

# Análise do comportamento de um medidor de tensão não invasivo no intervalo de mamografia

## Behaviour analysis of a non-invasive voltage meter in mammography

Eduardo de L. Corrêa, Rodrigo F. de Lucena, Vitor Vivolo, Maria da Penha A. Potiens

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN - São Paulo (SP), Brasil

### Resumo

Um dos passos apresentados pelo TRS-457, da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), para a implantação de qualidades em um sistema de referência de radiação X é a medição da Tensão de Pico Prático (PPV). A norma IEC 61267 coloca que essa grandeza deve ser medida utilizando um medidor invasivo. Porém, o TRS-457 apresenta a possibilidade de utilizar um medidor não-invasivo para realizar essas medições. Um dos aparelhos mais usados para esse fim é o medidor não-invasivo da PTW, modelo DIAVOLT UNIVERSAL All-in-one QC Meter T43014, que pode ser utilizado para medir qualidades de radiação em radiografia convencional, tomografia computadorizada, fluoroscopia, raios X dental, raios X dental panorâmico e mamografia. No caso de mamografia esse aparelho acaba, dependendo do modelo, comprometendo um pouco a exatidão das medições, uma vez que, em seu menu existem apenas as configurações próprias para aqueles que irão utilizar esse equipamento em sistemas de radiação X cujo anodo (também chamado de “alvo”) do tubo seja de molibdênio. Nesse trabalho será apresentada uma análise da variação entre os valores obtidos de acordo com a opção selecionada no equipamento, para mamografia. A referência usada para se saber qual seria a opção mais adequada foi o valor de kVp máximo obtido, para esse mesmo sistema, por meio da espectrometria, que é considerada um método primário para a obtenção dessa grandeza.

**Palavras-chave:** medidores não-invasivos, tensão de pico, kVp, PPV, mamografia.

### Abstract

One of the steps required by the TRS-457, from the International Atomic Energy Agency (IAEA), for the implementation of qualities in an X-ray reference system is the measurement of the Practical Peak Voltage (PPV). The standard IEC 61267 suggests that this quantity must be measured using an invasive device. However, the TRS-457 presents the possibility of using a non-invasive device to make these measurements. One of the most used apparatus, in this situation, is the PTW non-invasive device, DIAVOLT UNIVERSAL All-in-one QC Meter T43014 model, which can be used to measure radiation qualities in conventional radiology, computed tomography, fluoroscopy, dental X-ray, dental X-ray panoramic and mammography. In the case of mammography this device can, depending on the model, compromise the measurement veracity, since in its menu there are only the specific configurations for those who will use this device for an X-ray system which the tube anode (target) is of molybdenum. In this study will be presented the analysis of the results obtained for the selected option in this device, for mammography. The reference used to know which option would be better was the value of the kVp maximum obtained, for this same system, by spectrometry, which is considered a primary method to obtain this quantity.

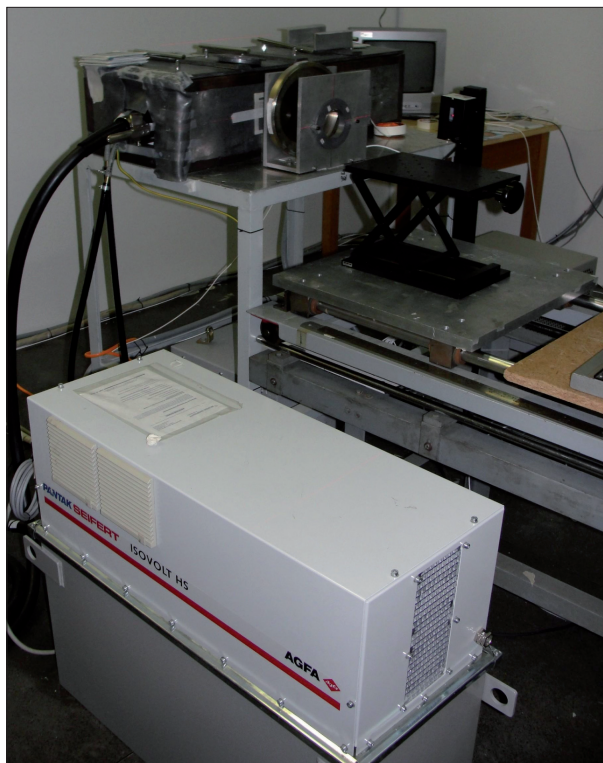
**Keywords:** non-invasive devices, peak voltage, kVp, PPV, mammography.

