

Comparação entre métodos de calibração de câmaras de ionização tipo lápis na grandeza P_{KL}

Macedo, EM¹, Pereira, LCS¹, Ferreira, MJ¹, Navarro, VCC¹, Garcia, IFM¹, Pires, EJ¹, Navarro, MVT¹

¹Laboratório de Produtos para Saúde do IFBA, LABPROSAUD/IFBA;

E-mail: ematosmacedo@gmail.com

Resumo: A calibração de medidores é imprescindível nos programas de garantia da qualidade nos procedimentos de radiodiagnóstico, principalmente tomografia computadorizada. Nesse sentido, esse trabalho visa estudar dois métodos de calibração de câmaras de ionização tipo lápis em Produto Kerma-comprimento (P_{KL}) (método direto e método indireto, através da medida do Kerma e do comprimento). Os resultados revelaram boa equivalência, com concordância mínima de 98,5% entre os fatores de calibração. Em relação às incertezas, ambos apresentaram resultados semelhantes (substituição 2,2% e indireto 2,3%), indicando o último como mais indicado, devido a redução dos custos da implementação do procedimento de calibração.

Palavras-chave: Tomografia. Dosimetria. Metrologia. Produto Kerma x comprimento (P_{KL}).

Abstract: Calibration of radiation meters is indispensable on Quality Assurance Program in Radiodiagnostic procedures, mainly Computed Tomography. Thus, this study aims evaluate two calibration methods of pencil ionization chambers in terms of Kerma-length Product (P_{KL}) (a direct substitution method and an indirect one, through Kerma and length measurements). The results showed a good equivalence, with minimal concordance of 98,5% between calibration factors. About uncertainties, both showed similar results (substitution 2.2% and indirect 2.3%), indicating that the last one is better, due the costs reduction to implant this calibration procedure.

Keywords: Tomography. Dosimetry. Metrology. Kerma-Lenght Product (P_{KL})

1. INTRODUÇÃO

Os procedimentos de tomografia computadorizada, *computed tomography* - CT, representa uma grande parte dos procedimentos na radiologia diagnóstica. Segundo o DATASUS, até 2012 existiam 3057 tomógrafos no Brasil. Este número representa aproximadamente 10% dos equipamentos de diagnóstico por imagem

que utilizam raios X. Entretanto, segundo dados da UNSCEAR (2008), representam 34% das exposições médicas.

Diante da crescente exposição devido a tomografia, a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA – *International Atomic Energy Agency*) publicou em 2012 um Guia para realização do programa de garantia de qualidade, a fim de prover procedimentos padrões para

1

realização de testes de controle de qualidade (CQ). (IAEA, 2012)

Diante da importância da otimização de procedimentos a fim de reduzir as exposições médicas e ocupacionais, bem como melhorar a qualidade dos diagnósticos, a Portaria SVS/MS nº 453/98 (BRASIL, 1998) estabeleceu testes de CQ com periodicidades variadas, entre os quais está a medida de Dose média em cortes múltiplos (MSAD - "multiple scan average dose"), que utiliza os valores de P_{KL} para determinar o resultado da grandeza. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998)

Sendo assim, a calibração dos medidores de radiação são de fundamental importância, necessitando ser realizada em laboratórios rastreados a Rede Brasileira de Calibração (RBC). Para realizar a calibração de câmaras de ionização tipo lápis aplicadas em CT utiliza-se um método recomendado na Publicação IAEA/TRS 457:2007. (IAEA, 2007). Um método alternativo é a calibração por substituição direta. O primeiro método baseia-se no valor de Kerma no ar de referência multiplicado pelo valor do comprimento irradiado L . O segundo baseia-se no valor de P_{KL} de referência medido diretamente na câmara de ionização tipo lápis.

Sendo assim, O objetivo principal deste trabalho foi avaliar os resultados das calibrações e as incertezas associadas aos dois métodos, para indicar qual o melhor método a ser utilizado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O arranjo utilizado para as medidas de Kerma no ar e Produto Kerma-comprimento (P_{KL}) nas calibrações está ilustrado na figura 1, e possui as seguintes características:

- Distância do ponto focal ao medidor de radiação (d_r): 100 cm;
- Distância do ponto focal ao colimador (d_a): 95 cm;

- Dimensões da abertura do colimador de 4,00 x 2,00 cm, que fornece um campo de radiação retangular de 4,2 x 2,1 cm;

- Corrente no tubo de raios X: 10 mA;

- Tempo de exposição de 20 a 30 s cada exposição (tempo necessário para as leituras estabilizarem e coletar as 5 medidas).

