

## Construção de Monitores de Pulso para Dosimetria de Extremidades

### Superiores em Medicina Nuclear

(Construction of Pulse Badge for Upper Extremities Dosimetry in Nuclear Medicine)

Clêdison de Jesus Cunha<sup>1</sup>, Divanízia do Nascimento Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, 49100-00, São Cristóvão-SE, Brasil*

<sup>2</sup>*Departamento de Educação, Universidade Federal de Sergipe, 49100-00, São Cristóvão-SE, Brasil*

*(Recebido em 12 de agosto de 2005; aceito em 26 de agosto de 2005)*

---

Na manipulação de materiais radioativos em serviços de medicina nuclear, a parte do corpo do trabalhador que mais fica exposta à radiação ionizante são mãos, antebraço e braço. Por isso, tem-se a necessidade de se desenvolver monitores que sejam de fácil reprodução e baixo custo para determinar o nível de doses de radiação recebidas pelo trabalhador nessas extremidades. Com o objetivo de se desenvolver um novo monitor de pulso, foram utilizados detectores termoluminescentes de CaSO<sub>4</sub>:Dy (TLD), juntamente com uma pequena placa de acrílico e papelão perfurado para depositar os TLD. Este conjunto foi envolvido em plástico para proteger de umidade e outros fatores ambientais prejudiciais, além disso, foi inserida uma pulseira adaptável para qualquer trabalhador. Nos primeiros testes foram obtidos resultados satisfatórios, com uma resposta à dose suficiente para a avaliação dosimétrica proposta.

Palavras-chave: medicina nuclear, monitor de pulso, detectores termoluminescentes.

In the manipulation of radioactive materials in nuclear medicine service the body parts of the worker who more is displayed to the ionizing radiation is hands, underarm and arm. Therefore is necessary to developing badges for monitoring of easy reproduction and low cost to determine the doses level radiation received by the worker in these extremities. The aim of this work is to investigation of a new pulse badge, that is developed with termoluminescent detectors of CaSO<sub>4</sub>:Dy (TLD) in a small plate of acrylic, perforated cardboard to deposit the TLD. This set was involved in plastic to protect of humidity and other harmful ambient factors, moreover, a bracelet was inserted, adaptable for any worker. This badge had been gotten resulted satisfactory, with a reply to the enough dose for a dosimetric evaluation.

Keywords: nuclear medicine, pulse badge, termoluminescent detectors.

---

## 1. INTRODUÇÃO

As descobertas importantes para a medicina nuclear aconteceram no final do século XIX, e tiveram contribuições muito importantes de vários cientistas de diversas áreas, como química, física, medicina, farmacologia e engenharia. Os nomes mais importantes foram George Hevesy, Pierre Curie e Marie Curie. Além de Benedict Cassen que em 1950 construiu o primeiro mapeador retilíneo, que foi posteriormente aprimorado por David Kuhl, em 1952. Em 1951, o físico H. Anger desenvolveu o primeiro Scanner de corpo inteiro. Na década de 1970 foram desenvolvidos cristais detectores com diâmetros maiores, o que potencializou a detecção de imagens com a utilização da técnica de emissão tomográfica proposta por Dave Khull. No final da década de 70 foram desenvolvidas as gamas câmaras tomográficas do tipo SPECT, cuja sigla em inglês significa tomografia por emissão de fóton único. Em 1971 Ter-Pogossian desenvolveu os equipamentos tomográficos do tipo PET (tomografia por emissão de pósitrons). Essas são tecnologias de neuroimagem dinâmica que se valem de marcadores radioativos [1].

Os conceitos fundamentais de física que são aplicados na medicina nuclear estão relacionados com a emissão e detecção da radiação ionizante.

A medicina nuclear é uma especialidade médica que emprega fontes abertas de radionuclídeos com finalidade diagnóstica e terapêutica. Geralmente, os materiais são administrados in vivo e apresentam uma distribuição diferenciada para determinados órgãos ou tipos celulares. Muitas vezes o elemento radioativo é ligado a um outro grupo químico, formando um radiofármaco com afinidade por determinado tecido<sup>[1]</sup>.

Os diagnósticos e terapias empregados em medicina nuclear utilizam emissores de radiação gama. Entretanto, devido aos processos de decaimento radioativo, os radionuclídeos empregados por esta especialidade médica decaem também por emissão corpuscular, sendo a mais freqüente a radiação beta. Dois dos principais radionuclídeos empregados na medicina nuclear são o tecnécio e o iodo.

O tecnécio ( $^{99m}\text{Tc}$ ) é obtido através da eluição de geradores de molibdênio ( $^{99}\text{Mo}$ ). O tecnécio é um emissor somente de radiação gama, com energia de 140 keV e meia-vida curta de 6 horas. Por essa razão, e pelo fato de que é facilmente associado com vários tipos de marcadores de tecido, é o radioisótopo mais utilizado nos estudos cintilográficos<sup>[2]</sup>.

