

## **ESTABELECIMENTO DE CAMPOS PADRÕES DE RADIAÇÃO X DE ENERGIAS MÉDIAS NO IPEN, NÍVEL RADIOPROTEÇÃO**

**Luciana C. Afonso e Linda V. E. Caldas**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)  
Comissão Nacional Energia Nuclear (CNEN)  
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242  
CEP 05508-000  
São Paulo - SP  
[lafonso@ipen.br](mailto:lafonso@ipen.br)  
[lcaldas@ipen.br](mailto:lcaldas@ipen.br)

### **RESUMO**

O Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) utiliza as recomendações publicadas pela IAEA como referência para o estabelecimento de feixes padrões de radiação X. Um dos passos é a determinação das camadas semi-redutoras. O objetivo do trabalho foi determinar comparar os valores de camadas semi-redutoras obtidos no LCI com os valores recomendados internacionalmente. Foram realizados testes de homogeneidade do campo e testes de dependência da resposta da câmara de ionização devido à variação da corrente elétrica aplicada ao tubo de raios X. O principal propósito do estabelecimento destes feixes é a calibração de monitores de radiação, nível radioproteção.

### **1. INTRODUÇÃO**

A publicação da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) [1] recomenda o estabelecimento de um conjunto de qualidades de radiação X de energias médias a serem utilizadas em calibração de instrumentos, nível radioproteção. No Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) do IPEN, esta norma está sendo utilizada como referência no estabelecimento dos feixes padrões. Um dos passos para o estabelecimento de feixes padrões de radiação é a determinação dos valores de camadas semi-redutoras dos feixes de radiação.

Para a definição de uma qualidade de radiação, é necessário determinar e especificar uma série de parâmetros, como a tensão aplicada ao tubo, a filtração total, valores de camadas semi-redutoras (CSR) e o coeficiente de homogeneidade. No LCI são calibrados instrumentos em diversos feixes padrões de radiação estabelecidos. A aplicação mais importante destes feixes padrões está relacionada à calibração de monitores de radiação, nível radioproteção.

No LCI já há feixes padrões de radiação X de energias baixas para calibração dos instrumentos utilizados em radioproteção [2]. O objetivo deste trabalho é determinar os valores de CSR no LCI para feixes de raios X de energias médias, nível radioproteção, apresentando os parâmetros utilizados e comparando-os com os recomendados pela norma, com o propósito de oferecer serviços de calibração nesta faixa de energias de radiação X.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado neste estudo um sistema de radiação X Pantak-Seifert, que opera até 160 kV. Foi utilizada uma câmara de ionização tipo dedal da marca Physikalisch-Technische Werkstätten (PTW), modelo 31002, que possui volume sensível de  $0,125 \text{ cm}^3$ . Esta câmara foi utilizada acoplada a um eletrômetro PTW, modelo UNIDOS E. Todas as medidas de corrente de ionização foram corrigidas para as condições normais de temperatura e pressão ambientais.

Foram utilizados filtros absorvedores de alumínio de diferentes espessuras e com alta pureza (melhor do que 99%).

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Dependência da resposta do detector de radiação com a variação da corrente elétrica no tubo de raios X

Neste estudo, primeiramente as medidas foram efetuadas com a câmara posicionada a 2m do foco do tubo de raios X, tensão de 60kV e sem filtração adicional. A corrente foi variada de 5 a 35mA em intervalos de 5mA, efetuando-se, para cada valor de corrente, uma série de seis leituras.

A Figura 1 mostra a variação da resposta do detector de radiação em relação ao valor de corrente elétrica no tubo.

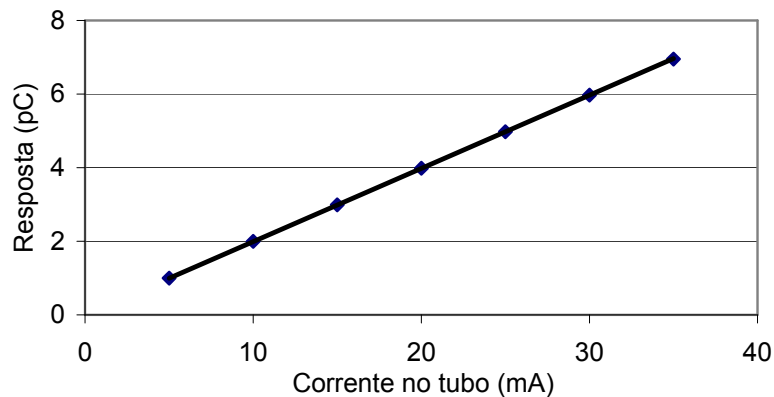


Figura 1: Resposta da câmara de ionização em relação ao valor da corrente no tubo de raios X, à distância de 2m (60kV).

