

## Projeto de um sistema automático de posicionamento de filtros para calibração de dosímetros em feixes de raios X

**José Luiz Dias Ferreira da Silva <sup>1</sup>, Ricardo Amorim Barbosa <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Radioproteção e Dosimetria

E-mail: joseluiz@ird.gov.br

**Resumo:** Este trabalho apresenta o projeto de um sistema automático de posicionamento de filtros para calibração de dosímetros no LNMRI-IRD. Os resultados obtidos indicam a viabilidade técnica de construção do referido sistema. A expectativa é de que o sistema proposto nesse trabalho possa ser replicado para outros laboratórios. A sistemática de verificação da eficácia ou viabilidade técnica do sistema será alvo de novos estudos. Da mesma forma, pretendemos comparar o desempenho do sistema proposto neste trabalho com outros sistemas desenvolvidos.

**Palavras-chave:** calibração, filtro metálico, qualidade de radiação, automação.

**Abstract:** This paper presents the design of an automatic filter positioning system for dosimeters' calibration at LNMRI-IRD. The results have indicated the technical viability of building the system. The expectation is that the system proposed in this work can be replicated to other laboratories. The system for verifying the effectiveness or technical viability of the system here proposed will be the subject of further studies. As Well, we intend to compare the performance of the system proposed in this work with other developed systems.

**Keywords:** calibration, metallic filters, radiation quality, automation.

### 1. INTRODUÇÃO

O Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI) tem responsabilidade como Laboratório Nacional na área das radiações ionizantes por designação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Nesse contexto de P&D, o LNMRI-IRD/CNEN desenvolve as técnicas de padronização primária nas áreas de Radiodiagnóstico, Radioproteção e Radioterapia. Além disso, fornece rastreabilidade metrológica às medições de doses de radiação recebidas por pacientes submetidos aos exames radiológicos e aos tratamentos do câncer e favorece a correta monitoração aos trabalhadores da indústria nuclear e de instalações radiativas, os quais são chamados de IOE (Indivíduo Ocupacionalmente Exposto). Desta forma para garantir a precisão das medidas é necessário que o instrumento esteja calibrado com Padrões Nacionais de medição, chamados

de dosímetros. O referido instrumento é composto de câmara de ionização e de eletrômetro; tendo sido este último alvo de diversos testes e estudos apresentados em trabalhos anteriores [1, 2]

A calibração é efetuada em feixes de raios X, geralmente fazendo uso de equipamentos de raios X de uso industrial. A fim de garantir que os feixes de radiação, durante os procedimentos de calibração, sejam os mesmos daqueles encontrados nas diversas aplicações das radiações ionizantes, em hospitais, industriais e Centros de pesquisas, os feixes de radiação devem ser “padronizados”; isto é obtido por meio da implantação de “qualidades de radiações” no LNMRI-IRD. As referidas qualidades de radiações são estabelecidas em normas internacionais, com a ISO 4037 por exemplo [3].

Para cada qualidade de radiação, estabelecida em norma internacional, são estipulados os seguintes parâmetros: alta tensão do tubo de raios X, além da 1ª e da 2ª camada semi-redutora (CSR) ou HVL em inglês. De modo a se alcançar os parâmetros descritos anteriormente, são utilizados filtros metálicos de chumbo, estanho, cobre e alumínio. A ação deste filtros é “modificar” o espectro de raios X, com o propósito de atender os “modelos” estabelecidos nas referidas normas internacionais.

Na figura 1 são apresentados 4 (quatro) espectros de radiação, de diferentes tipos de qualidade de radiação, conforme estipulados na norma internacional [3].

