

## OS RADIOFÁRMACOS NO DIAGNÓSTICO POR IMAGEM

Emanuelli Saraiva Del Caro<sup>1</sup>; Kaene Marjori da Silva Santos<sup>1</sup>; Fabrícia Roberta Lunas<sup>2,4</sup>; Erika Ribeiro de Jesus<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Tecnologia em Radiologia, Faculdades Integradas de Três Lagoas FITL/AEMS; <sup>2</sup>Doutora em Ciência dos Materiais – UNESP; <sup>3</sup> Esp. em Diagnóstico por imagem – UNOESTE; <sup>4</sup> Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas.

\* autor correspondente: ribeiro-erika@hotmail.com

### RESUMO

Os radiofármacos no diagnóstico por imagem são substâncias emissoras de radiação que são utilizadas em testes por imagem e radioterapia, destinadas ao diagnóstico de medicina nuclear e tratamento de várias doenças. Essas substâncias são produzidas por elementos com diferentes funções, drogas e radionuclídeos. A droga se direciona ao radionuclídeo para os órgãos ou processos específicos, onde o componente radionuclídeo pode ser detectado ou exercer sua função terapêutica. Como este artigo o objetivo é realizar uma breve revisão bibliográfica dos radiofármacos, discutir sua história e Áreas de aplicação. Os radiofármacos são usados principalmente para diagnóstico médico, e além de suas aplicações na medicina nuclear, a radioatividade também tem sido usada na medicina, existe diferentes formas, umas delas é a fonte externa, radiologia e radioterapia tradicional, a esterilização por radiação e dosagem de produtos e materiais médicos, e hormônio. A preparação de produtos radioativos, preparação de dosagem, e a dose devem ser administradas ao paciente no menor tempo possível, é importante mostrar que os radiofármacos são cientificamente considerados essenciais Medicina nuclear, onde essas etapas são respeitadas em termos de parâmetros de qualidade e eficácia, e torna-se indispensável para os procedimentos de diagnóstico radiológico e avaliação morfológica e funcional de órgãos e tecidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** radiofarmácia; medicina nuclear; radiofarmacêutico; exames.

### 1 INTRODUÇÃO

Os radiofármacos são o campo da farmácia em pesquisa e evolução e encontram-se na posição da maioria dos materiais radioativos em uma determinada área, eles são uma das fontes radioativas não fechadas, e entram por ingestão, inalação ou injeção, são chamados de nucleares. O campo médico da medicina é usado para diagnóstico e tratamento, nos últimos 30 anos, o campo dos radiofármacos tornou-se muito importante, sendo uma das principais ferramentas para o diagnóstico de várias doenças do corpo humano. Na medicina nuclear, são utilizados cerca de 30 desses compostos, o que tem levado a um aumento do número de exames 80% das clínicas regulares servindo medicina nuclear.

Os radiofármacos são fáceis de preparar e podem ser preparados no local por meio da reação de complexão do agente complexante fármaco. No entanto, algumas impurezas podem ser produzidas e durante essa reação essas impurezas fornecem ao produto uma qualidade baixa ou alta. Características que são diferentes das características desejadas, segundo André Santiago, a CNEN informou que, nos próximos anos, o Brasil fará avanços significativos na produção de radiofármacos e garantirá a independência dos países neste campo.

O objetivo deste trabalho é descrever os métodos dos radiofármacos.

Para a elaboração deste estudo, fez-se uma pesquisa bibliográfica, descritiva, realizado em livros, artigos científicos do tema, bem como Manuais da Saúde. Priorizou-se o uso de artigos re-

centes, porém publicações anteriores contendo dados relevantes foram consideradas ao objetivo proposto.

Dentre as palavras-chaves utilizadas para a busca dos materiais destacam-se radiofarmácia, medicina nuclear, radiofarmacêutico e exames.

## 2 MEDICINA NUCLEAR

A medicina nuclear é uma área do diagnóstico por imagem a qual demonstra a fisiologia dos órgãos estudados. Para tal objetivo são utilizadas fontes radioativas não seladas, administradas no paciente de acordo com seu peso e idade (CAMOZZATO, 2020).

