



Avaliação da dependência temporal entre três detectores utilizando as qualidades de radiação N-80 e N-100 da norma ISO 4037-1

B S Assis^{1,2,3}, L C Pacífico^{1,2}, L A G Magalhães¹ e J G P Peixoto²

¹Departamento de Ciências Radiológicas/Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

²Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes/Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, Brasil

³Instituto de Física/Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil

biaassis01@gmail.com

Abstract. Para a realização do teste de Levantamento Radiométrico, é necessária a utilização de detectores específicos que garantam um exercício fidedigno. Nesse caso, é necessário avaliar a confiabilidade das medidas destes aparelhos, que tem como uma das variáveis a dependência temporal, tema de estudo do presente trabalho. Comparou-se a dependência temporal de três detectores: as câmaras de ionização Fluke Victoreen e PTW, e o detector de estado sólido Unfors Raysafe para as qualidades de radioproteção N-80 e N-100 da norma ISO 4307-1. Utilizou-se tempos de exposição de 0,1 s a 0,9 s, e depois, 1 s, 1,5 s, 2 s, 5 s e 10 s e correntes de 0,3 mA, 0,5 mA, 2,5 mA, 10 mA e 20 mA. Foi possível analisar, pelos dados obtidos, que quanto maior a corrente e maior o tempo de exposição, maior é a tendência do detector se estabilizar em menos tempo.

1. Introdução

O teste de Levantamento Radiométrico trata-se de uma monitoração de área para avaliação dos níveis de radiação de uma instalação [1]. Nesse contexto, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que é responsável por todos os aspectos de radioproteção na medicina e na indústria, inspeciona as instalações radiativas realizando o Levantamento Radiométrico, à fim de assegurar que a exposição às radiações ionizantes não exceda os níveis de limite de dose permissíveis [2].

Este procedimento utiliza monitores de área para a monitoração em tempo real, com objetivo de estimar os riscos iminentes aos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) e público. Os monitores utilizados, são as câmaras de ionização (CI) e detectores semicondutores, sendo necessário averiguar fatores como precisão, faixa de energia, linearidade, acurácia da calibração e dependência temporal, que é o foco deste trabalho [3]. Na realização de testes de Levantamento Radiométrico, é crucial para o profissional ter conhecimento da resposta temporal de seu detector, já que uma escolha equivocada pode

culminar em uma reprovação do teste e ônus financeiros para quem o solicitou, além de questões legais, como a interdição do estabelecimento.

Foi realizada uma avaliação no Laboratório de Ciências Radiológicas (LCR) com objetivo fazer uma análise da dependência temporal entre três detectores na qualidade radiação N-60 da norma ISO 4037-1 [4]. Foi visto que a CI cilíndrica e o detector semicondutor utilizado levaram cerca de 1,5 s para se estabilizar nas quatro correntes avaliadas, enquanto a CI de 600cm³ levou 5 s para se estabilizar nas correntes mais baixas (0,3 mA e 0,5 mA) e 1,5 s nas correntes mais altas (2,5 mA e 10 mA). O trabalho averiguou possíveis ruídos eletrônicos da CI cilíndrica quando trabalhada próxima ao tempo zero, que também estavam presentes na CI de 600cm³ e no detector semicondutor, porém em menor intensidade. Esses dados confirmaram o que literatura mostra, em que os detectores tendem a subestimar as taxas de dose quando trabalhados no modo taxa para tempos menores que 2 s [5].

O objetivo deste trabalho é dar continuidade ao estudo realizado no LCR e avaliar a dependência temporal dos três detectores para as qualidades de radiação N-80 e N-100 da norma ISO 4037-1 [6].

2. Materiais e métodos

As aquisições das medidas se basearam nas qualidades de radioproteção N-80 e N-100 da norma ISO 4307-1 implantadas no LCR [7]. Foram utilizados um tubo de raios x industrial Comet, alvo de W, modelo MXR-160/22 com tensão e corrente nominais máximas de 160 kV e 40 mA, respectivamente, com janela de 0,8 mm de Be; câmara de ionização Fluke Victoreen de 600 cm³ modelo: 451B-RYR NS. 1540; detector de radiação semicondutor Unfors Raysafe modelo U8201021-CX1 NS.163852; conjunto dosimétrico composto pelo eletrômetro Keythley modelo 6517B e câmara de ionização cilíndrica de 30 cm³ dedicada para radioproteção PTW 23361, faixa de resposta 30 keV à Co-60; disparador (*Shutter*) AGFA e painel de controle MP1; colimador com 3 cm de diâmetro e 5 mm de espessura de chumbo; um colimador com 5 cm de diâmetro e 4 mm de espessura de chumbo; filtração de Alumínio (3,7mm); filtração de cobre (0,6mm) e lasers de posicionamento transversal e longitudinal [7]. Os detectores utilizados constam nas figuras 1, 2 e 3.