O iodo ( $^{131}\text{I}$ ), com meia-vida de 8 dias, é produzido em reator nuclear pela irradiação do Telúrio. O espectro de emissão deste radionuclídeo é complexo, com várias emissões diferentes, incluindo a radiação beta, com energia máxima beta de 800 keV, mas para tal radioisótopo a energia de maior ocorrência é a gama de 364 keV<sup>[2]</sup>.

Na medicina nuclear, a manipulação de materiais radioativos como  $^{99m}\text{Tc}$  e  $^{131}\text{I}$ , ocorre de maneira rotineira, pois estes elementos são administrados a pacientes submetidos a exames diagnósticos e terapêuticos. Esta manipulação, se não ocorre de forma adequada pode resultar em doses efetivas consideráveis em determinadas partes do corpo dos trabalhadores que fazem a manipulação, principalmente nas mãos, antebraços e braços. Dessa maneira, a necessidade do uso de monitor de radiação pessoal para extremidades superiores é muito importante e objetiva determinar o nível de radiação recebida pelo usuário como decorrência de seu trabalho, além de permitir observar as condições da instalação com relação a blindagens e maneira incorreta de trabalho.

A monitoração de extremidade, assim como do tórax, pode ser realizada utilizando-se dosímetros termoluminescentes (TL), ou seja, um dispositivo composto de cristais com propriedades termoluminescentes que quando são aquecidos emitem luz, cuja intensidade é proporcional à dose de radiação incidente. Quando são expostos à radiação, esses cristais acumulam a energia da radiação incidente durante longos períodos de tempo e liberam na forma de luz somente quando são aquecidos.

Alguns autores têm buscado o desenvolvimento de monitores específicos para dosimetria de extremidades, com o objetivo principal de se ter um maior controle das doses absorvidas por trabalhadores da medicina nuclear<sup>[3,4]</sup>.

Buscando uma monitoração mais adequada para as extremidades (mão, antebraço e braço) de trabalhadores de serviços de medicina nuclear, este trabalho tem por finalidade desenvolver monitores de radiação para pulso que sejam de fácil construção e baixo custo, possibilitando quantificar a dose equivalente absorvida nas mãos dos trabalhadores na manipulação dos radiofármacos nestes serviços.

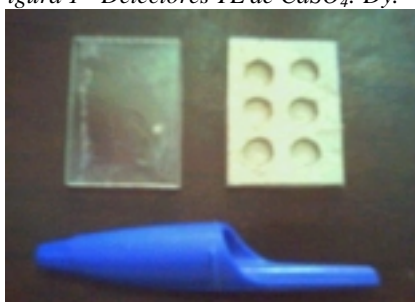
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os monitores de pulso para dosimetria de radiação ionizante foram construídos utilizando-se materiais simples. A carcaça do monitor foi montada com uma pequena placa de papelão perfurada em seis posições diferentes. Nas perfurações foram posicionados os detectores termoluminescentes. Para obtenção do equilíbrio eletrônico foram utilizadas duas placas de acrílicos com espessura de 3,0 mm, revestindo o papelão com os detectores para obtenção da espessura de equilíbrio eletrônico. O sistema foi embalado em plástico comum de maneira a impedir a movimentação dos dosímetros quando o monitor estivesse em uso. Além disso, o plástico teve a função de isolar os monitores de fatores ambientais que viessem a prejudicar a dosimetria. Uma pulseira com velcro fixada sob um dos lados do monitor de forma que o monitor ficasse ajustado ao pulso de qualquer trabalhador (figuras 1, 2 e 3).

Os detectores termoluminescentes utilizados foram os de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}+\text{Teflon}$ , produzido no IPEN-CNEN-SP. Estes detectores apresentam uma boa sensibilidade num intervalo de doses de poucos mGy até valores da ordem de centenas de Gy.



*Figura 1 - Detectores TL de CaSO<sub>4</sub>: Dy.*



*Figura 2 - Placa de acrílico e papelão perfurado.*



*Figura 3 - Monitor montado sobre pulseira.*

As medidas de termoluminescência foram realizadas numa leitora Harshaw 3500 com uma taxa de aquecimento igual a  $5^{\circ}$  C/s, entre a temperatura ambiente até a temperatura máxima de  $300^{\circ}$  C.

Antes da utilização, os detectores foram tratados termicamente a  $300^{\circ}\text{C}/3\text{h}$ .

### **3. RESULTADOS**

Para a obtenção da curva de calibração, cinco monitores foram irradiados com doses absorvidas entre 0,5 mGy e 1,5 mGy utilizando-se uma fonte de  $^{60}\text{Co}$  utilizada em radioterapia. A figura 4 apresenta os valores de dose empregados em função da resposta termoluminescente dos dosímetros. A resposta da calibração dos monitores, refere-se à área da curva de emissão, relativa ao pico dosimétrico, em função da dose equivalente recebida. Fazendo-se a equação da reta desta distribuição de pontos, obteve-se uma curva com coeficiente linear igual a zero e coeficiente angular igual a 146,50 (figura 4).

Após um mês de uso dos monitores de pulso por trabalhadores envolvidos na manipulação dos radiofármacos  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  e  $^{131}\text{I}$  em um serviço de medicina nuclear, foi medido o sinal termoluminescente dos dosímetros empregados nestes dois monitores. Na figura 5 é apresentada uma curva de emissão TL típica dos dosímetros empregados.

