



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ - IFPI
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

IVYNE ECHILLE DE MIRANDA CUNHA

ANÁLISE SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DOS SERVIÇOS DE MEDICINA
NUCLEAR NA REGIÃO NORDESTE

TERESINA
2022

IVYNE ECHILLE DE MIRANDA CUNHA

ANÁLISE SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DOS SERVIÇOS DE MEDICINA
NUCLEAR NA REGIÃO NORDESTE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para obtenção
do diploma do Curso de Tecnologia em
Radiologia do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí.

Orientador: Profº Msc. Wilson Seraine da
Silva Filho

Co-orientador:

TERESINA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Cunha, Ivyne Echille de Miranda

C972a Análise sobre a distribuição dos serviços de medicina nuclear na região nordeste / Ivyne Echille de Miranda Cunha. - 2022.
37 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Radiologia) -
Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2022.
Orientador : Prof. Msc. Wilson Seraine da Silva Filho.

1. Radiologia. 2. Medicina nuclear. 3. Tratamento precoce. I.Título.
CDD - 616.0757

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

IVYNE ECHILLE DE MIRANDA CUNHA

ANÁLISE SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DOS SERVIÇOS DE MEDICINA
NUCLEAR NA REGIÃO NORDESTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a aprovação e obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI.

Aprovado em ____ de julho de 2022.

Profº Msc. Wilson Seraine da Silva Filho (IFPI)
(Orientador)

Profº Dr. Ednaldo Francisco Santos Oliveira Junior (IFPI)
(1ª Examinador)

Profº Esp. Livia Almeida Soares.
(2º Examinador)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus por toda graça, pelo processo e aprendizado percorrido durante essa etapa de minha vida e, principalmente, por nunca ter me deixado sozinha. Assim como fala em Josué capítulo 1 versículo 5 *“ninguém resistirá a você todos os dias de sua vida, assim como estive com Moisés, estarei com você, nunca o deixarei, nunca abandonarei.”*

Por seguinte, agradeço a toda minha família pelo apoio e esforço em especial da minha mãe Ivone Macedo de Miranda Cunha e do meu pai Raimundo Nonato Cunha Silva que nunca me deixaram pensar em desistir mesmo com todas as dificuldades encontradas no meio do caminho, sempre buscavam ter uma solução e fizeram de tudo para que eu possa ter essa oportunidade de estar concluindo um ensino superior, amo muito vocês dois. Obrigada a minha tia Janete Macedo de Miranda por ter aberto as portas de sua casa para eu morar durante esses 3 anos de estudo.

Além disso, sou muito grata ao professor e orientador Wilson Seraine da Silva Filho por ter me ajudado não só com o trabalho de conclusão do curso, mas também por ter me levantado, incentivado e “puxado minha orelha” em um momento muito difícil para mim durante o curso, e como o senhor fala: nada é impossível, só tem que sentar a bunda na cadeira e estudar. Quero agradecer também a minha co-orientadora Aurilene Araujo pela incrível ajuda, paciência e incentivo na construção do meu trabalho, acredito que sem você teria sido bem mais difícil ter concluído ele e como diz “vai dar certo, já deu certo”.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a mim mesma por não ter desistido, e ter superado muitas batalhas de certa forma com a cabeça erguida e focada no que eu quero. Obrigada também a todos os meus amigos em especial “a minha pessoa” que sempre esteve ao meu lado, aconselhando, ajudando, e cuidando de mim; à panelinha dos 6 pelos momentos de descontração, mas, principalmente, pela empatia que temos entre nós; à Noêmia por ter me tirado do sufoco várias vezes, e aos meus dois irmãos de 2018, que sempre que eu precisava, estavam ali para ajudar.

Obrigada!

RESUMO

Introdução:

O presente estudo discorre sobre a Medicina Nuclear que é uma área da Radiologia que utiliza radiofármacos e equipamentos como a GAMA CÂMARA, SPECT, E O PET/CT, que obtém melhores imagens da funcionalidade do organismo para diagnosticar e tratar diversas doenças, sobretudo, as cancerígenas. **Objetivo:** averiguar a distribuição dos serviços de medicina nuclear e os tipos de equipamentos usados nas instalações da região Nordeste comparando-a com as demais regiões; específicos: verificar se a quantidade de serviços ofertados está de acordo com a demanda de cada Estado; comparar os resultados da região pesquisada com as demais do Brasil. **Metodologia:** Este trabalho consistiu em uma pesquisa descritiva baseada em levantamento de dados e sua análise através de tabelas, gráficos visando a compreensão do estudo realizado, bem como, pesquisou-se dados no site da Comissão de Energia Nuclear (CNEN) sobre todas as instalações que estão autorizadas a realizarem serviços nesse setor, separadas por região, com ênfase no Nordeste em que foi feita uma divisão por Estado para visualizar a distribuição desses serviços no quesito regional e estadual. **Resultados:** de acordo com os dados analisados no período da pesquisa no site da Comissão Nacional de Energia Nuclear, a quantidade de instalações no Brasil de medicina nuclear autorizadas pela CNEN era em torno de 484, sendo que destas um pouco mais que a metade se encontrava na região sudeste, e apenas 15,5% estava localizado na região nordeste, em que de acordo com o DATASUS no ano de 2021 existia em média 125 equipamento gama câmara sendo utilizados, além disso foi possível verificar que três estados do nordeste não possuem disponibilidade de atendimento pelo SUS com uso do equipamento PET/CT. **Conclusão:** a partir da pesquisa e resultados encontrados, foi constatado que a região nordeste tem uma quantidade de serviços de medicina nuclear inferior ao esperado comparado a demanda populacional do local, e inferior a outras regiões do Brasil, além de que não disponibiliza todos os serviços de medicina nuclear pelo SUS como é o caso do equipamento PET/CT, observando isso necessita-se de investimentos nessa especialidade tendo em vista os benefícios e impacto social que ela dispõe para as pessoas.

Palavras-chaves: Radiologia; Medicina Nuclear; Tratamento precoce.

ABSTRACT

Introduction:

The present study discusses Nuclear Medicine which is an area of Radiology that uses radiopharmaceuticals and equipment such as GAMA C MARA, SPECT, AND PET/CT, which obtain better images of the functionality of the body to diagnose and treat various diseases, especially cancer. **Objective:** To investigate the distribution of nuclear medicine services and the types of equipment used in the facilities of the Northeast region, comparing it with the other regions; specific: to verify whether the quantity of services offered is in accordance with the demand of each State; to compare the results of the researched region with the rest of Brazil. **Methodology:** This work consisted of a descriptive research based on data survey and its analysis through tables and graphs aiming at the understanding of the study carried out, as well as research on the site of the Nuclear Energy Commission (CNEN) on all facilities that are authorized to perform services in this sector, separated by region, with emphasis on the Northeast where a division by State was made to visualize the distribution of these services in the regional and state level. **Results:** according to the data analyzed during the research period on the site of the National Nuclear Energy Commission, the number of nuclear medicine facilities in Brazil authorized by CNEN was around 484, of which a little more than half were in the southeastern region and only 15.5% were located in the northeastern region, where according to DATASUS in 2021 there was an average of 125 gamma-camera equipment being used. furthermore, it was possible to verify that three northeastern states do not have availability of care through SUS with the use of PET/CT equipment. **Conclusion:** from the research and results found, it was found that the northeastern region has a quantity of nuclear medicine services lower than expected compared to the population demand of the place, and lower than other regions of Brazil, in addition to not provide all the services of nuclear medicine by SUS as is the case of PET/CT equipment, noting this requires investment in this specialty in view of the benefits and social impact that it provides for people.

Keywords: Radiology; Nuclear Medicine; Early Treatment.