Desempenham em um papel importante na manutenção da saúde individual e pode ser usada para diagnosticar, avaliar o prognóstico e tratar várias doenças. O exame de medicina nuclear exige um prévio preparo do paciente, dependendo do tipo de exame e do tecido a ser estudado.

Alguns dos exames determinam que o paciente permaneça em jejum de duas a doze horas antes do exame, no entanto, outros exames exigem que o paciente ingira laxante ou enema. Da mesma forma, a administração do radiofármaco necessita, dependendo do radiofármaco e procedimento, um tempo necessário para que o mesmo possa ter seu efeito efetivado (SANTINI, 2011).

O desenvolvimento de a medicina nuclear deve-se principalmente à alta disponibilidade de radiofármacos, devido às suas propriedades nucleares, o  $^{99m}\text{Tc}$  é um radiofármaco, é produzido pelo  $^{99}\text{Mo}$  no gerador de radionuclídeos.

O  $^{99}\text{Mo}$  é um emissor de radiação  $\beta$  com meia vida de 66 horas e produz  $^{99m}\text{Tc}$ , e decai transições heterogêneas para produzir  $^{99}\text{Tc}$  e libera raios  $\gamma$ , existem duas formas de obter imagens tomográficas, e umas delas é PET e SPECT, entre os radiofármacos de flúor, temos FDG- $^{18}\text{F}$ , que permite a avaliação do metabolismo da glicose para di-

agnosticar a doença de Alzheimer ou FDOPA- $^{18}\text{F}$ , que é usado para avaliar a integridade dos neurônios dopaminérgicos pré-sinápticos na doença de Parkinson, usa raios  $\gamma$  para emitir radiofármacos e tem Tc de  $^{99m}$  é uma técnica que utiliza radiofármacos (como HMPAO- $^{99m}\text{Tc}$  e ECD- $^{99m}\text{Tc}$ ) para avaliar o fluxo sanguíneo de órgãos e tecidos.

O fármaco é um composto químico, que quando associado a um radionuclídeo, constitui a ferramenta básica de investigação em MN. Sua função será transportar um radionuclídeo para um órgão ou sistema após administração no paciente (CAMOZZATO, 2020).

O radiofármaco TRODAT- $^{99m}\text{Tc}$  pode ser usado para diagnóstico diferencial e avaliação da presença da doença de Parkinson devido à sua afinidade pelos transportadores de dopamina.

### 2.1 Radiofármacos

Os radiofármacos usavam imagens para estudar o corpo humano com maior precisão, sensibilidade e diagnóstico precoce, para servir à medicina nuclear e está historicamente relacionado à descoberta da radioatividade, também à pesquisa inovadora de Henry Becquerel, Pierre Curie e Marie Curie.

Historicamente, os radiofármacos começaram a ser utilizados em 1905, após a descoberta da radioatividade, em 1895, por Henri Becquerel e Wilhelm Conrad Röntgen (ARRUDA, 1996). Os radiofármacos são compostos radioativos que contêm radionuclídeos e em sua composição são responsáveis pela emissão de radiação quimicamente ligada a moléculas não radioativas. As moléculas não radioativas possuem afinidade biológica por órgãos ou sistemas específicos e têm fins diagnósticos ou terapêuticos, o diagnóstico por imagem através do manejo de radiofármacos é o campo mais abrangente dessa ciência, respondendo por cerca de 95% de todos os procedimentos em medicina nuclear.

Ao contrário das técnicas tradicio-

nais de imagem, elas são adquiridas por meio da radiação emitida por radiofármacos presentes no corpo, as imagens obtidas com radiofármacos permitem a avaliação morfológica e funcional dos órgãos-alvo, dependendo do tipo de emissão do radionuclídeo de interesse, as imagens de bases moleculares podem ser adquiridas por duas técnicas, SPECT e PET, que permitem a avaliação qualitativa e a quantitativa do metabolismo ou da atividade fisiológica de um determinado órgão ou sistema.

