

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA
CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

PAMELLA FELDHAUS AIRES

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROCEDIMENTO OPERACIONAL
PADRÃO PARA TESTE DE UNIFORMIDADE INTRÍNSECA NA GAMA
CÂMARA EM SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR**

FLORIANÓPOLIS, 2020

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA
CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

PAMELLA FELDHAUS AIRES

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROCEDIMENTO OPERACIONAL
PADRÃO PARA TESTE DE UNIFORMIDADE INTRÍNSECA NA GAMA
CÂMARA EM SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia.

Professora orientadora: Natália Grams, Esp.

Professor coorientador: Marco Antônio Bertoncini Andrade, Mestre.

FLORIANÓPOLIS, 2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Aires, Pamella Feldhaus

DESENVOLVIMENTO DE UM PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO PARA TESTE DE UNIFORMIDADE INTRÍNSECA NA GAMA CÂMARA EM SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR / Pamella Feldhaus Aires; orientação de Natália Grams; coorientação de Marco Antônio Bertoncini Andrade. – Florianópolis, SC, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. CST em Radiologia. Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços.

Inclui Referências.

1. Medicina nuclear 2. Controle de qualidade 3. Câmaras de Cintilação. I. Grams, Natália. II. Andrade, Marco Antônio Bertoncini. III. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços. IV. Título.

DESENVOLVIMENTO DE UM PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO PARA TESTE DE UNIFORMIDADE INTRÍNSECA NA GAMA CÂMARA EM SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR

PAMELLA FELDHAUS AIRES

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Radiologia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 29 de julho, 2020.

Banca Examinadora:

Natália Grams

Natália Grams, Especialista



Marco Antônio Bertoncini Andrade, Mestre

Daiane Cristini Barbosa de Souza

Daiane Cristini Barbosa de Souza, Doutora



Peter Kühn, Mestre

Dedico este trabalho, primeiramente à
minha família, minha base, por todo
amor e dedicação.
Também à minha orientadora que me
deu todo o suporte para o
desenvolvimento deste projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram no decorrer desta jornada, em especial:

À minha família, por todo amor, apoio e compreensão ao longo da graduação.

À minha orientadora, Natália Grams pela oportunidade, paciência, apoio, confiança, dedicação e pela troca de conhecimento ao longo da construção deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Ao meu coorientador, Marco Antônio Bertoncini Andrade, por toda dedicação, suporte e incentivo ao longo de todo o projeto.

A todos os professores que contribuíram no meu processo de formação profissional.

A todos os amigos que fiz ao longo da graduação, em especial a Kethylen e Letícia, por todo suporte e companheirismo.

E a todos que fizeram parte da minha formação, muito obrigada.

“Cada pessoa deve trabalhar para o seu aperfeiçoamento e, ao mesmo tempo, participar da responsabilidade coletiva por toda a humanidade.”

Marie Curie

RESUMO

A Gama Câmara é um equipamento que necessita de todos os seus componentes bem calibrados para garantir sua confiabilidade, para isto, os testes de qualidade são indispensáveis. O teste de uniformidade intrínseca serve para avaliar o quão uniforme é a resposta do detector da gama câmara ao longo do seu campo de visão. A maior dificuldade em realizar os testes de constância está na ausência de materiais especializados e padronizados acerca do assunto, por conta disto, notou-se a oportunidade de desenvolver um POP em língua portuguesa para o teste de uniformidade intrínseca na gama câmara em medicina nuclear. Com o método do tipo pesquisa descritiva e técnica de análise documental, para obtenção de dados, foi realizada uma revisão de literatura sobre a execução do teste de uniformidade intrínseca da gama câmara, no setor de Medicina Nuclear (MN), a partir de livros, artigos científicos, manuais de equipamentos, normas vigentes nacionais e internacionais e bases indexadas. Como critério de inclusão compilou-se somente aqueles que tratam do passo a passo da realização do teste de uniformidade intrínseca. Em seguida os documentos foram comparados e esse processo resultou em um Procedimento Operacional Padrão para o teste de uniformidade intrínseca, que deve ser realizado diariamente na Gama Câmara nos Serviços de Medicina Nuclear (SMN). Por todos esses aspectos, conclui-se que o Procedimento Operacional Padrão para o teste de uniformidade intrínseca, desenvolvido neste trabalho, atendeu ao problema de pesquisa proposto pois trouxe uma melhor definição do modo de realização do teste, desta forma, contribuirá no dia a dia dos profissionais responsáveis por operacionalizar este teste, de forma a garantir qualidade e conferir reprodutibilidade na gama câmara.

Palavras-chave: Medicina nuclear. Controle de qualidade. Câmaras de Cintilação.

ABSTRACT

The Gamma Camera is an equipment that needs all its components well calibrated to guarantee its reliability, for this, quality tests are indispensable. The intrinsic uniformity test serves to assess how uniform the response of the camera gamma detector is across its field of view. The greatest difficulty in carrying out the constancy tests is in the absence of specialized and standardized materials on the subject, because of this, the opportunity was noted to develop a POP in Portuguese for the test of intrinsic uniformity in the chamber range in nuclear medicine. With the descriptive research method and document analysis technique, to obtain data, a literature review was carried out on the execution of the intrinsic uniformity test of the camera range, in the Nuclear Medicine (MN) sector, from books, scientific articles, equipment manuals, current national and international standards and indexed databases. As an inclusion criterion, only those that deal with the step-by-step test of the intrinsic uniformity were compiled. Then the documents were compared and this process resulted in a Standard Operating Procedure for the test of intrinsic uniformity, which must be performed daily in the Gamma Chamber at the Nuclear Medicine Services (SMN). For all these aspects, it is concluded that the Standard Operating Procedure for the test of intrinsic uniformity, developed in this work, met the proposed research problem because it brought a better definition of the way of carrying out the test, in this way, it will contribute to the day to day of the professionals responsible for making this test operational, in order to guarantee quality and ensure reproducibility in the camera range.

Key-words: Nuclear medicine. Quality control. Scintillation cameras.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Componentes de um Detector com Cintilação.....	19
Figura 02 – Ação do colimador.....	20
Figura 03 – Válvula Fotomultiplicadora.....	21
Figura 04 – Equipamento de Medicina Nuclear SPECT.....	22
Figura 05 – Aquisição rotacional de SPECT.....	23
Figura 06 – Câmara SPECT de duas cabeças.....	23
Figura 07 – Distância em que a fonte deve ser colocada do detector.....	27
Figura 08 – Janela simétrica de 20% de energia.....	28
Figura 09 – Resultado do teste de uniformidade de uma gama câmara.....	29
Figura 10 – Janelas de 10%, 15% e 20% de energia.....	29
Figura 11 – FWHM (full width at half maximum).....	30
Figura 12 – Representação esquemática de janelas de energia assimétricas..	31
Figura 13 – Fluxograma de um programa de CQ para uma câmara de cintilação.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Instalações de MN autorizadas no Brasil.....	17
Tabela 02 – Gama Câmaras existentes e em uso no Brasil.....	17
Tabela 03 – Parâmetros indicados em documentos para o POP.....	35
Tabela 04 – Sugestão de POP para o teste de uniformidade intrínseca.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

⁵⁷ Co	Cobalto 57
^{99m} Tc	Tecnécio 99 metaestável
CFOV	Porção central da imagem (engloba 75% da área total)
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNES	Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
CQ	Controle de Qualidade
FM	Foto Multiplicadora
FWHM	Full Width at Half Maximum (Largura total na metade máxima)
IAEA	(International Atomic Energy Agency) Agência Internacional de Energia Atômica
keV	Kilo elétrons-volt
MN	Medicina Nuclear
Nal(Tl)	Iodeto de sódio ativado com tálio
NEMA	National Electrical Manufacturers Association (Associação Nacional de Fabricantes Elétricos)
PET	Positron Emission Tomography (Tomografia por Emissão de Pósitrons)
POP	Procedimento Operacional Padrão
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SBMN	Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear
SMN	Serviço de Medicina Nuclear
SPECT	Single Photon Emission Computed Tomography (Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único)
μCi	Micro Currie / 10 ⁻⁶ Currie
UFOV	Área total da imagem
γ	Gama

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Problema da pesquisa.....	14
1.2	Justificativa.....	14
1.3	Objetivo geral.....	15
1.4	Objetivos específicos.....	15
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1	Medicina nuclear.....	16
2.1.1	Radionuclídeo.....	18
2.1.1.1	<i>Equipamento (Gama Câmara).....</i>	<i>19</i>
2.1.1.2	<i>Composições da gama câmara.....</i>	<i>19</i>
2.1.1.3	<i>Captação, leitura e armazenamento.....</i>	<i>24</i>
2.2	Controle de Qualidade (CQ).....	25
2.2.1	Teste de uniformidade.....	26
2.3	Procedimento Operacional Padrão (POP).....	32
3	METODOLOGIA.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40
	APÊNDICE.....	44
	APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DA SUGESTÃO DE POP PARA O TESTE DE UNIFORMIDADE INTRÍNSECA.....	45

1 INTRODUÇÃO

Medicina Nuclear (MN) é definida pela Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear (SBMN, 2019) como uma especialidade médica que emprega materiais radioativos, através de métodos seguros, indolores e não invasivos, com a finalidade diagnóstica e terapêutica. Nessa modalidade são utilizadas substâncias radioativas (radiofármacos) como ferramenta para acessar o funcionamento dos órgãos e tecidos vivos, realizado imagens, diagnósticos e também tratamentos. O equipamento utilizado formar imagens estáticas e dinâmicas dos estudos com radioisótopos *in vivo* é denominado câmara de cintilação ou gama câmara, ela foi desenvolvida em 1957 por Hal Anger e é capaz de medir a radioatividade de uma superfície de uma só vez (ZIMMERMANN, 2006; ZANDONÁ, 2010).