LISTA DE FIGURAS

Imagem 01 - exemplificação dos radiofármacos usados em alguns órgãos do corpo Humano	16
Imagem 02: Equipamento de gama câmara	17
Imagem 03: Representação do arco 180° de um spect	19
Imagem 04: Equipamento de spect de uma cabeça com giro de 360°	20
Imagem 05: Equipamento de spect de 3 cabeças com giro de 360°	19
Imagem 06: Exemplo do equipamento PET/ CT	20
Imagem 07: Cintilografias obtida pelo equipamento de PET/CT	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Exemplificação dos radiofármacos usados em alguns órgãos do corpo Humano	16
Tabela 02: Exemplos de radiofármacos específicos e suas aplicações.	17
Tabela 03: Alguns radiofármacos usados na terapia da medicina nuclear.	18
Tabela 04: Exemplo de alguns radiofármacos usados no equipamento PET.	19
Tabela 05: Estados da região Nordeste que possuem estabelecimentos com equipamento PET com atendimento pelo SUS	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	08
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3 REVISÃO DA LITERATURA	11
3.1 Os Avanços Na Medicina Nuclear	11
3.2 Radiofármacos	12
3.3 Tipos De Equipamentos Utilizados Na MN	18
3.4 A História da medicina nuclear no Brasil	26
4 METODOLOGIA	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A medicina nuclear é uma área da radiologia em que se realizam exames diagnósticos e tratamentos terapêuticos por meio da união de radioisótopos e fármacos (ALMEIDA, 2009). Ela também é considerada multidisciplinar, com desenvolvimento e utilização de instrumentos e produtos radiofarmacêuticos para estudar processos fisiológicos e para diagnosticar e tratar doenças de forma não invasiva (NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US) AND INSTITUTE OF MEDICINE (US) COMMITTEE ON STATE OF THE SCIENCE OF NUCLEAR MEDICINE, 2007, tradução nossa). Dentre os métodos de diagnósticos, ela se tornou destaque por ser uma especialidade menos invasiva que possibilita melhor visualização da funcionalidade tecidual do organismo, por ser importante na identificação de doenças precoces, de seu local e de sua gravidade, através da análise das interações dos radiofármacos no meio administrado. (PISCO, 2010).

Essas interações são observadas mediante o mapeamento feito pelos equipamentos como de Gama câmara ou os tomógrafos por emissão de pósitron (PET) que detectam as emissões de radiações eletromagnéticas, pósitrons, ou de partículas dos radionuclídeos (POZZO, 2014).

Atualmente, este setor possui em torno de 484 instalações de medicina nuclear autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) que estão funcionando no país (CNEN, 2021). Todas regularizadas e seguindo as regras da organização da CNEN, como a norma NN 6.02 que trata sobre os requisitos que as instituições que trabalham com materiais radioativos devem ter para ser uma organização licenciada; bem como a norma NN 3.05 que trata dos métodos de Radioproteção e segurança exigidos nos locais onde funcionam as atividades de medicina nuclear para que exerçam de acordo com o estabelecido pela CNEN.

Além da atenção às normas supracitadas, para que haja instalação de medicina nuclear, também se faz necessário o pagamento de taxa conforme institui a lei nº 9.765 de 17 de novembro de 1998, que fala sobre o licenciamento, controle e fiscalização das instalações nucleares, seus resíduos e materiais utilizados onde todos os serviços licenciados pagam a taxa proposta por essa lei, exceto hospitais públicos que atendem

pelo SUS, institutos de pesquisas e desenvolvimento da área nuclear do programa de desenvolvimento de tecnologia nuclear, organizações militares, dentre outros.

Considerando os benefícios da medicina nuclear para a descoberta de doenças nos pacientes, surgiu o seguinte questionamento para a presente pesquisa: é suficiente o número de medicina nuclear presente nos Estados do Nordeste em relação ao restante do país?

O interesse por essa temática se justifica em virtude dos benefícios dessa medicina para a descoberta e tratamento de doenças de forma precoce, como também, o fato de que a sua instalação traz grandes benefícios para o desenvolvimento da área da saúde e, por conseguinte, da economia na região Nordeste. Por isso, é de suma importância se ter conhecimento se a quantidade de instalações disponíveis está sendo suficiente para atender a população regional, se necessita de mais investimentos na área.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram divididos em geral e específicos.

2.1 Objetivo geral

- averiguar a distribuição dos serviços de medicina nuclear e os tipos de equipamentos usados nas instalações da região Nordeste.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar se a quantidade de serviços ofertados está de acordo com a demanda de cada Estado;
- comparar os resultados da região pesquisada com as demais do Brasil.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Os Avanços Na Medicina Nuclear

Os elementos radioativos já foram muito usados como meios de atingir negativamente a saúde das pessoas, como foi no caso da segunda guerra mundial em que o uso de bombas atômicas disseminaram muitas vidas nas cidades japonesas Hiroshima e Nagasaki. Porém, a radiação atualmente está sendo voltada para o outro objetivo, que é em favor da saúde, sendo usada na medicina do diagnóstico e tratamento de doenças como o câncer, ou seja, salvando vidas (LEAL *et al*, 2019).

Consequentemente, os avanços tecnológicos na área da saúde para a descoberta e o tratamento de enfermidades com a utilização da medicina nuclear vem chamando atenção pelo diagnóstico obtido nas imagens de cintilografias e tratamento de forma menos invasivo, sobretudo, em patologias como câncer de próstata, mama, pulmonar, de tireóide, metástase ósseas, entre outros tipos, além de diagnósticos de doenças cardíacas, do aparelho urinário, digestivo, doenças cerebrovasculares e muitas outras não citadas (PISCO, 2010).

O diferencial dessa tecnologia na área da saúde tem sido a sua formação de imagem, tendo em vista que, até então, as imagens radiológicas eram voltadas apenas para a anatomia do corpo humano, ou seja, só era possível ver ou diagnosticar algumas alterações da anatomia, frequentemente, em um estágio mais avançado. Por sua vez, a medicina nuclear consegue detectar de forma precoce se tecido possui alguma mudança ainda no período celular, como por exemplo, a multiplicação das células cancerígenas. Mais atualmente já conseguimos juntar as duas imagens de tomografia e cintilografia, obtendo assim uma imagem anatômica com a funcionalidade do local que é obtido a partir do equipamento PET/CT (NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US) AND INSTITUTE OF MEDICINE (US) COMMITTEE ON STATE OF THE SCIENCE OF NUCLEAR MEDICINE, 2007).

Assim, as empresas, instituições, organizações que buscam o desenvolvimento científico na área têm focado nos avanços em novos equipamentos ou melhoria dos que já existem, como também, nos novos tipos de radiofármacos para

os dois ramos, tanto de diagnóstico quanto para terapia. Além disso, é importante enfatizar que a construção de ciclotrons, reatores que ajudam na produção de radiofármacos, pode ser considerada um avanço e um grande investimento na medicina nuclear, principalmente, para aqueles que produzem radiofármaco com meia vida curta - sendo em média 2 horas - facilitando, assim, o acesso e a logística para obter esse produto da radiofarmácia, além dos centros de distribuição que já existem (VAZ; OLIVEIRA, 2020).

Segundo a World Nuclear Association, com dados até abril de 2022, a medicina nuclear está realizando em torno de 40 milhões de procedimentos por ano. Salienta-se, ainda, que a busca por radiofármaco tem crescido em média 5% ao ano e que esses elementos vêm sendo usados em cerca de 10.000 hospitais no mundo com sua maioria para fins de diagnóstico e o radioisótopo mais usado por esses hospitais têm sido o Tc99m.

