

## Comparação de calibrações de câmaras de ionização para mamografia nas qualidades W/Mo e W/Al.

**Lara Pereira<sup>1</sup>, Eric Macedo<sup>1</sup>, Marcus Navarro<sup>1</sup>, Mário Ferreira<sup>1,2</sup>, Igor Garcia<sup>1,3</sup>, Evandro Pires<sup>1</sup>, Handerson Leite<sup>1</sup>, Valéria Navarro<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Laboratório de Produtos para Saúdedo Instituto Federal da Bahia – LABPROSAUD / IFBA;

<sup>2</sup>Universidade Estadual da Bahia – UNEB; <sup>3</sup>Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública.

E-mail: larapereira@ifba.edu.br

**Resumo:** Na calibração das câmaras de ionização para a mamografia os laboratórios procuram acompanhar o avanço tecnológico dos fabricantes, que tem utilizado novas combinações anodo/filtro nos mamógrafos além das clássicas combinações de molibdênio e ródio. Esse trabalho propõe investigar a equivalência entre as calibrações de diferentes câmaras utilizando as combinações W/Mo e W/Al no LABPROSAUD. Os resultados apontaram uma variação menor que 1% na relação entre os coeficientes de calibração obtidos nas combinações anodo/filtro avaliadas, para uma incerteza de 2,4%. O excelente desempenho das câmaras sugere uma nova possibilidade de calibração em mamografia no LABPROSAUD.

**Palavras-chave:** Mamografia, Raios X, Calibração, Câmara de ionização.

**Abstract:** The calibration of ionization chambers for mammography laboratories seek to keep pace with technological advancement of manufacturers who have used new combinations anode/filter in mammography beyond the classic combinations of molybdenum and rhodium. This paper proposes to investigate the equivalence between calibrations of chambers different using the combinations W/Mo and W/Al at LABPROSAUD. The results showed a variation less than 1% on relationship between the calibration coefficients obtained in the evaluated combinations anode/filter for an uncertainty of 2.4%. The excellent performance of the chambers suggests a new possibility of calibration in the mammography quality at LABPROSAUD.

**Keywords:** Mammography, X ray, Calibration, Ionization chamber.

### 1. INTRODUÇÃO

O Câncer de Mama (CM) é a variedade mais comum de câncer que atinge as mulheres, representando cerca de 25% de todos as neoplasias mundialmente diagnosticadas (INCA,

2015). Apesar disso, é considerada uma neoplasia de bom prognóstico quando descoberta em estágios iniciais, onde o percentual de cura pode chegar a 95% (PEREIRA, RIBEIRO, MONÇÃO, BITTENCOURT, 2015); (BRASIL, 2015) (MARTINS, BARRA, LUCENA, 2010).

A mamografia é um exame de imagem altamente recomendado e considerado padrão ouro por sua eficácia comprovada na detecção precoce do CM (BRASIL, 2015). Durante a realização da mamografia a constituição do tecido mamário é considerada, assim como, o espectro energético do feixe de raios X. Este deverá favorecer a interação dos fótons com o tecido, para a formação das imagens com qualidade e com baixa dose ao paciente (IAEA, 2014).

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas sobre os efeitos nas respostas dos medidores de radiação considerando as possíveis combinações anodo/filtro em mamografia. A International Atomic Energy Agency através do seu relatório técnico, o Test Report Series nº 457 (TRS 457), corrobora a necessidade da análise dessa resposta para feixes oriundos de alvos diferentes dos tradicionalmente praticados, como o molibdênio e o ródio (IAEA, 2007).

Além disso, muitos são os trabalhos científicos publicados com dados indexados, que demonstram a possibilidade da calibração de câmaras de ionização em diferentes combinações de anodo/filtro. Um destes foi o trabalho de Witzani e seus colaboradores (2004) cujos resultados demonstraram que as câmaras aplicadas à mamografia apresentaram bom desempenho em diferentes feixes, demonstrando que o espectro do feixe, devido às diferentes combinações, possui baixa influência nos instrumentos com pequena dependência energética (WITZANI, 2004).

O Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) revelou que apenas em 2012 existiam 4.251 mamógrafos distribuídos pelo país em serviços públicos e privados (BRASIL, 2012). A demanda oriunda desse parque tecnológico hoje gera um aumento na demanda por calibração de medidores de radiação, utilizados nas verificações de desempenho requeridas pela legislação (BRASIL, 1998).

