

Metodologia Aprimorada de Calibração de Detectores PKA com Monte Carlo e Espectrometria de Raios X com detectores CdTe

Junior J.¹, Potiens M.², Junior O.³

¹ Ipen, ² Ipen-Cnen/Sp, ³ Instituto De Pesquisas Energéticas E Nucleares

Resumo: A metrologia de radiações ionizantes e a calibração laboratorial de medidores, como os de PKA, são fundamentais para assegurar a precisão da dosimetria clínica, garantindo a segurança do paciente e a conformidade com protocolos radiológicos, conforme ANVISA (1). Contudo, métodos tradicionais de calibração, baseados em técnicas empíricas, apresentam limitações - incertezas sistemáticas e alto custo operacional (2). Assim, propõe-se uma abordagem que combina simulação computacional, por Monte Carlo (3), modelando as interações da radiação, com espectrometria de raios X, via detector CdTe, reconhecidos por sua resolução energética superior, sensibilidade e estabilidade. As técnicas em conjunto corrigem distorções espectrais, otimizam fatores de calibração e reduzem incertezas.

Materiais e métodos: O estudo emprega simulações Monte Carlo (MC) e espectrometria com CdTe para calibração de detectores KAP. Espectros de raios X (40–150 kVp, padrões RQR) são adquiridos via CdTe, corrigidos quanto à eficiência e validados metrologicamente. Esses espectros alimentaram simulações por MC (com software TOPAS), modelando transporte de radiação e interações em geometrias clínicas. A validação do feixe comparou dados simulados e experimentais, assegurando coerência física. A correlação entre resultados MC e medições permitiu derivar fatores de calibração. Por fim, a abordagem foi confrontada com o método de substituição de PKA, avaliando rastreabilidade dosimétrica.

Resultados e discussões: Os dados simulados de PKA demonstram alta concordância ($R^2 > 0,98$) com os respectivos valores experimentais, validando a modelagem computacional. Variações na qualidade do feixe (40–150 kVp, padrões RQR) foram identificadas com precisão (< 2%), correlacionando espectros obtidos CdTe e simulações. A calibração otimizada reduziu incertezas para <5% na configuração analisada, adaptando aos protocolos.

Conclusões: A metodologia híbrida (MC + CdTe) mostrou-se robusta na calibração de KAP, padronizando protocolos e otimizando o método de substituição. Reduziu dependências experimentais e melhorou a reprodutibilidade. Futuros estudos integrarão simulações em rotinas, analisando dependências geométricas/energéticas e correlacionando fatores simulados com dados clínicos.

Agradecimento: Os autores agradecem o apoio financeiro parcial do CNPq (Processo nº 140864/2023) e da FAPESP (Processo nº 2018/05982-0). Os autores também gostariam de agradecer ao CDTN – CNEN/MG pelo empréstimo do equipamento PDC e à equipe do LABPROSAU-IFBA, de Salvador.

Referências:

- [1] AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 611, de 9 de março de 2022. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, BRASIL, 2022.
- [2] ALMEIDA JUNIOR., J. N. et al. Calibration of PKA meters against ion chambers of two geometries. Revista Brasileira de Física Médica, v. 5(1), p. 15-20, 2011a. <https://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/115/v5n1p15>
- [3] MALUSEK, A. and CARLSSON, G.A. (2011). Analysis of the tandem calibration method for Kerma area product meters via Monte Carlo simulations Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry (IDOS). Presented at the Int. Symp. on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry (IDOS) (Vienna, 9–12 November 2010), pp 129-136.