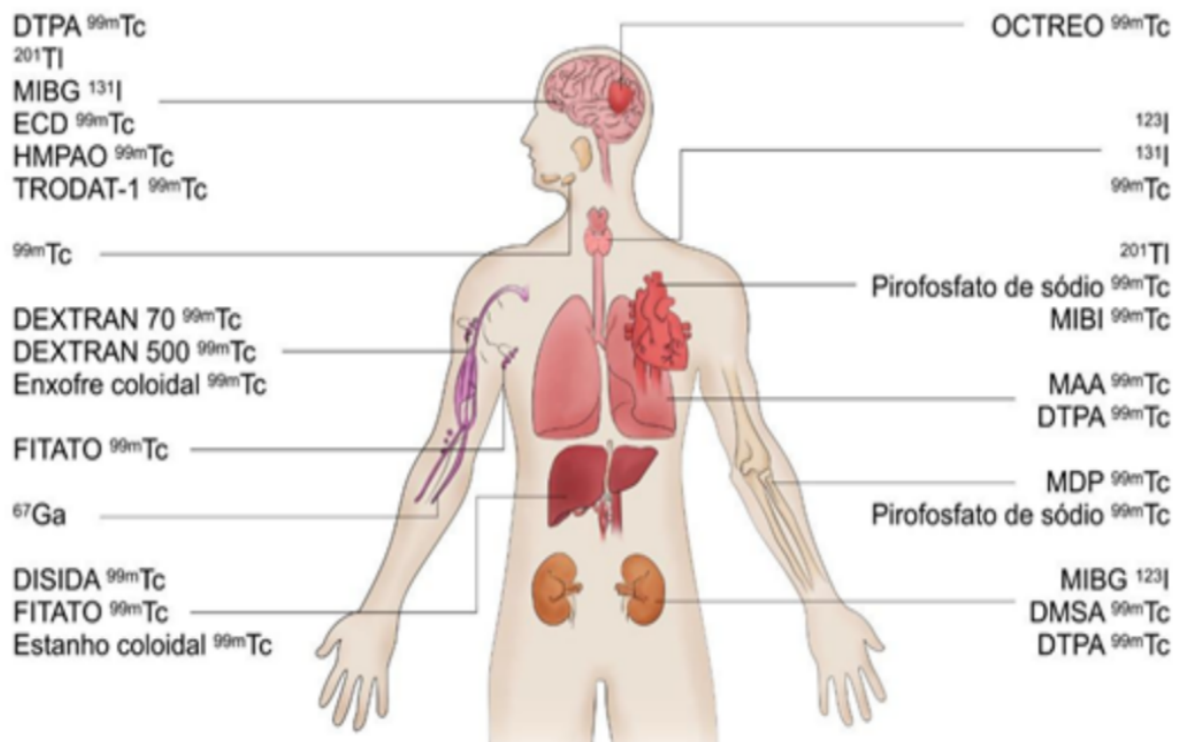
Ainda de acordo com a referida Associação, a medicina nuclear tem se tornado uma área de interesse para muitos cientista e pesquisadores, destacando que dentre os ganhadores dos prêmio Nobel, 5 estão relacionadas aos radiofármacos que é o produto essencial para a medicina nuclear (WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, 2022).

3.2 Radiofármacos

Os radiofármacos são compostos formados por um elemento não radioativo e outro radioativo. O primeiro possui a função de traçar o caminho, ser o carregador do radionuclídeo até o local que possui uma ligação celular e mais afinidade. Logo que esses dois componentes estão no tecido/ órgão é possível visualizar sua interação naquele local através da radiação emitida pelo radioisótopo, formando a imagem de cintilografia (DUARES, 2015). No segundo elemento, temos os radioativos chamados de radionuclídeos que são elementos instáveis que emitem radiação por meio do decaimento até encontrar sua estabilidade, onde podem emitir radiação beta, gama ou alfa, com isso, irá chegar a outro elemento que é o radioisótopo (CAMOZZATO, 2020).

Como exemplo disso, temos o tecnécio-99m que em conjunto com outro elemento a base de fosfato que será o traçador que o levará esse radioisótopo até o tecido ósseo, além disso o tecnécio -99m é muito usado para várias outras especialidades do corpo humano além do tecido ósseo (OLIVEIRA et al, 2009). A imagem abaixo mostra o exemplo de ligação entre alguns elementos radioativos e os fármacos para alguns órgãos.

Imagem 1 - Exemplificação dos radiofármacos usados em alguns órgãos do corpo humano.



FONTE: DARROW, P; MEDEIROS, C (2019)

Esses produtos da radiofarmácia nomeados de radiofármacos são fundamentais na medicina nuclear, onde são divididos entre os para diagnóstico e os para terapia (Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo, 2019). Dentre os radiofármacos para diagnóstico, há os que possuem uma subdivisão que são os

radiofármacos de perfusão (primeira geração) e os radiofármacos específicos (segunda geração) (OLIVEIRA *et al.*, 2006). Esses mesmos autores ainda afirmam que:

Os radiofármacos de perfusão são transportados no sangue e atingem o órgão alvo na proporção do fluxo sanguíneo. Não têm locais específicos de ligação e pensa-se que são distribuídos de acordo com tamanho e carga do composto. Os radiofármacos específicos são direcionados por moléculas biologicamente ativas, como, por exemplo, anticorpos e peptídeos, que se ligam a receptores celulares ou são transportados para o interior de determinadas células. A capacidade da biomolécula reconhecer os receptores vai determinar a fixação do radiofármaco no tecido pretendido e não deverá ser alterada com a incorporação do radionuclídeo. (OLIVEIRA *et al.*, 2006, [s. p.]).

Nas tabelas 1 e 2 podem ser observados alguns exemplos de radiofármacos de perfusão e específicos com suas aplicações.

Tabela 1: Alguns exemplos de radiofármacos de perfusão e suas aplicações

RADIOFÁRMACO DE PERFUSÃO	ESPECIALIDADE	APLICABILIDADE
99mTc-Pertecnetato de sódio		
131 I-iodeto de sódio	Agentes da tiróide	Carcinoma da tiróide e metástases e hipertireoidismo
123 I iodeto de sódio		
99mTc-HMPAO		Avaliação da função cerebral;
99mTc-ECD	Agentes cerebrais	Sequelas de trombose;
111In-DTPA		Estudo do líquido cefalorraquidiano.
99mTc-Sestamibe		Avaliação e localização da isquemia e necrose tecidual;
99mTc-Tetrofosmina	Agentes cardíacos	no enfarte do miocárdio;
99mTc-Q12		Estudo de perfusão do miocárdio.
67Ga-citrato de gálio		doença de Hodgkin, linfomas, tumor dos pulmões e

18F-FDG	Agentes tumorais	melanoma. Localização de doença inflamatória aguda e infecções.
		Tumores da cabeça e pescoço, linfoma.
99mTc-lidofenina (TechneScan®)		Avaliação da função hepática, ductos e vesícula biliar;
99mTc-mebrofenina (Choletec®)	Agentes hepatobiliares	Avaliação da função hepatobiliar.
99mTc-desofenina (Hepatolite®)		
99mTc-glico-heptonato	Agentes renais	Morfologia e função renal;
99mTc-DMSA		Morfologia renal, avaliação do fluxo renal e taxa de filtração glomerular.
99mTc-MAG3		Deteção de lesões cerebrais vasculares e neoplásicas.
99mTc-MDP		Deteção de osteogênese alterada e metástases de tumor pulmonar,
99mTc-HDP	Agentes ósseos	mama e próstata.
99mTc-MAA		
	Agentes pulmonares	Avaliação da circulação pulmonar. Avaliação do sistema circulatório.
99mTc-RBC		Avaliação do pool sanguíneo, estudo do funcionamento ventricular, detecção
99mTc-leucócitos	Agentes hematológicos	de hemorragias, estudo do baço;
99mTc-plaquetas		Localização de infecção e inflamação;
		Deteção de trombose venosa.

Fonte: Adaptação de (OLIVEIRA et al, 2006).

Tabela 2: Exemplos de radiofármacos específicos e suas aplicações.

RADIOFÁRMACO ESPECÍFICO	ESPECIALIDADE	APLICABILIDADE
¹¹¹ In-pentetreotida		Tumores neuroendócrinos e metástases, como gastrinoma, neuroblastoma, a-
^{99m} Tc-P829	Receptores da somatostatina	Denoma da pituitária, carcinoma medular da tireóide; Tumor do pulmão.
^{99m} Tc-TRODAT-1	Receptores do SNC	Doença de Parkinson e esquizofrenia.
¹³¹ I-NP-59	Receptores das LDL	estudo de doenças das glândulas adrenais
¹³¹ I ou ¹²³ I -MIBG	Receptores adrenérgicos pré-sinápticos.	Tumores neuroendócrinos, feocromocitoma e neuroblastoma.
^{99m} Tc-P280	Agentes tromboembólicos	Deteção de trombos arteriais e venosos
^{99m} Tc-arcitumomabe		Carcinoma do cólon e reto e metástases;
^{99m} Tc-nofetumomabe	Anticorpos monoclonais	Tumor de pequenas células pulmonares;
¹¹¹ In-satumomabe pendetida		Tumor colorretal e dos ovários.

Fonte: adaptação: (OLIVEIRA et al,2006).