Na Europa diferentes qualidades de radiação são praticadas em mamografia. Muitas delas possuem rastreabilidade ao laboratório primário alemão Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) responsável por disseminar padrões calibrados em dez diferentes possibilidades de combinações anodo/filtro, das quais cinco são com anodo de tungstênio com filtração de molibdênio, ródio, alumínio, paládio (WITZANI, 2004); (PTB, 2016).

A partir do exposto, o objetivo deste trabalho foi investigar a existência de equivalência entre os coeficientes de calibração, de câmaras de ionização aplicadas em mamografia, utilizando as combinações de anodo/filtro tungstênio/molibdênio (W/Mo) e tungstênio/alumínio (W/Al).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados do presente estudo foram coletados no Laboratório de Produtos para a Saúde (LABPROSAUD) do Instituto Federal da Bahia (IFBA).

### 2.1 Materiais

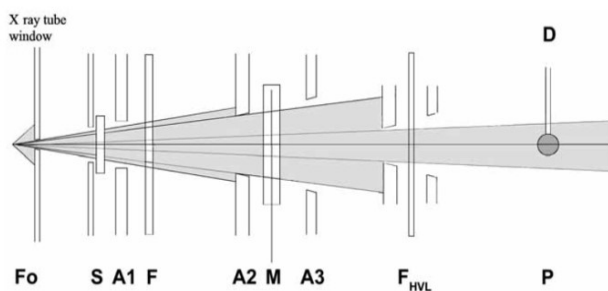
Equipamento de raios X industrial do fabricante GE com gerador modelo ISOVOLT Titan E, com potencial constante e ripple menor que 4%, associado ao tubo de raios X GE modelo ISOVOLT 160M2, com tensão máxima de 160 kV. Para monitoramento do feixe, câmara monitora PTW modelo TM786 com volume sensível de 94 cm<sup>3</sup> conectada a um eletrômetro da PTW modelo UNIDOS Weblin. Para a coleta das medidas da taxa de Kerma, câmara de ionização com volume sensível 6 cm<sup>3</sup> modelo TM34069-2,5 da PTW. Filtros de alumínio com pureza química de 99,45% com espessura de 0,1 mm e uma estação meteorológica Luftt modelo OPUS 20. Como corpos de prova, quatro câmaras de ionização de placas paralelas, com volume sensível de 6 cm<sup>3</sup>, destinadas especificamente para medição de raios X de baixa energia (10 a 40

keV), a saber, o sistema RADCAL 9010 composto por eletrômetro, conversor e câmara modelo 10X5-6M com dependência energética de  $\pm 5\%$ ; o sistema da RADCAL 9095 com câmara modelo 10X9-6M, dependência energética de  $\pm 5\%$ ; a câmara RC6M da RADCAL com dependência na taxa de exposição  $< 5\%$  para 90mGy/s e a câmara da PTW, modelo TM34069-2,5, ambas associadas a um eletrômetro UNIDOS Weblin.

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Caracterização das qualidades de feixe W/AI

O posicionamento da câmara de ionização no arranjo experimental segue a representação esquemática da figura 1. A caracterização das qualidades de radiação W/AI baseou-se no método indireto de obtenção da 1ª CSR, conforme o método do TRS 457.

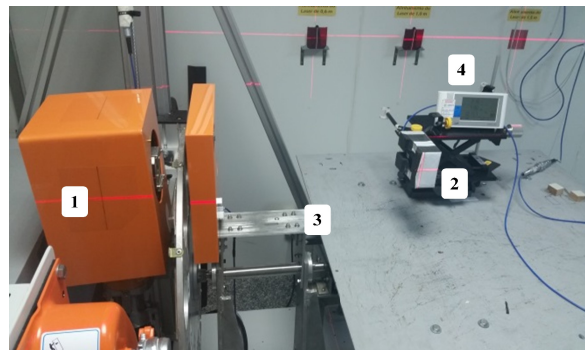


**Figura 1.** Esquema do arranjo de medição para determinação da 1ª CSR (IAEA, 2007).

Fo: Ponto focal do tubo de raios X; S: Shutter; A1: Abertura do colimador 1; F: Filtração Adicional; A2: Abertura do colimador 2; M: Câmara monitora; A3: Abertura do colimador 3; P: Plano de detecção e D: Detector de radiação.

