

## CAPÍTULO 9

# AVALIAÇÃO NA ALOCAÇÃO EM REJEITO RADIOATIVO NA ÁREA DE MEDICINA NUCLEAR

---

Data de submissão: 19/03/2025

Data de aceite: 01/04/2025

### **Leandro Maciel Alves do Nascimento**

Centro Carioca de Diagnóstico e Tratamento por Imagem - CCDTI.  
Universidade Estácio De Sá  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro- UERJ. Fundação Educacional Unificada Caompograndense - FEUC-RJ  
Instituição de Ensino Superior – Medicina Nuclear e Radioterapia - UNYLEYA  
<http://lattes.cnpq.br/1738969586140698>

### **Idrissa Deme**

Instituto de Radioproteção e Dosimetria-IRD. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

### **Luciana Ferreira Gomes**

Centro de Imagem - Coordenação de Emergência Regional - CER do Hospital Municipal Albert Schweitzer - HMAS  
Universidade Nove de Julho - UNINOVE  
<http://lattes.cnpq.br/7208860075233708>

**RESUMO:** O foco mais importante será os rejeitos radioativos, a partir de uma coleta de dados, realizando um estudo de caso presencial, para uma pesquisa na instalação do setor de medicina nuclear no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF), onde foi coletada informações

do local de exames, na busca de saber a logística e o destino dos rejeitos nessa instituição, sendo relevante a importância de treinamentos para os funcionários que tem contatos com os rejeitos retirados das práticas ao fim dos procedimentos, para avaliar o contexto técnico na elaboração do fluxo dos rejeitos dos materiais radioativos utilizados. A proposta pelo assunto das radiações ionizantes também é o tema desse artigo, já que sem esses assuntos, não poderiam se encaixar em temas complexos como a radioatividade, os tempos de meias-vidas, e os funcionamentos dos dispositivos de detectores de radiação na busca de identificar a fonte, levando-se em consideração que ao decorrer dessas informações, faz-se necessário a compreensão dos funcionamentos dos detectores de radiação, para que essas aferições, forneça uma grande contribuição não só para a medicina nuclear, mas também há proteção radiológica no desempenho de qualquer área no que diz respeito às exposições com os diversos elementos radioativos. Preciso ainda estabelecer assuntos como os radionuclídeos, utilizados para os procedimentos dos exames, onde um dos mecanismos dessa produção em alguns dos elementos produzidos é o

aparelho ciclotron, mencionando ainda importantes instituições brasileira e internacional para esse tema como a International Commission on Radiological Protection (ICRP), a International Atomic Energy Agency (IAEA), a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e a Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para as instalações na medicina nuclear.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, com o crescimento populacional e com seus diferentes consumos, obrigaram as grandes usinas hidroelétricas, expandirem seus abastecimentos de energias elétrica, aliado a isso, o avanço da revolução industrial 1760 a 1840 fez ter uma rotina comportamental e natural para esse progresso. No entanto, não foi o suficiente, a humanidade faminta de sede por diferentes consumos, seja químico, tecnológico, eletrônicos, hospitalares, por mais produções de energia, no sistema bélicos, nos desejos políticos, econômicos, enfim, novas descobertas foram criadas, e as novas qualidades de vidas foram se apresentando proporcionado a humanidade mais conforto, e uma expectativa de vida maior, e com novas criações da indústria farmacêuticas, usinas nucleares, indústrias hospitalares, aeroespacial e marítimas, etc. dando inicio a Quinta Revolução Industrial ou Indústria 5.0 (GAMBOA, et all 2023)

Vale explicar, que paradoxalmente guerras entre nações, por mais destrutivas, e sangrenta que elas são, abstrai-se delas descobertas que podem mudar a trajetória comportamental da humanidade, em diferentes segmentos da sociedade, inclusive nas áreas médicas.

O preço para esses progressos veio com gigantescas quantidades de matérias radioativos utilizados e já consumidos por essa população, e para guardar esse lixo radioativo, é preciso se estabelecer uma complexa logística de locais para seus armazenamentos, documentações, liberação dos diferentes órgãos ambientais, com os devidos reconhecimentos dos órgãos nucleares nacionais e internacionais.

Com a descoberta do raios-x, a radioatividade se tornou conhecida mundialmente, onde foram inventados produtos para uso pessoal com essa nomenclatura, utilizadas em contatos direto com o corpo humano, apresentando assim doenças e óbitos aos indivíduos que se submeteram ao uso dessas práticas, no decorrer dessas linhas de produções industrializadas. No entanto, aprendemos muito com essas histórias trágicas, foram descartadas essas invenções indevidas, e a área médica foi a quem mais se favoreceu em termos de diagnósticos, e por fim, felizmente foi criado a proteção radiológica. (PACHECO, 2023)

Em Medicina Nuclear (MN), são utilizadas substâncias radioativas com fontes abertas ou seladas, para o tratamento terapêuticos em pacientes com câncer, e esses elementos que chamamos de radionuclídeos são produzidos de maneira segura e utilizando uma logística dinâmica entre seu preparo, o transporte com horário estabelecido com tempo exato na execução do exame, a introdução desse radio fármaco no paciente, sua excreção, local recolhido para esse descarte, e seu armazenamento.

Em condições normais, aqui no Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) estipula locais apropriados para depositar com segurança esses descartes radioativos, garantindo a fiscalização e as documentações apresentadas. No caso de uma instituição internacional, a International Commission on Radiological Protection (ICRP) recomenda seguir suas publicações para proteção radiológica em indivíduos ocupacionalmente exposto (IOE), e os indivíduos públicos, com uma finalidade de avaliar o contexto técnico na elaboração do fluxo dos rejeitos dos materiais radioativos em conformidade com a norma da CNEN – NE 6.05.

Para interpretarmos os conceitos de radionuclídeo e radiofármaco, é preciso compreender que os radionuclídeos são átomos isótopos radioativos, contendo excesso de prótons ou nêutrons os tornados instáveis e produzindo uma quantidade x de energia, já para os radiofármacos são os compostos químicos desenvolvido para o diagnóstico, onde na sua composição um determinado radionuclídeo será emitido como emissor de radiação gama ou pósitron como beta +. Sendo assim, existem vários radionuclídeos produzidos pelo equipamento ciclotron para produção dos elementos, com suas particularidades, suas físicas e suas dosimetrias.

