

## OBTENÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFERÊNCIA DOS RADIOFÁRMACOS BASEADOS EM $^{18}\text{F}$ POR ESPECTROMETRIA GAMA

J. B. S. Neto\*, M. C. F. Fragoso\*\* e M. L. Oliveira\*\*

\*Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

\*\*Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste, Recife, Brasil  
e-mail: jbsn90@gmail.com

**Resumo:** Em medicina nuclear, o conhecimento exato da atividade dos radiofármacos a serem administrados aos pacientes faz parte aos requisitos de controle da qualidade em clínicas e serviços. O instrumento utilizado para esta finalidade é o ativímetro. O fluordeoxiglicose ( $^{18}\text{F}$ -FDG) é o radiofármaco mais utilizado na Tomografia por Emissão de Pósitrons. Devido ao aumento na demanda de  $^{18}\text{F}$ -FDG, é importante garantir medições de atividade com qualidade adequada na prática da medicina nuclear. Portanto, fontes de referências são necessárias para calibrar os sistemas de medição do  $^{18}\text{F}$ . Dentre as alternativas existentes para a padronização de fontes radioativas, a espectrometria gama é amplamente utilizada para radionuclídeos de meia-vida curta. O propósito deste trabalho foi estabelecer a metodologia para a obtenção de soluções de referências dos radiofármacos PET baseados em  $^{18}\text{F}$ .

**Palavras-chave:** Calibração, padronização,  $^{18}\text{F}$

**Abstract:** *In nuclear medicine, the accurate knowledge of the activity of radiopharmaceuticals which will be administered to the patients is part of the requirements of quality control in clinics and services. The instrument used for this purpose is the activimeter. The fluordeoxiglicose ( $^{18}\text{F}$ -FDG) is the most used radiopharmaceutical for Positron Emission Tomography. Due to  $^{18}\text{F}$ -FDG increasing demand, it is important to ensure adequate quality activity measurements at nuclear medicine practice. Therefore, reference sources are necessary to calibrate the  $^{18}\text{F}$  measuring systems. Among the existing alternatives for the standardization of radioactive sources, the gamma spectrometry is widely used for short-lived radionuclides. The purpose of this work was to establish the methodology for obtaining reference sources of radiopharmaceuticals PET based on  $^{18}\text{F}$ .*

**Keywords:** Calibration, standardization,  $^{18}\text{F}$

### Introdução

A tomografia por emissão de pósitrons (PET) associada à tomografia computadorizada (TC) teve impacto notório na oncologia. A combinação destas duas técnicas permite a fusão da imagem metabólica e anatômica, resultando na localização exata dos processos patológicos, o que possibilita o estadiamento da doença, fornecendo uma maior especificidade, sensibilidade e acurácia à estratégia de assistência ao paciente [1].

A fluordeoxiglicose ( $^{18}\text{F}$ -FDG) corresponde ao radiofármaco mais utilizado nas aplicações de PET. Antes que o radiofármaco seja administrado ao paciente é necessário que se conheça com exatidão a sua atividade para garantir imagens com qualidade suficiente para o diagnóstico médico, reduzindo as chances de exposições desnecessárias do paciente e dos trabalhadores. Os ativímetros são os instrumentos destinados à medição da atividade dos radiofármacos, devendo existir, no mínimo, uma unidade em cada serviço de medicina nuclear [2].

A metrologia nuclear vem desenvolvendo métodos de padronização de radionuclídeos utilizados nas diversas áreas de pesquisa básica e aplicada [3]. Dentre as alternativas para a padronização de fontes radioativas, a espectrometria gama tornou-se uma excelente alternativa para radionuclídeos de meia-vida curta, como o  $^{18}\text{F}$  ( $T_{1/2} = 1.8288$  (3) h). O objetivo deste projeto é estabelecer a metodologia para a obtenção de soluções de referências dos radiofármacos PET baseados em  $^{18}\text{F}$ .

### Materiais e métodos

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes equipamentos: dois ativímetros do tipo câmara de ionização (fabricantes Capintec e Biodex) e o sistema de espectrometria gama com detector HPGe da marca CANBERRA, pertencentes ao Laboratório de Medidas de Atividade de Radionuclídeos da Divisão de Produção de Radiofármacos (DIPRA) do Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE).