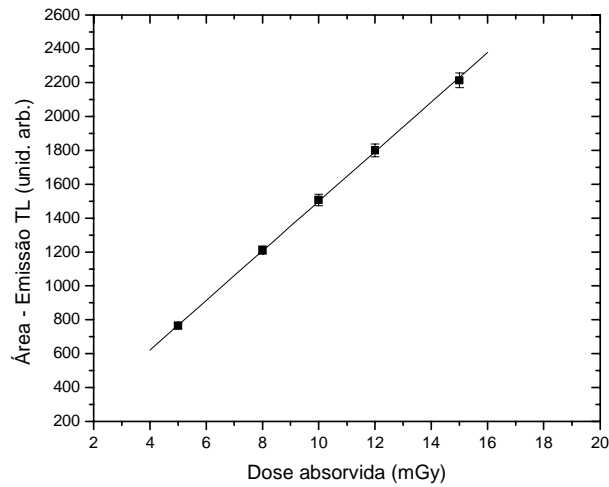


Figura 4 - Curva de calibração dos monitores quando irradiados com fonte de selada de  $^{60}\text{Co}$ .

Como se está tratando de radiação gama, a dose equivalente é numericamente igual a dose efetiva. Assim, calculando-se as áreas de cada um dos detectores, pôde-se comparar com os valores apresentados na curva de calibração. Utilizando-se a equação da reta, se encontrou que um dos trabalhadores recebeu uma dose efetiva equivalente mensal no pulso de 3,0 mSv e o outro de 3,2 mSv, conforme apresentado na tabela 1.

De acordo com a Norma NE-3.01 da Comissão Nacional de Energia Nuclear<sup>[5]</sup>, para o indivíduo ocupacionalmente exposto, o limite de dose equivalente para mãos e pés de indivíduos ocupacionalmente expostos é de 500 mSv. Considerando-se apenas um mês, este limite é de aproximadamente 40 mSv

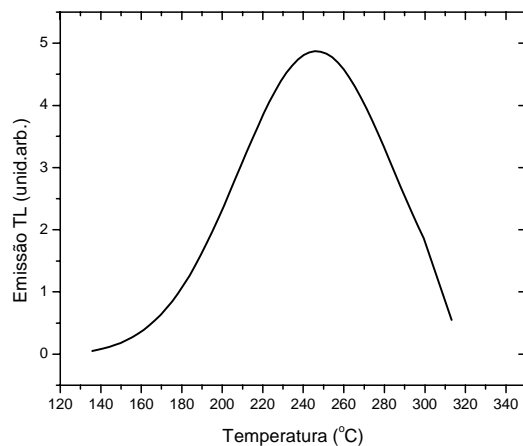


Figura 5 - Curva de emissão TL típica dos dosímetros utilizados pelos trabalhadores.

*Tabela 1: Doses recebidas nas extremidades dos trabalhadores.*

Usuários	Área sob a curva	Dose equivalente mensal (mSv)
Trabalhador 1	450	3,0
Trabalhador 2	500	3,2

#### 4. CONCLUSÕES

Os monitores mostraram-se eficientes na determinação da dose equivalente recebida pelos trabalhadores nas extremidades relacionadas, já que foi possível quantificá-la a partir das curvas de emissão termoluminescente dos detectores  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ .

Analisando os resultados obtidos, foi possível observar que as doses equivalentes recebidas pelos trabalhadores nas mãos estão dentro dos limites propostos pela norma CNEN-NE-3.01.

Em trabalhos futuros pretende-se continuar os testes de caracterização dos monitores, como reprodutibilidade de resposta, dependência energética, estabilidade em diferentes condições climáticas, efeito da luz no monitor, dependência angular, necessários para a comprovação de sua eficiência.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CLIMEDI, ao CNPq e a CAPES.

- 
1. JUNIOR, A.; ROSSI, G.; DIMENSTEIN, R. Guia Prático em Medicina Nuclear: A instrumentação. 2ª edição. São Paulo. Senac São Paulo Editora, 2004.
  2. KNOLL, G. F. Radiation detection and measurements. New York: John Wiley & Sons, 1998.
  3. VILELA, E. C. ; R. A. LIMA ; M. S. NOGUEIRA ; M. A. S. SANTOS ; F. F. DE LIMA ; W. A. CASTRO . Type tests of an extremity ring dosimeter provided by a Brazilian dosimetry service. Radiation Measurements, v. 34, n. 1-6, p. 133-137, 2001.
  4. LIMA, R. ; VILELA, C. Ê. ; NOGUEIRA, M. Socorro.; FERREIRA, A. Lopes; CASTRO, Walber A. Estudo do Desempenho de um Dosímetro Baseado em Material Termoluminescente para Monitoração Individual Externa. In: V International Congress on Radiation Protection and Safety, Recife. Proceedings, 2001.
  5. Comissão Nacional de Energia Nuclear, NORMA CNEN-NE-3.01.