Tecnécio-99m (Tc-99m) com sua energia emissora de radiação gama de 140 keV 4 × 106 becqueréis (Bq), com tempo de meia vida de 6 horas e sua atividade entre 185 e 370 MBq cerca de (3-5 mCi).

Flúor-18 (<sup>18</sup>F) onde tem uma energia máxima com emissor de pósitron de 0,634 MeV, com tempo de meia vida ≈ 20 min, e sua atividade é de 20 Ci/μmol cerca de 740 MBq/μmol.

Criptônio-81m (Kr-8m) possui fôtons emissor de 176 e 192 keV, com seu tempo de meia-vida de 4,6 horas e sua atividade varia de 1 a 10 mCi.

Tálio (201Tl) sua energia varia de 69 a 83 keV, com seu tempo de meia vida de 73h e sua atividade é de 2 mCi (74 MBq).

Xenon-133 (Xe-133) sua energia é de 8,412647 MeV, com uma meia-vida de 5,243 dias e sua atividade corresponde a de 1Ci (37 GBq).

Iodo-131 (I-131) sua energia variando entre 0,61 MeV e 0,192 MeV, com seu tempo de meia- vida de 8 dias e sua atividade inferior a (1.850 MBq), acima desse valor, só podem ser feitos com internação hospitalar em quartos especialmente destinados a estas aplicações (CNEN NN 3.05).

Esses elementos ao final dos procedimentos, devem ter uma logística adequada e ser devidamente armazenados e rejeitados para os descartes, evitando assim contaminação radioativas e biológicas.

## MEDICINA NUCLEAR

Medicina nuclear é um campo da medicina, que usa elementos radioativos capaz de percorrerem o corpo humano para realizar diagnósticos clínicos e terapêuticos, esses elementos radioativos chamados de radionuclídeos, acessam órgãos e tecidos vivos, e posteriormente os equipamentos que monitoram o paciente, fazem as varreduras necessárias, e as energias que são capturadas através do próprio paciente, são codificadas e transformadas em imagens. Esse gerenciamento, envolve um conjunto de medidas que devem estar contidas no plano de radioproteção, constando normas vigentes pela entidade reguladora (QUEIROZ, ET AL 2011)

Essa área médica para ser incorporada aos diagnósticos por imagens, precisam de elementos que geram energia dentro do próprio paciente, e um aparelho chamado Tomografia de emissor de pósitron (PET), a tecnologia do aparelho une os recursos diagnósticos de Medicina Nuclear (PET) e da Radiologia (CT), que capta essa energia, decodifica e as transforma em imagem para um possível diagnóstico. Então, são esses elementos que chamamos de radionuclídeos, tendo tempos de meias-vidas curta, para ser excretada posteriormente pelo organismo humano em algumas horas, até o final do decaimento radioativo no paciente. Na figura 05 é mostrado um paciente ser submetido a um exame em medicina nuclear, utilizando uma tomografia Pet Scan, na figura 01 a imagem que gera um exame do coração, realizando pelo PET.

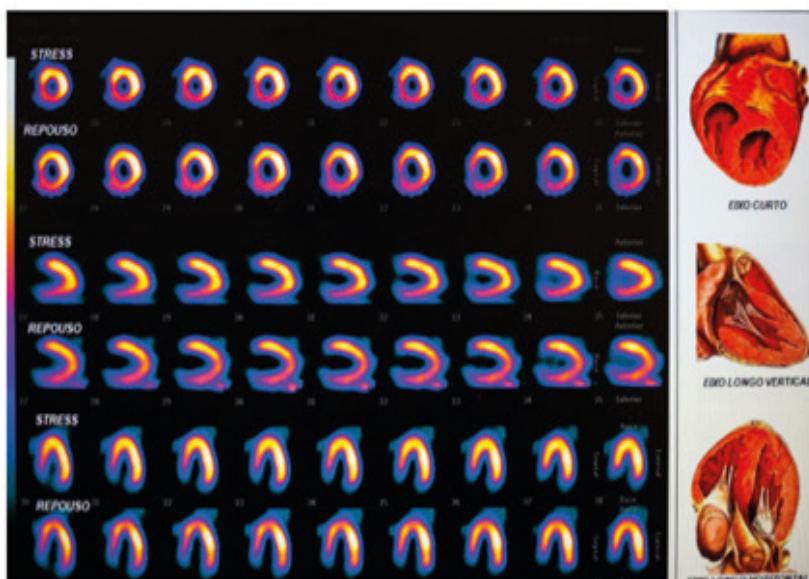


Figura 01: Exame de uma cintilografia do miocárdio

## TEMPO DE MEIA VIDA

O tempo de meia vida na radioatividade, é o tempo necessário para reduzir um isótopo radioativo, onde ele tem 100% da sua radiação, e passa a ter um determinado tempo, ele passa a ter a metade de sua massa radioativa. A ocorrência de decaimento de um único átomo é estatística, não havendo a possibilidade de prever o momento de transição em um instante específico. Entretanto, levando em consideração que todos os núcleos de radioisótopos (isótopos radioativos) iguais possuem a mesma probabilidade de decaimento. (SILVA, 2021)

Por exemplo, se há 10 átomos radioativos em uma amostra, o tempo de meia vida será o tempo decorrido até que 5 átomos tenham decaído. Depois, dizemos que mais uma meia vida passou quando 2,5 átomos tenham decaído; depois, 1,25, e assim sucessivamente.

## DETECTORES DE RADIOATIVIDADE

São equipamentos que tem a sensibilidade de detectar a presença da radiação, ou até mesmo para quantificá-las, são também transdutores pois convertem energia da radiação em um sinal sendo avaliado, esses instrumentos são extremamente importantes na proteção radiológica. Na figura 02 tem um modelo gráfico de um detector capaz de dar um entendimento para essa tecnologia muito importante que detecta a radiação ionizante. Existem diversos processos pelos quais diferentes radiações podem interagir com o meio material utilizado para medir ou indicar características dessas radiações, assim dizendo, existem vários detectores que avaliam diferentes processos. Normalmente um detector de radiação é constituído de um elemento ou material sensível à radiação e um sistema que transforma esses efeitos em um valor relacionado à uma grandeza de medição dessa radiação (TAUHATA, 2003).