A câmara de cintilação é um equipamento complexo, portanto, é necessário que seus componentes estejam todos bem calibrados, para isto, existem testes diários que são fundamentais para garantir a sua qualidade e a sua confiabilidade (THOM e SMANIO, 2007). A RDC Anvisa nº 38 (BRASIL, 2008) e a NN CNEN 3.05 (CNEN, 2013) trazem os testes de controle de qualidade, dentre eles os que devem ser realizados com periodicidade diária, que são: teste de inspeção visual da integridade física do sistema, testes de uniformidade intrínseca ou extrínseca, teste de radiação de fundo da sala de exame e o teste de centralização e largura da janela energética para cada radionuclídeo.

Este trabalho abordará em especial o teste de uniformidade intrínseca, que tem grande importância para avaliar o desempenho do equipamento para obtenção de uma boa qualidade da imagem, através de um Procedimento Operacional Padrão (POP). O POP tem como objetivo a padronização dos processos, ou seja, descreve cada passo crítico e sequencial que deverá ser dado pelo operador para garantir o resultado esperado da tarefa (GUERRERO; BECCARIA; TREVIZAN, 2008).

De acordo com Oliveira (2000), os fatores que podem influenciar na degradação da uniformidade de uma gama câmara são inúmeros, dentre eles estão: diferenças no ganho das fotomultiplicadoras, não linearidade espacial, defeitos ou deterioração do cristal, separação física do cristal e das fotomultiplicadoras, incorreta seleção no posicionamento ou tamanho da janela do analisador de altura de pulso, falha em uma ou mais fotomultiplicadora, alta taxa de contagem e defeitos no colimador.

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um POP em língua portuguesa para o teste de uniformidade intrínseca na gama câmara em medicina nuclear.

1.1 Problema da pesquisa

Desde que a câmara de cintilação foi introduzida comercialmente em 1964, ela passou grandes avanços em seus parâmetros básicos, como o campo de visão, uniformidade, resolução espacial, resolução de energia, entre outros (ZANDONÁ, 2010).

A maior dificuldade em realizar os testes de constância e desempenho está na ausência de materiais em língua portuguesa especializados e padronizados acerca do assunto. Ao se observar a lacuna existente, notou-se a viabilidade de elaborar um projeto de pesquisa com ênfase na criação de um Procedimento Operacional Padrão (POP) específico para o teste diário de uniformidade intrínseca que oriente os profissionais na realização dos controles de qualidade da gama câmara em medicina nuclear.

Conforme a CNEN NN 3.05 (2013), a gama câmara necessita de vários testes para garantir sua qualidade, um deles é o teste de uniformidade intrínseca. Este teste deve ser realizado diariamente e serve para avaliar o quão uniforme é a resposta do detector da gama câmara ao longo do seu campo de visão. Nessa acepção, a seguinte pergunta deve ser esclarecida: como este procedimento deve ser operacionalizado de forma a garantir qualidade e conferir reprodutibilidade na gama câmara?

1.2 Justificativa

De acordo com o estudo dos autores Cavalcanti *et al.* (2015), em MN a qualidade da imagem é imprescindível para a obtenção de um laudo médico fidedigno, uma vez que qualquer equívoco em uma das etapas pode levar a um erro de diagnóstico ou erro no tratamento. Um equipamento não aferido pode gerar diversas situações indesejadas, bem como um falso positivo ou falso negativo, desta maneira se torna essencial assegurar o correto funcionamento da gama câmara através de testes de qualidade.

O teste de uniformidade intrínseca é um teste que deve ser realizado diariamente na gama câmara e tem como objetivo avaliar a resposta a uma fonte de radiação que irradie uniformemente o detector que deve então produzir uma imagem também homogênea.

Como não são encontrados materiais publicados e padronizados em língua portuguesa sobre o teste de uniformidade intrínseca, a legislação o cita mas não o descreve, este projeto busca solucionar o problema através da criação do POP que pode fazer com que a qualidade seja garantida nos testes diários, conferindo reprodutibilidade às imagens e segurança no laudo médico.

1.3 Objetivo Geral

Desenvolver um Procedimento Operacional Padrão (POP) em língua portuguesa para o teste de uniformidade intrínseca na gama câmara em medicina nuclear.

1.4 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) elaborar uma revisão de literatura em busca dos documentos que abordam a realização do CQ diário na Gama Câmara;
- b) estudar os documentos nacionais e internacionais encontrados pertinentes a execução do teste de uniformidade intrínseca;
- c) desenvolver um POP específico, em português, para o teste de uniformidade intrínseca na Gama câmara em MN.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para o entendimento do tema pesquisado, este capítulo apresenta uma revisão de literatura que aborda as seguintes seções: medicina nuclear; radionuclídeo; equipamento (gama câmara); composições da gama câmara; captação, leitura e armazenamento; Controle de Qualidade (CQ); teste de uniformidade e procedimento operacional padrão (POP).

2.1 Medicina nuclear

A medicina nuclear (es-AR: Medicina nuclear; en-US: Nuclear medicine) é definida como uma especialidade médica que emprega fontes não seladas com finalidade diagnóstica e terapêutica (CNEN, 2020).

De acordo com o Instituto Oncoguia (2014), a medicina nuclear utiliza um radionuclídeo que, quando ligado a um composto farmacológico para ser utilizado como traçador, denominado radiofármaco, apresenta afinidades químicas com determinados órgãos do corpo humano e é útil para transportar a substância radioativa para o órgão ou tecido a ser diagnosticado ou tratado.

Záu (2008, p.15) afirma que:

Essas substâncias, também chamadas de traçadores ou radiofármacos, após serem administradas, principalmente por via oral ou endovenosa, se dirigem para órgãos ou grupos celulares específicos, dependendo das suas características químicas. A realização do exame baseia-se na aquisição de imagens geradas através de um aparelho (gama câmara) que capta a radiação emitida pelo corpo do paciente após a administração do radiofármaco. Os equipamentos mais modernos já associam esta prática a estudos tomográficos com a emissão de fótons trazendo maior sensibilidade e precisão na localização de lesões.

Depois do radionuclídeo injetado no paciente, o mesmo emite radiação gama através de seu decaimento; a radiação deste decaimento consegue atravessar os tecidos e será detectada externamente pela gama câmara, também chamada de câmara de cintilação (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Segundo dados dispostos no site oficial da Comissão Nacional de Energia Nuclear (2020), existem atualmente 452 instalações de medicina nuclear autorizadas no

Brasil. A Tabela 01 apresenta a quantidade de instalações autorizadas separadas pelas regiões Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul.

Tabela 01 – Instalações de MN autorizadas no Brasil

Regiões do Brasil	Quantidades
Norte	26
Nordeste	66
Centro-oeste	51
Sudeste	247
Sul	79
TOTAL	469

Fonte: Adaptado da CNEN (2020).

Pode-se observar, de acordo com a Tabela 01, que a região Sudeste é a região que apresenta maior concentração de Serviços de Medicina Nuclear (SMN), com 238 instalações autorizadas, e a região Norte com menor concentração, com apenas 26 instalações de MN autorizadas.

O sistema do governo federal DATASUS oferece dados importantes a serem analisados com relação à quantidade de gama câmaras que existem hoje no Brasil e à quantidade que está sendo utilizada, representados na Tabela 02.

Tabela 02 – Gama Câmaras existentes e em uso no Brasil

Regiões do Brasil	Gama Câmaras existentes	Gama Câmaras em uso
Norte	55	52
Nordeste	132	126
Centro-oeste	74	69
Sudeste	365	351
Sul	130	123
TOTAL	756	721

Fonte: Adaptado do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (BRASIL, 2020).

O Brasil, de acordo o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (BRASIL, 2020) dispõe de 773 equipamentos de medicina nuclear, dentre eles, 736 estão sendo utilizados. A maior parte dos equipamentos em uso se concentram na região Sudeste do Brasil, conforme observado na Tabela 02.