Já nos radiofármacos voltados para terapia dos pacientes, são indicados os com radionuclídeos emissores de partículas ionizantes, como por exemplo, a partícula *beta*, pois sua dose tem uniformidade melhor que as demais. A radiação *alfa* também pode ser usada, porém, normalmente os radionuclídeos que emitem essa partícula possuem uma meia vida muito alta, não sendo o ideal para o paciente, pois, terá uma dose de radiação maior; assim como os emissores de radiação *gama* que costumam dar uma dose mais alta que as de partículas ionizantes nas terapia, mas também podem ser utilizadas depois de avaliar o custo benefício para o paciente. Esse tipo de tratamento pode ser obtido pelo equipamento SPECT que capta fóton de radiação gama ou pelo PET com capacidade de captar apenas emissores de pósitron (OLIVEIRA et al,2006).

Abaixo é possível observar a relação de alguns radiofármacos usados na terapia da medicina nuclear.

Tabela 3 - Alguns radiofármacos usados na terapia da medicina nuclear.

RADIOFÁRMACO	ESPECIALIDADE	APLICABILIDADE
131I-iodeto de sódio	Agentes da tiróide	Tratamento do hipertiroidismo e carcinoma papilar e folicular da tiróide.
32P-fosfato de cromo coloidal	Agentes tumorais de cavidades	Tratamento de metástases intraperitoneais, como tumor dos ovários, renal, gastrointestinal.
32P-ortofosfato de sódio		
89Sr-cloreto	Agentes tumorais ósseos	Tratamento paliativo da dor nas metástases ósseas.
153Sm-EDTMP		
131I-MIBG		Tratamento de tumores neuroendócrinos como o neuroblastoma ou feocromocitoma.
90Y-DOTA-Tyr3 -octreotideo	Agentes neurotumoriais	
90Y-DOTA-lanreotideo		
131I-anticorpo anti-B1		
90Y-MX-DTPA-anticorpo anti-B1	Radioimunoterapia	Tratamento do linfoma não-Hodgkin.

Fonte: adaptação de (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Tabela 4: Exemplo de alguns radiofármacos usados no equipamento PET.

Radiofármaco	Principais aplicações
FDG-F18 (flourdexoglicose)	Oncologia, neurologia e cardiologia
Floureto-F18	Oncologia (metástases ósseas e tumores osteoblásticos)
Acetato-C11	Cardiologia e oncologia (tumores de próstata)
FLT-F18 (fludesoxitimidina)	Reflete a atividade de timidina quinase
DOTATOC-Ga-68	Oncologia (tumores neuroendócrinos)

FONTE: MENEZES (2015).

Visto isso, o profissional deve levar em consideração, antes da administração deste produto da radiofarmácia no paciente, características como o tipo de exame realizado (diagnóstico ou terapêutico) o tempo de meia vida que o radionuclídeo possui, o tipo de radiação que ele irá emitir e se o fármaco (carregador) está de acordo com a região de análise do paciente, além de saber qual a categoria o radiofármaco se encontra (CONSELHO REGIONAL DE FARMÁCIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019). Ainda se faz importante observar que de acordo com a organização mundial da saúde existem 4 categorias de radiofármacos, são elas:

- 1 produtos radioativos prontos para uso;
2. geradores de radionuclídeos;
3. componentes não radioativos (reagentes liofilizados) para preparação de compostos marcados com elementos radioativos (normalmente o eluato provindo de um gerador de radionuclídeos);
4. precursores utilizados para marcação de outras substâncias antes da administração, como por exemplo, amostras provenientes do paciente. (CONSELHO REGIONAL DE FARMÁCIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019, [s. p.]).

3.3 Tipos De Equipamentos Utilizados Na MN

As imagens de cintilografias são observada e geradas mediante o mapeamento feito pelos equipamentos como de Gama câmara; SPECT, tomógrafos por emissão de pósitron (PET), que detectam as emissões de radiações eletromagnéticas, pósitrons, ou de partículas dos radionuclídeos (POZZO, 2014).

3.3.1 Gama câmara

O equipamento Gama Câmara é responsável pela detecção e formação de imagem, sendo composto por colimadores, cristais de cintilação, fotomultiplicadoras e sistemas eletrônicos. Os colimadores ao receberem a radiação, deixam-na de forma mais filtrada, que por sua vez, entram em contato com os cristais de cintilação que, ao brilharem, produzem uma luz ultravioleta que chegará nas fotomultiplicadoras e estas ajudarão no caminho final para que a essa luz chegue nos sistemas eletrônicos para ser transformada em pulso elétrico e, por fim, em imagem digital (CAMOZZATO, 2020).

Todos esses componentes citados acima se encontram nos chamados detectores da câmara de cintilação. Vale ressaltar que os colimadores possuem uma característica muito importante que deve ser observada pelo profissional ao operar a máquina, os chamados tipos de colimadores de acordo com a quantidade energética do radioisótopo usado, sendo ele o de baixa energia como o ^{99m}Tc ou, por exemplo, o de alta energia como o ^{131}I . É importante enfatizar que o uso incorreto dessas substâncias pode prejudicar a imagem obtida no exame. (DARROW,P; MEDEIROS, C, 2019).

A câmara de cintilação tem sido muito utilizada no diagnóstico de várias patologias, como isquemia miocárdica, demências, epilepsia, metástases ósseas, infecções ósseas e oncológicas, câncer de tireoide, lesões hepáticas entre várias outras. Foi um dos primeiros equipamentos a surgir na medicina nuclear e ganhou espaço no mercado assim como os outros equipamentos de medicina nuclear que foram surgindo por conta das suas imagens funcionais do organismo do paciente. (HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UNICAMP, 2010).

Imagem 2 - Equipamento de gama câmara



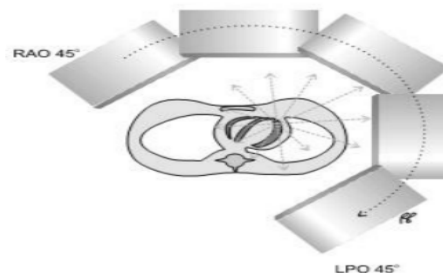
Fonte: HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UNICAMP (2010).

3.3.2 SPECT

As câmaras de cintilação no modelo convencional produzem imagens planares estáticas, porém, com os avanços da tecnologia na área, pensou-se em um equipamento dois em um, que é a Spect - uma tomografia por emissão de fótons, normalmente o da radiação gama, caracterizado por ter um formato de imagem multiplanar em cortes axiais, sagitais, e coronais, que são produzidos a partir da aquisição da imagem por meio da reformatação (AIRES, 2020)

Com isso, o que irá mudar no método de aquisição de imagem desse equipamento será a movimentação dos detectores localizados na cabeça do Spect, que irão girar em torno do paciente para assim obter uma imagem com volume tridimensional. que são adquiridos por rotações dos arcos em 180° muito usado para órgãos que se localizam de um lado só do corpo, tendo como resultado uma média de 32 a 64 projeções de imagem. O outro tipo possui um formato de giro de 360° , sendo utilizado para a maioria dos exames sem restrição ou indicação para órgão de unilateral ou bilateral, produzindo um total de 64 a 128 projeções de imagem (REIS, 2012).

Imagem 3: Representação do arco 180° de um spect.

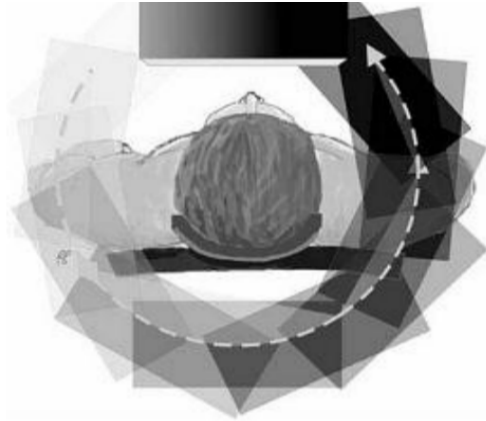


Fonte: : Powsner e Powsner (1998).