## RADIONUCLÍDEOS & RADIOFÁRMACO

Os radionuclídeos que são utilizados em medicina nuclear têm uma meia vida curta pois são utilizados em paciente por meio de tratamentos diagnósticos, são fabricados artificialmente. O termo RADIO (vem de radiação, geralmente são radiações Gama) e NUCLÍDEO (componentes do núcleo, Prótons e Neutros), ou seja, são núcleos que emitem radiação. O radionuclídeo  $^{99}\text{Tcm}$  figura 02, utilizado em pacientes submetidos a exames de medicina nuclear, esse composto representa um de vários radionuclídeos utilizados para esse fim.

Os radiofármacos são compostos radioativos utilizados na execução dos exames em medicina nuclear, também dentro do corpo humano do próprio paciente. Muito embora ele tenha em seu termo o nome FARMACO (apesar do termo lembrar de medicamento, ele não tem efeito terapêutico), tendo sua dose em níveis muito baixos, pois a finalidade do radiofármaco é conduzir o radionuclídeo em algum órgão do corpo. Podendo ser definidos também como substratos que contêm um átomo radioativo em sua estrutura, podendo ser considerados como vetores que apresentam certa especificidade por algum órgão ou uma função fisiológica ou fisiopatológica (ARAUJO, 2008)

Na tabela 01 e 02 se apresentam os principais radionuclídeos e radiofarmacos, com seus emissores de energias, que fazem o PET ler esses elementos radioativos.

Radionuclídeo	Tempo de meia-vida	Modo de decaimento	Energia raios $\gamma$ (keV)	Abundância da emissão $\gamma$ (%)
$^{99m}\text{Tc}$	6 h	Tl	140	89
$^{131}\text{I}$	193 h	$\beta^+$ , g	364	81
$^{123}\text{I}$	13 h	CE	159	83
$^{67}\text{Ga}$	78 h	CE	93, 185, 300, 394	37, 20, 17, 5
$^{111}\text{In}$	67 h	CE	171, 245	90, 94
$^{201}\text{Tl}$	73 h	CE	135, 167	3, 20
$^{11}\text{C}$	20,4 min	$\beta^+$	511	99,8
$^{13}\text{N}$	10 min	$\beta^+$	511	100
$^{15}\text{O}$	2,07 min	$\beta^+$	511	99,9
$^{18}\text{F}$	110 min	$\beta^+$	511	96,9
$^{124}\text{I}$	4,2 dias	$\beta^+$	511	25
$^{64}\text{Cu}$	13 h	$\beta^+$	511	38

Tabela 01: Radiopharmaceuticals and applications

Isótopo	Emissão	Meia vida
Tc-99m	Gama	6 horas
I-131	Gama e beta	8 dias
Ga-67	Gama	3,26 dias
Tl-201	Gama	3,04 dias
I-123	Gama	13,2 horas
Sm-153	Gama e beta	1,95 dias
F-18	Pósitron (gama)	109 minutos

Tabela 02: Tipos de radiofármacos



Figura 02: Tc-99m 5270mCi/  $\mu\text{g} \rightarrow \text{Tc-99m } 1.8 \times 10^{-4} \text{ } \mu\text{g/mCi}$

## REJEITO RADIOATIVO NA MEDICINA NUCLEAR

Para se ter o entendimento desse trabalho em questão, foi preciso mencionar alguns assuntos técnicos relevantes na estrutura que compõem um serviço de medicina nuclear, pois buscarei esses conteúdos aos poucos em explicações técnicas, didáticas e dentro da literatura que CNEN estabelece.

Rejeito radioativo é qualquer material com fonte radioativa inutilizado, que não tenha nenhuma utilidade econômica, esses materiais muito embora não são comercializados, eles tem atividades que emana radiação ionizante, o que são prejudicial à vida biológica, portanto são, recolhidos, controlados, tratados, fiscalizados, e armazenados, pois contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados na norma CNEN-NE-6.02, e para o qual a utilização é imprópria ou imprevista (FERREIRA, et all 2009)

Esses materiais biológicos inutilizados, ao final dos tratamentos com os pacientes, são considerados, além de serem classificados como resíduos hospitalares comuns, são também chamados rejeitos radioativos, até que a presença de atividade da radiação inserida nesses materiais tais como: luvas, bisturis, agulhas, gases, seringas, ampolas, sondas, aventais, roupas de cama, ou quaisquer outros materiais de procedimentos ou de uso utilizados diretamente nos procedimentos, e esses utensílios são proibidos de serem misturados aos outros resíduos hospitalares, preparados para serem seletados hás coletas dos lixos estocados, e transportados para seus locais de destinos, até que suas atividades se decaiam em 100% de meias-vidas. Na figura 03 é mostrado um suporte de papelão para armazenamento de materiais de pequeno porte tais como agulhas, seringas, ampolas e qualquer instrumentos perfurantes que entram em contato com o paciente submetido ao exame que compõem o procedimento de medicina nuclear.

Complementando o ciclo do armazenamento momentâneo nessa logística, é preciso compreender que os pacientes ao qual acabaram de realizar esses procedimentos, eles são uma “fonte ambulante”, pois carregam em seus corpos os radionuclídeos armazenados durante um determinado período de tempo. No entanto, esses pacientes devem ficar isolados por tempo determinado de outras pessoas para que não haja nenhuma contaminação.