2.1.1 Radionuclídeo

Em sua obra, Ziesmsman *et al*, (2015) mencionam que, para que os radiofármacos sejam clinicamente úteis, algumas características são desejáveis. Na gama câmara, o ideal são radiofármacos com energias entre 100 e 200 keV, que não contenham radiação particulada, pois resulta em um aumento de dose de radiação ao paciente, com uma meia-vida efetiva longa o suficiente para a aplicação que o radiofármaco se destina, além de uma atividade específica alta.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Energéticas (IPEN, 2019), o tecnécio-99m é o radionuclídeo mais utilizado no diagnóstico em medicina nuclear. É um emissor gama monoenergético com 89% na faixa de 140 keV, possui um tempo de meia vida de 6 horas, apresentando assim boa energia e tempo de decaimento adequado, além de ser produzido no próprio serviço por meio do Gerador de Molibdênio.

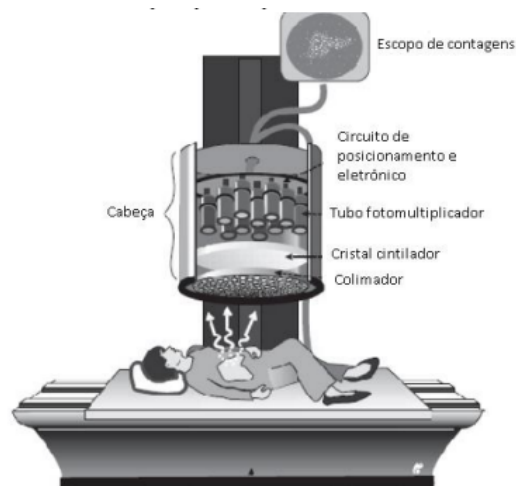
Conforme estudo dos autores Marques, Okamoto e Buchpiguél (2001), os radiofármacos marcados com tecnécio-99m (^{99m}Tc) tornaram-se, nos últimos 30 anos, importantes ferramentas para o diagnóstico de várias doenças ou disfunções de órgãos e sistemas que compõem o corpo humano.

O cobalto 57 (INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES, 2020; OLIVEIRA, 2000) é uma fonte selada de atividade de $5 \pm 0,5$ mCi, que apresenta energia de 122 keV e meia-vida física de 272 dias; devido a suas características físicas, as fontes de cobalto 57 são destinadas especialmente ao controle de qualidade de medidores de atividade e outros medidores de radiação da MN e atividades correlatas.

2.1.1.1 Equipamento (Gama Câmara)

A gama câmara é um equipamento que interage com a radiação emitida pelo paciente, ela é constituída por detectores de cintilação, que são os instrumentos utilizados no sistema de obtenção de imagens em medicina nuclear. Esses detectores consistem de um cristal de cintilação que emite fótons de luz visível na interação com raios gama ou com fótons de aniquilação. Esses fótons de luz visível são, em seguida, convertidos em sinal elétrico através de fotomultiplicadores que estão opticamente ligados ao cristal de cintilação (Figura 01) (BRANT; HELMS, 2008; MURAKAMI, 2013).

Figura 01 – Componentes de um Detector com Cintilação



Fonte: Zandoná (2010).

A Figura 01 representa os componentes de um detector com cintilação, que são indispensáveis para a obtenção de imagens na medicina nuclear.

2.1.1.2 Composições da gama câmara

A câmara de cintilação ou gama câmara é composta pelas seguintes estruturas: colimador, cristal cintilador, válvulas fotomultiplicadoras, sistema de integração (ou soma),

analisador multicanal de altura de pulso, sistema de posicionamento e computador de aquisição de imagem com monitor de vídeo.

De acordo com o estudo de Garcez, Silva e Paes (2012), o colimador é a estrutura mais simples da gama câmara, o qual consiste de uma trama metálica, geralmente chumbo ou tungstênio, que tem a propriedade de absorver parte da radiação incidente. Os colimadores são responsáveis por definir o campo de visão da gama câmara e também a sensibilidade à radiação da fonte em estudo (Figura 02).

Figura 02 – Ação do colimador



Fonte: Medicina nuclear: Princípios e Aplicações (2012).

A Figura 02 mostra a importância da colimação na visualização correta de três fontes pontuais diferentes; na imagem da esquerda não foi utilizado o colimador, já a imagem da direita a imagem foi formada após a instalação de um colimador de furos paralelos.

Os colimadores para câmaras de cintilação estão disponíveis em quatro tipos básicos: furo único (pinhole), furos paralelos, convergentes e divergentes (THRALL; ZIESSMAN, 2003). Pode-se afirmar ainda que

Colimadores de furos paralelos são construídos com furos que são paralelos entre si e perpendiculares à face do cristal detector. Os colimadores pinhole e convergente amplificam a imagem e os divergentes reduzem a imagem do objeto, algum grau de distorção ocorre com estes colimadores. Como disponibilidade de gama câmaras com um grande campo de visão os colimadores divergentes são raramente usados na rotina (HIRONAKA *et al.*, 2012).

De acordo com o estudo de Hironaka *et al.* (2012), assim como nos contadores de cintilação, válvulas fotomultiplicadoras (FM) são essenciais em câmaras à cintilação para converter os fótons de luz do detector de cristal NaI(Tl) para um pulso elétrico. No lugar

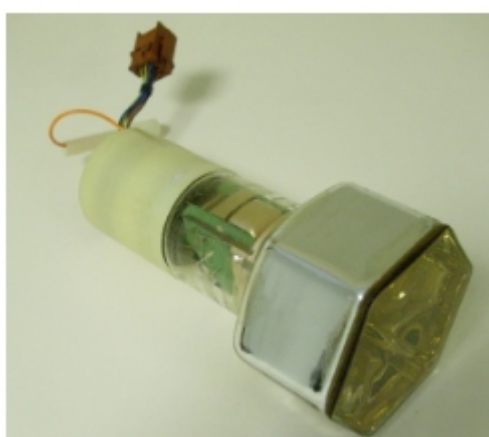
de uma única FM, é usada uma matriz de 19 a 107 FMs que são montadas de forma hexagonal na parte de trás do detector com a necessidade de um acoplador óptico.

Segundo um estudo de Pereira (1997), o NaI(Tl) é o cintilador mais comumente usado para detecção de raios gama. Este vem sendo produzido na forma de monocristais de várias dimensões. Possui densidade relativamente alta ($3,67\text{g/cm}^3$), e o elevado número atômico de seus elementos, combinado com grande volume, faz deste cintilador um detector de raios gama de alta eficiência.

Os autores Hironaka *et al.* (2012) alegam que a escolha dos cristais de NaI(Tl) para a detecção de radiação gama (γ) se dá principalmente devido à alta densidade ($3,67\text{g/cm}^3$) do detector e ao alto número atômico do iodo ($Z= 53$) comparado aos cintiladores orgânicos. Entretanto, os cristais de NaI(Tl) são higroscópicos, e a absorção de água causa mudança em sua transparência, a qual reduz a transmissão de luz pelo cristal até atingir as fotomultiplicadoras.

Os tubos ou válvulas fotomultiplicadoras (Figura 03) são os dispositivos que captam a luz das cintilações provenientes da interação da radiação gama com o cristal cintilador. Esses tubos são fotossensíveis, ou seja, são capazes de detectar luz (GARCEZ; SILVA; PAES, 2012).

Figura 03 – Válvula Fotomultiplicadora



Fonte: Medicina nuclear: Princípios e Aplicações (2012).

Garcez, Silva e Paes (2012) mencionam em seu estudo que os sistemas atuais de aquisição de imagens são os computadores que utilizam sinais digitais para processar as informações. No entanto, alguns sistemas mais antigos ainda trabalham com telas

fluorescentes para visualizar ou gravar filmes da distribuição da radiação fornecida pela câmara cintilográfica.

As aplicações da medicina nuclear englobam estudos planares (estáticos e dinâmicos) e estudos tomográficos (SPECT, SPECT-CT e PET-CT). Uma imagem planar apresenta uma única vista (projecção) da distribuição do radiofármaco no paciente, enquanto a imagem tomográfica é um volume de imagens da distribuição do radiotraçador computadas a partir de vários planos adquiridos com os detectores em diferentes posições (REIS, 2012).

Reis (2012, p.5) descreve que:

A SPECT implica a aquisição de vistas planares do paciente a partir de diferentes direções, utilizando um número elevado de projecções, embora cada projecção tenha normalmente menos contagens que o que seria aceitável para uma imagem estática convencional. A partir das imagens adquiridas podem ser reconstruídos matematicamente um conjunto de cortes do paciente. Convencionalmente as imagens SPECT são vistas em três planos ortogonais: axial, sagital e coronal. Normalmente, as imagens axiais são directamente obtidas a partir dados SPECT. Os restantes planos são obtidos a partir de um conjunto de cortes axial.