Figura 1 - Câmara de ionização de 600 cm³ Fluke Victoreen, modelo 451B-RYR



Figura 2 - Câmara de ionização cilíndrica PTW, modelo 23361



Figura 3 - Detector de estado sólido Unfors Raysafe, modelo U8201021-CX1

A distância foco-detector considerada foi de 100 cm. O primeiro colimador foi colocado a 30 cm do ponto focal do tubo e o segundo a 50 cm, como está ilustrado na figura 4. Todos os detectores foram

posicionados com auxílio dos lasers. Foram utilizados filtros de cobre e alumínio, nessa ordem, e pré-estabelecidos os tempos de exposição dos detectores de 0,1 s a 0,9 s, e depois, 1 s, 1,5 s, 2 s, 5 s e 10 s, de modo que o disparador foi configurado para obedecê-los. As correntes usadas foram de 0,3 mA, 0,5 mA, 2,5 mA, 10 mA e 20 mA. Todos os valores apresentados já consideram os coeficientes de calibração (Nks) dos respectivos certificados de calibração, sendo a unidade final o equivalente de dose ambiente $H^*(10)$ [8].

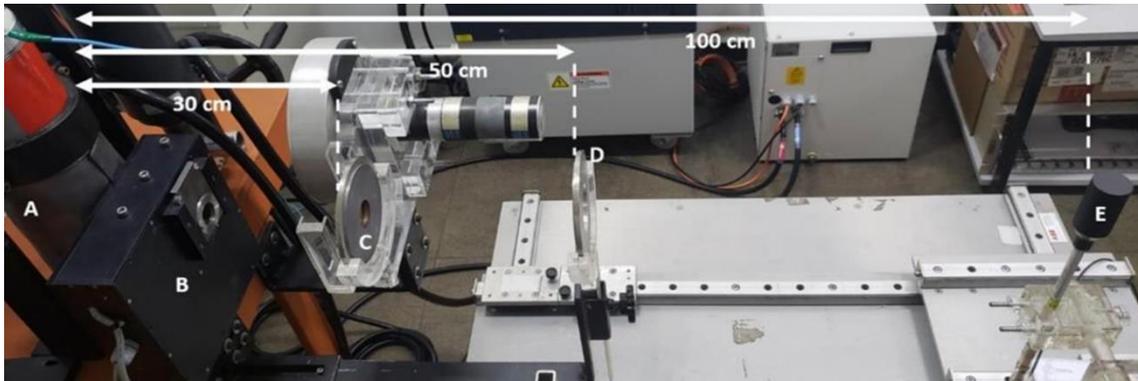


Figura 4 - Arranjo experimental para a aquisição das medidas [7].

3. Resultados

As figuras 5 e 6 apresentam a variação da taxa de dose da CI de 600 cm³ nas qualidades N-80 e N-100, respectivamente, para as correntes de 0,3 mA, 0,5 mA, 2,5 mA, 10 mA e 20 mA.

