

CÂMARA DE AR LIVRE COMO PADRÃO PRIMÁRIO DA GRANDEZA EXPOSIÇÃO PARA FEIXES DE RAIOS-X (80 - 280 KVp)

por

J. G. P. PEIXOTO^{1,2}, C. E. de ALMEIDA¹ e J. C. BORGES².

RESUMO – Dentro do programa de trabalho científico do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, o Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes - LNMRI, desenvolve como parte de suas atribuições a implantação de uma câmara de ar livre para sua utilização como padrão primário da grandeza exposição para feixes de raios-x na região de 80 a 280kV. Este trabalho descreve os resultados preliminares obtidos com a câmara de ar livre, a metodologia usada e propõe modificações de forma a otimizar-se os procedimentos adotados. Utilizando-se um campo de radiação padrão de $8,0 \times 8,0$ cm² obtivemos com uma câmara de ionização tipo dedal, uma homogeneidade de campo melhor do que 99,9% em ambos os eixos, suficiente para garantir uma irradiação adequada as câmaras. A câmara de ionização de ar livre tem um ponto de operação a 3,250 V. Utilizando o método de substituição foram determinados os valores de medida absoluta com a câmara de ar livre e de calibração de uma câmara tipo dedal.

I - INTRODUÇÃO

A utilização de uma câmara de ar livre possibilita um conhecimento exato da massa de ar na qual os elétrons estão sendo liberados pela radiação e a determinação absoluta da grandeza exposição. O volume que contém a massa de ar que é definido pela área efetiva do diafragma e pelo campo elétrico aplicado a câmara. A sua utilização permite a coleta quase que integral do número de ions produzidos por estes elétrons, através da medida da corrente de ionização.

A câmara é operada com um alto potencial (100V/cm), sendo os ions formados

¹-INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA - IRD/CNEN
CAIXA POSTAL 37750 - CEP 22793 - RIO DE JANEIRO - RJ

²-LABORATORIO DE INSTRUMENTAGCO NUCLEAR - E.E - COPPE/UFRJ
CAIXA POSTAL 68509 - CEP 21945 - RIO DE JANEIRO - RJ

dentro desta, coletados no seu centro telescópico. O diâmetro do eletrodo coletor é pequeno, e está posicionado suficientemente longe do feixe de raios-x, de forma que somente uma pequena quantidade (0,01%) da ionização é perdida resultado da interação de elétrons com o eletrodo.

Através de uma blindagem adequada em torno da câmara consegue-se uma redução da radiação espalhada bem como da ionização produzida pela radiação fora do campo de radiação em estudo.

II - MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas uma câmara de ionização do tipo ar-livre modelo 480 fabricada pela Victoreen, uma câmara tipo dedal modelo A2 fabricada pela Exradin, ambas associadas a um eletrometro Keithley modelo 616. As medidas foram monitoradas por uma câmara de placas paralelas associada a um eletrometro PTW modelo IQ4 que controla o "shutter". Como fonte de radiação foi utilizado uma unidade de Raios-X Phillips com energia máxima de 320 KVp, com controle de tenção, corrente, tempo e filtração.

A temperatura da sala foi monitorada com termistores, a umidade por um higrometro e a pressão atmosférica através de um transdutor de pressão, todos com calibração rastreados ao INMETRO.

II.A - CARACTERÍSTICAS DA CÂMARA DE IONIZAÇÃO DE AR LIVRE

A câmara de ionização de ar livre (Fig. 01), projetada por Frank H. Attix (1964), construída pela Victoreen modelo 480, possui as seguintes características:

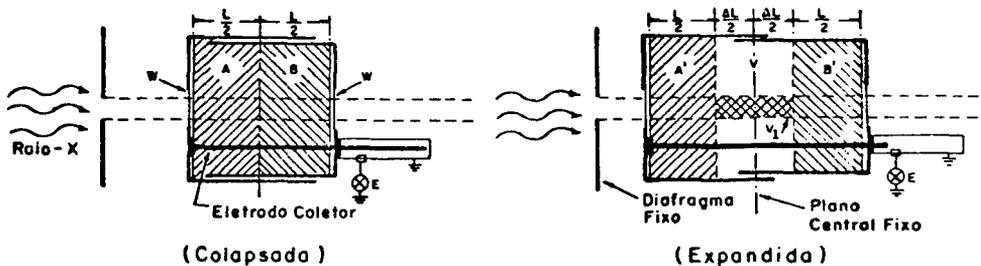


FIG.01 - CÂMARA DE IONIZAÇÃO A AR LIVRE

i) **DIAFRAGMA:** Define a área do campo, de forma que, o feixe de radiação passe pela região central dos cilindros. Diâmetro Interno: 1,00044 cm \pm 0,005% (de acordo com medidas realizadas no INMETRO)