A Figura 04 aponta um exemplo de aparelho de SPECT que une a cintilografia e a tomografia computadorizada *multislice*.

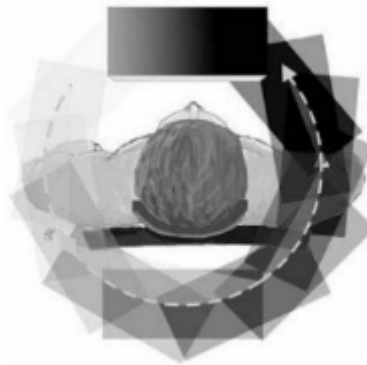
Figura 04 – Equipamento de Medicina Nuclear SPECT



Fonte: Medical Expo (2020).

Os designs mais avançados da câmara SPECT possuem mais de uma cabeça ou são construídos com um anel de detectores. Em caso de câmaras com uma cabeça de detecção ou múltiplas cabeças de detecção, as cabeças são mecanicamente desenvolvidas para girar em volta do paciente para obter múltiplas imagens de projeção, conforme indicado na Figura 05 (Powsner e Powsner, 1998).

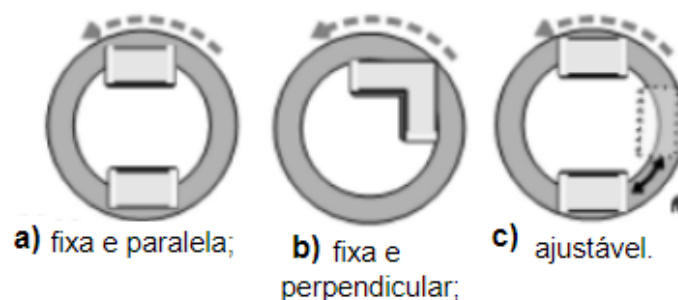
Figura 05 – Aquisição rotacional de SPECT



Fonte: Powsner e Powsner, (1998).

As câmaras de duas cabeças podem ter uma configuração paralela fixa, ou uma configuração perpendicular fixa (Figura 06). Câmaras com cabeças fixas paralelas, ou com oposição das cabeças, podem ser usadas para visualização simultânea de imagem planar anterior e posterior ou podem rotacionar em torno do paciente como uma unidade de aquisição SPECT. Já as câmaras com cabeças fixas perpendiculares, apresentadas em formato de “L”, são usadas quase exclusivamente para a visualização de SPECT cardíaca ou cerebral (Powsner; Powsner, 1998).

Figura 06 – Câmara SPECT de duas cabeças



Fonte: Powsner e Powsner, (1998).

2.1.1.3 Captação, leitura e armazenamento

O conceito de aquisição de imagens nucleares é baseado na detecção externa e no mapeamento (formação de imagem) da biodistribuição dos radiomarcadores que foram administrados ao paciente (BRANT; HELMS, 2008).

Ainda segundo os autores Brant e Helms (2008):

Após passar pelo colimador, a radiação emitida pelo paciente é captada pelos cristais de iodeto de sódio ativado com tálio (NaI[Tl]), estes emitem fótons visíveis à luz na interação com raios gama ou com fótons de aniquilação. Esses fótons visíveis à luz são, posteriormente, convertidos em um sinal elétrico através de fotomultiplicadores que estão opticamente ligados ao cristal de cintilação. Quando um fóton que está entrando interage com o cristal, a resultante distribuição de luz é mais intensa próximo ao ponto de interação e diminui com a distância, portanto, ao examinar a relação dos sinais provenientes da série de fotomultiplicadores, é possível localizar o ponto de interação na faixa de alguns milímetros.

Nas câmaras atuais, as válvulas fotomultiplicadoras são quadradas ou hexagonais para melhor ocupação da cabeça de leitura. A saída de cada tubo fotomultiplicador é usada para definir as coordenadas X e Y do ponto de interação dos raios gama no cristal pelo uso de um circuito X, Y de posicionamento que depois é ajustada por um circuito eletrônico somador que adiciona cada componente das fotomultiplicadoras para formar um pulso final conhecido como pulso Z (HIRONAKA *et al.*, 2012).

De acordo com os autores Thrall e Ziessman (2003):

O pulso elétrico de todas as fotomultiplicadoras é somado para fazer a análise de pulso, essa soma é referida como pulso Z e é usado para determinar se o evento detectado está dentro da faixa desejada e se deve ser utilizado para a formação da imagem ou ser descartado se for de uma energia maior ou menor. Se o pulso Z indica que um fóton primário foi absorvido, um sinal é enviado para o dispositivo armazenador da imagem, que nas câmaras de cintilação mais modernas as imagens são armazenadas em computadores dedicados à especialidade.

Os autores Thrall e Ziessman (2003) afirmam ainda que um conversor analógico-digital é usado para transformar o sinal de posição x e y em coordenadas digitais a serem

armazenadas na memória do computador.

2.2 Controle de qualidade (CQ)

Para que os equipamentos funcionem de forma adequada, níveis mínimos de controles de qualidade são indispensáveis, de forma a evitar que os resultados obtidos após aquisição das imagens sejam influenciados por alterações existentes nos equipamentos ou por interferências ambientais. Apesar da forma de execução variar em função do fabricante, os testes de CQ são fundamentais para detectar tanto influências devidas ao ambiente, quanto calibrações inadequadas dos equipamentos, além de apontar erros em componentes específicos (CHALELA; MENEGHETTI, 2006).

Entende-se, conforme a norma da CNEN NN 3.05 (CNEN, 2013), testes de aceitação como o conjunto de testes de segurança e desempenho realizados, como parte do processo de instalação do equipamento, para indicar que o instrumento de medição da radiação ou equipamento de diagnóstico adquirido atende aos requisitos estabelecidos pelo fabricante, pelas resoluções da CNEN, pelas demais normas nacionais e internacionais e pelo usuário ou seu representante legal; e entende-se como testes de controle da qualidade o conjunto de testes de segurança e desempenho realizados periodicamente, a fim de avaliar se o instrumento de medição da radiação ou equipamento de diagnóstico continua atendendo aos requisitos das resoluções da CNEN e das demais normas nacionais e internacionais e aos valores de referência estabelecidos durante os testes de aceitação.

A Resolução Nº 38 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2008) e a norma CNEN NN 3.05 (CNEN, 2013) mencionam que deve ser realizado um conjunto de testes de controle de qualidade nas gama câmaras, de acordo com a sua periodicidade, para demonstrar que o equipamento atende aos requisitos estabelecidos pelo fabricante e pelo usuário ou seu representante. O teste abordado neste trabalho é o de uniformidade intrínseca, para verificar a resposta intrínseca de uma gama câmara para um fluxo espacialmente uniforme de fótons incidentes sobre o campo de visão, usando uma janela simétrica de energia centralizada sobre o fopico para baixas densidades de contagem.

Segundo os autores Kubo *et al.* (2017), os órgãos que atualmente elaboram documentos como recomendação de controle de qualidade em medicina nuclear são: a National Electrical Manufacturers Association (NEMA) e a International Atomic Energy Agency (IAEA). A IAEA tem publicações descritivas e gratuitas sobre a realização dos controles de qualidade para equipamentos de tomografia computadorizada por emissão de fóton único (SPECT), tomografia por emissão de pósitrons (PET) e outros equipamentos de medicina, como a tomografia computadorizada, a mamografia, entre outros.

Os testes de aceitação e aqueles cuja frequência obedece a uma periodicidade semestral ou maior devem ser realizados por um especialista em física médica com título outorgado por instituição ou associação de referência nacional. Os testes com frequência inferior a semestral devem ser realizados por um profissional designado pelo titular do Serviço de Medicina Nuclear conforme resolução CNEN NN 3.05 (CNEN, 2013, p.11).

2.2.1 Teste de uniformidade

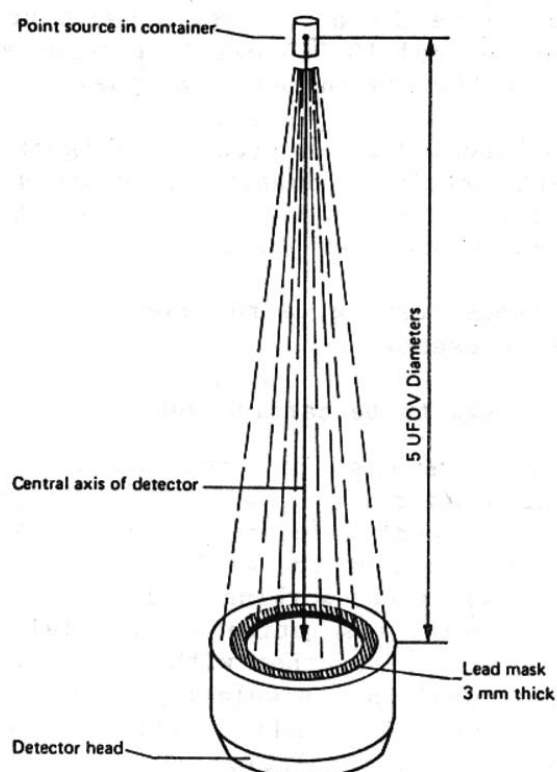
Uma das premissas básicas da imagem em MN é que a resposta do sistema de imagem a uma irradiação seja uniforme dentro dos limites definidos pelo fabricante. O teste de CQ de uniformidade e sensibilidade intrínseca ou extrínseca do equipamento de imagem deve ser realizado diariamente, com a finalidade de verificar a resposta do sistema ao fluxo espacialmente uniforme de fótons de ^{99m}Tc ou ^{57}Co (THE EUROPEAN ASSOCIATION OF NUCLEAR MEDICINE, 2017).