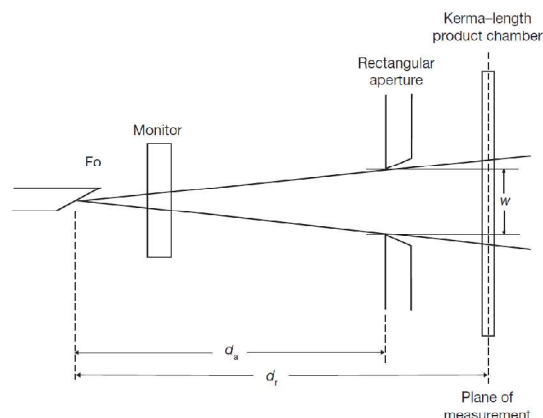


Figura 1. Arranjo utilizado para as calibrações de medidores de Kerma no ar aplicados em CT. Figura retirada da IAEA/TRS 457:2007.

As figuras 2 e 3 mostram o arranjo real no LABPROSAUD.

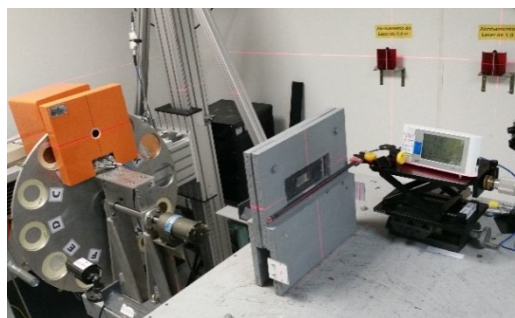


Figura 2. Arranjo utilizado para a medida de referência no método da substituição e para os corpos de prova em ambos os métodos.

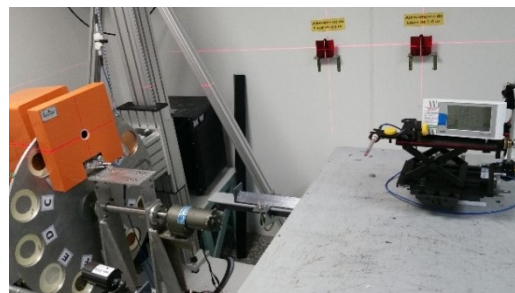


Figura 3. Arranjo utilizado para as medidas de referência no método da TRS 457.

As medidas foram realizadas com as qualidades de radiação RQT8, RQT9 e RQT10. A realização dos testes teve as seguintes etapas:

- 5 medidas para os medidores de referência;
- 5 medidas para o corpo de prova (CP);
- Cálculo do coeficiente de calibração a partir da média das medidas.

Foram utilizados 6 equipamentos como corpos de prova, nas calibrações realizadas para o estudo. São eles:

1. RADCAL 9010 + Adaptador 9060 + Câmara de ionização 10x5-3CT;
2. RADCAL Accu-Pro 9096 + Adaptador 9660 + Câmara de ionização 10x6-3CT;
3. RADCAL 9015 + Adaptador 9060A + Câmara de ionização 10X5-3CT;
4. RADCAL 9096 + Adaptador 9660 + Câmara de ionização 10X6-3CT;
5. RADCAL 9010 + Adaptador 9060A + Câmara de ionização 10X5-3CT;
6. RADCAL 9015 + Adaptador 9060 + Câmara de ionização 10X5-3CT;

As características das qualidades de radiação implantadas estão declaradas na tabela 1:

Tabela 1. Dados das qualidades de radiação RQT.

Qualidade	Tensão [kV]	Filtração Adicional [mm Cu]	CSR [mm Al]
RQT 8	100	0,35	6,9
RQT 9	120	0,35	8,4
RQT 10	150	0,35	10,1

Foi utilizado um gerador de raios X de potencial constante, com um tubo de raios X de tensão máxima 160 kV (ISOVOLT TITAN E 160 M2).

As descrições dos métodos serão apresentadas na seção a seguir.