O arranjo utilizado no LABPROSAUD é demonstrado na figura 2. A câmara de ionização (TM34069-2,5) foi colocada a 600 mm do ponto focal (1) na posição (2) com ajuda de um posicionador. Os filtros de alumínio foram dispostos a 300 mm de distância (3), entre o ponto focal e a câmara e a estação meteorológica

no ponto (4) para a monitoração das condições ambientais.



**Figura 2.** Arranjo de medição montado no LABPROSAUD.

Primeiro mediu-se a taxa de Kerma no ar sem adição dos filtros e, posteriormente à adição das espessuras conhecidas de alumínio, coletaram-se os valores para a intensidade do feixe até que esta fosse metade da inicialmente medida. Para cada tensão nominal e acréscimo de uma espessura de alumínio foram coletadas cinco medidas, para uma corrente de tubo de 10 mA e tempo de médio de 20 s cada exposição. Após a coleta, realizou-se uma interpolação linear como os para conhecimento da 1ª CSR utilizando a equação (1):

$$CSR = \frac{xb \ln\left(\frac{2L_a}{L_0}\right) - xa \ln\left(\frac{2L_b}{L_0}\right)}{\ln\left(\frac{L_a}{L_b}\right)} \quad (1)$$

Onde,  $L_0$  = média dos valores de Kerma medidos sem filtros;  $L_a$  = leitura do Kerma imediatamente superior a  $L_0/2$ ;  $L_b$  = leitura do Kerma imediatamente inferior a  $L_0/2$ ;  $x_a$  = espessura de alumínio correspondente à leitura  $L_a$ ;  $x_b$  = espessura de alumínio correspondente à leitura  $L_b$  (BRASIL, 2005).

### 2.2.2 Calibração das câmaras de ionização dedicadas à mamografia

Seguindo o mesmo arranjo de medição, descrito acima, os corpos de prova foram posicionados num plano perpendicular ao eixo

central do feixe, tendo o centro do volume sensível das câmaras como ponto de referência. O método de calibração por substituição foi utilizado, conforme as recomendações da ISO/IEC 61267 e o TRS 457. Foi realizada a calibração dos corpos de prova para a grandeza Kerma no ar nas qualidades W/Mo e W/Al. Primeiro realizou-se a calibração na qualidade W/Mo, para as tensões de 28 kV, 30 kV e 35 kV e em seguida, para os mesmos valores de tensão, na qualidade W/Al. Para cada corpo de prova, realizaram-se cinco medidas da taxa de Kerma com tempo de exposição de aproximadamente 20 s e uma corrente de tubo de 10 mA. Após a calibração dos corpos de prova, os valores de referências foram coletados, a fim de obter o coeficiente de calibração,  $N_K$ , razão entre a média da taxa de Kerma de referência e a média das medidas indicadas pelos corpos de prova.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado da caracterização das qualidades W/Al estão dispostas na tabela 1. Esses valores foram encontrados utilizando-se uma equação de interpolação linear, que relaciona a intensidade do feixe de radiação (taxa de Kerma), com e sem atenuadores (filtros de alumínio) às suas respectivas espessuras. Conforme orientação do TRS nº 457 as correções para as grandezas de influência como temperatura, pressão atmosférica e umidade, foram realizadas.

**Tabela 1.** Caracterização das qualidades W/Al no LABPROSAUD.

Q	Tensão Nonimal (kV)	Filtração Adicional (mmAl)	1ª CSR (mmAl) <sup>1</sup>	1ª CSR (mmAl) <sup>2</sup>
W/Al-28	28	0,3	0,30	0,31
W/Al-30	30	0,3	0,32	0,33
W/Al-35	35	0,3	0,37	0,36

<sup>1</sup> 1ª CSR obtida no LABPROSAUD.

<sup>2</sup> 1ª CSR recomendada pela IEC 61267:2005.

Uma qualidade de radiação em mamografia é estabelecida quando os feixes apresentam, para a 1ª CSR, os valores da última coluna da tabela. Estes são comumente praticados em mamografia, admitindo-se uma variação de  $\pm 0,02$  mm, para equipamentos com anodo e filtração de molibdênio (IAEA, 2007); (IEC, 2005).

Através da observação dos dados é possível perceber a conformidade da caracterização realizada no LABPROSAUD, pelos valores de 1ª CSR com os preconizados pela norma IEC 61267:2005, estabelecendo-se qualidades de feixes com aplicação em mamografia.