O cálculo para o descarte de um material radioativo descrita na equação abaixo, ela quer dizer que, a atividade inicial de um material, decai exponencialmente com o tempo levando em conta a meia-vida, lembrando que que a atividade inicial é sempre maior que a final, pois o exponencial é sempre menor ou igual a um, pois passa um determinado tempo, e ele vai decaindo, ou seja, a atividade inicial (a que se tem no rejeito) é sempre menor que a atividade final. A atividade final deverá decair até estar no limite imposta pela norma da CNEN.

$$A = A_0 X e^{-\lambda t}$$

T = Tempo do acondicionamento

A<sub>0</sub> = Atividade inicial do rejeito, considerando sua massa e volume

A<sub>1</sub> = Atividade limite, onde deve ser alcançada para o descarte limite da CENEN

$$T = \ln\left(\frac{A_0}{A_L}\right) * \frac{T_{1/2}}{\ln 2}$$

Os rejeitos nesses ambientes vão além de materiais de procedimentos para serem armazenados, vale lembrar as excreções que cada paciente retira de seu corpo, seja por um lenço de papel para limpar o suor, seja pela toalha após ao banho, seja pelo armazenamento de todo consumo de água utilizada no quarto ao qual o paciente esteja internado, pela excreção de urina, sangue, secreção e fezes durante sua estadia.

Esses materiais orgânicos não devem se misturar ao sistema de esgoto de todo hospital, para não contaminarem com radiação o trajeto fluvial. Entretanto, eles devem ser armazenados, tratados e ao final de sua saturação, serem liberados para o sistema de esgoto convencional.



Figura 03: Caixa coletora Perfurocortante

Os rejeitos líquidos depositados proveniente das instalações em esgotos sanitários, devem estar de acordo com a norma da CENEN 6.05, estabelecendo que nenhum nível de atividades ultrapasse o valor estabelecido pela norma Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas (TAUHATA, 2014). Dentro dessa norma, para a compreensão desse trabalho, destaco dois limites importantes:

- A quantidade anual total de radionuclídeos, excluindo o H-3 e o C-14, liberada na rede de esgoto sanitário, não deve exceder  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq (1 Ci);
- A quantidade anual de H-3 e C-14, liberada na rede de esgoto sanitário, não deve exceder  $18,5 \cdot 10^{10}$  Bq (5 Ci) e  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq (1 Ci), respectivamente.

No caso dos rejeitos sólidos, essa mesma norma, também estabelece que os frascos, seringas e outros recipientes que tenham contido líquidos radioativos só podem ser dispensados no sistema de coleta de lixo hospitalar ou urbano, após a remoção de qualquer líquido radioativo residual, com a retirada total dos rótulos de indicação que compõem a identificação do material radioativo

No limite sólido, a atividade para a coleta de lixo urbano, não deve ultrapassar a 7,5 . 104 Bq/kg (2 mCi/kg). Nas tabelas 03 e 04 serão apresentados os limites dos radionuclídeos e suas atividades radioativas para o controle dos rejeitos, esses níveis de dispensas, tanto nos líquidos como nos sólidos estão contidos no serviço de medicina nuclear.

RADIONUCLIDEO	LIBERAÇÃO MÁXIMA ANUAL (Bq/ano)
H-3	$1 \times 10^{12}$
C-14	$1 \times 10^{10}$
Na-22	$1 \times 10^5$
Na-24	$1 \times 10^8$
P-32	$1 \times 10^6$
S-35	$1 \times 10^9$
Cl-36	$1 \times 10^{10}$
K-42	$1 \times 10^2$
Ca-45	$1 \times 10^{10}$
Ca-47	$1 \times 10^8$
Cr-51	$1 \times 10^8$
Fe-59	$1 \times 10^6$
Co-57	$1 \times 10^9$
Co-58	$1 \times 10^8$
Ga-67	$1 \times 10^8$
Se-75	$1 \times 10^6$
Sr-85	$1 \times 10^6$
Sr-89	$1 \times 10^9$
Y-90	$1 \times 10^{10}$
Mo-99	$1 \times 10^8$
Tc-99	$1 \times 10^{10}$
Tc-99m	$1 \times 10^9$
In-111	$1 \times 10^8$
I-123	$1 \times 10^9$
I-125	$1 \times 10^8$
I-131	$1 \times 10^7$
Pm-147	$1 \times 10^{10}$
Er-169	$1 \times 10^{10}$
Au-198	$1 \times 10^8$
Hg-197	$1 \times 10^9$
Hg-203	$1 \times 10^7$
Tl-201	$1 \times 10^8$
Ra-226	$1 \times 10^6$
Th-232	$1 \times 10^6$

Tabela 03: Níveis de dispensa de rejeitos líquidos na rede de esgotos sanitários, respeitando os limites de concentração estabelecidos.

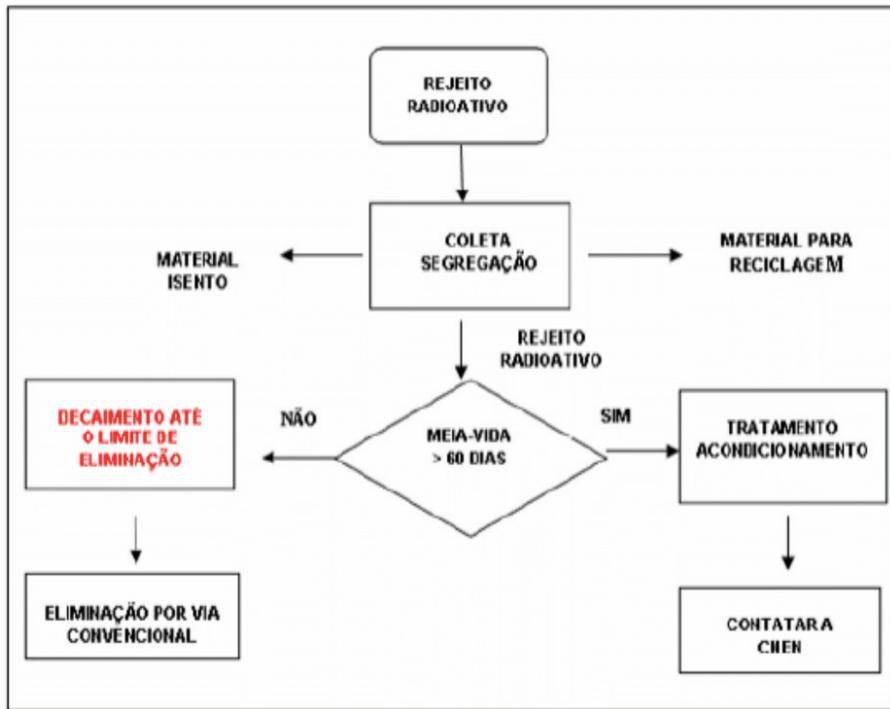


Tabela 04: Níveis de dispensa de rejeitos sólidos na rede de esgotos sanitários, respeitando os limites de concentração estabelecidos.