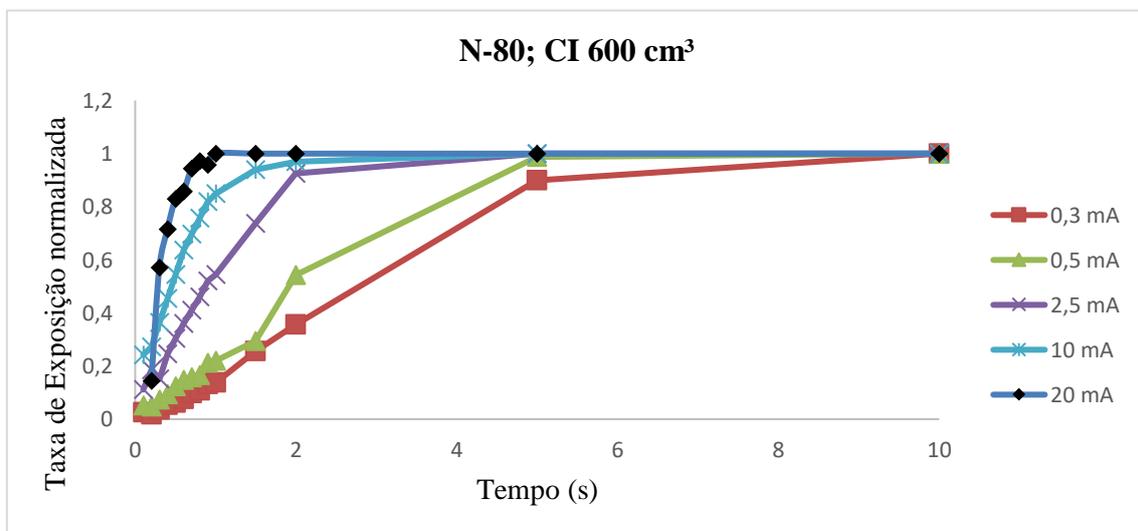


Figura 5 - Variação da taxa de dose em função do tempo de exposição para diferentes correntes usando a CI de 600 cm³ na qualidade N-80.

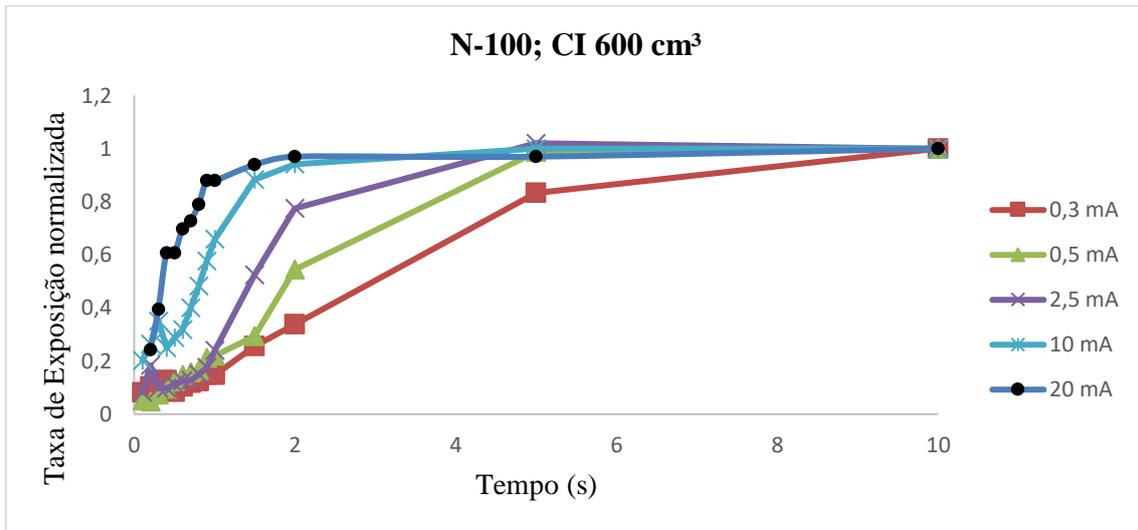


Figura 6 - Variação da taxa de dose em função do tempo de exposição para diferentes correntes usando a CI de 600 cm³ na qualidade N-100.

As figuras 7 e 8 apresentam a variação da taxa de dose da CI cilíndrica nas qualidades N-80 e N-100, respectivamente, para as mesmas correntes.