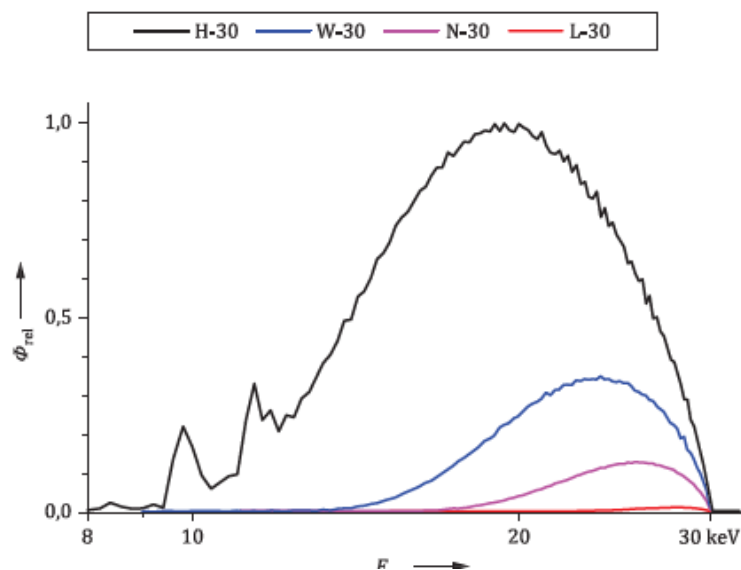


Figura 1 – espectros de radiação padronizados por norma internacional

Os filtros metálicos precisam ter um alto grau de pureza, de 99,999% em média; além disso, sua espessura precisa ser informada de forma o mais precisa possível. Por estas razões, um filtro metálico possui elevadíssimo custo. Esta situação faz com que cada filtro tenha dimensões reduzidas, da ordem de 10 cm. A dimensão reduzida de um filtro metálico provoca uma dificuldade operacional, já que este dispositivo precisa ser posicionado, de forma muito precisa, ou seja: seu centro deve coincidir com o eixo central do feixe de raios X.

Outra dificuldade para implantação de qualidades de radiação é o fato de que a filtração, estabelecida em norma, não possui valores inteiros de espessura. Para atender esta necessidade, são mondados

“pacotes” de filtros para cada qualidade de radiação. Esta situação faz com que a montagem de cada qualidade de radiação seja extremamente susceptível à falha humana; ou seja, qualquer equívoco na montagem dos “pacotes de filtros”, resultaria na implantação de qualidade de radiação diversa daquela que seria o objetivo da calibração de instrumentos no LNMRI-IRD.

Além disso, ao montar os “pacotes de filtros”, necessários na implantação de uma determinada qualidade de radiação, o técnico teria que adentrar o recinto do laboratório, onde estaria sendo executada a calibração de instrumentos no LNMRI-IRD. Esta situação concorreria para uma indesejável interferência na temperatura do ambiente; o que, evidentemente, acrescentaria uma nova componente de incerteza ao processo de calibração. Adicionalmente, não estaria descartada uma suposta interferência na pressão atmosférica no laboratório; já que, apesar de mínima, alguma alteração deveria ocorrer ao abrir e fechar a porta do laboratório.

Na figura 2 são apresentados alguns valores de filtros utilizados em qualidades de radiação [3].

Short name	Mean energy, $\bar{E}(\Phi)$ keV	Resolution $R_E$ %	Tube potential <sup>a</sup> kV	Recommended inherent filtration <sup>b</sup>	Additional filtration <sup>b</sup> , thickness, D, in				1 <sup>st</sup> HVL at a distance from the focal spot of		2 <sup>nd</sup> HVL at a distance from the focal spot of	
					mm Pb	mm Sn	mm Cu	mm Al	1,0 m	2,5 m	1,0 m	2,5 m
									mm	mm	mm	mm
L-10	9,0		10	1 mm Be				0,3	0,068 Al	0,073 Al	0,071 Al	0,076 Al
L-20	17,3	21	20	1 mm Be				2,0	0,446 Al	0,446 Al	0,486 Al	0,489 Al
L-30	26,7	21	30	1 mm Be			0,18	4,0	1,56 Al	1,56 Al	1,62 Al	1,63 Al
L-35	30,4	21	35	4 mm Al			0,25		2,18 Al	2,18 Al	2,29 Al	2,30 Al
L-55	47,8	22	55	4 mm Al			1,2		0,248 Cu	0,249 Cu	0,261 Cu	0,261 Cu
L-70	60,6	22	70	4 mm Al			2,5		0,483 Cu	0,484 Cu	0,505 Cu	0,506 Cu
L-100	86,8	22	100	4 mm Al		2,0	0,5		1,22 Cu	1,22 Cu	1,25 Cu	1,26 Cu
L-125	109	21	125	4 mm Al		4,0	1,0		1,98 Cu	1,98 Cu	2,02 Cu	2,02 Cu
L-170	149	18	170	4 mm Al	1,5	3,0	1,0		3,40 Cu	3,40 Cu	3,46 Cu	3,47 Cu
L-210	185	18	210	4 mm Al	3,5	2,0	0,5		4,52 Cu	4,50 Cu	4,55 Cu	4,55 Cu
L-240	211	18	240	4 mm Al	5,5	2,0	0,5		5,19 Cu	5,18 Cu	5,22 Cu	5,21 Cu