Uma situação em comum entre o modelo convencional e o Spect é que os dois podem ter equipamento com mais de uma cabeça, o que irá mudar é o movimento,

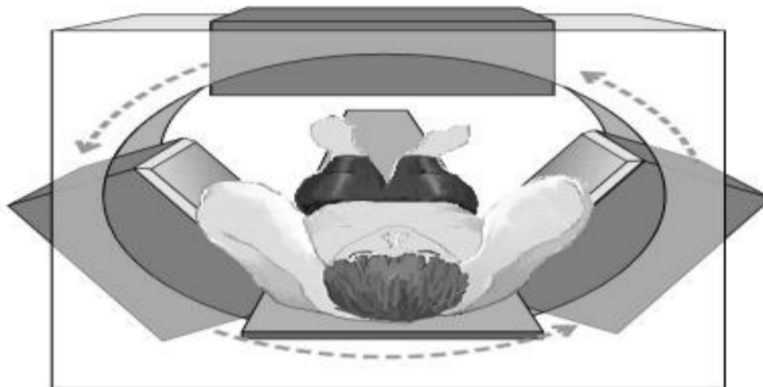
pois as que são fixas não conseguem girar em torno do paciente, ao contrário das ajustáveis, e as que vem própria para fazer esse giro (MATTOS, 2009).

imagem 4: Equipamento de spect de uma cabeça com giro de 360°



Fonte: : Powsner e Powsner, (1998)

Imagem 5: Equipamento de spect de 3 cabeças com giro de 360°



Fonte: : Powsner e Powsner, (1998)

3.3.3 PET

O pet é um tipo de equipamento chamado de tomógrafo por emissão de pósitron. A diferença deste equipamento para os outros citados é o fato dele captar apenas radioisótopos emissores desta partícula (positron). Atualmente existe um novo modelo nomeado de pet/ct que por sua vez possui, uma aquisição de imagem de forma dual, pois neste equipamento de cintilografia pet é acoplado uma tomografia helicoidal onde o paciente em um único exame terá, uma imagem de cintilografia e outra imagem tomográfica que serão fusionadas em uma só, obtendo, assim, tanto a precisão da funcionalidade dos pet quanto a visão anatômica e a qualidade de resolução que uma tomografia helicoidal possui.(CAMARGO, 2005).

Imagem 6: Exemplo do equipamento PET/ CT



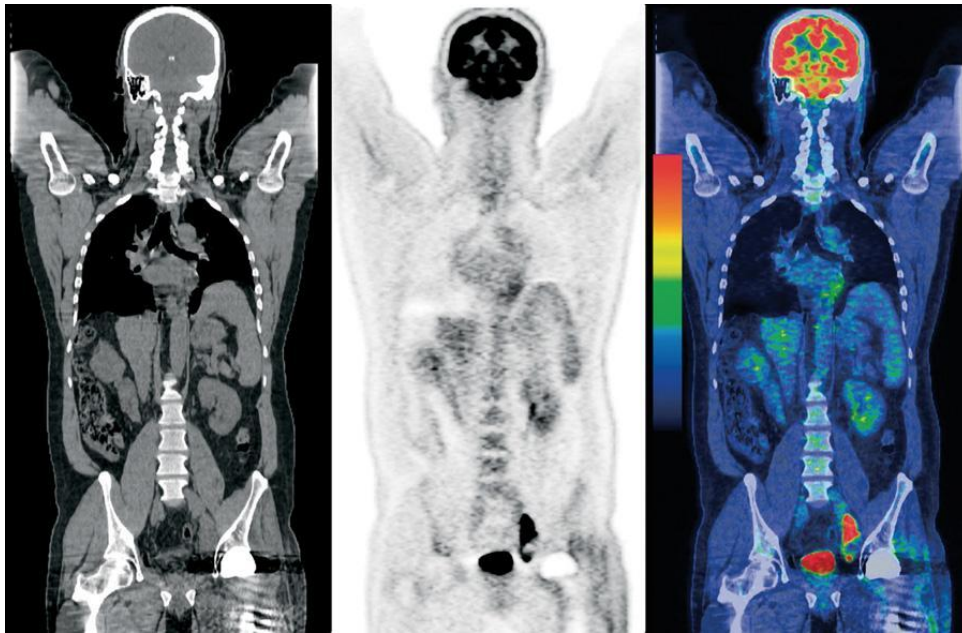
FONTE : SONIMAGEM DIAGNOSTICO POR IMAGEM (2022).

Segundo MENEZES (2015) uma das características importantes para um exame com PET é o radioisótopo que emite pósitrons que funciona da seguinte maneira:

O pósitron é emitido quando um átomo tem excesso de prótons, tornando se

instável. Para se tornar estável este átomo, transforma um próton em um nêutron que emite um antineutrino e uma partícula chamada de pósitron. Logo após ser emitido, o pósitron se aniquila com um elétron onde são gerados dois raios gama de 511 keV que viajam em direções opostas. Assim, detectores de cintilação são colocados em frente à fonte de emissão de pósitrons, que resulta na detecção de um evento de coincidência, que localiza um evento aniquilação em algum lugar ao longo da linha de resposta que une os dois detectores. (MENEZES, 2015, [s. p.]).

Imagem 7: Cintilografias obtida pelo equipamento de PET/CT



FONTE: SONIMAGEM DIAGNOSTICO POR IMAGEM (2022).

A Imagem acima mostra três cintilografias feitas pelo equipamento pet/ ct por meio do radiofármaco FDG. A primeira, à esquerda, se visualiza uma imagem anatômica através da tomografia helicoidal acoplada ao paciente; a segunda imagem representa uma cintilografia pet mostrando a funcionalidade; e a terceira temos a fusão das duas imagens (SONIMAGEM DIAGNOSTICO POR IMAGEM, 2022).

A partir dos primeiros exames realizados, foi possível concluir que o equipamento PET CT tem muita importância para a oncologia, principalmente quando ele está associado ao uso do radiofármaco fluordesoxiglicose (FDG F18) (SOARES, 2010). Isso se dá em virtude de que se têm obtidos resultados como o diagnóstico de câncer de forma mais precisa e precoce, a diferenciação dos tumores entre maligno e

benigno, o grau de malignidade ou o seu estadiamento, as avaliações no pré, durante e pós tratamento oncológico, além do acompanhamento de casos de tumores recidivantes. Enfatiza-se, ainda, que um dos motivos para esse exame ter essa sensibilidade a esta patologia é o fato de que o radiofármaco citado acima associa a glicose do metabolismo a algum tipo de alteração, sendo, portanto, captada pelo equipamento (MENEZES, 2015). De forma mais específica:

O flúor 18 (F-18) é produzido em ciclotrons. Após a administração por via endovenosa o FDG-F18 é absorvido pelas células através de transportadores de glicose da membrana celular e, subsequentemente, incorporado pela via glicolítica normal. A concentração de glicose é proporcional ao consumo nos tecidos. O acréscimo deste consumo é característico dos principais cânceres e é, em parte relacionado com a superexpressão do transportador de glicose GLUT e o aumento da atividade de hexoquinase. O exame de FDG F18 utilizando equipamentos PET/CT (FDG-PET) é uma modalidade de diagnóstico por imagem sensível para detecção de neoplasias. (MENEZES, 2015)

Após a subutilização desse procedimento com esse radiofármaco no Brasil, os profissionais da Sociedade Brasileira de Biologia, Medicina Nuclear e Imagem Molecular (SBBMN) e a Sociedade Brasileira de Cancerologia (SBC), sabendo do benefício da modalidade, reuniram-se para fazer uma lista de recomendações clínicas para o uso do FDG-F18 com o PET/CT no Brasil, com objetivo de que possa ser indicado para mais pessoas e já começando a visualizar políticas públicas para acesso a esse método, onde, dentre as indicações clínicas feitas por esses profissionais, temos cânceres dos sistemas respiratório, digestório, cabeça e pescoço, mama, melanoma, nervoso, genitais, tireoide, linfoma, entre outros (SOARES, 2010). Também é importante destacar que:

As recomendações quanto ao uso da 18F-FDG PET/CT em oncologia foram estabelecidas mediante uma busca da melhor evidência clínica na literatura médica e categorizadas como: adequada (classe IA), aceitável (classe IB), auxiliar (classe IIA), ainda desconhecida (classe IIB) e desnecessária ou sem dados suficientes disponíveis (classe III) (1,2). Com o intuito de estabelecer uma lista de recomendações que representasse condições clínicas as quais o exame de 18F-FDG PET/CT pudesse agregar valores reais aos pacientes com redução de custos, ficou estabelecido que as classes IA e IB apresentam uma base sólida para a utilização da 18F-FDG PET/CT na prática médica. (SOARES, 2010)

Os primeiros equipamentos instalados no Brasil voltados para utilização do PET/CT foram no Estado de São Paulo, de forma privada, no ano de 2004. Logo em

seguida, mais dois equipamentos instalados em clínicas na região sudeste promoveram o início do investimento na área, porém, algumas situações promoveram obstáculos à difusão desse método pelo Brasil na época, visto que a produção e a comercialização do F-18 é de responsabilidade da CNEN, que possuía poucos locais de produção no país e em uma única região, que era o sudeste especificamente com o Instituto de Pesquisa em Energia Nuclear (IPEN/CNEN), em São Paulo e o Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/CNEN), no Rio de Janeiro, dificultando assim, o acesso a outros estados de outras regiões, pois, o tempo de meia vida do radioisótopo (F-18) em questão é de aproximadamente 2 horas fazendo com que a logística para se consumir esse produto em outros estados torne-se praticamente inviável atrasando assim o desenvolvimento da modalidade o país por completo. (ROBILOTTA, 2006).