2.1. Método previsto pela TRS 457

Este método consiste em medir o valor de Kerma no ar, com uma câmara de ionização,

multiplicado pelo comprimento irradiado, indicando assim o valor de P_{KL} .

A instrumentação de referência para este método foi composta por um eletrômetro PTW UNIDOSWeblin e uma câmara de ionização tipo Farmer PTW de 0,6 cm³. Este padrão é rastreável ao laboratório primário alemão Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).

O cálculo do fator de calibração para uma determinada qualidade (Q) neste método é indicada pela equação (2):

$$N_{P_{KL},Q} = \dot{K} \frac{\omega d_a}{d_r} \left(\frac{1}{M k_{TP}} \right) \quad (2)$$

Onde \dot{K} é valor de taxa de kerma no ar de referência, A é a área da abertura do colimador, d_r é a distância fonte-detector, d_a é a distância fonte-colimador, M é a medida de taxa de Kerma no ar obtida no CP e k_{TP} é o fator de correção para a densidade do ar.

A medida de referência neste método é realizada sem colimador, onde é definido o valor de Kerma no ar de referência. O comprimento (L) é definido pela relação $\omega d_a / d_r$.

2.2. Método de calibração por substituição direta

A instrumentação de referência para este método foi um eletrômetro PTW UNIDOSWeblin e uma câmara de ionização tipo lápis PTW TM30017, padrão também com rastreabilidade ao laboratório primário PTB. O cálculo do fator de calibração para uma determinada qualidade (Q) neste método é calculado pela equação (3):

$$N_{P_{KL},Q}^{CP} = N_{P_{KL},Q}^{ref} \left(\frac{(M k_{TP})_Q^{ref}}{(M k_{TP})_Q^{CP}} \right) \quad (3)$$

Onde $N_{P_{KA},Q}^{ref}$ é o fator de calibração do sistema de referência, M é a medida realizada no medidor de radiação de referência ou no CP, k_{TP} é o fator de correção para a densidade do ar.

A estimativa das incertezas de medição baseou-se no ISO/GUM [5], e as componentes avaliadas, em concordância com as recomendações da TRS 457. A medida de referência neste método é realizada com colimador, onde é definido o valor de Produto Kerma-comprimento (P_{KL}) no ar de referência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das calibrações realizadas estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resultados das calibrações dos corpos de prova e comparação entre métodos.

Corpo de prova		1	2	3	4	5	6
Método	RQT	N_{KL} [cm]	N_{KL} [cm]	N_{KL} [cm]	N_{KL} [cm]	N_{KL} [cm]	N_{KL} [cm]
Substituição	8	10,24	10,18	8,05	10,08	10,50	10,55
	9	10,26	10,21	8,08	10,10	10,43	10,59
	10	10,37	10,30	8,16	10,17	10,47	10,64
TRS 457	8	10,22	10,17	8,05	10,08	10,35	10,57
	9	10,25	10,20	8,00	10,00	10,29	10,60
	10	10,36	10,28	8,15	10,16	10,44	10,70
Relação entre métodos	8	1,002	1,002	1,000	1,000	1,015	0,998
	9	1,002	1,001	1,011	1,011	1,013	1,000
	10	1,001	1,002	1,001	1,001	1,003	0,995

Os valores dos coeficientes de calibração apresentados na tabela 2, bem como suas incertezas de medição estão apresentados graficamente na figura 4.

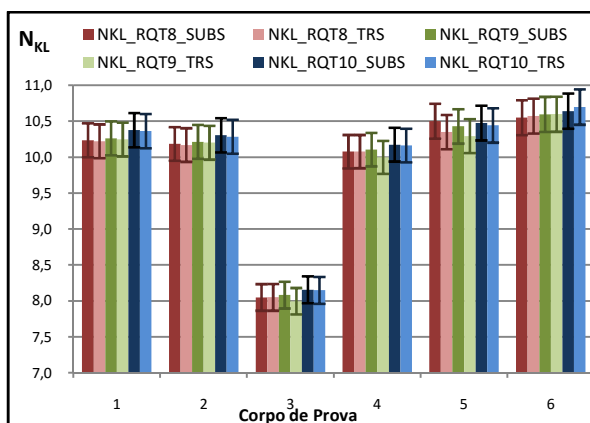


Figura 4. Gráfico de comparação dos coeficientes de calibração com incerteza de medição para cada corpo de prova.