Inicialmente, o sistema de espectrometria gama com detector HPGe foi calibrado em energia. Para isso, foram utilizadas fontes padrão de  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{133}\text{Ba}$  e  $^{137}\text{Cs}$ .

Para obtenção da curva de eficiência do detector, amostras de  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{22}\text{Na}$  foram preparadas na geometria utilizada na rotina da DIPRA/CRCN-NE (frasco padrão CRCN). Em cada frasco foram depositadas alíquotas da solução original de cada solução padrão, sendo posteriormente adicionada água destilada até o volume máximo de 5 ml (volume de referência). As fontes foram posicionadas a uma distância fonte-detector de 15 cm.

Os tempos de medida das fontes de  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{68}\text{Ge}$ ,  $^{152}\text{Eu}$  e as de referência de  $^{18}\text{F}$ , foram respectivamente 15min, 1h, 24h, 74h e 10min.

Para avaliar a precisão do sistema de espectrometria gama, realizou-se em média dez medidas com a fonte de  $^{137}\text{Cs}$ .

A eficiência do detector para uma determinada energia foi obtida a partir da relação abaixo:

$$\varepsilon = \frac{N}{\gamma \cdot A \cdot t} \quad (1)$$

onde  $\varepsilon$  é a eficiência de contagem do detector,  $N$  é o número de emissões detectado da energia escolhida,  $A$  é atividade absoluta da fonte,  $t$  é o tempo de contagem da medida e  $\gamma$  é a probabilidade de decaimento gama de uma energia específica [4]. As fontes e as energias(keV) utilizadas na obtenção da curva de eficiência foram as apresentadas na tabela 1 [5].

Tabela 1: Fontes utilizadas na obtenção da curva.

Fonte	Meia Vida(a)	Energia(keV)
$^{137}\text{Cs}$	30,0	631,3
$^{22}\text{Na}$	2,6	510,9
$^{152}\text{Eu}$	13,5	1274,6
		121,9
		244,9
		344,3
		410,9
		443,8
		778,9
		867,0
		964,0
		1085,5
1111,0		
1408,4		

Durante o período de medida no espectrômetro foi utilizado o fator de correção para o tempo:

$$F_t = \frac{\lambda \cdot Tr}{1 - \exp^{-\lambda Tr}} \quad (2)$$

sendo  $Tr$  “real time” ou tempo real e  $\lambda$  a constante de decaimento radioativo.

Para corrigir as contagens devido a radiação de fundo foram realizadas medidas sem a presença de fonte no detector, mantendo-se as mesmas condições eletrônicas do sistema [6]. Tempos longos foram escolhidos para a medição do *background*, pois, na medida do  $^{152}\text{Eu}$ , o tempo de contagem total foi 74h. O software GENIE 2000, permite subtrair o *background* das contagens obtidas das fontes.

Amostras de  $^{18}\text{F}$ -FDG (frasco padrão CRCN) foram preparadas, sendo posteriormente medidas no sistema de espectrometria gama com detector HPGe, nas mesmas condições adotadas para as fontes padrão.

## Resultados

A curva de eficiência obtida para faixa de energia de 122 a 1428 keV para a geometria padrão (frasco de vidro CRCN com 5 ml de solução radioativa) é mostrada na Figura 1.