O procedimento foi repetido, alterando-se apenas a distância para 2,5m. Os resultados são apresentados na Figura 2.

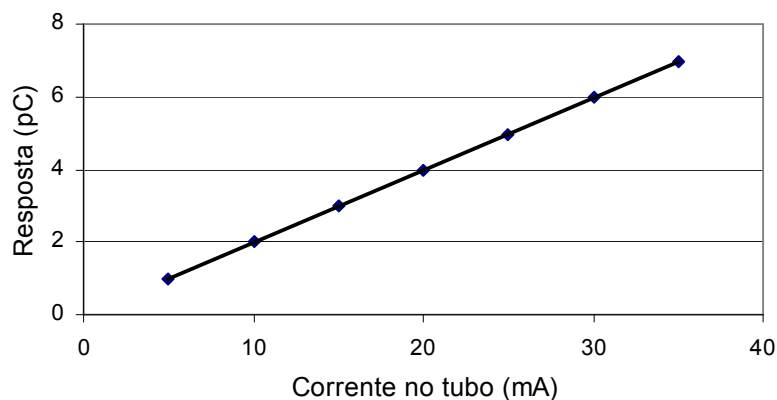


Figura 2: Resposta da câmara de ionização em relação ao valor da corrente no tubo de raios X para a distância de 2,5m (60kV).

As Figuras 1 e 2 mostram que a variação da resposta do detector em relação à variação da corrente elétrica no tubo é linear.

### 3.2. Mapeamento do campo de radiação X

Foi efetuado o mapeamento do maior campo de radiação X produzido pelo sistema de radiação X Pantak-Seifert para a determinação do tamanho deste campo. Este procedimento consiste em um dos passos necessários para o estabelecimento dos campos padrões de radiação X de energias médias, nível radioproteção.

Utilizando-se o colimador de diâmetro máximo (6,76cm), distância entre o detector e o tubo de 2,5m, tensão de 60kV, corrente de 30mA, o detector foi posicionado no centro do feixe de radiação. Foram então efetuadas séries de cinco leituras para cada posição, que foi variada de 2 em 2cm na horizontal. Ao se atingir as extremidades do campo, os intervalos na posição foram diminuídos para valores entre 1 e 5mm, para se obter uma precisão maior nos limites do campo. O mesmo procedimento foi efetuado para a posição vertical.

As Figuras 3 e 4 mostram o mapeamento do campo de radiação X em relação à resposta no centro do campo.

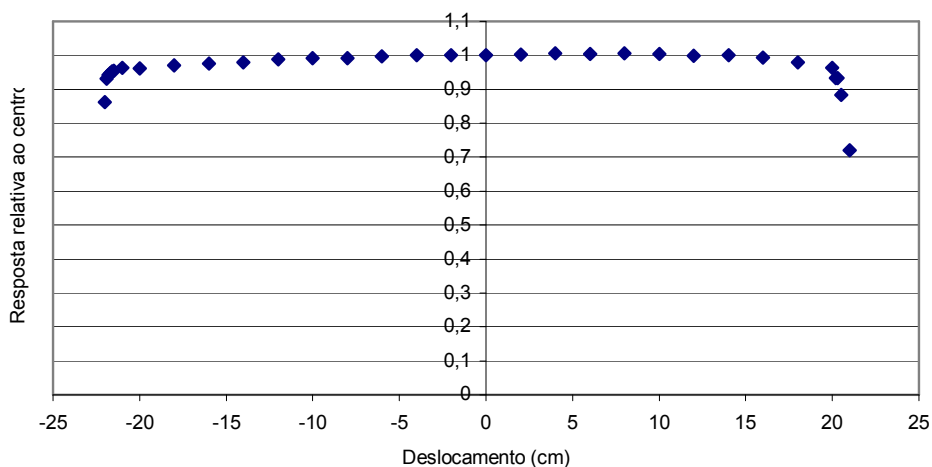


Figura 3: Mapeamento do campo de radiação X na direção horizontal, utilizando-se a câmara de ionização PTW, modelo 31.002, e o sistema de radiação X Pantak-Seifert (60kV, 30mA, sem filtração adicional).