3.4 A História da medicina nuclear no Brasil

Pode-se dizer que o início da medicina nuclear no Brasil se deu na década de 40 do século XX, através de pesquisas realizadas, pelo casal Ted Eston e Verônica Eston nos Estados Unidos sobre radioisótopos, e foi materializada no Brasil em 1949, com a criação do primeiro laboratório de Isótopos no país, que ficava nos departamentos da Universidade de São Paulo. (SBMN, 2021).

A princípio, os estudos eram voltados aos Radioisótopos e sua utilização na biologia e na medicina, feito que possibilitou o desenvolvimento e investimento na área, resultando em mais laboratórios e centros de medicina nuclear voltado ao meio clínico. (KARPOVAS, 2002). Por conseguinte, o primeiro serviço de medicina nuclear no Brasil foi instalado no ano de 1954 de forma privada. Mais adiante, em meados da década de 60, construiu-se o primeiro centro de medicina nuclear, com a realização de eventos, congressos, com o intuito de disseminar e alavancar essa área que estava surgindo aqui no Brasil e na América Latina como ocorreu no congresso internacional de 1966 ocorrido em Lima do Peru (SBMN, 2022).

Outros fatos importantes para o início desse método foi a criação de instituições e organizações como o Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares (IPEN) que foi fundado em 1956 para obter o reator IEA-R1 vindo ao Brasil através da iniciativa

átomos para a paz, que atualmente está localizado nas dependências da USP (Universidade de São Paulo). Ademais, a instituição foi se desenvolvendo e trabalhando com outros produtos e serviços da área nuclear como foi o caso dos radiofármacos construindo ciclotrons e irradiador de cobalto 60, que é o responsável pela fabricação de radiofármacos (TAUHATA,2014).

Ao longo dos anos, o IPEN se tornou referência no quesito produção de insumos, como os radioisótopos e serviços aqui no Brasil com valores de acordo com a economia do país, no qual veio se desenvolvendo e multiplicando as áreas de atuações em busca de novas tecnologias, e hoje trabalha com reatores nucleares, dosímetros, radioproteção, cursos de formação e extensão promovendo tanto a medicina nuclear quanto setores como biotecnologia, física nuclear, radioquímica, nanotecnologia e entre outras (IPEN, 2022). Esses fatores também contribuíram para a criação da Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear que tem como missão auxiliar na divulgação, promoção, na regulamentação entre outros fatores associados ao desenvolvimento da medicina nuclear. Essa instituição surgiu na década de 60 e funciona até a atualidade sendo uma das mais importantes para a área. (SBMN , 2022).

Outro exemplo de melhorias e novas tecnologias que o IPEN trouxe para o setor foram os guidelines que até a sua criação no ano de 2016 pela instituição, os profissionais tinham que procurar recursos nos protocolos internacionais, e agora possuem orientações, estudos, protocolos para cada exame no formato nacional (CAMOZZATO, 2020).

4 METODOLOGIA

Minayo (2009, p. 14) conceitua metodologia como sendo "o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem" norteando, assim, como o trabalho de pesquisa será realizado. Dessa forma, para se chegar ao almejado, este trabalho consistiu em uma pesquisa descritiva que se baseia em levantamento de dados e consiste em sua análise em tabelas, gráficos e resultados da melhor forma possível para a compreensão do estudo realizado (GERHARDT; SILVEIRA, 2009)

Foi realizada uma pesquisa no site da Comissão de Energia Nuclear (CNEN) sobre todas as instalações que estão autorizadas a realizar serviços no setor de medicina nuclear, onde foram separadas por região, com ênfase no Nordeste em que foi feita uma divisão por Estado para visualizar a distribuição desses serviços no quesito regional e estadual. Depois, foi feita a comparação entre a região Nordeste e as demais regiões do país, por conseguinte, foi separado uma amostra somente das instalações que atuam na região Nordeste e através dos dados dispostos no site da CNEN foram visto os tipos de radiofármacos que são usados nas clínicas, hospitais entre outros locais autorizados atualmente pela organização citada acima.

De acordo com Rabiollota (2006), existem radiofármacos específicos que são utilizados em equipamentos de tomógrafos por emissão de pósitron (PET) como o FDG-F 18 (fluordesoxiglicose), que por sua vez foi o tipo escolhido para conduzir essa parte da pesquisa, porque além dele ser um radiofármaco específico para esse tipo de equipamento, sua meia vida é bem pequena, de apenas 109 minutos, logo, pode se verificar também os locais que estão conseguindo realizar uma logística para utilizar esse radiofármaco. Sendo assim, foi possível verificar a quantidade de instalações autorizadas pela CNEN na região Nordeste que utilizam equipamentos de PET nos seus serviços com a aplicação desse radiofármaco.

O DATASUS também serviu-se como fonte de pesquisa, nele foram coletados dados do Sistema Único de Saúde, no tabulador Tabnet, nesta pesquisa foi utilizado dados do cadastro nacional de estabelecimentos de saúde do Brasil, referente aos

recursos físicos, selecionando os equipamentos como objetivo de pesquisa tendo como subgrupo os equipamentos de diagnóstico por imagem, no período de janeiro de 2021 à dezembro de 2021, selecionando o nordeste como região, e escolhido dois equipamentos específicos (Gama-câmara ou PET) para gerar os dados, em que foi escolhido cada equipamento por vez e visto o resultado para as três prerrogativas que são elas: os equipamentos existentes; os que estão em uso; e por fim os estabelecimento que possui equipamentos do SUS. Foi gerada uma tabela para cada equipamento com as três prerrogativas.

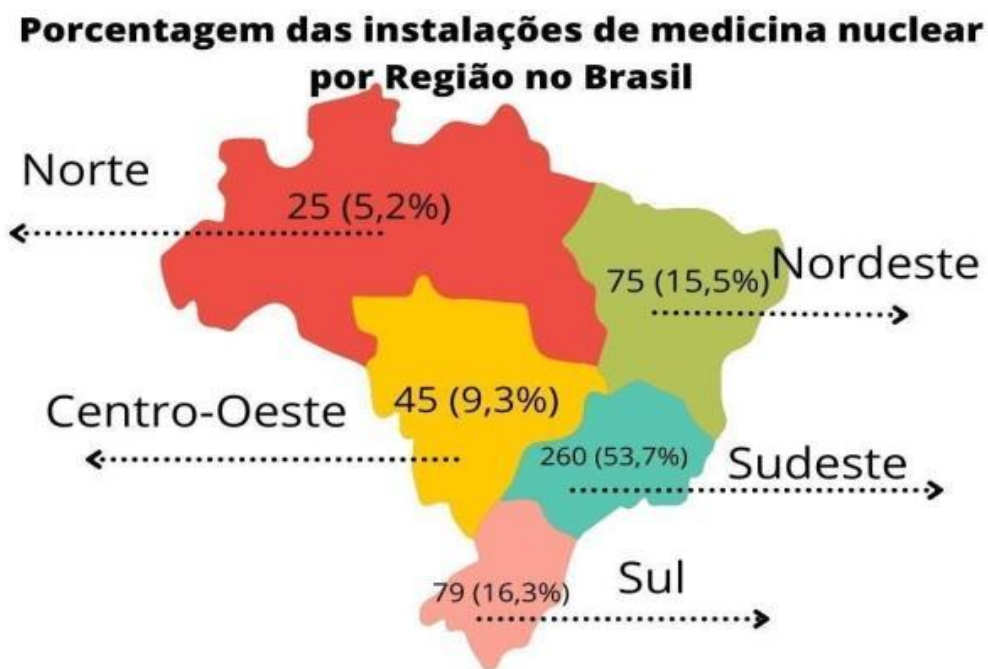
Todos esses dados do site da CNEN foram pesquisados até o dia 19 de janeiro de 2022 e armazenados em uma planilha de Excel, onde foram feitas as análises dos gráficos. e os dados coletados no site do DATASUS foram pesquisados até o dia 12 de fevereiro de 2022 e colhido a tabela que o próprio site disponibiliza, para a construção dos resultados da pesquisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise dos dados pesquisados no site da Comissão Nacional de Energia Nuclear, atualmente existe um total de 484 instalações autorizadas a realizar seus serviços. Para uma melhor visualização, foi feita a distribuição das instalações de medicina nuclear por cada região do Brasil, onde foi possível perceber uma maior concentração dos serviços de medicina nuclear na região Sudeste, que possui um total de 260 instalações autorizadas pela CNEN, o que equivale a mais de 50% dentre as outras regiões.