O campo de uniformidade, segundo a autora Oliveira (2000), pode ser medido através da utilização de uma fonte radioativa pontual com uma atividade pequena (200 a 400 μCi) ou através da utilização de qualquer radioisótopo aplicado em exames de MN. Quando se utiliza de uma fonte com atividade pequena, exposições desnecessárias aos trabalhadores são evitadas, entretanto ao utilizar qualquer radioisótopo se tem a desvantagem de maior densidade de contagem nas bordas do campo, o que pode ser evitado com uma blindagem, porém aumentará o tempo de realização do teste.

O atlas de controle de qualidade da IAEA para sistemas de câmeras de cintilação (2003) alude que a uniformidade do detector pode ser testado intrinsecamente, ou seja,

sem o colimador através de uma fonte pontual de atividade. A Figura 07 mostra a montagem da fonte no seu recipiente sobre o eixo central do detector a uma distância da sua face a cinco vezes o diâmetro do UFOV (área total da imagem) como definido pela máscara de chumbo.

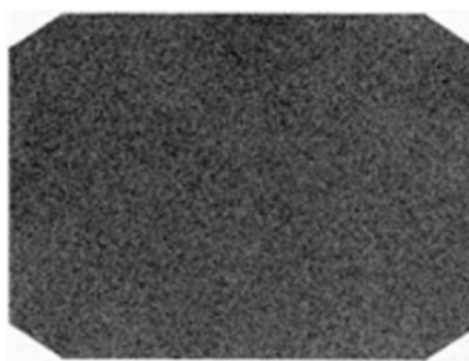
Figura 07 – Distância em que a fonte deve ser colocada do detector



Fonte: IAEA (2009).

A janela de energia para a realização do teste de uniformidade intrínseca deve ser simétrica, de modo que a energia de fotopico esteja centralizada na janela. A Figura 08 mostra um exemplo deste teste em conformidade, utilizando o ^{99m}Tc , 3 milhões de contagens, janela de energia de 20% definida simetricamente sobre o fotopico de 140 keV do ^{99m}Tc .

Figura 08 – Janela simétrica de 20% de energia



Fonte: IAEA (2003).

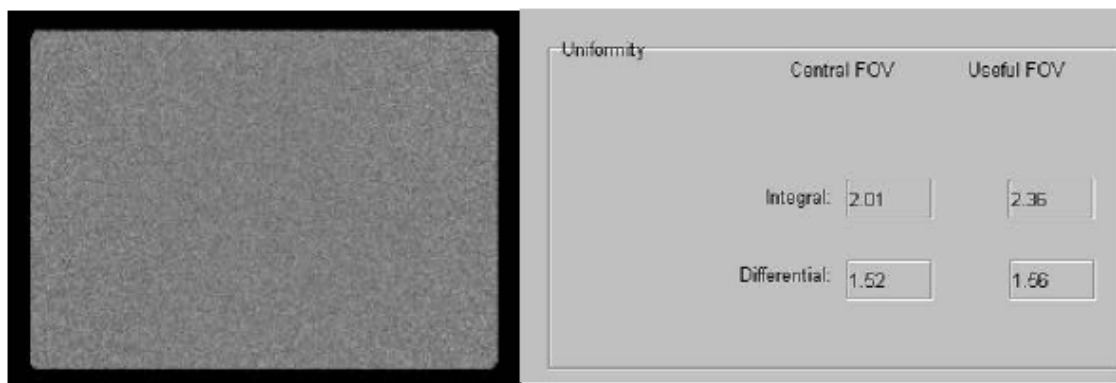
A uniformidade do campo, conforme estudos (GARCEZ; SILVA; PAES, 2012; THE EUROPEAN ASSOCIATION OF NUCLEAR MEDICINE, 2017) pode ser testada qualitativamente por inspeção visual ou quantitativamente pelo cálculo da uniformidade de imagem integral e diferencial dentro do campo de visão central da câmara e do campo de visão útil. A fórmula abaixo (Equação 01) indica o cálculo da uniformidade integral e diferencial, onde P_{min} é a menor contagem e $P_{máx}$ é a maior contagem.

$$Uniformidade = 100 \times \frac{P_{máx} - P_{min}}{P_{máx} + P_{min}}$$

Garcez, Silva e Paes (2012) afirmam ainda que a diferença básica entre uniformidade integral e diferencial é que para o cálculo de uniformidade integral, os valores de máximo e mínimo são obtidos da matriz inteira, já para a uniformidade diferencial, é calculada a máxima variação entre quaisquer cinco pixels adjacentes, seja no eixo horizontal, seja no eixo vertical da imagem.

Deste modo, são obtidos valores integral e diferencial para a área total da imagem (UFOV) e valores integral e diferencial para a porção central da imagem (CFOV), que engloba 75% da área total, conforme a Figura 09.

Figura 09 – Resultado do teste de uniformidade de uma gama câmara



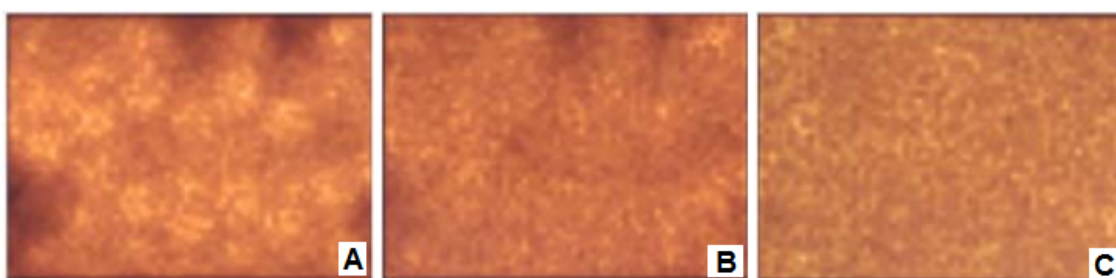
Fonte: Medicina nuclear: Princípios e Aplicações (2012).

Através da Figura 09 é possível visualizar uma imagem do teste com aspecto homogêneo e sem alteração na uniformidade, um resultado aceitável do teste de uniformidade intrínseca de uma gama câmara.

Os valores das uniformidades integrais e diferenciais para UFOV e CFOV obtidos no teste de aceitação devem ser comparados com as especificações do fabricante (GARCEZ; SILVA; PAES, 2012; IAEA, 2009), entretanto, no geral, os valores integrais devem ficar abaixo de 4% e os diferenciais abaixo de 3%, e frequentemente são melhores no campo central.

As imagens A, B e C, na Figura 10, representam o teste de aceitação de uniformidade intrínseca com janelas simétricas de respectivamente 10%, 15% e 20% de energia, o desempenho periódico deste teste é importante quando janelas de energia estreitas são usadas clinicamente (por exemplo, ao realizar estudos de isótopos duplos).

Figura 10 – Janelas de 10%, 15% e 20% de energia

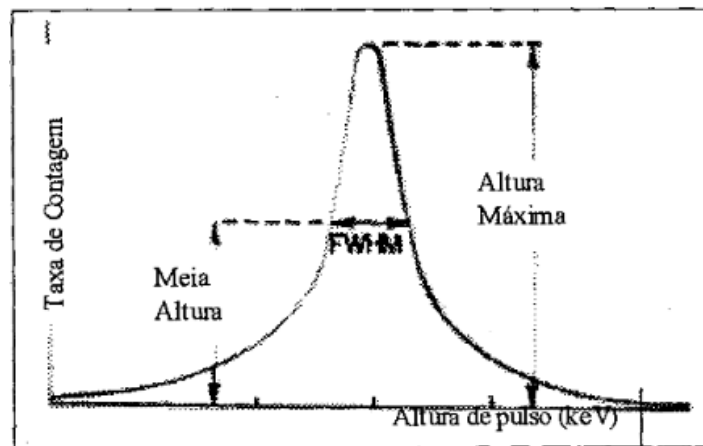


Fonte: IAEA (2003).