### Introdução

A grandeza física PPV (do inglês *Practical Peak Voltage*, ou Tensão de Pico Prático) é relativamente nova, e está mais relacionada com a imagem obtida em exames radiológicos. A sua recomendação surgiu pela primeira vez na norma internacional IEC 61267<sup>1</sup>, em 2005. A partir daí tornou-se necessária sua medição sempre que se for

implantar qualidades de radiação X em um sistema usado na calibração de instrumentos dosimétricos. A norma sugere que seja utilizado um equipamento invasivo para se medir o PPV. Porém, o código de prática da AIEA, o TRS-457<sup>2</sup>, apresenta a possibilidade de se utilizar um medidor não-invasivo para realizar essas medições. Nesse caso, um dos aparelhos mais utilizados é o medidor não-invasivo da PTW, modelo Diavolt, pois é pequeno e relativamente

fácil de usar. O Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI), do IPEN, possui o modelo *DIAVOLT UNIVERSAL All-in-one QC Meter T43014*, que apresenta, no menu presente em seu sistema, diferentes opções para se trabalhar em diferentes qualidades (tomografia, mamografia, radiografia convencional etc), com diferentes opções de configuração alvo-filtro do sistema, específicas para cada um dos exames citados. Porém, no caso de mamografia, as únicas opções que esse aparelho oferece, nesse caso, são para



**Figura 1.** Sistema de radiação X Pantak/Seifert, com o tubo ao fundo e o gerador mais à frente.



**Figura 2.** Medidor não-invasivo PTW, modelo Diavolt Universal All-in-one QC Meter.

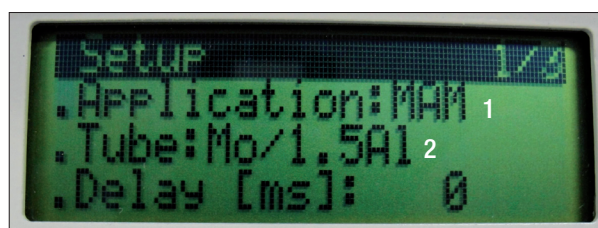
sistemas com anodo de molibdênio (Mo/1,5Al, Mo/0,5Al e Mo/30Mo, sendo que o material antes da barra é o material do alvo, e aquele depois da barra, o da filtração), o que não condiz com o sistema presente no LCI, que possui um tubo de raios X com alvo de tungstênio. Pensando nisso é que foi realizado o teste aqui apresentado. As opções de combinação alvo-filtro presentes no equipamento foram variadas, e então analisado qual delas apresenta o valor mais adequado de PPV para o sistema utilizado.

## Material e Métodos

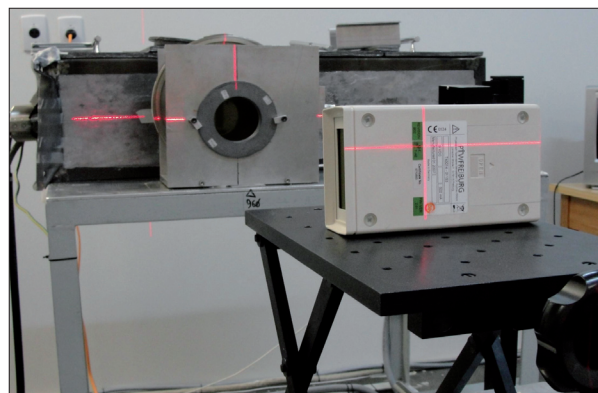
Os testes foram realizados no sistema de radiação X presente no LCI, Pantak/Seifert, mostrado na Figura 1, trabalhando na faixa de tensão de 25 kV a 35 kV, com uma filtração inerente de 0,138 mm de alumínio<sup>3</sup> e janela de 0,8 mm de berílio<sup>4</sup>. O medidor não-invasivo utilizado foi um PTW, modelo Diavolt Universal All-in-one QC Meter T43014, mostrado na Figura 2, que pode ser utilizado em radiologia convencional, tomografia computadorizada, fluoroscopia, raios X dental, raios X dental panorâmico e mamografia. Nesse caso, o foco do estudo foram as qualidades de mamografia. Este instrumento possui rastreabilidade ao laboratório primário alemão PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt), com uma incerteza de  $\pm 2\%$  na sua calibração.