## CÍCLOTRON

A importância de relacionar essa tecnologia nesse trabalho é muito grande, para que se tenha um entendimento suficiente necessário nesse trabalho acadêmico no que diz respeito a logística e a produção de radiofármacos com meia-vida curta, para o campo da medicina nuclear. Esse Acelerador de Partícula do tipo cíclico tem o objetivo de fazer com que partículas como o Próton e Deutério, também conhecidos como Hidrogênio pesado, colidam em altíssima velocidade, pois sabemos que toda carga sujeita a um campo elétrico é forçada a acelerar. Na figura 04, mostra-se um esquema primário de como o campo magnético desloca a partícula dentro de uma câmara de vácuo, direcionando um feixe em direção ao alvo. À medida que a velocidade da partícula vai crescendo, o raio do feixe vai aumentando, numa trajetória em espiral, até que atinja a energia final e, então, um extrator, desloca o feixe na direção do alvo a ser bombardeado. (TAUHATA, 2014)

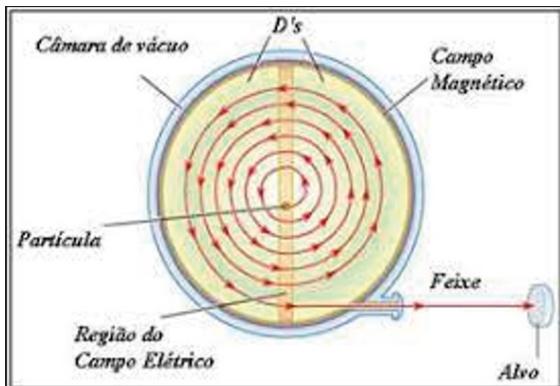


Figura 04: Diagrama esquemático do Cíclotron (Britannica)

Atualmente há no Brasil vários aceleradores cíclotrons destinados a pesquisas e a produção de radiofármacos, na figura 05, é mostrado um acelerador de partícula do IPEN, capaz de produzir, além do  $^{18}\text{F}$ , o Cyclone-18, com porta-alvos apropriados, pode ser utilizado para produzir  $^{13}\text{N}$ ,  $^{11}\text{C}$ ,  $^{124}\text{I}$ ,  $^{76}\text{Br}$ ,  $^{64}\text{Cu}$ ,  $^{89}\text{Zr}$  e  $^{86}\text{Y}$ . Dependendo do tipo de material a ser irradiado, do seu estado físico e volume. (IPEN, 2022)

Devido aos radionuclídeos naturais possuírem meias-vidas de longa duração em seus estados naturais, isso fazem suas utilizações inapropriadas, descartando assim seus interesses, pois oferecem maior risco em termos de proteção radiológica (Araújo et al., 2008; Monteiro, 2010). Vieram então novos desenvolvimentos de reatores e aceleradores de partículas, para produção de radionuclídeos artificiais, favorecendo o campo da medicina nuclear, pois a necessidade de se terem elementos de meias-vidas curtas, e com energias gama ( $\gamma$ ) com doses muito menores, formando uma receita ideal para essa aplicação. Na tabela 05, alguns radionuclídeos utilizados na produção do equipamento cíclotron, para serem distribuídos aos diversos serviços de medicina nuclear.

Radionuclídeo	Meia-Vida Física	Emissão Predominante
Iodo - 123	13h	$\gamma$
Índio - 111	67h	$\gamma$
Gálio – 67	78h	$\gamma$
Carbono - 11	20,4 min	$\beta^+$
Nitrogênio - 13	10 min	$\beta^+$
Flúor – 18	110 min	$\beta^+$
Gálio – 68	68 min	$\beta^+$

Tabela 05: Característica dos radionuclídeos usados em medicina nuclear e obtidos pelo cíclotron.



Figura 05. Acelerador de Partículas Ciclotron do IPEN- Cyclone 18

## INSTALAÇÕES EM SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR (ISMN)

No que se refere as áreas geográficas ao qual se comportam um serviço de medicina nuclear, é preciso tem em mente suas estruturas físicas, divididas por setores, e equipamentos a serem utilizados nesse serviço. Na figura 06 apresenta-se um box com um ambiente para acomodar confortavelmente um paciente que esteja de quarentena, até que o decaimento incorporado no paciente esteja dentro do limite aceitável imposta pela CNEN. O primeiro e não menos importante é saber que o SMN é um departamento de imagem que se usa material radioativo para duas finalidades:

A 1º para diagnósticos, onde são realizadas as cintilografias de diversas partes do corpo humano, de acordo com a doença, e do que quer ser diagnosticado. Entretanto, deve ser sabido que quando se realiza um serviço de MN para esse fim, deve-se ter um conceito da composição fisiológica (tumor, por exemplo) do paciente.

A 2º para o campo do tratamento, nessa configuração é o que se administra os radiofármacos, utilizados para tratamentos de doenças. São utilizados então os preparamos de cada paciente, cada um com suas patologias e formas de absorção dependendo da estrutura anatômica, tomando uma injeção, aguardar um determinado tempo, e só depois o paciente vai para os aparelhos para realização dos exames

Um projeto adequado de um serviço de medicina nuclear é essencial para garantir a otimização para a prática. A norma CNEN-NE-3.05 estabelece as dependências mínimas para um serviço de medicina nuclear: (MACHADO, et al 2011)

As classes de profissionais que fazem parte das instalações nos SMN são:

- Recepção, recebem treinamentos específicos sobre exames, dias específicos, etc.
- Técnicos de Enfermagens.
- Enfermeiros de Médias Gerências, e ou assistencial.
- Técnicos de Radiologias, que fazem toda parte de aquisição de exames.
- Biomédicos, que fazem controle de Fármacos.
- Físicos Médicos, que fazem toda parte de radiometria, controle de radiação, dos funcionários, radiometria dos internados.
- Médicos Titulares.
- Profissionais da limpeza, treinados para os armazenamentos dos resíduos.