Figura 2 – Espessuras dos filtros (da 6<sup>a</sup> à 9<sup>a</sup> colunas)

Entre as colunas 6 e 9, podemos observar que os valores de filtração não são inteiros, ficando, normalmente, na casa de décimos de milímetros; ficando claro, assim, que não é fácil a identificação da espessura de filtro a ser utilizada em determinada qualidade de radiação. Esta situação favorece por demais a ocorrência de erros na montagem dos “pacotes de filtros”. Infelizmente, um suposto erro durante a implantação de uma qualidade de radiação não é de fácil determinação....

De modo a evitar-se as ocorrências de erros durante as montagens dos diversos “pacotes de filtros” para cada qualidade de radiação, os referidos “pacotes” devem ser afixados permanentemente e identificados de forma inequívoca e individual. Contudo, as pequenas dimensões dos filtros, já comentadas anteriormente neste trabalho, dificultam o posicionamento de cada “pacote de filtros” no centro do feixe de raios X; de modo a possibilitar a correta e eficiente “filtração” do feixe, de modo a modificar o espectro para aquele padrão estabelecido na norma internacional [3].

Para atender estes dois objetivos, quais sejam: manter os “pacotes de filtros” identificados e de fácil localização; além de possibilitar o preciso posicionamento dos filtros no feixe de raios X, foi desenvolvido um dispositivo denominado de “roda de filtros”; a qual é mostrada na figura 3.

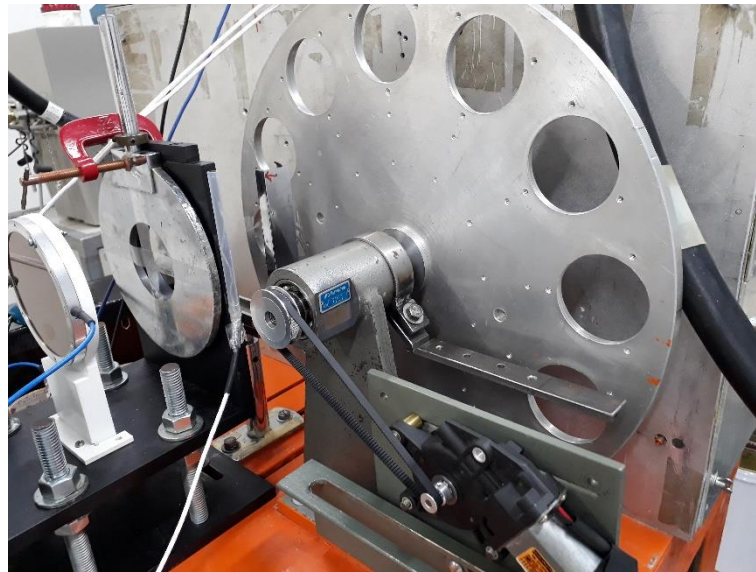


Figura 3 – Roda de filtros utilizada na calibração de instrumentos

Contudo, ainda pelo fato dos filtros possuírem pequenas dimensões, o posicionamento manual da roda de filtros não atende todas as exigências de estabilidade e, principalmente, precisão de posicionamento de cada “pacote de filtros” no eixo central do feixe de raios X.

A fim de minimizar os erros de posicionamento da roda de filtros, durante o processo de calibração, o LNMRI-IRD está buscando implementar um sistema automático de posicionamento da roda de filtros. Ao final, este novo sistema pode garantir o correto posicionamento do filtro. Além disso, a identificação correta da qualidade de radiação estaria plenamente atendida nas rotinas de calibração no LNMRI-IRD.

A viabilidade técnica de construção de um sistema automático de posicionamento de roda de filtros é apresentada nesse trabalho.

## 2. METODOLOGIA

Segundo o projeto, o posicionamento de determinado filtro ocorreria de forma remota, com os seguintes componentes: um conjunto servo motor, unidade IHM e computador remoto para posicionamento dos filtros.

Não existe a nível comercial, qualquer sistema comercial de atuação equivalente ao proposto nesse trabalho. Contatos realizados com diversas empresas tiveram como resultado sistemas adaptados da área industrial, cujo custo giraram em torno de R\$ 75.000,00.