Material: 89% W + 7% Ni + 4% Cu, segundo patente de Attix, 1964

ii) **CILINDRO:** Dois cilindros de alumínio funcionam telescopicamente. Nas suas extremidades o fechamento é feito com material equivalente a tecido, possuindo nos centros uma janela de mylar grafitada. Seu diâmetro interno é de 30,0 cm com o eletrodo coletor de alumínio com 0,95 cm de diâmetro deslocado 7,0 cm do eixo central.

iii) **BLINDAGEM:** A parte frontal possui blindagem de chumbo de 2,5 cm de espessura e 30,0 cm de diâmetro, com orifício de 2,0 cm de diâmetro. A blindagem lateral foi calculada de forma que a ionização proveniente da radiação de fundo seja menor que 0,1% da ionização produzida pelo feixe colimado.

iv) **ARRANJO EXPERIMENTAL:** Projetado e construído no IRD, de acordo com as características da sala onde se encontra a unidade de raios-x de 320 KVp, de maneira a suportar o peso de 130 kg da câmara. Os suportes foram confeccionados em ferro, com trilhos, carrinhos e ajuste fino em aço inoxidável de forma a garantir uma integridade física e estabilidade mecânica a longo prazo.

II.b - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

i) **PLANURA E UNIFORMIDADE DO FEIXE INCIDENTE:** A planura do feixe obtida através da irradiação de um filme Kodak tipo X (M-5) colocado perpendicular ao feixe à 100,0 cm do foco do tubo de raios-x. Foram também realizadas medidas com uma câmara de ionização Exradin modelo A-2, nos eixos X e Y.

ii) **IMPLANTAÇÃO DAS QUALIDADES RECOMENDADAS PELO BUREAU INTERNACIONAL DE PESOS E MEDIDAS (B.I.P.M):** A exemplo do laboratório primário Italiano (E.N.E.A.) foram implantadas as qualidades recomendadas pelo BIPM, que envolve a escolha de uma dada tensão, corrente no tubo de Raios-X, e filtração adicional, medindo-se a camada semi-redutora e a taxa de exposição com uma câmara de ionização recentemente calibrada no BIPM.

iii) **CURVA DE SATURAÇÃO:** Foi aplicada uma tensão na câmara e foram medidas as correntes de ionização e de fuga com a câmara expandida e colapsada em ambas as polaridades. A corrente de fuga variou entre 0,02 a 1,00% da corrente de ionização no intervalo de tensão entre 1,000 e 5,000 V, medidos em intervalos de 250 V. Como ponto ideal de operação foi escolhido 3,250 V como a tensão de operação para todas as qualidades do feixe.

iv) **REPETIBILIDADE:** Foram feitas, para cada uma das qualidades de feixe implantadas, uma série de medidas, para cada situação geométrica da câmara ou seja totalmente expandida, totalmente colapsada, expandida na parte frontal e colapsada na parte posterior, colapsada na

parte frontal e expandida na parte posterior, em ambas as polaridades. Foi obtido um desvio padrão percentual médio de 0,05 % considerado plenamente satisfatório.

v) **ABSORÇÃO DO AR:** Através de medidas realizadas com a câmara expandida na parte frontal e colapsada na parte posterior e com a câmara colapsada na parte frontal e expandida na parte posterior, obtivemos um valor para a absorção do ar compatível com o valor obtido para uma mesma qualidade com a câmara de ar livre do laboratório Italiano (ENEA)

vi) **COMPARAÇÃO ENTRE PADRÕES PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO:** Através do método clássico de substituição, foram utilizados a câmara de ionização padrão primário tipo ar livre e uma câmara padrão secundário tipo dedal para realizar medidas comparativas em cada uma das qualidades implantadas.