## 2.2 Produção dos radioisótopos

Os radioisótopos são feitos diretamente por reações nucleares ou indiretamente através do decaimento de um radionuclídeo pai. Todavia, essas reações acontecem entre feixes de partículas e núcleos. Sendo assim, elas produzem novos núcleos e partículas e são executadas em reatores nucleares e em aceleradores de partículas.

Radionuclídeos são elementos que, devido à sua natureza física, são instáveis e emitem energia na forma de decaimento radioativo, tendo como produto um radioisótopo com a energia cada vez menor, até, por fim, se tornar um elemento estável (CAMOZZATO, 2020).

A produção de radionuclídeos só se desenvolveu como ciência experimental a partir do advento do ciclotron (LAWRENCE, 1931) e da pilha atômica (FERMI, 1942), tendo no pós-guerra o crescimento da produção de forma sistemática e variada.

Já o método de decaimento radioativo, caracterizado pelo tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ), é o fenômeno estatístico que possibilita prever a duração que determinada quantidade de átomos produzirá emissões radioativas. Esta previsão estatística pressupõe a transmutação (sinônimo de decaimento) de 50% dos átomos radioativos em determinado período. O decaimento radioativo impõe exigências rigorosas sobre a produção e uso de um radiofármaco. Por exemplo, o

radioisótopo cobalto-60 ( $^{60}\text{Co}_{27}$ ) possui meia-vida de cinco anos. Portanto, a cada cinco anos metade de seus átomos estarão decaídos, ou seja, estarão transmutados em outro elemento estável e não radioativo. O radioisótopo cobalto-60 é utilizado em centros médicos e, findada sua utilidade, o mesmo deve ser acondicionado em local seguro.

## 2.3 Meia vida física e biológica

Os radionuclídeos são caracterizados pela meia vida física, a qual é definida como o tempo e a quantidade de átomos radioativo reduzem pela metade. Sendo assim, não existe nenhuma forma que altere a meia vida física, como por exemplo diminuir ou aumentar seu tempo. Um exemplo se suma importância e de interesses práticos é o tecnécio (Tc) 99m o qual tem sua meia vida de 6 horas, ou seja, a cada 6 horas o número de átomos do mesmo é reduzida em 50%.

Em geral, a meia-vida biológica é o tempo necessário para que a quantidade de um elemento em particular no corpo diminua para metade do seu valor inicial devido à eliminação apenas por processos biológicos, quando a taxa de remoção é aproximadamente exponencial. A meia-vida biológica ( $t_{\text{biológica}}$ ) pode ser definida para metabólitos, drogas e outras substâncias. Também é muito importante na proteção contra radiação, ao considerar a exposição interna (CONNOR, 2020).

Por outro lado, vale ressaltar a respeito da meia vida biológica o qual se caracteriza pelo tempo no qual o organismo leva para excretar o que ingeriu por meio de fezes, urina, suor e saliva. Podendo variar de pessoa para pessoa, pois alguns seres humanos possuem o metabolismo bem mais lento e já outros possui o metabolismo mais avançado, sendo da mesma forma com a excreção.

## 2.4 Aplicação radiofarmacêutica

Os radiofármacos têm se tornados úteis porque permitem pesquisas não invasivas e obtenção de imagens com

alta especificidade e sensibilidade. O foco está no uso mais clínico, marcado com  $^{99m}\text{Tc}$ , ou seja, HMPAO- $^{99m}\text{Tc}$  e ECD- $^{99m}\text{Tc}$ , e marcado com  $^{18}\text{F}$ , como FDG- $^{18}\text{F}$  e FDOPA- $^{18}\text{F}$ . Também existe um radiofármaco promissor, o 1-TRODAT- $^{99m}\text{Tc}$ . Portanto, a avaliação de técnicas de imagem multimodais (como PET / CT, SPECT / CT) é de grande importância no manejo clínico de rotina e na melhoria de parâmetros (como o diagnóstico de DA e outras doenças neurodegenerativas). Contudo, vale ressaltar que a validade de um radiofármaco tem grandes possibilidades de ser mais curta, por conta da presença do componente radioativo em sua composição o que resulta na possível ocorrência de sua composição.