Na Figura 3 é mostrado o menu do Diavolt onde é feita a seleção da qualidade e da combinação alvo-filtro.

O medidor Diavolt foi posicionado a 1 (um) metro do anodo do tubo, pois esta é a distância de calibração em mamografia (Figura 4).



**Figura 3.** Display do Diavolt, mostrando a qualidade (1) e a combinação alvo-filtro (2) selecionada.



**Figura 4.** Posição do Diavolt onde as medições foram realizadas.

Primeiramente foi utilizada a configuração Mo/0,5Al, que significa anodo de molibdênio e filtração total de 0,5 mm de alumínio (Figura 5). Foram realizadas cinco medições de kVp máximo, kVp médio e PPV, para cada uma das tensões usadas em mamografia (25 kV, 28 kV, 30 kV e 35 kV).

No display do Diavolt, mostrado na figura 5, pode-se ver a qualidade na qual ele está trabalhando (3), a combinação alvo-filtro selecionada (4), o valor de kerma no ar (5), o tempo de exposição (6) e a grandeza elétrica medida (7), que pode ser o kVp médio, o kVp máximo ou o PPV.

Esse procedimento foi utilizado também para as outras opções de filtração, Mo/1,5Al (alvo de molibdênio e filtração total de 1,5 mm de alumínio) e Mo/30Mo (alvo de molibdênio e filtração total de 30  $\mu$ m de molibdênio). As Figuras 6 e 7 mostram o display do Diavolt quando essas seleções são feitas.

Foram calculados a média e o desvio padrão das medições realizadas.

Após isso foi necessário identificar qual seria o valor correto para esses valores, e assim poder realizar o procedimento de implantação das qualidades de mamografia nesse sistema de radiação X.

Para isso foram utilizados como referência os valores de kVp máximo obtidos através da espectrometria do

feixe, procedimento considerando primário na obtenção dessa grandeza.

Como o manual do Diavolt não é muito claro quanto ao método utilizado por ele para obter esses valores, achou-se melhor utilizar na comparação o valor de kVp médio, ao invés de utilizar o kVp máximo. Isso porque, conforme observado nas várias medições realizadas, no caso do kVp médio, o resultado apresentado pelo Diavolt é uma média de todas as tensões medidas por ele. Dessa forma, utilizando essa grandeza, sabe-se que não se está desprezando nenhuma leitura feita por ele, pois se está trabalhando com uma média. Da mesma maneira tem-se, a partir daí, um valor que pode ser mais próximo do valor correto.

## Resultados

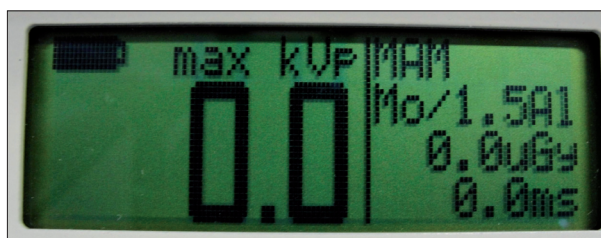
Os resultados mostraram que existe uma diferença significativa entre as diferentes configurações do aparelho. As Tabelas 1, 2 e 3 mostram os valores obtidos de acordo com as diferentes opções de filtração inseridas no Diavolt, e a variação observada quando se compara esses valores com os resultados encontrados a partir da espectrometria.

**Tabela 1.** Valores de tensão obtidos para a filtração de Mo/0,5Al.

Tensão Nominal (kV)	Medidor Diavolt			Espectrômetro	
	kVp max (kV)	kVp med (kV)	PPV (kV)	Tensão Máxima (kV)	Variação (%)
25	28,45	27,87	27,30	26,2 $\pm$ 1,4	5,88
28	31,71	31,20	30,70	29,21 $\pm$ 0,97	6,37
30	34,01	33,50	33,00	31,20 $\pm$ 0,49	6,86
35	39,62	39,06	38,52	36,23 $\pm$ 0,72	7,24



