixo central. Para uma fonte $^{241}\text{AmBe}$ com energia média de 4,16 MeV [8] foram realizadas 24 medições com intervalos de 100 em 100 mm, distância mínima fonte-face do detector de 1752 mm e máxima de 4073,4 mm. As medições com a fonte ^{252}Cf , energia média 2,13 MeV [8], iniciaram com uma distância mínima fonte-face do detector igual a 1000 mm e máxima de 3814 mm, totalizando 15 medições. Os intervalos das leituras com a fonte de ^{252}Cf foram de 200 em 200 mm.

Uma avaliação do centro efetivo para cada fonte foi feita através da comparação dos resultados de três ajustes de redução quadrática das equações 1, 2 e 3. As três equações possibilitam encontrar resultados sem a utilização do cone de sombra porque possuem parâmetros

que representam os efeitos de nêutrons espalhados.

A equação 1 representa o método do ajuste reduzido onde a taxa de contagem total em cada ponto $Mt(r)$ é ajustada em função da distância r . Este ajuste fornece três parâmetros livres (a , S e rc) com suas incertezas. a , e S são componentes do espalhamento e rc o centro efetivo.

$$Mt(r) = \frac{k}{(r + rc)^2} \cdot e^{-\Sigma(r+rc)} + a(r + rc) + S \quad (1)$$

A equação 2, um pouco modificada, não representa a atenuação no ar pois considera desprezível em relação ao espalhamento no salão, representado pelo segundo e terceiro termo da equação. O ajuste da equação abaixo fornece três parâmetros livres: a , S e rc .

$$Mt(r) \cdot r^2 = k \cdot r^2 \cdot (r + rc)^{-2} + a \cdot r^2 \cdot (r + rc)^{-1} + S \cdot r^2 \quad (2)$$

E a equação 3 que representa a taxa de contagem total Mt , calculada pela taxa de emissão Q_0 da fonte de nêutrons no vácuo, corrigida pela atenuação no ar - Σ , multiplicados pelo espalhamento, apresenta dois parâmetros livres: a e rc .

$$Mt = \frac{Q_0}{4\pi(r + rc)^2} \cdot e^{-\Sigma(r+rc)} \cdot (1 + a(r + rc)^2) \quad (3)$$

Os gráficos apresentados nas figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7 foram plotados utilizando as três equações e realizando o ajuste pelo método dos mínimos quadrados para ambas as fontes.

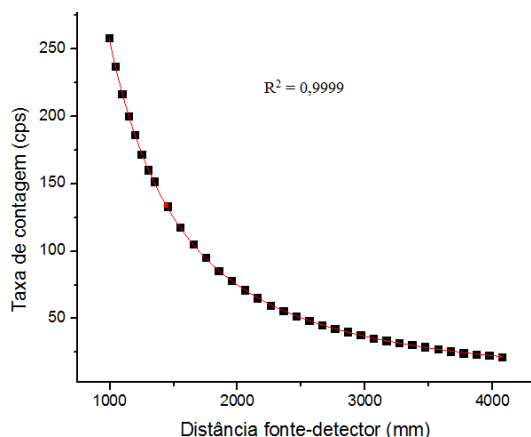


Figura 2: Ajuste reduzido, equação 1, da taxa de contagem total em função da distância fonte - detector para a fonte de $^{241}\text{AmBe}$.

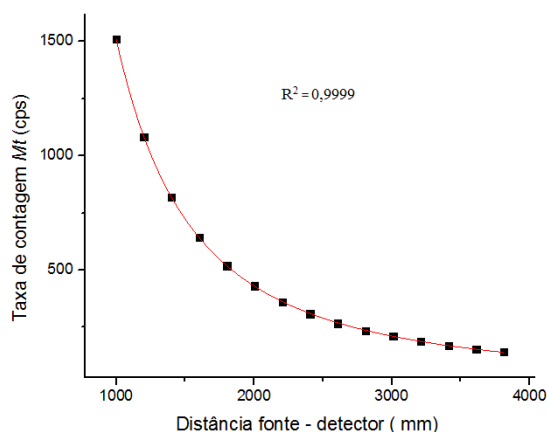


Figura 5: Ajuste reduzido, equação 1, para a fonte de ^{252}Cf .

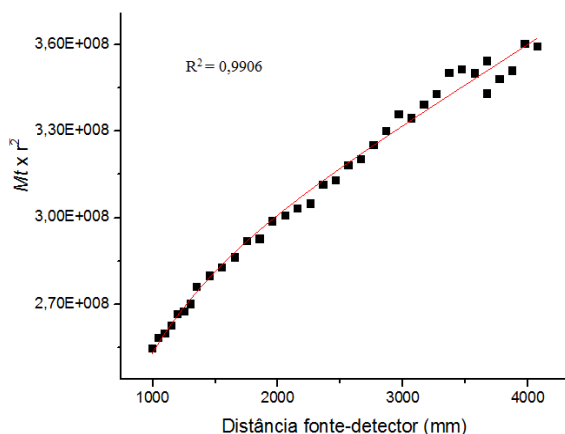


Figura 3: Ajuste quadrático, equação 2, para a fonte de $^{241}\text{AmBe}$.

