

## TESTE DE CALIBRAÇÃO DE MEDIDOR NÃO INVASIVO DE TENSÃO PARA RADIODIAGNÓSTICO EM EQUIPAMENTOS DE RAIOS X DE POTENCIAL CONSTANTE.

*Manoel M.O. Ramos<sup>1</sup>, J. Guilherme P. Peixoto<sup>1</sup>, Marco A. G.S. Pereira<sup>2</sup>, Ricardo T. Lopes<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, Brasil, mmoramos@ird.gov.br

<sup>2</sup> Instituto de Eletrotécnica e Energia, São Paulo, Brasil, guedes@iee.usp.br

<sup>3</sup> Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, ricardo@lin.ufrj.br

**Sumário:** O propósito deste trabalho foi de avaliar a utilização do medidor não invasivo de tensão PTW Diavolt Universal em equipamentos de raios X industrial de potencial constante. Com as medições realizadas, concluiu-se que esta condição é possível, uma vez identificadas as suas limitações de uso.

**Palavras-chave:** radiodiagnóstico, medidor não invasivo de tensão, potencial de pico prático.

### 1. INTRODUÇÃO

Um medidor não invasivo de tensão é um dispositivo de teste desenvolvido para controle de qualidade em radiodiagnóstico e para ser utilizado com tubos de raios X clínicos. Os equipamentos de raios X clínicos, de modo geral, operam em regimes de tensão e correntes que diferem muito dos equipamentos industriais de potencial constante. Estes, como o nome já diz, trabalham com potencial constante e baixíssima ondulação, menor que 1%. Enquanto os clínicos operam com geradores de tensão com frequências e formas de onda de diferentes tipos, cuja ondulação pode exceder a 10%. Além disso, enquanto a corrente dos tubos industriais opera com valores máximos em torno de 20 mA, os clínicos, dependendo da prática, chegam a ultrapassar o valor de 400 mA. Estas características impõem uma limitação aos medidores não invasivos de tensão que serão investigadas neste trabalho.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 2.1. EQUIPAMENTO DE RAIOS X

O Serviço Técnico de Aplicações Médico Hospitalares, STAMH, do Instituto de Eletrotécnica e Energia, IEE/USP, é, atualmente, o único laboratório acreditado pelo INMETRO para a execução de ensaios de segurança em equipamentos de raios X e de dispositivos contra radiação X para fins de diagnóstico médico, equipamentos de proteção individual (aventais plumbíferos, protetores de gônadas, etc) e coletiva (argamassas baritadas, vidro plumbífero, etc).

O laboratório do STAMH/IEE/USP dispõe de 4 diferentes equipamentos de raios X: um Siemens Heliophos 4B, um GE Senograph 700, um Siemens Gigantus e um Philips MGC 40. Eles são utilizados para realização de

ensaios e calibrações, que incluem medidas de kVp, kVp médio e o Potencial de Pico Prático (PPV), dependendo do tipo de serviço solicitado, segundo as especificações do cliente. Este último equipamento, por possuir gerador de potencial constante, foi escolhido para ser utilizado durante as medições.

O equipamento Philips MGC 40, possui gerador MG325 HT e tubo de raios X MCN 323. Ele está dotado de divisor de tensão interno que permite conhecer a forma de onda da tensão aplicada ao tubo de raios X quando conectado a um sistema de aquisição de dados com frequência de amostragem suficiente para reconstruir a forma de onda observada. A figura 1 apresenta os componentes de um modelo comercial de equipamento de raios X Philips MGC 40 semelhante ao utilizado.



Figura 1: Equipamento de raios X Philips MGC 40

#### 2.2. OSCILOSCÓPIO DIGITAL

Para reconstruir a forma de onda do gerador de raios X e calcular o valor da grandeza a ser ensaiada, o PPV [1], o laboratório emprega um osciloscópio digital programável, com tela de fósforo e 4 canais fabricado pela Tektronix, modelo TDS 5105. Ele possui largura de banda de 1 GHz e capacidade de amostragem de 5 Gsamples/s.

O Osciloscópio da série TDS5000 inclui acesso aberto a um ambiente operacional MS Windows® que permite que outros aplicativos possam ser instalados, tais como: MS Word®, Excel®, MATLAB® e Labview®, de modo a realizar a documentação de relatórios e análises de sinais. O osciloscópio do STAMH estava dotado de um programa em Labview®, desenvolvido na própria instalação e que usa as equações que definem o PPV. Com ele foi possível capturar as formas de onda do gerador de raios X e do medidor não invasivo PTW Diavolt, fundamentais para o estudo realizado.

A figura 2 apresenta um osciloscópio da série TDS 5000, semelhante ao utilizado.