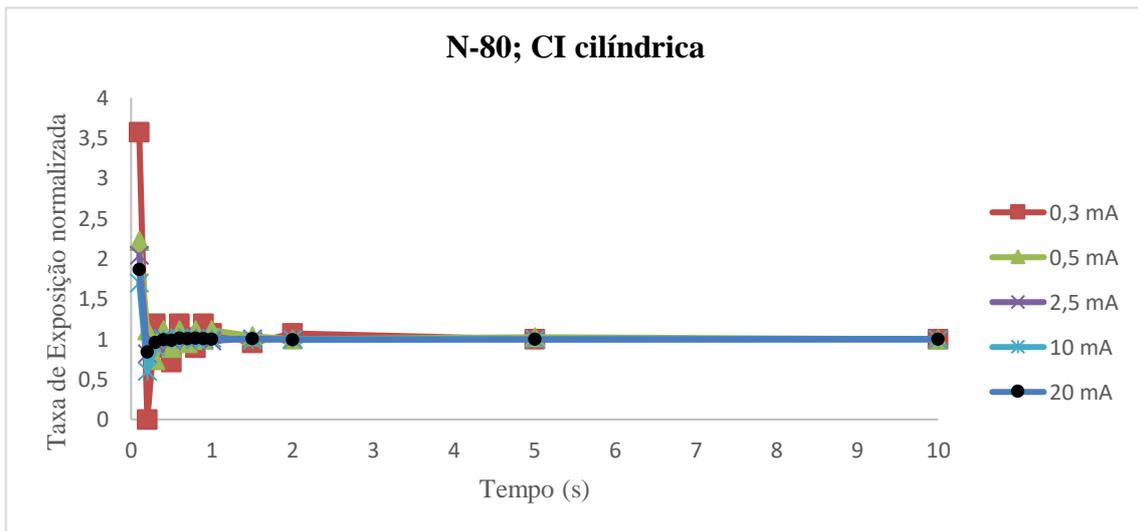


Figura 7 - Variação da taxa de dose em função do tempo de exposição para diferentes correntes usando a CI cilíndrica na qualidade N-80.

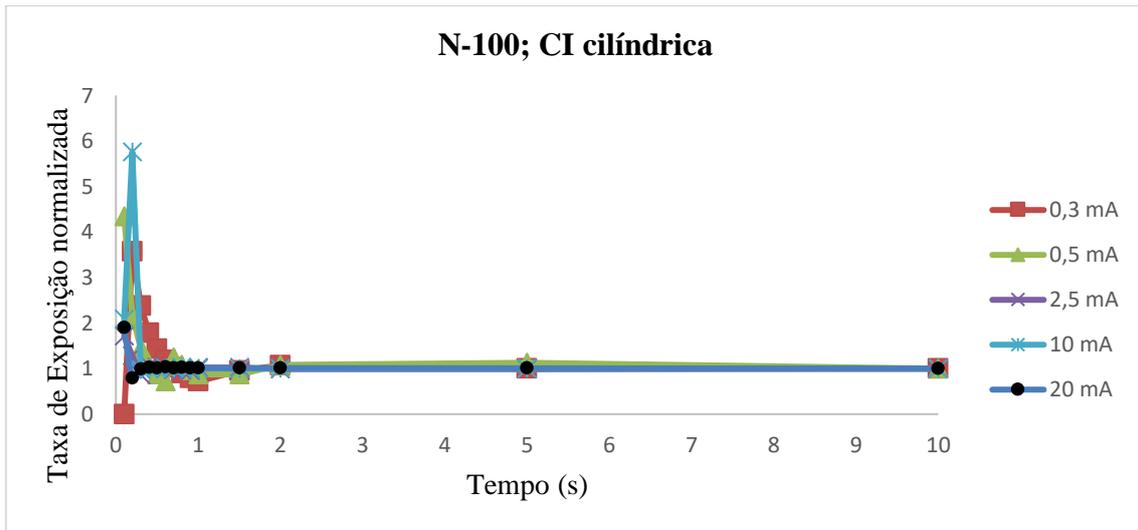


Figura 8 - Variação da taxa de dose em função do tempo de exposição para diferentes correntes usando a CI cilíndrica na qualidade N-100.

As figuras 9 e 10 apresentam a variação da taxa de dose do detector semiconductor nas qualidades N-80 e N-100, respectivamente, para as mesmas correntes.