III - RESULTADOS

A tabela 01 reproduz a implantação das qualidades de feixes padrão do B.I.P.M., sendo que através desta caracterização de feixe e utilizando a própria câmara de ar livre obtivemos os fatores de correção, como da radiação espalhada e perda eletrônica, a atenuação do ar, a saturação e o transporte pela parede, mostrado na tabela 2.

Aplicando a tensão de operação e tomando os devidos cuidados com a variação de temperatura e umidade foram feitas, para cada uma das qualidades de feixe implantadas, uma série de medidas para cada situação geométrica da câmara, em ambas as polaridades. Foi obtido um desvio padrão percentual considerado plenamente satisfatório. A comparação entre os padrões primário e secundário obtido através do método clássico de substituição, foram utilizados a câmara de ionização padrão primário tipo ar livre e uma câmara padrão secundário tipo dedal para realizar medidas comparativas em cada uma das qualidades implantadas, a câmara usada como padrão secundário foi a mesma utilizada como padrão de transferência, conforme tabelas 3, 4, 5 e 6.

Tabela 1: IMPLANTAÇÃO DAS QUALIDADES DE FEIXES PADRÃO, SEGUNDO RECOMENDAÇÕES DO B.I.P.M.

Distância alvo - câmara = 100,0cm

Campo 8,0 X 8,0 cm²

Filtração do tubo inerente = 2,2 mm Berílio

TENSÃO NO TUBO DE RAIOS-X(kV)	100	135	180	250
CORRENTE NO TUBO DE RAIOS-X (mA)	6,6	11,0	10,9	11,1
FILT. ADIC. (mm)	3,574 Al	0,289 Cu +	0,514 Cu +	1,594 Cu +
		1,697 Al	1,099 Al	1,108 Al
PRIMEIRA CSR (mm)	3,965 Al	0,52 Cu	0,99 Cu	2,469 Cu
TAXA DE EXP. (R/min)	4,14	6,3	9,8	12,7

Tabela 2 : FATORES DE CORREÇÃO

QUALIDADES	100	135	180	250
FATOR				
$K_{l,g}$	0,9949	0,9964	0,9974	0,9997
K_a	1,010	1,010	1,006	1,001
K_s	1,0021	1,0017	1,0069	1,0076
K_w	1,000	1,000	1,000	1,000
K_t	1,0070	1,0081	1,0098	1,0087

$K_{l,g}$ -- Fator de correção da radiação espalhada e perda eletrônica

K_a -- Fator de correção da atenuação do ar

K_s -- Fator de correção da saturação

K_w -- Fator de correção do transporte pela parede

K_t -- Fator de correção total

Tabela 3: REPETIBILIDADE DOS PADRÕES NA QUALIDADE DE 100 kV

Mês/Ano	AR LIVRE		EXRADIN	
	MÉDIA (R/min)	D.P. (%)	MÉDIA (R/min)	D.P. (%)
JUN/89	4,17	0,03	-	-
SET/89	4,14	0,08	4,12	0,09
NOV/89	4,12	0,06	4,15	0,04
DEZ/89	4,11	0,04	4,14	0,01
ABR/90	4,12	0,06	4,14	0,06
MAI/90	4,15	0,06	4,15	0,06
JUN/90	4,15	0,06	4,16	0,04
JUL/90	4,16	0,06	4,14	0,05

Tabela 4: REPETIBILIDADE DOS PADRÕES NA QUALIDADE DE 135 kV

Mês/Ano	AR LIVRE		EXRADIN	
	MÉDIA (R/min)	D.P. (%)	MÉDIA (R/min)	D.P. (%)
JUN/89	6,4	0,02		
SET/89	6,3	0,10	6,3	0,10
NOV/89	6,4	0,05	6,4	0,06
DEZ/89	6,3	0,04	6,3	0,02
ABR/90	6,3	0,08	6,3	0,03
MAI/90	6,3	0,04	6,3	0,05
JUN/90	6,3	0,06	6,3	0,05
JUL/90	6,3	0,07	6,3	0,02