Por esta razão foram envidados esforços para projeto e construção de um sistema automatizado de posicionamento e uma roda de filtros.

Um importante resultado do projeto descrito neste trabalho será a transferência de tecnologia para os demais laboratórios do LNMRI-IRD; bastando para isto somente alguns ajustes, conforme as necessidades de cada processo de calibração.

### 3. RESULTADOS

Como produto desse trabalho teremos um Caderno de Especificações para o serviço de projeto e construção de um sistema de automático de posicionamento de filtros. Incluindo as especificações de e dimensionamento do ENCODER, incluindo especificação de precisão no posicionamento.

As estimativas iniciais ficaram na casa de R\$ 50.000,00 reais. Apesar de pouca diferença para o sistema industrial adaptado, descrito anteriormente, um projeto próprio propiciará reproduzir inúmeros sistemas, para instalação nos demais Laboratórios do LNMRI-IRD, a um custo muito menor.

Como definições futuras será preciso decidir-se pelo tipo de ENCODER, se incremental ou absoluto, além de ótico ou magnético. A definição do tipo de acionamento também é relevante. Um acionamento mecânico contribuirá sobremaneira para a reprodutibilidade de posicionamento do sistema. Por outro lado, um ENCODER de boa resolução será suficiente; mas a mecânica não deve sofrer desgastes que só ocorrem com o tempo, sendo a mecânica rígida.

Os equipamentos envolvidos no projeto não são tão caros, ficando os custos ao projeto dependentes mais da “expertise” em dimensionar todo o sistema.

Uma dificuldade adicional advém do fato de que nenhum protótipo funciona de estalo, ou seja, necessita do aprimoramento entre todos os componentes e dispositivos envolvidos, sempre com ajustes etc.

Controles redundantes também serão necessários para que sejam eficazes. O painel de controle poderia ser adquirido pronto e já especificado (HOLEC p/ex.) com um circuito de proteção contra sobretensão antes do transformador de 220/12 v, que alimentaria o CLP em 12V. este último viria pré-programado na saída do CLP, a alimentar o motor a resistência variável conforme propostos em proposta anterior, para controlar a velocidade tangencial da roda de filtros; estando todo o conjunto instalado no interior do painel.

O desenvolvimento do projeto depende da conversão da distância de 2 mm em graus, como informação para dimensionamento da eletrônica.

A programação prevista seria em LADDER, de modo a integrar a parte elétrica do painel, com a especificação do CLP adequado às entradas e saídas (resistivo, capacitivo ou indutivo) e à especificação da resistência varável, mesmo porque o disco se for de pouca inércia o motor existente tem quase um comportamento preciso de um servo pela mecânica embutida nele, não como a de um motor de paço que pode oferecer centésimos de grau no posicionamento ou mais, com preço até 10 x maior.

Acreditamos que o material não tenha um preço decisivo no projeto. Cremos que a mão de obra, correspondente à integração e especificação correta de cada item de componente e dispositivos, é que será relevante no custo do projeto.

### 4. CONCLUSÃO

Acreditamos que um sistema automático de posicionamento de filtros para calibração de dosímetros em feixes de raios X será de fundamental importância na diminuição de incerteza da calibração de instrumentos; uma vez que o referido sistema eliminaria erros a implantação de qualidades de radiação.

A sistemática de verificação da eficácia ou viabilidade técnica do sistema automático de posicionamento de filtros será alvo de novos estudos.

Da mesma forma, pretendemos comparar o desempenho proposto neste trabalho com outros sistemas apresentados em outros trabalhos.

## **5. REFERÊNCIAS**

- [1] Azeredo, D.A., Machado, L., Barbosa, R. A., Cruz, P., Estudo de Viabilidade para Implementar um Sistema de Verificação Intermediária na Calibração de Eletrômetros, Congresso Brasileiro de Metrologia das Radiações Ionizantes, 2019, Florianópolis, Brasil.
- [2] Machado, L, Azeredo, D.A.,, Barbosa, R. A., Cruz, P., Aplicação do Calibrador FLUKE/5500A para Verificação Intermediária na Calibração dos Eletrômetros, Congresso Brasileiro de Metrologia das Radiações Ionizantes, 2019, Florianópolis, Brasil.
- [1] BS ISO 4037-1:2019