**Figura 5.** Display do Diavolt, mostrando os valores medidos pelo mesmo.



**Figura 6.** Display do Diavolt quando é selecionada a opção Mo/1,5Al.



**Figura 7.** Display do Diavolt quando é selecionada a opção Mo/30Mo.

**Tabela 2.** Valores de tensão obtidos para a filtração de Mo/1,5Al.

Tensão Nominal (kV)	Medidor Diavolt			Espectrômetro	
	kVp max (kV)	kVp med (kV)	PPV (kV)	Tensão Máxima (kV)	Variação (%)
25	26,38	26,10	25,70	26,2 $\pm$ 1,4	4,96
28	29,22	28,90	28,50	29,21 $\pm$ 0,97	1,06
30	31,04	30,80	30,40	31,20 $\pm$ 0,49	1,28
35	35,60	35,20	35,00	36,23 $\pm$ 0,72	2,84

**Tabela 3.** Valores de tensão obtidos para a filtração de Mo/30Mo.

Tensão Nominal (kV)	Medidor Diavolt			Espectrômetro	
	kVp max (kV)	kVp med (kV)	PPV (kV)	Tensão Máxima (kV)	Variação (%)
25	31,50	31,00	30,40	26,2 $\pm$ 1,4	15,39
28	34,52	34,10	33,60	29,21 $\pm$ 0,97	14,34
30	36,46	36,10	35,60	31,20 $\pm$ 0,49	13,57
35	xxx	xxx	xxx	36,23 $\pm$ 0,72	xxx

Pode-se observar que, na tensão de 35 kV, para a opção Mo/30Mo, não são apresentados os valores encontrados. Isso porque, quando utilizamos a opção mamografia no Diavolt, este passa a operar na faixa de tensão de 22 kV a 40 kV. Qualquer medição realizada fora desse intervalo é dada como “valor fora de escala”. Nessa tensão, e utilizando essa configuração, o Diavolt medi tensões acima de 40 kV, por isso ele não forneceu os valores medidos. Isso mostra que as medições estariam bem acima do esperado para esta tensão (em torno de 35 kV). Como o Diavolt é um aparelho que possui uma precisão muito alta, os desvios padrão calculados ou deram zero ou muito próximo de zero. Sendo assim, foi estimado que a incerteza expandida das medições é de 4%. Essa incerteza leva em conta os 2% de incerteza na calibração do Diavolt, fornecido pela própria PTW, e também possíveis erros na montagem do sistema.

## Discussão e Conclusões

Os resultados mostram que existe uma variação de aproximadamente 15,4%, na tensão de 25 kV, entre os valores fornecidos pelo Diavolt e aqueles obtidos pela espectrometria, quando é utilizada a opção Mo/30Mo. Quando comparamos as leituras de kVp médio fornecidas nas opções Mo/30Mo e Mo/1,5Al, temos uma variação de até 15,81%.

Isso mostra uma dependência muito grande do Diavolt em relação a essa opção. Porém, como o manual fornecido pelo fabricante é insuficiente em relação às informações sobre o princípio de funcionamento do Diavolt, fica difícil entender a razão dessa grande dependência.

O importante nesse caso é verificar essa diferença nos valores e procurar qual a melhor opção para se usar. Como foi dito no início, nenhuma das opções de configuração do Diavolt condiz com o sistema presente no LCI. Mas, com esses testes, foi possível identificar qual a melhor opção a ser utilizada nesse caso.

Na configuração Mo/1,5Al os valores de kVp médio medidos pelo Diavolt são próximos dos obtidos por meio da espectrometria (variação máxima de 4,9%). Assim, pode-se dizer que essa configuração é a mais adequada para ser utilizada nesse sistema, pois o valor apresentado pelo aparelho é o mais próximo do valor de referência.

Portanto, concluiu-se que os valores de PPV obtidos nessa configuração são os mais próximos daquilo que seria o valor real. De agora em diante, sempre que for necessário realizar a medição de PPV nesse sistema de radiação X, com o Diavolt, a opção alvo-filtração mais adequada é a Mo/1,5Al.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT, Projeto: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) em Metrologia das Radiações na Medicina), pelo apoio financeiro parcial.

## Referências

1. International Electrotechnical Commission (IEC). Medical diagnostic X-ray equipment. Radiation conditions for use in the determination of characteristics. IEC 61267. Geneva; 2005.
2. International Atomic Energy Agency (IAEA). Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice. Technical Report Series No. 457, TRS 457. Viena, Austria; 2007.
3. Franciscatto PC. Caracterização das qualidades de radiação X seguindo as recomendações da norma IEC 61267 no laboratório de calibração do IPEN. [dissertação]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; 2009.
4. Maia AF. Padronização de feixes e metodologia dosimétrica em tomografia computadorizada. [tese]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; 2005.