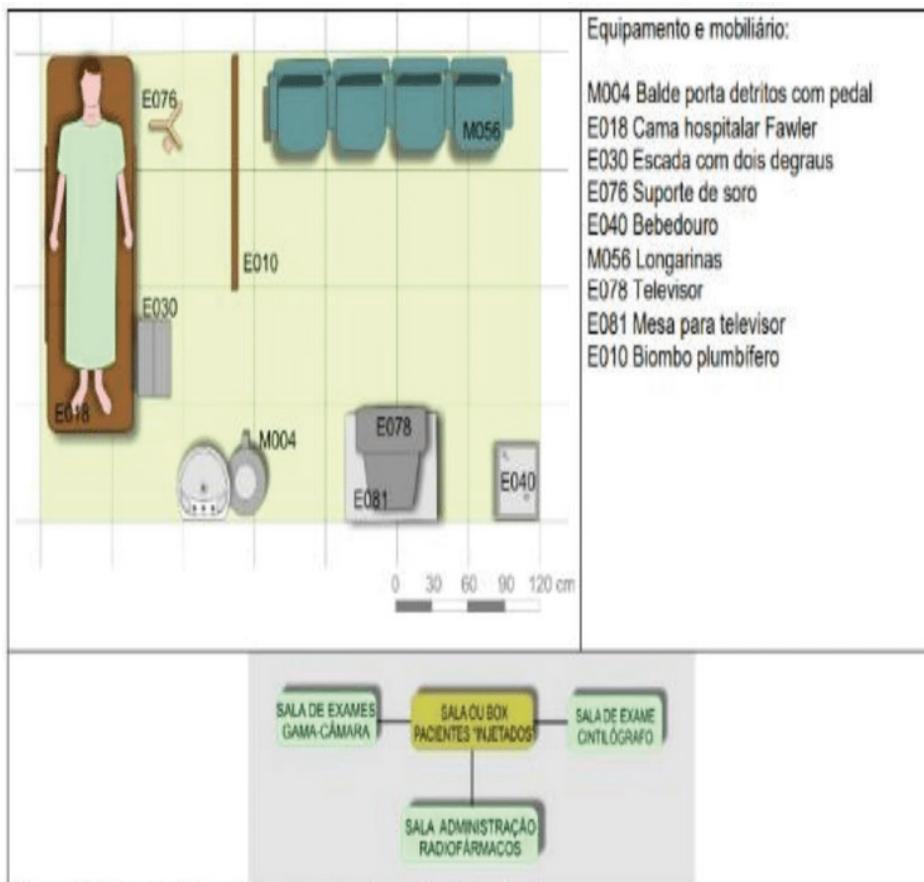


Figura 06: Sala ou box de pacientes injetados

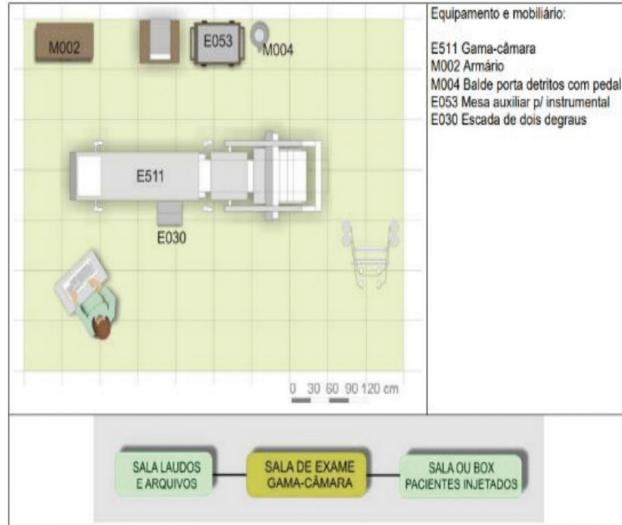


Figura 07: Sala de exames

Na figura 07, se mostra um box com o equipamento principal na realização do exame, esse espaço fornece aos profissionais os objetos necessários ao alcance para manipulação de imediato.

O box estipulado para os rejeitos as atividades com radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista. Na figura 08, mostra a separação dos galões de rejeitos com o estoque de fonte em uso. Os rejeitos devem ser segregados de acordo com suas características físicas

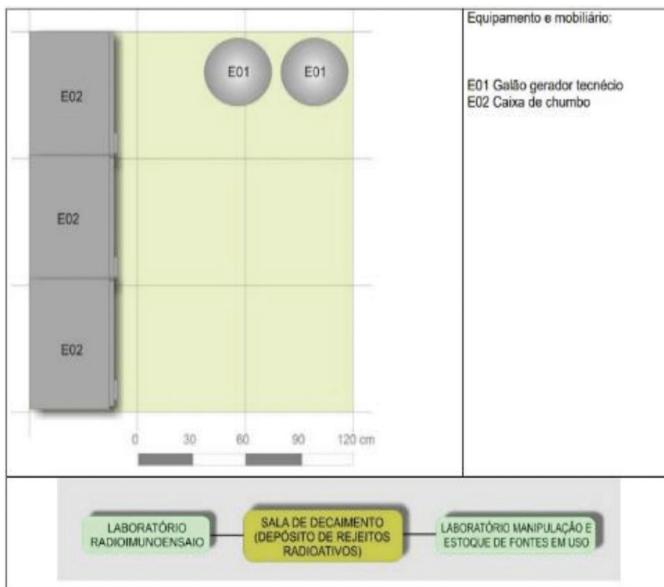


Figura 08: Sala de Decaimento

## IDENTIFICAÇÃO DO REJEITO PARA O ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO

É preciso ter algumas identificações nos diversos tipos de resíduos, sejam ele com algumas atividades radiológicas, ou não. No entanto, as sinalizações dos tipos de resíduos e as cores que as compõem a serem utilizadas, estão definidas nas Resolução RDC ANVISA nº 306/04 e Resolução do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) nº 275/01. Entretanto, as que nos interessa para o contexto desse trabalho, são os resíduos radiológicos (CAVALLI, et all 2020).