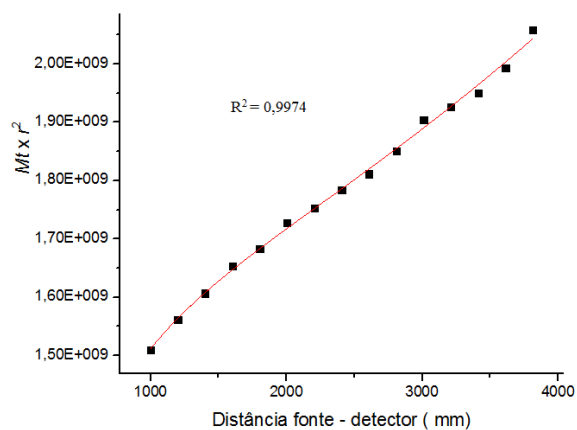


Figura 6: Ajuste quadrático, equação 2, para a fonte de ^{252}Cf .

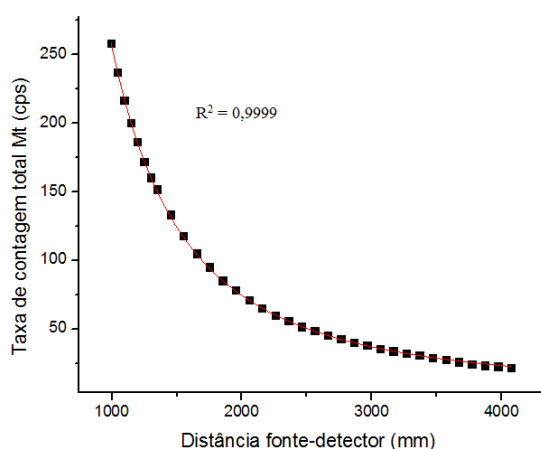


Figura 4: Ajuste reduzido, equação 3, para a fonte de $^{241}\text{AmBe}$.

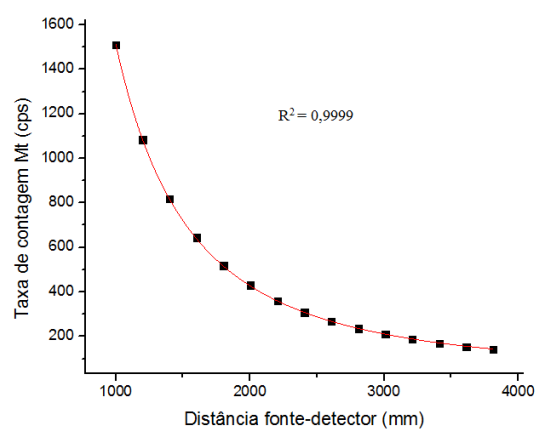


Figura 7: Ajuste reduzido, equação 3, para a fonte de ^{252}Cf .

Os resultados dos centros efetivos, para a fonte de $^{241}\text{AmBe}$ comparando as três equações, apresentam valores de $111,6 \pm 0,9$ mm para a equação 3, $116,6 \pm 1,2$ mm para a equação 1 e $135,5 \pm 6,1$ mm para a equação 2. Quanto a fonte de ^{252}Cf os cálculos apresentaram resultados de $75,8 \pm 0,9$ mm para a equação 3, $79,5 \pm 0,8$ mm para a equação 1 e $83,6 \pm 4,3$ mm para a equação 2.

4. CONCLUSÃO

O estudo do centro efetivo do detector tipo Long Counter envolve muitos fatores de correções. A tendência para determinação de resultados mais consistentes está na comparação entre medidas experimentais e medidas calculadas por simulação computacional, afim de que o modelo seja futuramente validado e utilizado de forma segura. Os resultados dos centros efetivos obtidos experimentalmente apresentaram valores próximos aos encontrados nas referências. Para a fonte de $^{241}\text{AmBe}$, com energia média de 4,16 MeV, o centro efetivo encontra-se entre 111-135 mm e para fonte de ^{252}Cf , com energia média de 2,13 MeV, o centro efetivo encontra-se entre 75-83,6 mm. Apesar disto, para que o método seja aprimorado e as incertezas reduzidas, mais medições serão realizadas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho tem o apoio financeiro CNPq/ Capes /COPPE-UFRJ

REFERÊNCIAS

[1] SCHUCH, A. L.,1978, "Calibração de monitores de nêutrons com moderadores e aplicação na determinação de fatores de calibração de dosímetros de albedo", Dissertação* de M.Sc. IME, Rio de Janeiro, Brasil.

[2] ISO 8529-1, "Reference Neutrons Radiations. Characteristics and methods of production", ISO

2001, International Organization for Standardization.

[3] FEDERICO, C. A., et. al., *Avaliação da resposta de um contador do tipo "Long-Counter" para nêutrons do $^{241}\text{Am/Be}$* , **Journal of Aerospace Technology and Management** v. 1, n. 2, Jul.- Dec. 2009

[4] DE PANGHER, J., NICHOLS, L.L., *A Precision Long Counter for Measuring Fast Neutron Flux Density*. In: Report BNWL-260, Pacific Northwest Laboratory, 1966.

[5] ROBERTS, N. J., TAGZIRIA, H., THOMAS, D. J., *Determination of the effective centres of the NPL long counters*. In: Report DQL RN004, National Physical Laboratory, 2004.

[6] ROBERTS, N. J., et.al., "International key comparison of measurements of neutron source emission rate (1999-2005) – ccri(iii)-k9.AmBe" **Metrologia** 48 Tech. Suppl. 06018 (2011)

[7] LACOSTE, V., GRESSIER, V., "Experimental characterization of the IRSN long counter for the determination of the neutron fluence reference values at the AMANDE facility", **Radiation Measurements** v. 45, pp. 1254-1257, July.2010.

[8] ISO 8529-2, "Reference Neutron Radiations Part 2: Calibration fundamentals of radiation protection devices related to the basic quantities characterizing the radiation field". 1. ISO 2000, International Organization for Standardization.