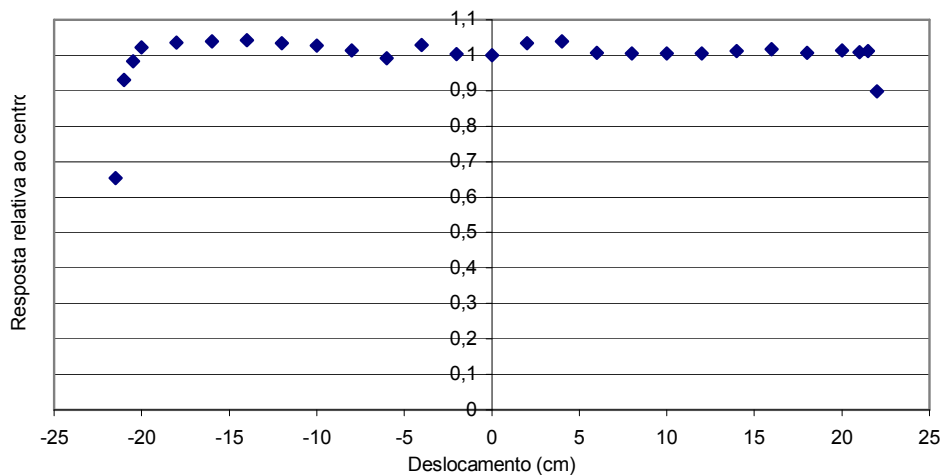


Figura 4: Mapeamento do campo de radiação X na direção vertical, utilizando-se a câmara de ionização PTW, modelo 31.002, sistema de radiação X Pantak-Seifert (60kV, 30mA, sem filtração adicional).

O limite do campo é definido pela posição em que a resposta vale 95% do valor medido no centro do campo. O tamanho do campo obtido foi de 42,2cm na direção horizontal e de 42,5cm na direção vertical.

### 3.3. Determinação das camadas semi-redutoras

Foram efetuadas medidas para a determinação dos valores de camada semi-redutora das qualidades de radiação X de energias médias como uma parte dos procedimentos recomendados internacionalmente [1] para a implantação de campos padrões com o sistema de radiação X Pantak-Seifert.

A Tabela 3 mostra as qualidades de radiação recomendadas [1].

Tabela 3: Qualidades de radiação X de energias médias, nível radioproteção.

Tensão (kV)	Corrente (mA)	Filtração adicional (mm)	CSR (mmCu)
40	30	0,21(Cu)	0,08
60	30	0,6(Cu)	0,24
80	30	2,0(Cu)	0,58
100	30	5,0(Cu)	1,11
120	30	1,0(Sn) + 5,0(Cu)	1,71
150	20	2,5(Sn)	2,36

Os valores das camadas semi-redutoras determinados neste trabalho estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Qualidades de radiação X de energias médias, nível radioproteção, obtidas para o sistema de radiação X Pantak-Seifert utilizando-se a câmara de ionização PTW, modelo 31.002

Tensão (kV)	Corrente (mA)	Filtração adicional (mm)	CSR (mmCu)
40	30	0,21(Cu)	0,07
60	30	0,6(Cu)	0,23
80	30	2,0(Cu)	0,61
100	30	5,0(Cu)	1,11
120	20	1,02(Sn) + 5,0(Cu)	1,80
150	20	2,52(Sn)	2,38

Os valores obtidos estão dentro do limite aceitável de variação para os valores de camada semi-redutora  $\pm(10\%)$  [1].

#### **4. CONCLUSÕES**

A resposta da câmara de ionização PTW, modelo 31.002, apresentou um comportamento linear com a variação da corrente elétrica no tubo de raios X Pantak-Seifert.

O mapeamento do campo de radiação X e os valores de camadas semi-redutoras determinadas no sistema Pantak-Seifert, procedimentos exigidos pela norma para o estabelecimento de feixes padrões de radiação X de energias médias, nível radioproteção, apresentaram-se satisfatórios e dentro dos limites estabelecidos pela norma internacional.

#### **REFERÊNCIAS**

1. IAEA, “Calibration of radiation protection monitoring instruments.” *Safety Reports Series no.16*, Vienna, International Atomic Energy Agency (1999).
2. Oliveira, E. C., “Estabelecimento de campos padrões de raios X de energias baixas, nível radioproteção, para calibração de instrumentos”. 1995. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/ Universidade de São Paulo, São Paulo.

#### **AGRADECIMENTOS**

As autoras agradecem o apoio financeiro parcial do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).