### 3 EXAMES

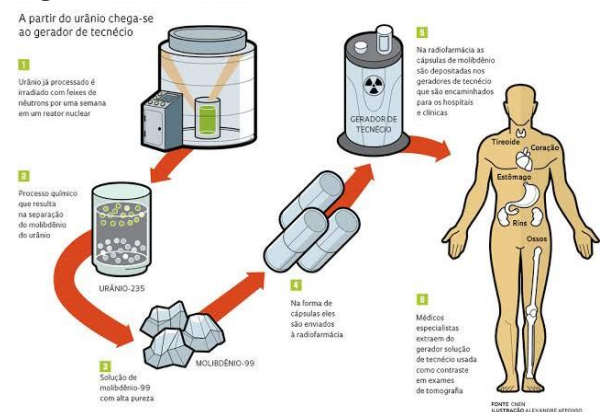
Através de exames mais complexos, indolores e invasivos, a medicina nuclear revolucionou o diagnóstico e tratamento de muitas doenças com o uso de radiofármacos. Existem duas funções e drogas que funcionam de forma semelhante e elementos que introduzimos em nosso corpo, e radionuclídeos que emitem radiação gama. Próximo, é formado um medicamento contendo substâncias radioativas e que podem desempenhar múltiplas funções de acordo com seus tipos, e sem causar efeitos colaterais ao paciente.

As imagens obtidas utilizando radiofármacos podem ser concretizadas através de duas técnicas básicas, sendo a tomografia por emissão de um único fóton caracterizada como SPECT e a tomografia por emissão de pósitrons definida como PET. As imagens SPECT são obtidas utilizando-se radiofármacos que possuem isótopos emissores gama, os quais são captados por equipamentos conhecidos como gama-câmeras.

Esses equipamentos são formados por um cristal de iodeto de sódio que quando em contato com a radiação ga-

ma cintila e emite um sinal luminoso que é amplificado processado em um computador, o qual gera a imagem. O fato de o cristal cintilar durante esse processo, faz-se com que a técnica de imagem com a utilização de um radiofármaco seja conhecida como cintilografia (GUT-FILEN, VALENTINI, 2014; SAHA et al., 2013).

**Figura 1. Caminho do radiofármaco.**



**Fonte:** Extraído de Silveira, 2014 / Ilustração Alexandre Affonso.

Os métodos por diagnósticos com radiofármacos e principalmente com tecnécio  $^{99m}$  para exame da tireoide e cintilografia renal estática, e a tomografia computadorizada por emissão de pósitrons (PET-CT), mais comumente aplicada na área de oncologia, por meio da radioatividade contendo flúor- $^{18}$ . A droga fluorodeoxiglicose detecta tumores, na cintilografia, o bisfosfonato de metileno, determinado com tecnécio  $^{99m}$  é inserido no paciente, e o sistema esquelético com grande fluxo sanguíneo captura esses radiofármacos.