São classificados como resíduos, seis grupos: A, B, C, D, E, e o grupo F, representados pelos seus respectivos símbolos. Na figura 09 constam as identificações de cada um deles, darei ênfase ao grupo C que é o de interesse.

Os resíduos do grupo C são representados pelo símbolo internacional de presença de radiação ionizante, identificado com um trifólio de cor magenta, essa cor tem uma tonalidade parecida com uma cor rosa, em rótulos de fundo amarelo e contornos pretos, acrescido da expressão. No caso das embalagens de armazenamento, devem ser ter vedação adequada e os volumes de rejeitos devem apresentar fichas de identificação informando número de registro, taxa de dose na superfície e os registros dos rejeitos devem ser mantidos na instalação e indicar o principal risco que apresenta aquele material, além de informações sobre o conteúdo, nome do elemento radioativo, tempo de decaimento, data de geração, nome da unidade geradora, conforme (CNEN, 2014)

		
A. Resíduos do grupo A	B. Resíduos do grupo B	C. Resíduos do grupo C
		
D. Resíduos do grupo D	E. Resíduos do grupo E	F. Resíduos especiais

Figura 09: Sinalização dos tipos de resíduos

## TREINAMENTOS DE REJEITOS

Os treinamentos são partes importantes nas manipulações aos rejeitos na medicina nuclear, esses treinamentos são para assegurar o uso adequado desses materiais levando em consideração aos riscos manipulados de maneira incorreta. No ato da contratação do funcionário, deve-se abordar aspectos importantes como as boas práticas, os preenchimentos dos registros de cada componente dos rejeitos, assuntos administrativos para o uso da manipulação dos embalados, as paramentações (roupas apropriadas) que cada funcionário deverá utilizar, a utilização adequada nos armazenamentos, mencionar em manter distâncias quando for necessário, e por fim, sempre se manter em atenção máxima no período de cada coleta.

## MÉTODO

A metodologia desse trabalho, é baseada numa revisão bibliográfica acompanhado da observação de um caso prático no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF).

A revisão bibliográfica foi realizada com seleções em temas de vários artigos científicos devidamente registrados, qualificados e referenciados no final do último tópico, assim como todos os conteúdos adquiridos.

O estudo e a retirada de elementos nos seguintes documentos do IRD/CNEN, assim como o livro de Grandezas e Unidades para Radioproteção Ionizante.

Através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), busquei a Resolução RDC 567/2021, para as instalações e os funcionamentos dos serviços de medicina nuclear abordando itens como infraestrutura física, precisando estabelecer essa linha de raciocínio, na compreensão do assunto dos assuntos adquiridos.

Foi utilizado um estudo de caso em pesquisa presencial no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), localizado na Rua. Prof. Rodolpho Paulo Rocco, 255 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foram colhidas informações relevantes ao assunto dos rejeitos radioativos, utilizados nos pacientes no setor de medicina nuclear do hospital, devidamente documentada.

O Portal da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), me fez pesquisar as diferentes normas estabelecidas em termos de Proteção Radiológica e dos Rejeitos Radioativos, assim feito, estabeleci as normas vigentes nesse trabalho.

Não poderia deixar de mencionar uma instituição muito importante na área ambiental, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), entre seus requisitos, classificação dos resíduos e seus grupos.

As visitas foram ofertadas aos laboratórios das áreas de dosimetria e metrologia do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) para verificação dos procedimentos de proteção radiológica.

## RESULTADOS

Em uma visita no dia 06 de novembro de 2024 – quarta-feira, entrei na instituição com a devida autorização, para colher informações sobre os tratamentos dos rejeitos utilizados no setor da medicina nuclear do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF). Entrevistei as recepcionistas e parte de uma equipe de enfermagem, constatei que, apesar dos problemas estruturais do hospital e com as ajudas de doações, o fluxo de exames tem uma rotatividade grande, e com uma demanda maior ainda. Os descartes ao final dos procedimentos em radionuclídeos, são embalados, armazenados, e ao final de um tempo estipulados, e posteriormente enviados e se juntando com os resíduos comuns para serem transportados para fora do hospital, no caso das excreções, nenhum profissional souberam responder sobre o tratamento e os descartes das excreções saídas pelo vaso sanitário dentro do setor da medicina nuclear, ao qual os pacientes ficam em quarentena.

Na entrevista realizada no hospital da UFRJ, foram entrevistadas as duas recepcionistas, relatando os dias que os pacientes serão orientados a realizarem os procedimentos, as informações são diversas para o pré-exame, tais como:

No caso dos alimentos, as restrições, varia com o tipo de procedimento que o paciente for submetido. No entanto, no caso da cintilografia, deve se evitar a ingestão 24h antes do exame café, refrigerantes cola, chá e chocolate. No caso do PET-CT, o jejum fica entre 4 a 6h evitando os alimentos como macarrão, arroz, coces, pães e biscoitos, podendo beber água a vontade.

No caso do pós-exame, é recomendado o paciente ingerir bastante líquido para que a radiação seja eliminada pela urina e no caso para exames que usam eletrodos no tórax, recomenda-se evitar exposição ao sol nessa região do corpo por alguns dias.

Na entrevista com o corpo de enfermagem, os objetos que fizeram contatos com os pacientes, são retirados, e guardados em um local de uso controlado, e ao final de um determinado tempo, são misturados aos resíduos comuns do hospital.