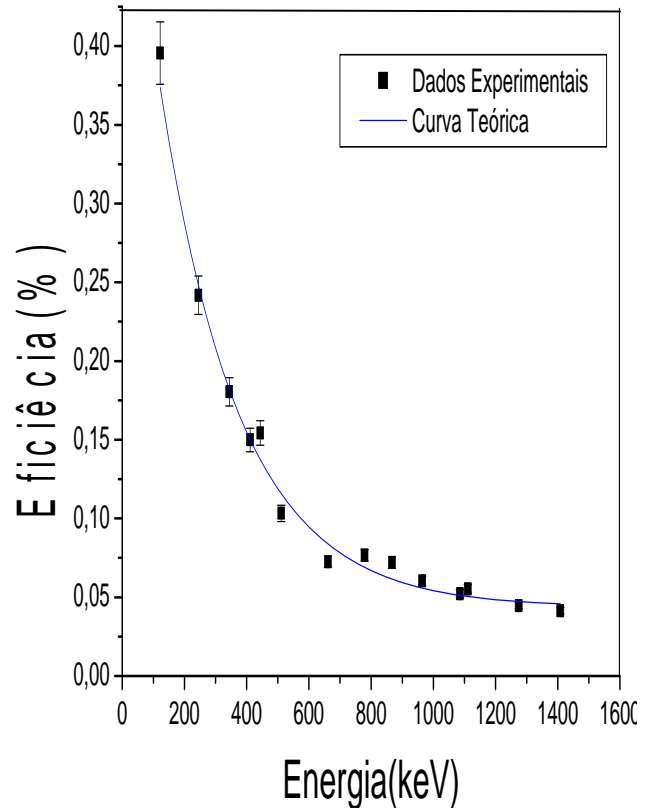


Figura 1: Curva de calibração em eficiência do sistema de espectrometria gama com detector HPGe.

Conforme pode ser observado, para energias mais altas, o detector apresenta eficiência de detecção menor. Os dados foram obtidos utilizando o software GENIE 2000 que informa a área dos picos, tempo de contagem, energias e incertezas. Os resultados experimentais foram ajustados por uma função exponencial:

$$Y(x) = C + B \cdot e^{-x/t} \quad (3)$$

Tabela 2: Parâmetros Ajustados

Parâmetros	Valores	Incertezas
C	0,00044	$\pm 0,00002$
B	0,0053	$\pm 0,0003$
t	256	$\pm 12$

De posse dos parâmetros anteriores obtidos pelo ajuste da curva, a Equação (1) foi utilizada para determinar a atividade das amostras de referência de  $^{18}\text{F}$  e de  $^{68}\text{Ge}$ .

## Discussão

O procedimento implementado mostrou-se adequado para a obtenção de fontes de referência de radionuclídeos. Foi utilizada uma fonte de  $^{68}\text{Ge}$  com atividade conhecida para comprovar a confiabilidade da calibração, obtendo-se erro percentual de 5% em relação à atividade certificada. Esta diferença foi atribuída à atividade da fonte padrão de  $^{152}\text{Eu}$  que estava muito baixa no momento da medição, sendo necessária a repetição do experimento com tempos de aquisição mais longos ou uma nova fonte que esteja com uma atividade elevada para a obtenção de uma melhor estatística de contagem.

## Conclusão

O sistema de espectrometria gama HPGe foi calibrado em termos de eficiência, possibilitando a obtenção de soluções de referência do  $^{18}\text{F}$ , o que permitirá a realização de testes e a calibração dos sistemas de medição deste radionuclídeo. Além disso, estas fontes de referência poderão ser utilizadas em programas de intercomparação de medidas de atividade de radiofármacos regionais.

## Agradecimentos

Ao CRCN-NE, ao CNPq e UFPE.

## Referências

- [1] Nogueira SA, Lederman HM, Wagner J.; Yamaga LY, Cunha ML, Funari MBG. Estudo comparativo da qualidade de imagem dos modos de aquisição da PET: validação de um protocolo para reduzir a dose de radiação. revista Radiologia Brasileira. 2009, v.42: p.103-107.
- [2] Cnen – Comissão Nacional De Energia Nuclear. Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear – CNEN-NN-3.05. Rio de Janeiro, 2013.
- [3] Pires CA. Padronização dos radionuclídeos  $^{201}\text{Tl}$  e  $^{55}\text{Fe}$  em sistema de coincidência  $4\pi$  (PC)-NaI(Tl) [Dissertação]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; 2008.
- [4] Fragoso MCF, L IVB, Albuquerque AMS, Oliveira ML, Hazin CA, Lima FRA. Efficiency Calibration of HPGe Detector For  $^{18}\text{F}$  FDG Activity Measurements. in: IX Latin American IRPA Regional Congress on Radiation Protection and Safety; 2013 abril 15-19; Rio de Janeiro, Brasil. 2013. p.3194.
- [5] Marie-Martine B. Lnhb-Laboratoire National Henri Becquerel. Périodes radioactives, table de valeurs recommandées [internet]. França, 2005. Available from: [http://www.nucleide.org/DDEP\\_WG/Periodes\\_2014.pdf](http://www.nucleide.org/DDEP_WG/Periodes_2014.pdf)
- [6] Gishitomi KC. Determinação da Taxa de Desintegração e das probabilidades de emissão gama por decaimento do I-123 [Dissertação]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; 2012.