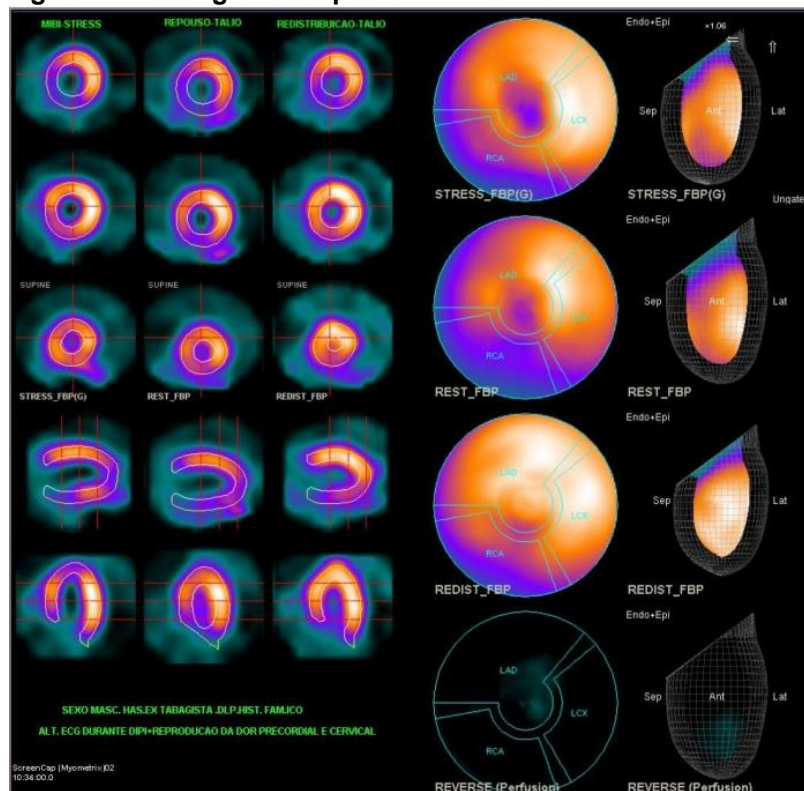
Um aparelho denominado gama câmera, que converte a radiação em sinais luminosos, permitindo avaliar o estado do paciente, desta forma a metástases ósseas de doenças como o carcinoma de próstata e podem ser diagnosticadas. No caso da PET-CT, as substâncias radioativas são injetadas por via intravenosa e os radiofármacos se acumulam em uma parte do corpo que irá ser examinada, o dispositivo de to-

mografia por emissão de pósitrons é sincronizado com o scanner de tomografia computadorizada para converter a radiação emitida em uma imagem metabólica combinada com uma imagem anatômica, por exemplo, em um exame para detectar tumores, os pacientes recebem injeções intravenosas de glicose, marcada com um composto radioativo flúor-18, que é distribuído por todo o seu corpo.

Técnicas planares, que produzem uma imagem 2-D, são raramente utilizadas; SPECT, que utiliza um sistema

de câmeras giratórias e reconstrução tomográfica para produzir uma imagem 3-D, é mais comum nos EUA. Com sistemas SPECT de múltiplas cabeças, geralmente a imagem pode ser obtida em  $\leq 10$  minutos. A comparação visual entre as imagens do estresse e as imagens tardias pode ser suplementada pelas exposições quantitativas. Com SPECT, podem ser identificados as normalidades inferiores e posteriores, pequenas áreas de infarto e vasos responsáveis pelo infarto.

Figura 2. Cintilografia de perfusão do miocárdio.



Fonte: Extraído de Inal Medicina Nuclear, s.d.

### 3.1 Cintilografia da tireoide ou captação tecnécio – 99M TC

A cintilografia é uma parte de a medicina nuclear que usa compostos micro radioativos injetados através de um cateter nas veias e órgãos. À medida que o composto radioativo se move, as imagens podem ser obtidas e um diagnóstico preciso e correto pode ser buscado o resultado. No caso de cintilografia ou captação da tireoide, uma variante do elemento químico tecnécio é utilizada

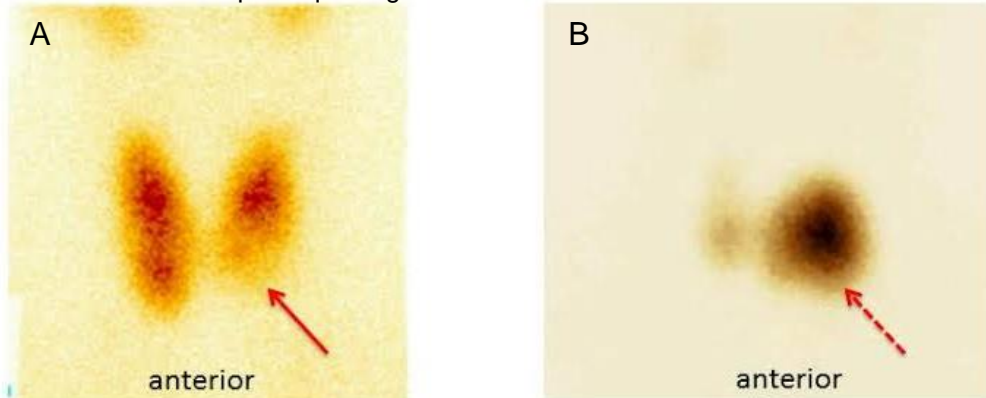
para inspeção, além de mostrar o contorno da tireoide, imagens de alta qualidade da tireoide pode ser obtidas sem o uso de muita radiação.