## CONCLUSÃO

A importância de se estabelecer alguns conjuntos de fatores, que identificam toda a dinâmica no rejeito em serviço da medicina nuclear, e com esse argumento, foi necessário relatar assuntos de como as radiações ionizantes interagem com o meio ambiente hospitalar, quando em um uso seguro das práticas de proteção radiológica, evitando contaminação em fluidos, em sistemas de esgoto, ou descartes de maneira inapropriada. O conjunto do conhecimento e das boas práticas aplicadas, favorecem um destino correto e confiável, não obstante as literaturas física das radiações, da biologia, em bases legais, e científicas, que as agências reguladoras e as normas estabelecidas pelos diversos órgãos competentes, pois a proteção dos Indivíduo Ocupacional mente Exposto (IOE), os pacientes, e no público em geral em contato com diferentes elementos radioativos evitando

uma possível contaminação. A logística dos rejeitos radioativo utilizados mencionados nesse artigo, deu subsídios aos conhecimentos mencionados, nas estruturas físicas e dosimétrica de cada ambiente de aquisição, os rejeitos que assim foram armazenados, seus ciclos de decaimentos radioativos, e por fim, os treinamentos adequados aos funcionários responsáveis e competentes para a retirada segura aos seus devidos destinos.

## REFERÊNCIA

NOGUEIRA, Beatriz ribeiro. Avaliação dos efeitos da radiação ionizante por feixes de elétrons na incorporação de fibras de piaçava (*attalea funifera mart.*) No copolímero de etileno e alcool vinílico (evoh). 2012. 123f. dissertação (de mestrado). em ciênciia na área de tecnologia nuclear. da Instituição de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo-SP. 2016.

CARVALHO, Fernando pereira. Medidas de segurança para serviços com radiação ionizante na atividade industrial. 2011. 33f. graduação. certificado de especialização em engenharia de segurança do trabalho do departamento de engenharia civil e ambiental da universidade de taubaté. 2011. da Instituição Universidade de Taubaté. São Paulo. Taubaté.2011.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Norma CNEN-NN-3.01. Brasil, março/2014.

TAUHATA, L. et al. Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos. 10a revisão, IRD/CNEN, Rio de Janeiro, p. 344, 2014.

TAUHATA, L; SALATI, I.P.A.; PRINZIO, R.; PRINZIO, M.A.A.R.R, Radioproteção e Dosimetria – Fundamentos – 5<sup>a</sup> Revisão, IRD/CNEN, Rio de Janeiro, 2003.

IAEA NUCLEAR SECURITY SERIES No. 18. Nuclear security systems and measures for major public events: implementing guide. International Atomic Energy Agency, Vienna, p. 56, 2012.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, Norma CNEN-NN 6.02, Licenciamento de Instalações Radiativas, 2014.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Requisitos de radioproteção e segurança para serviços de medicina nuclear. (CNEN-NN-3.05) 2013.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Diretrizes Básicas de Radioproteção. CNEN-NN-3.01; 2014.

ANVISA. Agência nacional de vigilância sanitária. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br>>. Acesso em: 01 jun. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 275, 25 abril de 2001. Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva. Conama, 2001. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>. Acesso em: 20 jun. 2022.

SILVA, Leonardo Pessoa. Análise da efetividade de luvas poliméricas na proteção radiológica contra contaminação de radionuclídeos utilizados na medicina nuclear. 2021. 37f. Residência médica em Área Profissional da Saúde apresentado ao Hospital de Clínicas de Porto Alegre. 2021. Da instituição o Hospital de Clínicas de Porto Alegre como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Física Médica – Medicina Nuclear.

QUEIROZ, et al. Radioproteção aplicada à Medicina Nuclear. Revista Brasileira de Física Médica.2011;4(3):47-52. Marcos A. D. Machado<sup>1,2,3</sup>, Vinícius O. Menezes<sup>1,2,3</sup>, Cleiton C. Queiroz<sup>1,2,3</sup>, Daniel C. da Silva<sup>1,2,3</sup>, Luiz J. L. Sampaio<sup>1</sup>, Augusto Almeida<sup>2</sup>. 2011 Aracaju-SE.

BARBOZA. Alex Barbosa. Gestão de rejeito radioativos em serviço de medicina nuclear. IPEN autarquia associada a Universidade de São Paulo. 2009.

CRUZ, Radioatividade e o Acidente de Goiânia. 1987. F. F. de Souza Cruz Departamento de Física UFSC Florianópolis SC. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 4(3): 164-169, dez. 1987.

ARAUJO, et al. Garantia da qualidade aplicada à produção de radiofármacos. Elaine Bortoleti de Araújo\*, Tatiana Lavinas, Maria Tereza Coltrato, Jair Mengatti. Centro de Radiofarmácia, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences vol. 44, n. 1, jan./mar., 2008

CARVALHO, Medidas de segurança para serviços com radiação ionizante na atividade industrial 2011. UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ. São Paulo Taubaté 2011.

MONTEIRO, et al. Os aceleradores de partículas e sua utilização na produção de radiofármacos. Rev. Bras. Farm. 2010. Revista Brasileira de Farmacia · April 2011. Rio de Janeiro- RJ 2010.

MACHADO, et al. Radioproteção aplicada à Medicina Nuclear. Revista Brasileira de Física Médica.2011;4(3):47-52. Hospital São Rafael, Salvador (BA), Brasil 2 Santa Casa de Misericórdia da Bahia – Hospital Santa Izabel, Salvador (BA), Brasil 3 Dancosi Nuclear Itda., Salvador (BA), Brasil. 2011.

BRASIL, Organização e Elaboração de Projetos de Investimento em Saúde. Disponível em: Acesso em: 25 jun. 2022. <<http://www.saude.gov.br/somasus>>

CAVALLI, et al. Manejo de resíduos em instituições de saúde humana e animal. Governo do estado do Rio Grande do Sul secretaria da agricultura, pecuária e desenvolvimento rural departamento de diagnóstico e pesquisa agropecuária. Rio Grande do Sul, 2020

LNMRI, Grandezas e unidades para radiação ionizante. Instituto de Radioproteção e Dosimetria. 2011. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Rio de Janeiro – RJ 2011.

Gamboa-Rosales, NK, & López-Robles, JR. (2023). Evoluindo da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0: Avaliando a estrutura conceitual e as perspectivas de um campo emergente. Transinformação , 35 , e237319. <https://doi.org/10.1590/2318-0889202335e237319>

Pacheco LL, Freitas-Reis I. Principais Contribuições responsáveis pela descoberta dos raios X: a estirpe coletiva da ciência. Rev Bras Ensino Fís [Internet]. 2023;45:e20230016. Available from: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0016>