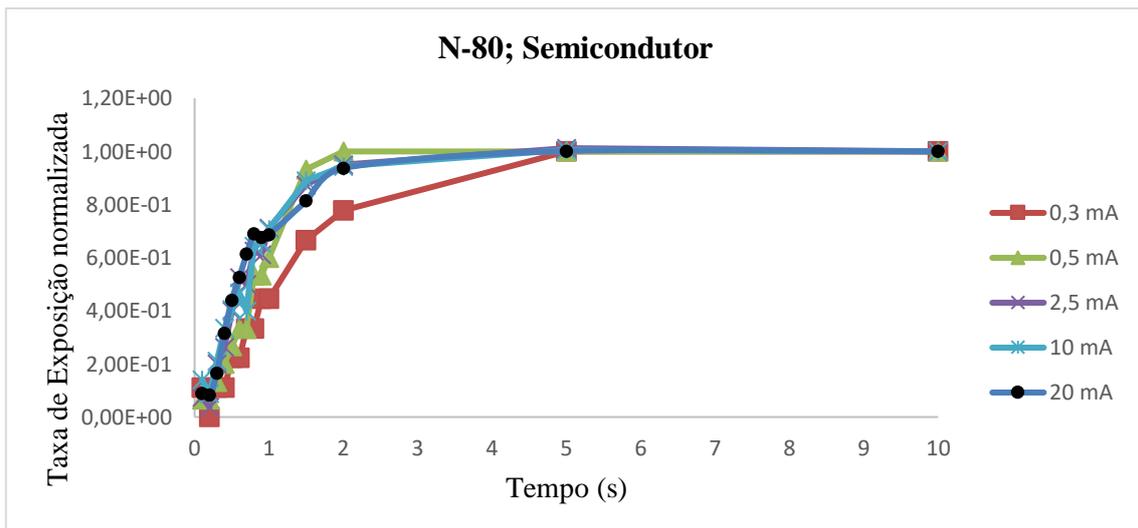


Figura 9 - Variação da taxa de dose em função do tempo de exposição para diferentes correntes usando o detector semiconductor na qualidade N-80.

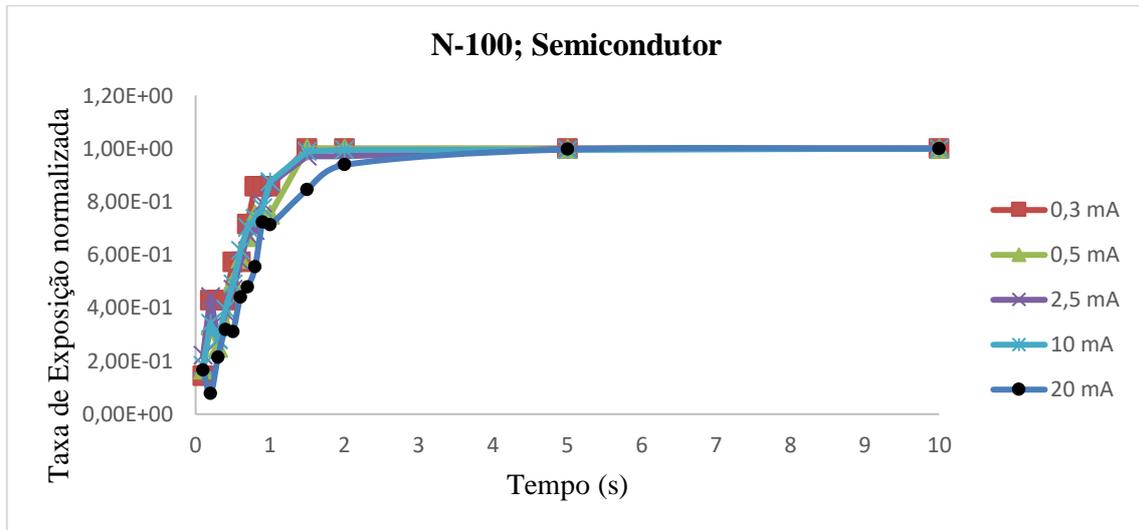


Figura 10 - Variação da taxa de dose em função do tempo de exposição para diferentes correntes usando o detector semicondutor na qualidade N-100.

A tabela 1 e 2 apresentam o tempo de estabilização da taxa de dose para os três fabricantes em função do tempo de irradiação, referente à qualidade N-80 e N-100, respectivamente.

Tabela 1. Tempo de estabilização em segundos (s) da taxa de dose dos detectores na qualidade N-80.

Detector	Corrente (mA)				
	0,3	0,5	2,5	10	20
CI 600 cm ³	-	5	5	2	1
CI cilíndrica	5	1	0,4	0,4	0,3
Semicondutor	5	2	5	5	5

Tabela 2. Tempo de estabilização em segundos (s) da taxa de dose dos detectores na qualidade N-100.

Detector	Corrente (mA)				
	0,3	0,5	2,5	10	20
CI 600 cm ³	-	-	5	5	1,5
CI cilíndrica	2	2	0,4	0,3	0,3
Semicondutor	1	1	1,5	1	2

4. Discussão

A CI de 600 cm³, quando irradiada a 80 kV, não se estabilizou quando foi usada uma corrente de 0,3 mA até o tempo máximo de exposição (10 s). Porém, nas demais correntes utilizadas, o tempo de estabilização decaiu, conforme as correntes aumentavam. Já para 100 kV, o detector não se estabilizou nas correntes mais baixas (0,3 mA e 0,5 mA) até os 10 s, porém teve o mesmo tempo de estabilização que a qualidade N-80 para 2,5 mA. Nas correntes mais altas (10 mA e 20 mA), ela levou um tempo maior para se estabilizar usando 100 kV, quando comparada com a energia de 80 kV.