Na tireoide, o tecnécio também é mais fácil de combinar com os nódulos, o que o torna mais bem visualizado no caso de suspeita de nódulos tireoidianos, na cintilografia ou captura da tireoide o paciente recebe o medicamento por via intravenosa cerca de 20 minutos após a injeção e em áreas concentradas,

pode ser necessário retornar à clínica no dia seguinte para obter uma nova imagem da tireoide, ajuda com um diagnóstico preciso e correto. Por meio dele, é possível estudar a formação de tumores

da tireoide e as causas do hipotireoidismo e do hipertireoidismo, como a doença de Graves, também pode ocorrer inflamação, como tireoidite e nódulos tireoidianos.

**Figura 3. Cintilografia com tecnécio-99m da tireoide.** A. Observe área hipocentrante (“fria”) no polo inferior esquerdo da tiroide (seta). B. Observe área hiperconcentrante (“quente”) no polo inferior esquerdo da tiroide (seta). Há supressão do restante do parênquima glandular.



Fonte: Extraído de Dimen Medicina Comercial, s.d.

### 3.2 Tomografia por emissão de pósitrons

PET é um exame de imagem que avalia o metabolismo das estruturas analisadas, e principalmente de órgãos como ossos, músculos, cérebro, pulmões e fígado, atualmente a maioria das tomografias por emissão de prótons é fabricada em aparelhos sincronizados com os tomógrafos computadorizados. Esses aparelhos permitem a combinação de imagens metabólicas e anatômicas a ser obtida por meio de duas tecnologias, em oncologia, a principal indicação da PET-CT é para detectar tumores e suas metástases. O exame é realizado após injeção intravenosa de substâncias radioativas, exemplos com o radiofármacos ou radiotraçadores, que se acumulam na área do corpo a ser examinada. Nesta posição, os raios gama são emitidos e podem ser captados por um detector de radiação, que é acoplado a um computador que forma a imagem.

O paciente recebe injeção intravenosa de glicose marcada com um composto radioativo. O composto é distribuído por todo o corpo, mas tem uma con-