Percebe-se que os métodos são equivalentes visto que apresentam concordância nos resultados das calibrações com variação máxima de 1,5%, estando contemplados nas incertezas de medição avaliadas para ambos os métodos. Em um trabalho semelhante, de VCC Navarro (2015), o método de calibração de medidores de Produto Kerma-área (P_{KA}) por substituição foi comparado com o método proposto pela TRS 457, onde os resultados das calibrações mostraram concordância mínima de 99,2%, o que mostra que ambos os métodos podem ser utilizados para calibrar os corpos de prova. Entretanto a incerteza de medição estimada para o método de calibração por substituição mostrou-se 60% menor quando comparado ao outro método avaliado.

As incertezas de medição calculadas e ilustradas no gráfico acima estão descritas na tabela 2.

Tabela 3. Componentes de incerteza avaliadas em ambos os métodos, e os valores de contribuição em % ($k=1$).

Fonte de incerteza	TRS 457	Substit.
Incerteza do fator de calibração declarado pelo Laboratório primário	0,4	0,8
Diferenças entre as qualidades de radiação	0,1	0,2
Incerteza das leituras do medidor padrão	0,1	0,1
Resolução do medidor padrão	0,1	0,1
Estabilidade de longo período	0,4	0,6
Homogeneidade do campo	0,3	0,3
Incerteza fator de correção para densidade do ar (k_{TP})	0,1	0,1
Posicionamento longitudinal	N/A	0,1
Incerteza de $L(\omega, d_a, d_r)$	0,9	N/A
Incerteza do corpo de prova	0,3	0,3
Inc. Combinada	1,2	1,1
Incerteza expandida ($k=2$)	2,3	2,2

Os valores de referência encontrados, associados com as incertezas de medição estimadas mostram que ambos os métodos apresentam qualidade metrológica semelhante,

2,2 e 2,3% para os métodos da TRS 457 e substituição respectivamente.

4. CONCLUSÕES

Os resultados das calibrações realizadas associados com as incertezas de medição estimadas mostram que ambos os métodos são aproximadamente iguais. A concordância mínima de 98,5% entre os N_{KL} obtidos nas calibrações dos 6 corpos de prova associadas às incertezas de medição estimadas de 2,2 e 2,3% demonstram total igualdade entre os métodos avaliados no LABPROSAUD, indicando a vantagem do método indireto, devido a não necessidade de aquisição da câmara tipo lápis, com a respectiva calibração, pois pode ser utilizada a mesma câmara para calibração de Kerma nas qualidades de radiografia.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico: Portaria nº 453, de 1 de junho de 1998. Diário Oficial da União, Brasília, 02.06.1998.

DATASUS. Ministério da Saúde/SAS - Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES). <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?idb2012/e18.def>. Acesso em 10 de junho de 2016.

IAEA, Dosimetry in Radiology: An International Code of Practice, Technical Reports Series nº 457. IAEA, Vienna, 2007.

IAEA, Quality Assurance Program for Computed Tomography: Diagnostic and Therapy Applications . IAEA HUMAN HEALTH SERIES, nº 19. IAEA, Vienna, 2012.

MACEDO, E. M. et al. Implantação de método não invasivo para calibração de medidores de tensão de pico (kVp). In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA, BENTO GONÇALVES/RS, 2015. **Anais eletrônicos**. http://media.metrologia2015.org.br/media/uploads/trabalhos/Eric_M._Macedo_Rev01_Implanta%C3%A7%C3%A3o_de_m%C3%A9todo_n%C3%A3o_invasivo_para_calibra%C3%A7%C3%A3o_de_medidores_de_tens%C3%A3o_de_pico.pdf. Acesso em 09 de junho de 2016.

NAVARRO, V. C. C. et al. Comparação entre métodos de calibração do Produto kerma-área (P_{KA}). In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA, BENTO GONÇALVES/RS, 2015. **Anais eletrônicos**. http://media.metrologia2015.org.br/media/uploads/trabalhos/M%C3%A9todos_PK_A_METROLOGIA_2015_REVISADO.pdf. Acesso em 09 de junho de 2016.

UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report, vol. I, Annex A: Medical Radiation Exposures, NY, 2010.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido como apoio do LABPROSAUD – IFBA, da FAPESB pela concessão da bolsa de mestrado e da Bolsa/ProParque.