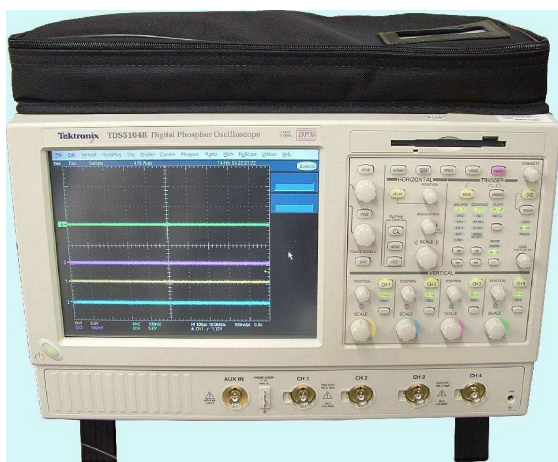


Figura 2: Osciloscópio Tektronix série TDS5000

### 2.3. MEDIDOR NÃO INVASIVO DE TENSÃO

O medidor não invasivo utilizado foi um PTW Diavolt Universal, fabricado pela PTW Freiburg da Alemanha, apresentado na figura 3. Ele é um medidor de alta tensão controlado por microprocessador que usa o método de dois filtros, i.e., dois detectores de estado sólido com diferentes filtrações, para determinação da tensão do tubo.

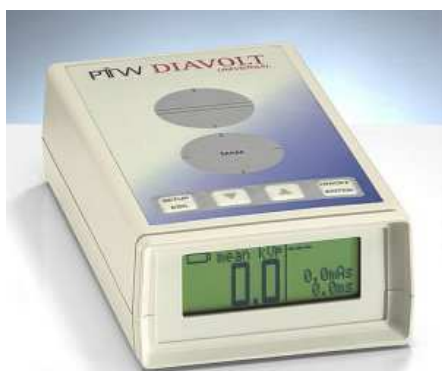


Figura 3: Medidor de tensão PTW Diavolt Universal

O Diavolt apresenta uma vasta gama de possibilidades de aplicação em radiodiagnóstico, tais como: radiologia convencional e fluoroscopia, raios X dentários, tomografia computadorizada e mamografia, para faixas de tensão de 22 a 150 kV. De acordo com a função selecionada, o Diavolt executa cálculos para indicação do kVp máximo, kVp médio e do PPV, com resolução de 0,1 kV. Ele foi testado contra a

norma IEC 61676 [2] pelo laboratório primário alemão, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) e teve seu uso aprovado por aquela instituição para medidas do PPV. Neste trabalho ele foi usado para medir não invasivamente o PPV, seguindo as recomendações do guia prático da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) [3].

### 2.4. METODOLOGIA EMPREGADA

Para realizar as medições foi empregada a metodologia divulgada por Kramer e outros [1] e os equipamentos listados acima. Os valores de tensão foram variados segundo as qualidades de radiação de radiodiagnóstico publicadas no documento da IAEA [3]. As correntes aplicadas ao tubo de raios X foram variadas de 2 a 20 mA.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Diavolt foi ligado e ajustado para a função RAD/FLU, com tempo de retardo de 1,5s e filtração de 2,5mm de Al. Ele foi colocado na distância de 90cm, com tamanho de campo de 40mm, frente ao equipamento de raios X Philips MGC 40, já pré aquecido, e colocado para irradiar com 40kV, 2mA, tempo de exposição de 5s e com filtração total de 2,5mm Al. Com auxílio do cabo T25018 da PTW, conectou-se o Diavolt no canal 2 do osciloscópio da Tektronix, mas o Diavolt não produzia qualquer forma de onda nestas condições e seu mostrador não apresentava qualquer leitura ou mensagem de erro.

O valor da tensão foi então elevado para 60kV, mantendo-se a mesma corrente aplicada, 2mA. Nestas condições, obtiveram-se as formas de onda apresentadas na figura 4.

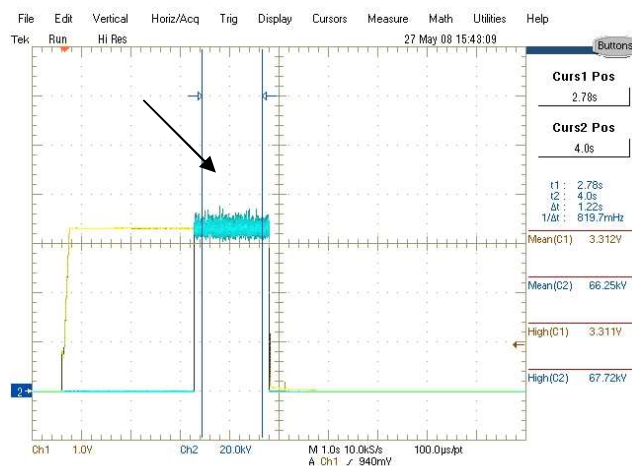


Figura 4: Formas de onda da tensão do tubo de raios X e do Diavolt para tensão de 60 kv, na distância de 90 cm.