Do ponto de vista da qualidade da imagem e dose, conforme as observações de Corrêa e colaboradores (2009) opta-se pela utilização de filtros de molibdênio combinados a um alvo de tungstênio, visto que o alumínio, segundo demonstrou o estudo, não absorve os fótons de maiores energias gerado pela janela de berílio do tubo (CORRÊA, LUCENA, POTIENS e VIVOLO, 2009). No entanto, para laboratórios de calibração interessa primeiramente saber se as câmaras de ionização apresentarão boa resposta ao feixe e manterão um bom desempenho nas medições em campo.

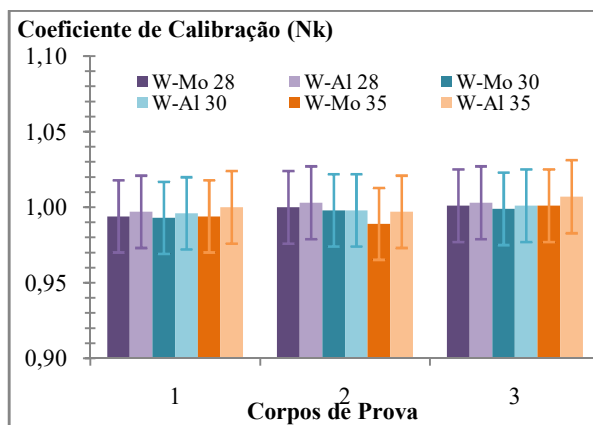
Um ponto abordado pelo TRS 457 é a resposta dos instrumentos às qualidades de radiação com combinação de anodo/filtro que não são necessariamente praticadas em mamografia. Caso não haja um tubo de raios X com anodo de molibdênio, o usualmente utilizado, recomenda-se a utilização de um tubo com anodo de tungstênio e diferentes filtrações, como o molibdênio e o ródio. Não obstante, ainda é possível utilizar a filtração de alumínio para um alvo de tungstênio, desde que os valores de CSR sejam reprodutíveis (IAEA, 2007).

As calibrações dos corpos de prova forneceram os coeficientes de calibração dispostos a seguir na tabela 2.

**Tabela 2.** Coeficientes de calibração das câmaras de ionização para as diferentes caracterizações do feixe em estudo.

Combinação Anodo – Filtro: W/Mo				
Q	Radcal	Radcal	PTW 0201	Radcal
	RC6M (Gy/C)	10X9-6M		10X5-6M
W/Mo-28	4,71E+06	0,994	1,000	1,001
W/Mo-30	4,67E+06	0,993	0,998	0,999
W/Mo-35	4,68E+06	0,994	0,989	1,001
Combinação Anodo – Filtro: W/Al				
W/Al-28	4,67E+06	0,997	1,003	1,003
W/Al-30	4,63E+06	0,996	0,998	1,001
W/Al-35	4,66E+06	1,000	0,997	1,007
Relação entre os coeficientes de calibração (N <sub>K</sub> )				
28 kV	100,9%	99,7%	99,7%	99,8%
30 kV	100,7%	99,7%	100,0%	99,8%
35 kV	100,4%	99,4%	99,2%	99,4%

Os coeficientes de calibração encontrados, associados às suas respectivas incertezas de medição estão representados graficamente no gráfico (1).



**Gráfico 1.** Relação entre os coeficientes de calibração dos corpos de prova com incerteza de medição associada.

Tendo em vista a concordância entre os coeficientes de calibração e as estimativas de incertezas de medição para ambas as qualidades de radiação, obtidos para todos os corpos de prova, é possível observar o quão equivalente são os métodos.

É possível utilizar a filtração de alumínio para um alvo de tungstênio, desde que os valores de CSR sejam reprodutíveis. Caso não haja um tubo de raios X com anodo de molibdênio, recomenda-se utilização de um tubo com anodo de tungstênio e diferentes filtrações, como o molibdênio e o ródio (IAEA, 2007).

#### 4. CONCLUSÕES

A relação de equivalência entre os coeficientes de calibração das câmaras estudadas demonstra semelhança no comportamento destas diante de diferentes combinações anodo/filtro. A partir da análise dos resultados, para a variação encontrada menor que 1% entre as duas combinações anodo/filtro, associadas às estimativas de incertezas calculadas, este trabalho sugere que é válido calibrar câmaras de ionização específicas para mamografia, para um anodo de tungstênio (W) com filtração de alumínio (Al). Isto permitirá ao LABPROSAUD ampliar seu escopo de calibração adequando-se às necessidades dos serviços, otimizando os recursos disponíveis.

#### REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de Equipamentos e Segurança. Ed. Anvisa. Brasília: 2005. 104 p. **Série A. Normas e Manuais Técnicos.** Bibliografia: 31 p.

\_\_\_\_\_. Datasus. **Indicadores e Dados Básicos: Brasil – 2012.** Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?idb2012/e18.def>>. Acesso em: 09 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Diretrizes para a Detecção Precoce do Câncer de Mama no Brasil.** Rio de Janeiro: 2015. 168 p. Disponível em <<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/4da965804a4414659304d3504e7bf539/Diretrizes+Detec%C3%A7%C3%A3o+Precoce+Ca+Mama+2015.pdf?MOD=AJPERES&CA-CHEID=4da965804a4414659304d3504e7bf539>>. Acesso em 09 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Vigilância Sanitária. Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e

Odontológico: **Portaria nº 453, de 1º de junho de 1998.** Diário Oficial da União. Brasília: 02 jun. 1998.

CORRÊA, E. L.; LUCENA, R. F.; POTIENS, M. P.; VIVOLO, V. Comparação de Espectros de Raios X Gerados por um Alvo de W e Filtração Adicional de Mo e Al para Aplicações em Metrologia na Mamografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FÍSICA MÉDICA, 14, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/2009/eventos/14628.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2016.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students.** Viena: 2014. 683 p., 24 cm. Bibliografia: Cap. 09. ISBN 978-92-131010-1. Disponível em: <<http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1564webNew-74666420.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. Dosimetry in Diagnostic Radiology: an International Code of Practice. **Technical Reports Series nº 457.** Viena: 2007. 359 p. Bibliografia: Caps. 04, 05 e 06; Ap. V

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. ISO 61267: **Medical Diagnostic X ray Equipment: Radiation Conditions for Use in the Determination of Characteristics.** Geneva: 2005.

MARTINS, L. A. L; BARRA, A. A; LUCENA, C. E. M. **Microcalcificações Mamárias Suspeitas de Malignidade.** Revista Brasileira de Cancerologia, 2010; Vol. 56. No. 2. 251-258p. Disponível em <[http://www.inca.gov.br/Rbc/n\\_56/v02/pdf/11\\_revisao\\_de\\_literatura\\_microcalcifica%E7%F5es\\_mamarias.pdf](http://www.inca.gov.br/Rbc/n_56/v02/pdf/11_revisao_de_literatura_microcalcifica%E7%F5es_mamarias.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2016.

PEREIRA, L.C.S.; RIBEIRO, J.C.; MONÇÃO, M. M.; BITTENCOURT, G.S. A Medicina Nuclear no Estadiamento do Câncer de Mama: Uma Revisão de

Literatura. In: CONGRESSO DE RADIOLOGIA DO INSTITUTO CIMAS, 7, 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo.

PORTAL Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, **Tipos de Câncer, Mama.** Disponível em: <<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/tiposdecancer/site/home/mama>>. Acesso em: 17 de nov. 2015.

SEKIMOTO, M; KATOH, Y; KATOH, T. **Calibration Coefficients of Dosimeters used in**

**Mammography for Various Target/Filter Combinations.** Journal of Applied Clinical Medical Physics. Vol.16, No. 6. 2015. Disponível em: <[http://www.jacmp.org/index.php/jacmp/article/view/5604/html\\_421](http://www.jacmp.org/index.php/jacmp/article/view/5604/html_421)>. Acesso em: 16 jun. 2016.

WITZANI, J. et al. **Calibration of Dosemeters Used in Mammography with Different X Ray Qualities: Euromet Project nº 526 Radiation Protection Dosimetry.** 2004. Vol. 108, No. 1, 33-45 p.

PORTAL Physikalisch-Technische Bundesanstalt. **Radiation qualities used for studies in radiation protection.** Disponível em: <[https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilung/en/abteilung\\_6/6.2/6.25/ptb\\_rad\\_qual\\_2015\\_01\\_07.pdf](https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilung/en/abteilung_6/6.2/6.25/ptb_rad_qual_2015_01_07.pdf)> Acesso em: 20 jul. 2016.

## Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido através de projetos financiados pela FINEP, Ministério da Saúde e SECTI/FAPESB, com o apoio da UNEB por meio da bolsa ProPARQ.