Tabela 5: REPETIBILIDADE DOS PADRÕES NA QUALIDADE DE 180 kV

Mês/Ano	AR LIVRE		EXRADIN	
	MÉDIA (R/min)	D.P. (%)	MÉDIA (R/min)	D.P. (%)
JUN/89	10,0	0,01		
SET/89	9,8	0,06	9,8	0,07
NOV/89	9,8	0,05	9,8	0,04
DEZ/89	9,8	0,06	-	-
ABR/90	9,9	0,07	9,9	0,03
MAI/90	9,8	0,07	9,8	0,03
JUN/90	9,8	0,02	9,8	0,03
JUL/90	9,8	0,06	9,8	0,06

Tabela 6: REPETIBILIDADE DOS PADRÕES NA QUALIDADE DE 250 kV

Mês/Ano	AR LIVRE		EXRADIN	
	MÉDIA (R/min)	D.P. (%)	MÉDIA (R/min)	D.P. (%)
JUN/89	13,0	0,02		
SET/89	-	12,6	0,20	
NOV/89	12,8	0,05	12,7	0,03
DEZ/89	12,8	0,09	-	-
ABR/90	12,8	0,04	12,7	0,04
MAI/90	12,8	0,08	12,7	0,05
JUN/90	12,8	0,03	12,7	0,06
JUL/90	12,8	0,04	12,6	0,06

IV - CONCLUSÃO

Através da verificação dos vários parâmetros associados a medida da grandeza exposição com uma câmara de ar livre, tais como absorção do ar, espalhamento, curva de saturação, homogeneidade de campo, influência do tamanho de campo de radiação, do controle da temperatura e da umidade da sala, medidas da pressão atmosférica e fazendo-se as correções necessárias, chegou-se a resultados bem satisfatórios nesta fase preliminar de implantação deste sistema. Com isto pode-se verificar os pontos falhos a fim de melhorar as condições experimentais. Com um feixe plano e uniforme na área desejada, as qualidades de feixes

recomendadas pelo B.I.P.M. foram implantadas. O Ponto de operação foi obtido a 3250 V. confirmando assim resultados obtidos com câmaras semelhantes. Obtivemos um ótimo resultado da repetibilidade a com valores menores que 0,1 %. Através destas análises estamos trabalhando num melhor controle da temperatura e umidade, de forma a obter-se uma resposta da câmara compatível com as de um padrão primário.

V - AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Laura N. Rodrigues, Guilherme Veloso, Carlos Malamut, Ricardo A. Barbosa, Luiz Castelo pelo apoio na realização deste trabalho. Agradecemos também ao C.N.Pq pela concessão de uma bolsa de mestrado.

VI - REFERÊNCIAS

- Attix,F.H (1964) "INSTRUCTION MANUAL FOR MODEL 480 FREE AIR IONIZATION CHAMBER.", 1138A - 3 - 66 - Litho - USA.
- Attix,F.H (1964) "NEW TYPE OF FREE AIR IONIZATION CHAMBER", United StER.", 1138A - 3 - 66 - Litho - USA.
- Attix Laitano,R.F; Toni,M.P (1984) "THE PRIMARY EXPOSURE STANDARD OF E.N.E.A. FOR MEDIUM ENERGY X-RAY: CHARACTERISTICS AND MEASUREMENTS PROCEDURES.",E.N.E.A.
- Peixoto,J.G.P; Rodrigues,L.N; Veloso,G; de Almeida,C.E (1989) "CÂMARA " FREE AIR " COMO PADRÃO PRIMÁRIO DE EXPOSIÇÃO PARA FEIXES DE RAIOS-X",C.B.F.M.
- Wychoff,H.O; Attix, F.H (1989) " DESIGN OF FREE AIR IONIZATION CHAMBER.", United States Department of Commerce - National Bureau of Standards Handbook 64 - dec. 13, 1957

ABSTRACT -- As one of the topics of the scientific work of the Institute of Radioprotection and Dosimetry, the National Laboratory of Metrology of Ionizing Radiation - LNMRI, is implementing a " free air " chamber for use as a primary standard of the quantity exposure for x-rays in the energy range 80 - 280 KVp. This paper describes the characteristics of the free air chamber, the methodology used and some preliminary results. A 8,0 x 8,0 cm² radiation field, was used with a flatness better than 99,9% in both axes, sufficient for irradiating the chamber. The free air chamber had an operating point at 3,250 V. Using the substitution method, it was possible to obtain the absolute values of the quantity exposure with the free air chamber, as well as the calibration of a thimble type chamber.