A CI cilíndrica de 30 cm³ conseguiu se estabilizar, mesmo com 0,3 mA e obteve tempos de estabilização significativamente menores para as demais correntes em ambas as qualidades analisadas, quando comparada com a de 600 cm³. A CI cilíndrica, quando irradiada com 100 kV, atingiu tempos menores de estabilização, em relação a 80 kV, porém levou um tempo maior quando exposta com a corrente de 0,5 mA. Quando trabalhada próximo ao tempo zero, o dispositivo apresentou certas variações fora da linha de tendência do gráfico, isto foi analisado e aparenta ser ruídos eletrônicos, uma vez que o detector está sendo utilizado em energias muito baixas e tempos muito curtos.

O detector semicondutor levou cerca de 5 s para se estabilizar, quando irradiado na qualidade N-80, com exceção da corrente de 0,5 mA, onde levou cerca de 2 s. Quando irradiado à 100 kV, o dispositivo levou em torno de 1 s para atingir estabilidade, exceto nas correntes de 2,5 mA e 20 mA, que levou 1,5 s e 2 s, respectivamente.

5. Conclusão

Foi possível analisar que, quanto maior a corrente e maior o tempo de exposição, maior é a tendência do detector se estabilizar em menos tempo. O detector que manifestou uma maior dependência temporal, nas características metrológicas pré-estabelecidas, foi a CI de 600 cm³, onde não foi possível obter dados para as correntes de 0,3 mA, em ambas as qualidades, e 0,5 mA na qualidade N-100. Embora, para as demais correntes em ambas as qualidades, o dispositivo tenha respondido de forma estável. A CI cilíndrica apresentou o mesmo comportamento analisado no trabalho anterior da qualidade N-60 quando trabalhada próximo ao tempo zero, que foi um padrão de ruídos eletrônicos com picos de concentração de taxa de dose [4]. Esta CI obteve tempos de estabilização menores que os outros detectores.

O detector semicondutor não apresentou mudanças relevantes de tempos de estabilização quando analisado em 80 kV, persistindo no tempo de 5 s para praticamente todas as correntes, com exceção de 0,5 mA. Para qualidade N-100, o detector não correspondeu com a expectativa de diminuir ou manter o tempo de estabilização conforme a corrente aumentava.

O objetivo deste trabalho, que era fazer uma análise da dependência temporal dos três detectores para as qualidades N-80 e N-100 da norma ISO 4037-1 foi concluído, além do estudo teórico da norma e das questões metrológicas que a envolvem. Os autores pretendem fazer uma análise mais rebuscada dos dados obtidos, à fim de compreender melhor o comportamento dos detectores quando submetidos a tempos e correntes muito baixos, ainda utilizando as qualidades de radiação da norma em vigor.

6. Referências

- [1] Agência Nacional de Vigilância Sanitária, “RESOLUÇÃO - RDC Nº 330, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2019”, Brasília, 2019.

- [2] CNEN, “Norma CNEN NN 6.02. Licenciamento de Instalações Radiativas.”, maio 2020.
- [3] American Association of Physicists in Medicine, “Recommendations on performance characteristics of diagnostic exposure meters. AAPM Report no. 35. Report of task group no. 6”, 1992.
- [4] B. S. Assis, L. C. Pacífico, L. Magalhães, e J. G. P. Peixoto, “Comparação da dependência temporal na qualidade de radiação N60 entre três detectores”, *CBFM*, 2023.
- [5] F. Leyton *et al.*, “TEMPORAL DEPENDENCE OF THE RADIATION MONITORING INSTRUMENTS FOR AREA MONITORING USED AT RADIODIAGNOSTIC AND INTERVENTION FACILITIES”, *Radiat Prot Dosimetry*, p. 1–11, 2015.
- [6] ISO 4037-1, “Radiological protection — X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy - Part 1: Radiation characteristics and production methods”, 2017.
- [7] L. C. Pacífico, “Caracterização das qualidades de radioproteção N10 a N150 no laboratório de metrologia do Departamento de Ciências Radiológicas LABMETRO/DCR/IBRAG/UERJ”, UERJ, Rio de Janeiro, 2020.
- [8] International Commission on Radiation Units and Measurements, “ICRU Report 95, Operational Quantities for External Radiation Exposure”, 2020.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao IRD e a CNEN pelo financiamento e apoio estudantil, ao LCR pela cooperação com o trabalho, e a todos os integrantes do grupo de pesquisa IRTech, que foram essenciais pelo direcionamento do trabalho.