A forma de onda do Diavolt, mostrada em destaque na figura 1, apresentava um ruído intenso. Entendeu-se, então, por que na tentativa anterior, com 40kV, não foi possível obter a curva de resposta do Diavolt. Ele simplesmente não estava medindo nada e nem mesmo apresentava mensagem de erro. Na condição de 60kV foi possível obter a forma de onda da tensão, mas os valores do PPV indicados no Diavolt eram imprecisos, pois a taxa de dose aplicada ao instrumento era baixa. Decidiu-se então variar a distância de medida frente ao feixe de radiação para

40cm, mantendo o mesmo tamanho de campo, de modo a aumentar a dose sobre o Diavolt e possibilitar as medidas em toda faixa de tensão das qualidades não atenuadas RQR para diferentes correntes.

Tendo-se determinado as melhores condições de medida com o Diavolt, passou-se a fazer as medidas para o teste de calibração do mesmo em PPV. Os resultados estão apresentados na tabela 1.

**Tabela 1. Teste do Diavolt nas tensões das qualidades RQR.**

Tensão (kV)	Corrente (mA)	PPV (kV)		Fator de Calibração
		Diavolt	VVC	
40	2	DRU	40,59	-
	4	39,8	40,02	1,006
	8	39,7	39,07	0,984
	16	39,8	39,61	0,995
	20	39,8	39,86	1,002
50	2	50,0	49,51	0,990
	4	50,1	49,67	0,991
	8	50,1	49,95	0,997
	16	50,1	50,48	1,008
	20	49,9	50,73	1,017
60	2	60,2	59,36	0,986
	4	60,1	59,50	0,990
	8	60,0	59,75	0,996
	16	60,0	60,30	1,005
	20	60,0	60,55	1,009
70	2	70,1	68,59	0,978
	4	70,2	68,74	0,979
	8	70,2	69,00	0,983
	16	70,2	69,96	0,997
	20	70,2	70,23	1,000
80	2	81,3	78,84	0,970
	4	81,4	78,97	0,970
	8	81,4	79,25	0,974
	16	81,1	80,27	0,990
	20	81,2	80,54	0,992
90	2	91,3	89,24	0,977
	4	91,2	89,39	0,980
	8	91,2	89,66	0,983
	16	91,3	90,3	0,989
	20	91,3	90,56	0,992
100	2	102,2	99,36	0,972
	4	102,2	99,47	0,973
	8	102,2	99,71	0,976
	16	102,3	100,21	0,980
	20	102,4	100,46	0,981
120	2	122,9	119,41	0,972
	4	122,9	119,53	0,973
	8	123,0	119,80	0,974
	16	122,9	120,71	0,982
	20	123,1	120,99	0,983
148	2	KVO	147,92	-
	4	153,1	148,07	0,967
	8	152,8	148,31	0,971
	16	152,9	148,86	0,974
	20	152,9	149,12	0,975

DRU – instrumento submetido a dose abaixo da faixa de medição  
KVO – instrumento submetido a tensão acima da faixa de definição do PPV (20 a 150 kV)

### 3. CONCLUSÃO

O medidor não invasivo PTW Diavolt Universal demonstrou ser adequado também para ser usado em equipamentos industriais de potencial constante. Os testes de verificação da calibração do instrumento realizadas no STAHM/IEE/USP foram importantes para identificar suas limitações e condições especiais de uso. Ao fazer medidas com o Diavolt, deve-se evitar irradiá-lo com baixa taxa de dose para evitar sua baixa eficiência de detecção a baixas taxas de radiação. Os detectores do PTW Diavolt são do estado sólido e suas medidas dependem fundamentalmente da dose que o equipamento recebe. Esta informação aparece no manual de operação, mas sem muito destaque.

Os resultados de medida do Diavolt foram coerentes com a faixa de uso pretendido e incertezas declaradas no certificado do seu fabricante.

A incerteza total ( $k=2$ ) máxima para os fatores de calibração informados pelo STAMH foi de 1%, excluído o dispositivo sob teste, i.e., o Diavolt.

### REFERÊNCIAS

- [1] KRAMER, H.M., SELBACH, H-J., ILES, W.J.; "The practical peak voltage of diagnostic X ray generators"; Br. J. Radiol., v. 73, pp. 641 649, 1998.
- [2] IEC 61676 "Medical diagnostic equipment – Dosimetric instruments used for non-invasive measurement of X-ray tube voltage in diagnostic radiology", Geneva, 2002.
- [3] IAEA TRS 457, "Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice". (Technical Reports Series No. 457). IAEA, Vienna, 2007.