Ademais, notou-se que a região do Brasil com menor quantidade dos serviços é a Norte, com apenas 25 serviços disponíveis. O Nordeste, por sua vez, encontra-se na terceira posição entre as regiões com mais instalações, como pode ser observado no gráfico abaixo.

Gráfico 1: Quantidade de instalações de medicina nuclear em todo o país, por região.

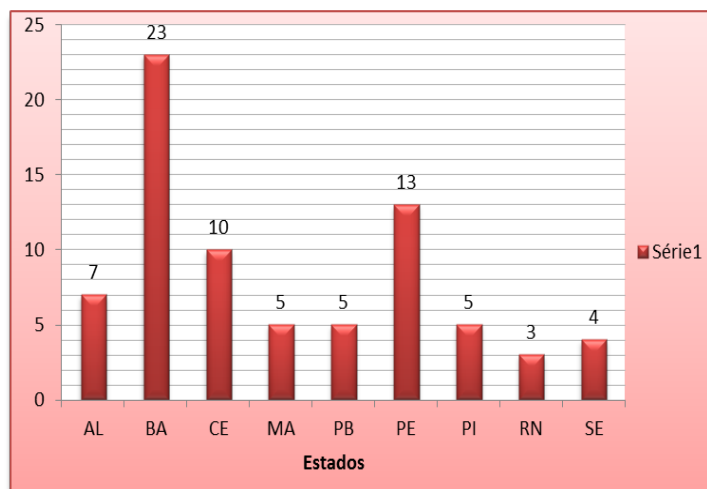


Fonte: Autor (2022)

Segundo o site do DATASUS, na pesquisa realizada pelo Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES sobre os recursos físicos do grupo de equipamento de diagnóstico por imagem, durante o ano de 2021 existia uma média de 128,5 equipamentos de gama câmara existentes na região Nordeste, sendo que a média dos equipamentos que estavam em uso durante o período foi de 125,25. ou seja dentre esses equipamento existente em torno de 3 não estava sendo utilizado. Ainda com os mesmos dados, foi possível verificar que dentre os meses de janeiro a dezembro de 2021 a média de estabelecimentos com equipamentos usados pelo SUS era de aproximadamente 60 estabelecimentos.

Após análise dos dados pesquisados no site da CNEN, foi possível verificar os valores apenas na região Nordeste, onde percebeu-se que , o Estado com mais instalações de medicina nuclear é a Bahia, com 23 (vinte e três) e em contrapartida, o Estado que tem menor quantidade de instalações autorizadas é o Rio Grande do Norte, 03 (três), o gráfico abaixo mostra a quantidade de instalações autorizadas em cada estado do nordeste no período da pesquisa.

Gráfico 2: Quantidade de instalações de medicina nuclear nos Estados do Nordeste.

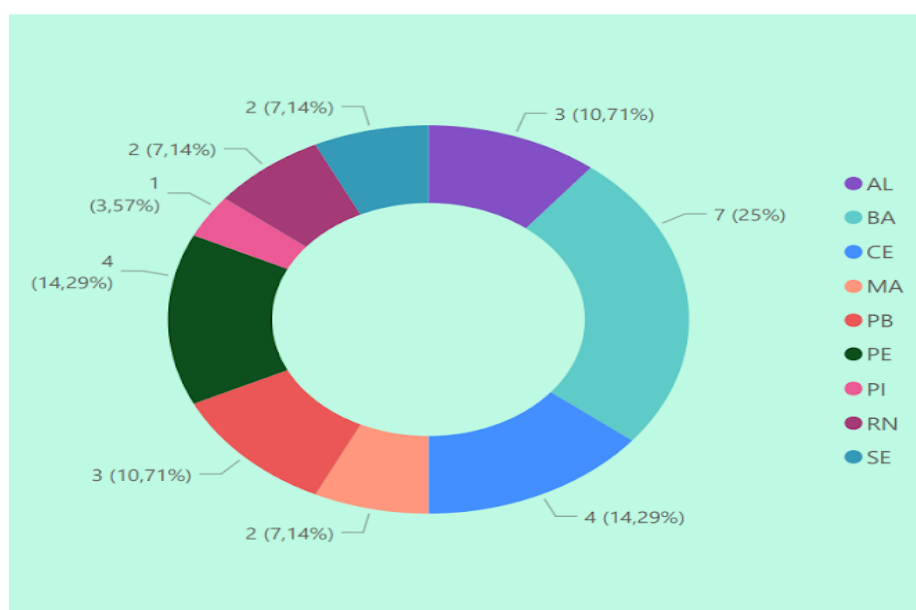


Fonte: Autor (2022)

Sabendo que o radiofármaco FDG-F 18 (fluordesoxiglicose) é de grande importância na realização de exames através da medicina nuclear, devido ser uma

substância essencial para a produção de exames por radiodiagnóstico e produzir imagens de alta qualidade nos equipamentos de tomógrafos por emissão de pósitrons (PET), principalmente para diagnóstico de metástases, pois, onde se visualiza o seu maior acúmulo significa que ali há uma grande probabilidade de possuir a presença de células cancerígenas. Diante da importância do uso dessa substância, foi visto que a quantidade de locais que trabalham com esse radiofármaco no Nordeste é pequena, como é o caso do Piauí com apenas uma instalação de medicina nuclear autorizada pela CNEN que utiliza o radiofármaco FDG-F 18, como mostra o gráfico abaixo.

Gráfico 3: Instalações que utilizam o radiofármaco FDG-F 18 (fluordesoxiglicose) nos Estados do Nordeste.



Fonte: Autor (2022)

Nesta pesquisa, foi observado que nem todos os Estados do Nordeste possuem instalações com tomógrafos por emissão de pósitrons (PET) que atendem pelo SUS, como é o caso dos seguintes estados, Piauí, Alagoas e Ceará, como mostra a tabela abaixo:

TABELA 5: Estados da região Nordeste que possuem estabelecimentos com

equipamento PET com atendimento pelo SUS

	Jan 21	Fev 21	Mar 21	Abr 21	Maio 21	Jun 21	Jul 21	Ago 21	Set 21	Out 21	Nov 21	Dez 21
Região Nordeste	15	15	15	15	15	14	15	15	15	15	15	15
Maranhão	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Rio Grande do Norte	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Paraíba	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
Pernambuco	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Sergipe	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bahia	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fonte: Ministério da Saúde-Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES (2022)

segundo a nota oficial do IPEN com dados fornecidos pela organização mundial de saúde sobre o número de equipamentos de PET/CT por habitantes no brasil no ano de 2015 foi de aproximadamente 0,5 equipamentos ´por milhão de habitantes,ou seja a cada um equipamento existem 2 milhões de pessoas para esse único tomógrafo por emissão de pósitron, sendo que de acordo com a organização das nações unidas o ideal seria no mínimo 1 equipamento por milhão de habitantes. (IPEN, 2016).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da medicina nuclear ter grande importância no diagnóstico e no tratamento de doenças, percebeu-se nesta pesquisa que ainda temos uma defasagem no acesso a essa especialidade na região Nordeste.