Quando realizada uma comparação entre as imagens A, B e C, percebe-se que à medida que a largura da janela diminui, há uma degradação geral da uniformidade. Na imagem A (janela de 10% de energia) a não uniformidade é evidente qualitativamente, resultando claramente um estado de baixa sintonia dos tubos fotomultiplicadores; já na imagem C (janela de 20% de energia), a imagem obtida é uniforme.

Outro aspecto de relevância, em se tratando de qualidade de imagem, é a resolução energética; esta pode ser quantificada como a largura máxima a meia altura (Full Width at Half Maximum - FWHM) no fotopico, representada na Figura 11 (HIRONAKA *et al.*, 2012).

Figura 11 - FWHM (full width at half maximum)

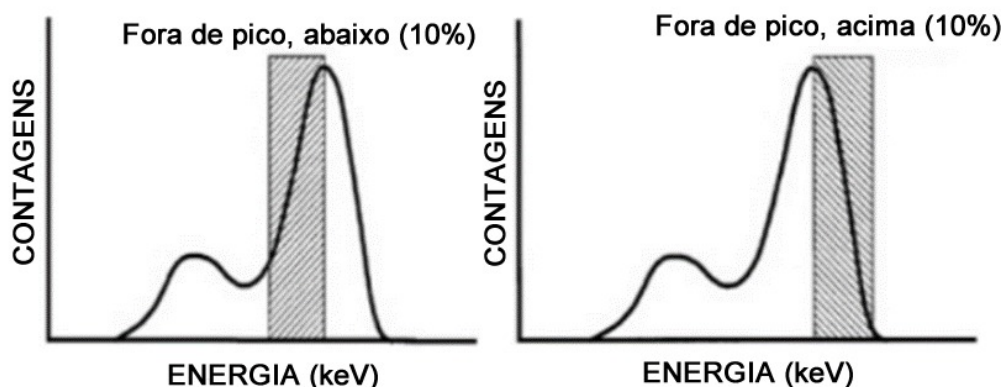


Fonte: Nuclear medicine physics - the basics, (1998).

Através da determinação da FWHM desta curva a resolução espacial da gama câmara toma-se conhecida. Quanto mais estreita for a curva melhor será a resolução espacial da imagem projetada (OLIVEIRA, 2000).

Algumas câmaras de cintilação, conforme o atlas de controle de qualidade da IAEA para sistemas de câmaras de cintilação (IAEA, 2003), são mais sensíveis à janelas fora de pico, mesmo quando for utilizado o mesmo deslocamento assimétrico. As janelas de energia assimétricas servem para verificar o detector quanto a possíveis efeitos de hidratação dos cristais, avaliar o equilíbrio ou o ajuste dos tubos fotomultiplicadores e revelar problemas eletrônicos (Figura 12).

Figura 12 – Representação esquemática de janelas de energia assimétricas



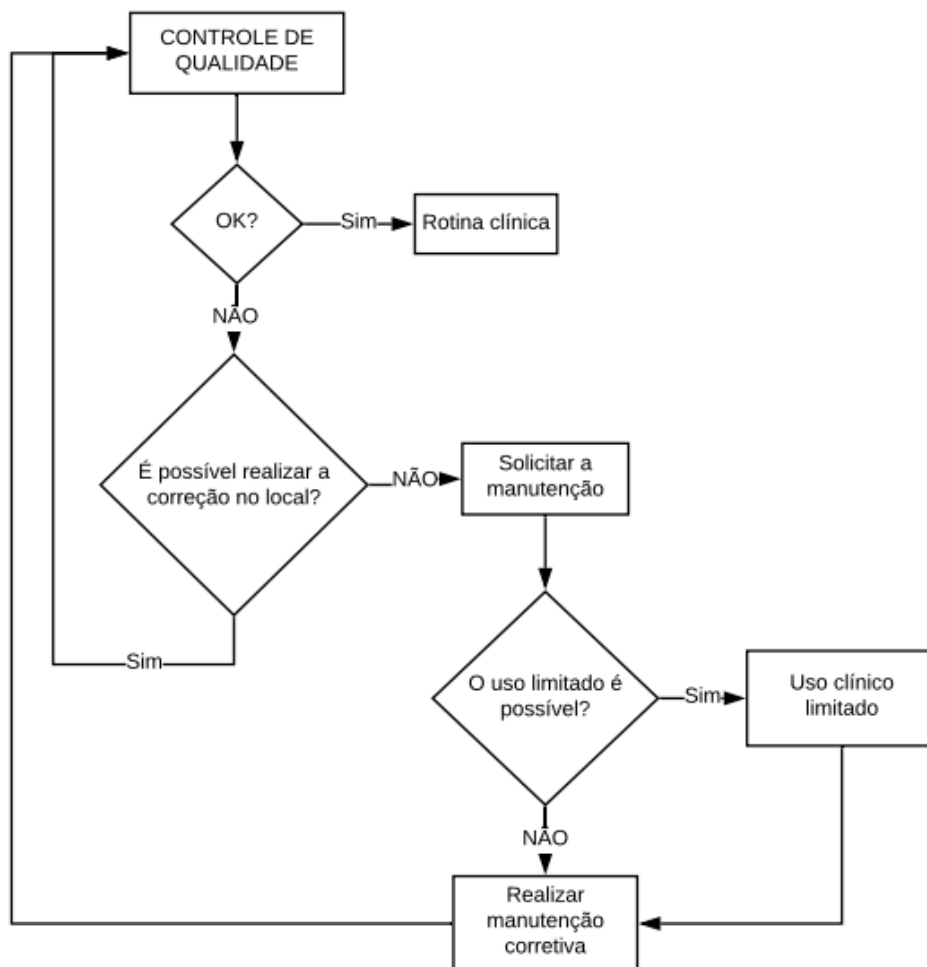
Fonte: Adaptado da IAEA (2003).

O diagrama “Fora de pico, abaixo (10%)”, (Figura 12, direita), mostra a janela de energia de 10% definida assimetricamente sobre a metade inferior do fotopico (126-140 keV), sendo denominado de baixa assimétrica, ou ainda baixa fora do pico. Já o diagrama “Fora de pico, acima (10%)” (Figura 12, esquerda), mostra a janela de energia de 10% definida assimetricamente sobre a metade superior do fotopico (140-154 keV), sendo denominado de alta assimétrica, ou ainda alta fora do pico.

Quando, ao realizar o teste, for obtido um resultado insatisfatório, ou seja, se o valor da uniformidade integral ultrapassar 4% ou da uniformidade diferencial ultrapassar 3%, o atlas da IAEA (2003) define que a manutenção e o reajuste devem ser efetuados antes que outros testes de desempenho sejam realizados.

Segundo os autores Garcez, Silva e Paes, (2012), devem ser elaborados fluxogramas semelhantes ao da Figura 13 para cada procedimento de avaliação dos instrumentos e equipamentos de trabalho e, em caso de não conformidades, as medidas devem ser claras. Além disso, os operadores dos equipamentos devem estar treinados para responder à questão “OK?” da caixa de decisão do fluxograma, bem como “É POSSÍVEL REALIZAR A CORREÇÃO NO LOCAL?”, para solucionar o problema ou encaminhar para o setor responsável.

Figura 13 – Fluxograma de um programa de CQ para uma câmara de cintilação



Fonte: Adaptado de IAEA (2009).

2.3 Procedimento Operacional Padrão (POP)

A assistência prestada nos serviços de saúde deve ser integral, segura e de qualidade. Nesse contexto, se torna imprescindível a padronização da assistência à saúde por meio da aplicação de um Procedimento Operacional Padrão (POP). O POP é uma descrição detalhada de todas as medidas necessárias para a realização de determinada tarefa, servem de veículo para que as informações acerca dos processos cheguem com segurança ao executor (EBSERH, 2014; PEREIRA *et al.* 2017).

O POP, conforme o estudo dos autores Pereira *et al.* (2017), tem a necessidade de ser claro, explicativo, atualizado e de acordo com a realidade do setor, para que possa

viabilizar a padronização e atualização das técnicas garantindo maior segurança para o paciente e para o trabalhador, além de controlar gastos e economizar o tempo.

3 METODOLOGIA

Este Trabalho de Conclusão de Curso trata-se de uma pesquisa do tipo descritiva que emprega a técnica de análise documental.

Foi realizada uma revisão de literatura simples sobre a execução do teste de uniformidade intrínseca da câmara de cintilação, no setor de MN, a partir de livros, artigos científicos, manuais de equipamentos e normas vigentes nacionais e internacionais. Como critério de inclusão de fontes bibliográficas, usou-se somente aquelas que tratam do passo a passo da realização do teste de uniformidade intrínseca.

Foram selecionados quatro documentos oficiais, dentre as quais normas nucleares, resoluções e organizações, listados a seguir: CNEN NN N° 3.05/2013; RESOLUÇÃO N° 38, DE 4 DE JUNHO DE 2008; Atlas de controle de qualidade da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) para sistemas de câmeras de cintilação; NEMA NU 1-2012 Performance Measurements of Gamma Cameras.