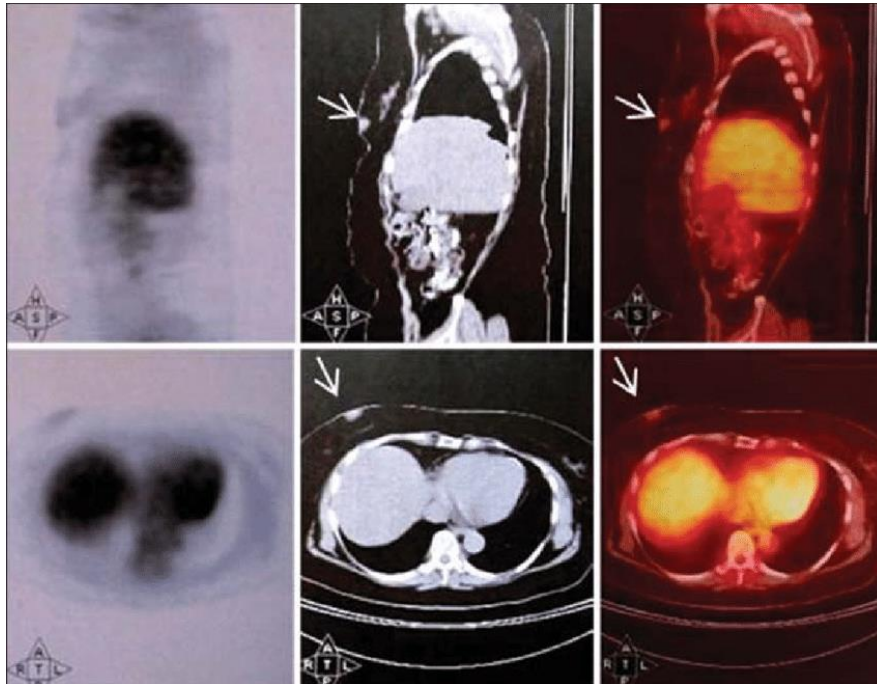
centração mais alta nos tecidos tumorais, porque os tumores malignos têm o metabolismo mais rápido e consomem mais glicose do que os tecidos normais, um contador de cintilação conectado à varredura tomográfica coleta imagens que aparecerão como manchas ou áreas mais brilhantes, e em áreas onde os tumores estão presentes. Este teste pode não apenas detectar a presença de tumores, mas também medir a intensidade da luz que aparece na imagem. Através da análise dessa intensidade, temos uma ideia da atividade metabólica do tumor que quanto maior o brilho, mais forte é a luminescência. Portanto, em pacientes com metástases pulmonares e hepáticas que recebem quimioterapia e posteriormente fazem PET-CT, o brilho da imagem da lesão é baixo e, mesmo que o tamanho da lesão não responda, ela pode responder ao tratamento.

Além de ajudar a identificar nódulos benignos e malignos, a PET-CT é um teste particularmente útil para metástases que são suspeitas de estarem ausentes em outros estudos de imagem, como outros testes de medicina nuclear,

traçadores radioativos são injetados em uma veia e a imagem foi obtida com o paciente deitado na mesa do equipamento. Por causa do espaço maior, ge-

ralmente não há queixas de claustrofobia. É necessário jejuar de quatro a seis horas antes do teste e uma dieta baixa em carboidratos na noite anterior.

**Figura 4. Tomografia por emissão de pósitrons acoplada à tomografia computadorizada.**



Fonte: Extraído de Vieira et. al., 2011.

### 3.3 Diferença de iodo 131 ou iodo 123 ou tecnécio 99-m nas cintilografias da tireoide.

O tecnécio 99-m tem excelente qualidade de imagem, por isso é usado na maioria das situações, a vantagem desse procedimento é que a dose de radiação para o paciente é menor. A qualidade da imagem do iodo 131 é baixa e a quantidade de radiação recebida pelo paciente é relativamente grande, portanto, esse é um procedimento não é muito útil, o iodo 123 é uma excelente solução para cintilação da tireoide, com boa qualidade de imagem, mas o custo dos três é maior. Os preparativos para esses três processos são semelhantes, portanto, você deve consultar seu médico antes de iniciar o tratamento.

O iodo 131, iodo 123 ou tecnécio 99m são drogas com capacidades radioativas, e obtém imagens de altas qualidades, e para obter o melhor diagnóstico

possível. Se houver evidência de câncer, hipertireoidismo o teste pode ajudar a identificar nódulos da tireoide, para a torcida uma grande vantagem é que a cintilografia da tireoide pode ser realizada gratuitamente no SUS, e os planos de saúde geralmente cobrem, os resultados das imagens levam a certos diagnósticos, a imagem pode mostrar que a glândula tireoide está saudável e a outra imagem pode mostrar que o paciente tem bócio difuso tóxico.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo pode-se observar a preparação de produtos radioativos, preparação de dosagem e a dose que deve ser administrada ao paciente no menor tempo possível. Portanto, é importante mostrar que os radiofármacos são cientificamente considerados essenciais na Medicina nuclear, onde essas

etapas são respeitadas em termos de parâmetros de qualidade e eficácia, e torna-se indispensável para procedimentos de diagnóstico radiológico e avaliação morfológica e funcional com os órgãos e os tecidos.