Como visto nos resultados, a quantidade de instalações autorizadas pela CNEN na região pesquisada é menor que a Sudeste e a Sul, ficando atrás desta última por apenas 4 instalações de diferença; convém ressaltar que a região nordeste possui o dobro do índice populacional do sul, o que torna mais agravante a disponibilidade dos serviços evidenciando o baixo investimento nessa importante área.

Com esta pesquisa também se percebeu a diminuta quantidade de instalações e serviços em medicina nuclear e, por consequência, do número de pessoas que têm acesso a eles, sendo área de referência para o diagnóstico por imagem e tratamento de patologias da tireóide e metástase ósseas entre outras. chama-se atenção maior para a baixa disposição de tomógrafos por emissão de pósitrons, que proporcionam exames de alta tecnologia e elevado valor diagnóstico, sobretudo em oncologia.

Ao se dificultar o acesso a maioria das pessoas que necessitam dos serviços de medicina nuclear, sobretudo via SUS, inviabiliza-se uma importante alternativa de diagnóstico precoce da medicina nuclear e de grande relevância para pacientes oncológicos, por se ofertar essa melhor relação custo-benefício ao seu tratamento.

também é importante assentir que o aumento do número de equipamentos e de estabelecimentos na área de medicina nuclear proporciona maior acesso, de forma menos centralizada e menos onerosa a população preterida, oportunizando-lhes diagnóstico e tratamento de suas necessidades em saúde.

Destarte, para que haja uma mudança nessa realidade, é relevante que sejam investidos recursos na divulgação da importância desse tipo de modalidade da medicina, que haja cobrança do poder público e incentivos fiscais para que o setor privado também tenha condições de fornecê-lo aos que necessitam dos benefícios dessa prática.

REFERÊNCIAS

AIRES, Pamella Feldhaus. **Desenvolvimento de um procedimento operacional padrão para teste de uniformidade intrínseca na gama câmara em serviços de medicina nuclear**. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1520/TCC%20Pamella%20Feldhaus%20Aires%20PDF.pdf?sequence=1>. Acesso em: 17 jun 2022

ALMEIDA, Rodrigo dos Santos. **Medicina nuclear: do surgimento à atualidade pela ótica dos radionuclídeos**. Orientador: Júlio Carlos Afonso. 2009. 72 p. Monografia (Licenciatura em Química), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. **Lei n. 9765, de 17 de dezembro de 1998**. Institui taxa de licenciamento, controle e fiscalização de materiais nucleares e radioativos e suas instalações. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9765.htm. Acesso em: 22 dezembro 2021.

BRASIL. Ministério da ciência, Tecnologia, inovações e Comunicações. CNEN. **Licenciamento das Instalações Radioativas**, 2020. Norma CNEN NN 6.02, Resolução CNEN 261/20. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-6/grupo-6-instalacoes-radioativas#3> . acesso em: 3 maio 2021.

BRASIL. Ministério da ciência, Tecnologia, inovações e Comunicações. CNEN. **Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de medicina nuclear**, 2013. Norma CNEN NN 3.05, Resolução CNEN 159/13. disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/grupo-3-protecao-radiologica#3> acesso em: 03 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. **Banco De Dados do Sistema Único De Saúde DATASUS, cadastro nacional de estabelecimento de atenção à saúde- CNES recursos físicos, equipamentos**. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?cnes/cnv/equipobr.def> acesso em: 12 fevereiro 2022.

BRASIL. Ministério da ciência, Tecnologia, inovações e Comunicações. CNEN. **Instalações autorizadas, medicina nuclear**. Disponível em: <http://antigo.cnen.gov.br/index.php/instalacoes-autorizadas-2> acesso em: 06 janeiro 2022.

CAMOZZATO, Tatiane Sabriela Cagol (org.). **Medicina nuclear na prática**. Florianópolis-SC: IFSC, 2020.

CAMARGO, Edwaldo E. Experiência inicial com PET/CT. **Radiologia Brasileira**. v. 38, n. 1, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-39842005000100001>>. Epub 22 Mar 2005. ISSN 1678-7099. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842005000100001>. Acesso em: 16 jun 2022.

DURAES, Robson Jose; ALMEIDA, Eliane Silva Ferreira; LACERDA, Kássio. RADIOFÁRMACOS. **Engenharias On-line**, v. 1, n. 1, p. 11-20, 2015.

FLÚOR-18 garante uso de tomógrafo. **Rev. Pesq.**, ed. 54, jun. 2000. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/fluor-18-garante-uso-de-tomografo/>. Acesso em: 06 janeiro 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES. **Organização do IPEN**. São Paulo: IPEN, 2022. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=6. Acesso em: 16 jun 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES. **Nota oficial: Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear manifesta indignação frente ao descaso com a medicina nuclear no país**. São Paulo: IPEN, 2016. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=40&campo=6045#:~:text=O%20Brasil%20possui%20hoje%20aproximadamente,n%C3%A3o%20plena%20no%20cen%C3%A1rio%20nacional. Acesso em : 21 jun 2022.

KARPOVAS, Luiz. História do Departamento de radiologia da FMUSP. **Rev. Med.** São Paulo, v. 81, p. 38-43, novembro de 2002.

LARDINOIS, Didier et al. Staging of non-small-cell lung cancer with integrated positron-emission tomography and computed tomography. **New England Journal of Medicine**, v. 348, n. 25, p. 2500-2507, 2003. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa022136>. Acesso em: 16 jun 2022.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio da pesquisa social. In: MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.); DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US) AND INSTITUTE OF MEDICINE (US) COMMITTEE ON STATE OF THE SCIENCE OF NUCLEAR MEDICINE. **Advancing nuclear medicine through innovation**. Washington: National Academic Press, 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.ez117.periodicos.capes.gov.br/books/NBK11474/>. Acesso em: 13 jun 2022.

PISCO, João Martins. **Radiologia e análise de imagens**. São Paulo: Rideel, 2010.

POZZO, Lorena *et al.* O SUS na medicina nuclear do Brasil: avaliação e comparação dos dados fornecidos pelo Datasus e CNEN. **Radiol. Bras.**, São Paulo, v. 47, n. 3, p. 141–148, Maio/junho, 2014.

RABILLOTA, Cecil Chow. A tomografia por emissão de positron: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. **Rev. Panam. Salud.** São Paulo, v. 20(2/3): p. 134–42, 2006.

RADIOISÓTOPOS em Medicina. [s. l.] World Nuclear Association, 2022. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/radioisotope-research/radioisotopes-in-medicine.aspx>. Acesso em: 16 jun 2022.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. A pesquisa científica. In: GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA NUCLEAR. **Medicina nuclear**. Disponível em: <https://sbmn.org.br/sobre-a-sbmn/quem-somos/historico/>. Acesso em: 30 maio 2021.

REIS, Ana Raquel Rocha. **Aquisição, processamento e análise de imagens de medicina nuclear**. 2012. Dissertação de Mestrado (Engenharia Biomédica e Biofísica)-Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/9242>

POWSNER, R.A.; POWSNER, E.R. **Essentials of Nuclear Medicine Physics**. Oxford: Blackwell Science, 1998.

OLIVEIRA, Rita et al. Radiopharmaceuticals and applications. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. 2006, v. 42, n. 2 , pp. 151-165. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-93322006000200002>. Acesso em: 16 jun 2022

SONIMAGEM. **PET/CT**. Fortaleza: Sonimagem, [202-]. Disponível em: <https://sonimagem.com.br/petct/>. Acesso em: 16 jun 2022.

SOARES JUNIOR, J *et al.* Lista de Recomendações do Exame PET/CT com 18F-FDG em Oncologia: Consenso entre a Sociedade Brasileira de Cancerologia e a Sociedade Brasileira de Biologia, Medicina Nuclear e Imagem Molecular. **Radiol Bras**. 2010, n. 43, v. 4, p. 255–259.

TAUHATA, L. et al. **Radioproteção e Dosimetria: fundamentos- 10ª revisão**. rio de janeiro: IRD/CNEN,2014.344p.

VAZ. S. C; OLIVEIRA, F.; HERRMANN, K.; VEIT-HAIBACH, P. Nuclear medicine and molecular imaging advances in the 21st century. **Br. J. Radiol.**, 2020.