Em seguida foi realizada uma pesquisa em bases indexadas com o uso dos descritores: “nuclear medicine AND quality control AND acceptance test”, com o operador booleano “AND”. Como critérios de inclusão, foram selecionados os estudos em língua portuguesa, inglesa ou espanhola que tratavam sobre o teste de uniformidade intrínseca.

Na sequência foi realizada uma comparação dos documentos que abordaram o passo a passo do teste de uniformidade intrínseca; por fim, de forma clara, explicativa, atualizada e objetiva, desenvolveu-se um Procedimento Operacional Padrão para o teste de uniformidade intrínseca, que deve ser realizado diariamente na Gama Câmara nos SMN.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a finalidade de desenvolver o POP para o teste de uniformidade intrínseca foram analisados e comparados através de uma tabela, o Atlas de controle de qualidade da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) para sistemas de câmaras de cintilação (representado na Tabela 03 como Fonte 01), o documento da NEMA, de 2013 “NEMA NU 1-2012 Performance Measurements of Gamma Cameras” (representado na Tabela 03 como Fonte 02), a dissertação denominada “Uma Contribuição ao Controle de Qualidade de Gamacâmeras” da autora Fernanda Ramos de Oliveira (representado na Tabela 03 como Fonte 03) e o livro Medicina Nuclear: Princípios e Aplicações de HIRONAKA *et al.* (2012) (representado na Tabela 03 como Fonte 04).

Tabela 03 – Parâmetros indicados em documentos para o POP

	Atividade	Distância	Matriz	Janela	Contagem
Referência 01	300–500 μ Ci	Não disponível	Padrão do fabricante	20%	30.000
Referência 02	Não disponível	Pelo menos 5 vezes maior que a maior dimensão linear do UFOV acima do detector	Padrão do fabricante	20%	10.000
Referência 03	200 a 400 μ Ci ou menor volume possível	5 vezes o diâmetro do mesmo	Padrão do fabricante	20%	Não disponível
Referência 04	50 a 1300 μ Ci (depende do equipamento) em 0,2 de volume	5 vezes o tamanho do FOV acima do piso	256x256 pixels	20%	3-15 milhões

Fonte: Autoria da pesquisadora, 2020.

Os quatro documentos utilizados para a elaboração do POP apresentaram divergência na atividade da fonte, na matriz e no número de contagens, conforme indicado na Tabela 03.

O radionuclídeo indicado para a realização do teste é o ^{99m}Tc , entretanto a sua atividade varia: a IAEA indica que deve ser utilizada uma atividade de 300–500 μCi ; a NEMA não indica qual o valor de atividade deve ser utilizado; a dissertação da autora Oliveira (2000) aponta que deve ser utilizada uma atividade 200 a 400 μCi ou menor volume possível; e, por fim, o livro *Medicina Nuclear: Princípios e Aplicações* menciona uma atividade de 50 a 1300 μCi (varia conforme o equipamento) em 0,2 de volume.

Pode-se observar através da Tabela 03 que a matriz nas Referências 01, 02 e 03 variam conforme o fabricante de cada equipamento, esses documentos não mencionam ao certo qual matriz deve ser utilizada, entretanto, o documento da IAEA (Referência 01) propõe um tamanho de matriz de 64x64 pixels para qualquer gama câmara com a maior dimensão do UFOV abaixo de 400mm. Se o UFOV for maior, deve ser usada uma matriz de 128x128 pixels. A Referência 04 sugere que a matriz de 256x256 pixels deve ser utilizada.

Relacionado ao número de contagens, foram encontradas variações nos documentos: a Referência 01 sugere 30 mil contagens, a Referência 02 sugere 10 mil contagens, a Referência 03 não atribuiu nenhum valor e, por fim, a Referência 04 estipulou de 3-15 milhões de contagens.

Com relação à janela de energia e distância, todos os documentos indicam os mesmos dados, a saber, janela de energia 20% e distância que seja pelo menos 5 vezes maior que a maior dimensão linear do UFOV acima do detector.

Na Tabela 04, os valores de máximo e mínimo para realização do cálculo da uniformidade integral e diferencial não foram inseridos, devido as publicações não especificarem os resultados e nem o passo a passo.

Baseado nos documentos que apresentaram informações sobre o controle de qualidade intrínseco na gama câmara em MN, este trabalho culminou em uma sugestão de POP para este controle de qualidade em específico, conforme indicado abaixo na Tabela 04.

Para ilustrar o Procedimento Operacional Padrão para o teste de uniformidade intrínseca, foi realizado um fluxograma (APÊNDICE A).

Tabela 04 – Sugestão de POP para o teste de uniformidade intrínseca

Logomarca da Empresa	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO – TESTE DE UNIFORMIDADE INTRÍNSECA DA GAMA CÂMARA
1º Passo	Preparar a fonte: retire de 300–500µCi de ^{99m} Tc com uma seringa de 1ml.
2º Passo	Remova o colimador e alinhe a gama câmara no centro onde será colocada a fonte. (Sugestão: coloque a gama câmara no ponto central e marque o local de referência para colocar a fonte).
3º Passo	Coloque a fonte de ^{99m} Tc a uma distância pelo menos cinco vezes maior que a maior dimensão linear do UFOV acima do detector.
4º Passo	<p>Abra no computador o protocolo do teste de controle de qualidade do fabricante, ou abra uma imagem estática na tela do computador e selecione os seguintes dados:</p> <p>Data: _ / _ / _</p> <p>Nome: Teste de uniformidade</p> <p>Radionuclídeo: ^{99m}Tc</p> <p>Energia: 140keV</p> <p>Contagens: 10-30 mil contagens</p> <p>Janela de energia: 20%</p> <p>Matriz: Padrão do fabricante do equipamento</p>
5º Passo	Análise da imagem: inspecione visualmente a imagem quanto a variações de brilho ou densidade. Observe atentamente a imagem de alto contraste. Observe todas as áreas que se destacam claramente ou que indicam uma válvula fotomultiplicadora desafinada.
6º Passo	Encontre os valores de máximo e mínimo.
7º Passo	Realizar o cálculo de uniformidade integral e diferencial através da seguinte fórmula:
$Uniformidade = 100 \times \frac{P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}}{P_{m\acute{a}x} + P_{m\acute{i}n}}$	
8º Passo	Analise se o valor da uniformidade integral é menor ou igual que 4% ou a uniformidade diferencial é menor ou igual que 3%, caso ultrapasse esses valores o teste tem de ser feito. Se o erro se mantiver, deve-se entrar em contato o responsável pela calibração do equipamento.
9º Passo	Retire a fonte de ^{99m} Tc e armazene no local adequado, coloque o colimador na gama câmara e siga a rotina da clínica.

Com a finalidade de padronizar a sequência da realização do teste de uniformidade intrínseca, foi escolhida neste trabalho a utilização de uma fonte de ^{99m}Tc , pois segundo Oliveira (2000), uma fonte de baixa atividade é uma vantagem pois evita uma exposição desnecessária aos trabalhadores e, geralmente a avaliação da resolução espacial intrínseca é realizada com ^{99m}Tc , que é de fácil obtenção e como consequência das suas características, o radioisótopo mais utilizado em estudos nucleares.

Como pode-se observar na Tabela 04, o número de contagens estipulado no POP foi de 10 a 30 mil contagens, este item foi definido a partir do valor que as normas da IAEA e da NEMA sugerem.

A janela de energia e a distância foram definidas com base nos documentos analisados, que corresponderam entre si; assim foi proposta no POP a utilização da janela de energia de 20% e de uma distância que seja pelo menos 5 vezes maior que a maior dimensão linear do UFOV acima do detector.

Conforme Hironaka *et al.* (2012), a determinação da matriz de correção da uniformidade é bastante complicada para ser realizada pela equipe técnica interna, sendo necessária a colaboração dos engenheiros do fabricante do equipamento. Diante disto, foi sugerido no POP que a matriz dependerá do fabricante da gama câmara, entretanto, caso ocorra de não estar disponível este dado no SMN, o documento da IAEA propõe um tamanho de matriz de 64x64 pixels para qualquer gama câmara com a maior dimensão do UFOV abaixo de 400mm. Se o UFOV for maior, deve ser usada uma matriz de 128x128 pixels.

5 CONCLUSÃO

Como visto ao longo deste trabalho, a gama câmara é um equipamento bastante complexo, que para gerar imagens de excelente qualidade, necessitam de incontáveis testes de controle de qualidade.

A divergência observada nas recomendações dos documentos que apresentaram informações sobre o teste de uniformidade intrínseca indica a carência de materiais padronizados acerca do teste de uniformidade intrínseca realizado na gama câmara em SMN.