## REFERÊNCIAS

ARRUDA, W. O. Wilhelm Conrad Röntgen 100 anos da descoberta dos raios X Arq. Neuropsiquiatria. Curitiba, 54(3), p. 525-531, abr. 1996

CAMOZZATO, T. Medicina Nuclear na Prática. 1º edição. Florianópolis: Publicações do IFSC, 2020.

CINTILOGRAFIA COM TECNÉCIO-99MM DA TIREOIDE – DIMEN MEDICINA NUCLEAR. Disponível em: <<https://www.dimen.com.br/wp-content/uploads/2020/03/tireo.png>>. Acesso em: 24 set. 2021.

CONNOR, N. O que é Meia-Vida Biológica – Definição. Disponível em: <<https://www.radiation-dosimetry.org/pt-br/o-que-e-meia-vida-biologica-definicao/>>. Acesso em: 24 set. 2021

FERREIRA, A. Tecnologia em radiologia. Disponível em: <<https://abrahao-radiologia.blogspot.com/2012/01/producao-dos-radioisotopos.html>>. Acesso em: 15 set. 2021.

IMAGENS DE UM EXAME DE CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO DO MIOCÁRDIO - Inal Centro de Medicina Nuclear. Disponível em: <<http://www.inalmedicinanuclear.com.br/as-sets/img/galeria/fotos/886aa5f05beffda8fbac71a92dabf8e2.jpg>>. Acesso em: 24 set. 2021.

INSTITUTO VENCER O CÂNCER. Tomografia Computadorizada por Emissão de Pósitrons (PET-TC). Disponível em:

<<https://vencercancer.org.br/cancer/diagnostico/tomografia-computadorizada-por-emissao-de-positrons-pet-tc/>>. Acesso em: 28 ago. 2021

LINS, L. Como o uso dos radiofármacos revolucionou os tratamentos e os diagnósticos por imagem. Disponível em: <<http://conter.gov.br/site/noticia/medicina-nuclear-2>>. Acesso em: 10 set. 2021.

MEDICINA NUCLEAR PET.CT. Cintilografia da Tireoide. Disponível em: <<https://cdmcdm.com.br/cdm/pt/institucional/visualizar/codinstitucional/5/Cintilografia+da+Tireoide%20%20%20CDM%20MEDICINA%20NUCLEAR>>. Acesso em: 15 set. 2021.

NETO, J. Decaimento Radioativo. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/decaimento-radioativo/>>. Acesso em: 18 set. 2021

PUJATTI, P. Controle Da Qualidade de Radiofármacos. Disponível em: <[https://inis.iaea.org/collection/nclcollectionstore/\\_Public/46/131/46131481.pdf](https://inis.iaea.org/collection/nclcollectionstore/_Public/46/131/46131481.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2021.

RODRIGUES, A. Aplicação de radiofármacos no diagnóstico de patologias cerebrais e de doenças neurodegenerativas. Repositório.ul, 2017.

SANTIAGO, A. Disponível em: <<https://radioprotecaonapratica.com.br/radiofarmacos/>>. Acesso em: 28 ago. 2021

SANTINI, L. A. Seminário de Segurança Nuclear e Radiológica.

SHEA, M.; CASCINO, T. Exames de imagem por radionuclídeos. Disponível em: <<https://www.msdmanuals.com/pt-pt/profissional/doen%C3%A7as-cardiovasculares/exames-e-procedimentos->

cardiovasculares/exames-de-imagem-por-radionucl%C3%ADdeos>. Acesso em: 18 set. 2021.

SILVA, A. Meia Vida Radioativa – Física, Biológica e Efetiva.

SILVEIRA, E da. Instrumento de radiação. Ed. 211. Jul, 2014. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2014/07/15/instrumento-de-radiacao/>>. Acesso

em: 18 set. 2021.

VIEIRA, S. C. et al. Hemangioma de mama simulando metástase no PET-CT. Radiol Bras. v. 44, n. 6, p. 401-402, nov./dez. 2011.

VITAL, K. D. et al. Radiofármacos e suas aplicações. Brazilian Journal of Health and Pharmacy, 2019.