Esta pesquisa buscou desenvolver um POP em língua portuguesa apenas para o teste de uniformidade intrínseca do controle de qualidade que deve ser realizado diariamente na gama câmara, entretanto, não há normas nacionais que estabelecem o passo a passo do teste de uniformidade intrínseca. Por este motivo, o POP foi realizado com base na comparação de normas internacionais e publicações nacionais.

O Procedimento Operacional Padrão para o teste de uniformidade intrínseca, desenvolvido neste trabalho, atendeu ao problema de pesquisa proposto pois trouxe uma melhor definição do modo de realização do teste, e pode ser prontamente aplicado nos SMN. Este trabalho terá um impacto positivo nos SMN, pois ajudará no treinamento dos profissionais responsáveis por operacionalizar o teste de uniformidade intrínseca e também contribuirá para o ensino dos alunos, garantindo qualidade e reprodutibilidade na gama câmara.

Por fim, o estudo considera a necessidade de uma padronização de todos os controles de qualidade que são realizados na Gama Câmara nos SMN através da criação de Procedimentos Operacionais Padrão.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº 38, de 4 de junho de 2008**. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2008/res0038_04_06_2008.html. Acesso em: 19 nov. 2019.
- BRANT, William E.; HELMS, Clyde A.. **Fundamentos de Radiologia: Diagnóstico por Imagem**. 3. ed. RJ: Guanabara Koogan S.A., 2008. p. 1289-1298.
- BRASIL. Ministério da saúde. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde. **Consulta Equipamentos**. Disponível em: http://cnes2.datasus.gov.br/Mod_Ind_Equipamento.asp?VEstado=00. Acesso em: 22 abr. 2020.
- CAVALCANTI *et al.* CONTROLE DE QUALIDADE DE ACEITAÇÃO DE GAMA CÂMARA. **X Congresso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica**, Buenos Aires, 2015. Disponível em: <http://www.irpabuenosaires2015.org/Archivos/tr-completos/irpa/Trabalho.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2020.
- CHALELA, William Azem; MENEGHETTI, José Cláudio. Normatização dos Equipamentos e Técnicas de Exames para Realização de Procedimentos em Cardiologia Nuclear: controle de qualidade e desempenho da instrumentação. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 86, abril 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abc/v86s1/a02v86s1.pdf>. Acesso em: 20 set. 2019.
- CHANDRA, Ramesh. **Nuclear medicine physics - the basics**. New York : Williams&Wilkins, 1998.
- CNEN. **GLOSSÁRIO DO SETOR NUCLEAR E RADIOLÓGICO BRASILEIRO**, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/glossario.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- CNEN. NN 3.05: **Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de medicina nuclear**, 2013. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm305.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2019.
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Instalações Autorizadas**. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/index.php/instalacoes-autorizadas-2>. Acesso em: 22 abr. 2020.
- EBSERH; **Manual de Padronização de POPs**. 1. ed. Brasília: Coordenado pela Secretaria Geral, 2014. Disponível em: <http://www2.ebserh.gov.br/documents/147715/0/manualpadronizacaopops/356c2f1c-27d8-419d-9ddb-49b42607eb8b>. Acesso em: 26 mar. 2020.
- GARCEZ, Alexandre Teles; SILVA, A. A. R. D; PAES, Walter Siqueira. **Medicina nuclear**. 1. ed. SP, 2012. p. 1-133. Disponível em: <http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images//>

documentos/Medicina_nuclear.pdf. Acesso em: 20 ago. 2019.

GUERRERO, Giselle Patrícia; BECCARIA, Lúcia Marinilza; TREVIZAN, Maria Auxiliadora. PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO: UTILIZAÇÃO NA ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM EM SERVIÇOS HOSPITALARES. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, SP, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-11692008000600005&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 17 jan. 2020.

HIRONAKA *et al.* **Medicina Nuclear: Princípios e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Atheneu, 2012.

IAEA, **Quality assurance for SPECT systems**. 6. ed., Áustria, 2009.

IAEA. **Quality Control Atlas for Scintillation Camera Systems**. Vienna, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES. **Fontes Radioativas - fontes seladas de referência de Cobalto-57**. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=35&campo=1639. Acesso em: 4 maio 2020.

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). **Gerador IPEN-TEC pertecnetato de sódio (99m Tc)**, 2019. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/conteudo/geral/1555_1387_BULA%20GERADOR%20IPEN-TEC%20Profissional%20da%20saude.pdf. Acesso em: 5 ago. 2020.

INSTITUTO ONCOGUIA. **Exames de Medicina Nuclear**. Disponível em: <http://www.oncoguia.org.br/conteudo/exames-de-medicina-nuclear/6798/842/>. Acesso em: 28 maio 2020.

KUBO, T. T. A. *et al.* Avaliação dos serviços de Medicina Nuclear do Estado de Minas Gerais: programa de controle de qualidade dos equipamentos. **Revista Brasileira de Física Médica**, MG, 2017. Disponível em: <http://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/404>. Acesso em: 10 nov. 2019.

MARQUES, F. L. N.; OKAMOTO, M. R. Y.; BUCHPIGUEL, Carlos Alberto. Alguns aspectos sobre geradores e radiofármacos de tecnécio-99m e seus controles de qualidade. **Radiologia Brasileira**, SP, v. 34, n. 4, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rb/v34n4/11251.pdf>. Acesso em: 30 set. 2019.

MEDICAL EXPO. **GAMA-CÂMARA SPECT / PARA CINTILOGRAFIA CARDÍACA / PARA CINTILOGRAFIA CRANIANA / PARA SPECT DE CORPO INTEIRO**. Disponível em: <https://www.medicaexpo.com/pt/prod/philips-healthcare/product-70721-625385.html>. Acesso em: 22 jun. 2020.

MURAKAMI, Carlos Montalvão. **Controle de qualidade em medicina nuclear (gamma-câmara)**, SP, 2013. Disponível em: <http://conic-semesp.org.br/anais/files/2013/trabalho-1000014642.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2019.

NEMA NU 1-2012. **Performance Measurements of Gamma Cameras**. Virginia, National Electrical Manufacturers Association, 2013.

OLIVEIRA *et al.* **Análise do controle de qualidade de gama câmara tipo SPECT.** Buenos Aires, p. 1-8, 2015. Disponível em: <http://docplayer.com.br/51120515-Analise-do-controle-de-qualidade-de-gama-camara-tipo-spect.html>. Acesso em: 20 ago. 2019.

OLIVEIRA, F. R. D. **Uma Contribuição ao Controle de Qualidade de Gamacâmeras,** Florianópolis, 2000. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/79223/175067.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 mar. 2020.

PEREIRA, L. R. *et al.* Avaliação de procedimentos operacionais padrão implantados em um serviço de saúde. **Arquivos de Ciências da Saúde**, v. 24, n. 4, 2017. Disponível em: <http://www.cienciasdasaude.famerp.br/index.php/racs/article/view/840/728>. Acesso em: 26 mar. 2020.

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

REIS, A. R. R. **Aquisição, Processamento e Análise de Imagens de Medicina Nuclear.** FC - Dissertações de Mestrado, Portugal, p. 1-110, 2012. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/9242/1/ulfc104498_tm_Ana_Raquel_Reis.pdf. Acesso em: 21 ago. 2019.

SILVEIRA, Cláudia Regina; FLÔR, R. D. C; MACHADO, Rosani Ramos. **Metodologia da Pesquisa.** Florianópolis, Publicações do IFSC, 2011.

SBMN. Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear. **Conheça a Medicina Nuclear.** Disponível em: <https://sbmn.org.br/comunicacao/conheca-a-medicina-nuclear/>. Acesso em: 19 nov. 2019.

THE EUROPEAN ASSOCIATION OF NUCLEAR MEDICINE (EANM). **Quality Control of Nuclear Medicine Instrumentation and Protocol Standardisation.** 2017. Disponível em: <https://www.eanm.org/publications/technologists-guide/qualitycontrol/>. Acesso em: 17 mar. 2020.

THOM, A. F.; SMANIO, P. E. P; **Medicina Nuclear em Cardiologia: dá Metodologia à Clínica.** São Paulo: Atheneu, 2007.

THRAL, James H.; ZIESSMAN, Harvey A.; **Medicina Nuclear.** 2. ed. RJ: Guanabara Koogan S.A., 2003. p. 23-25.

ZANDONÁ, E. A. **Gama Câmara CZT: Alteração de Paradigmas na Aquisição de Imagens de Medicina Nuclear.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências de Botucatu, Botucatu, 2010. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121805/zandona_ea_tcc_botib.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 04 nov. 2019.

ZÁU, M. A. C. D. O. **Necessidades do espaço físico em unidade de medicina nuclear.** Salvador, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2008. Disponível em:

http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/monografias/necessidades_espaco_unidade_medicina_nuclear.pdf. Acesso em: 20 ago. 2019.

ZIESSMAN, H. A. *et al.* **Medicina Nuclear**. 4^a. ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2015.

ZIMMERMANN, Richard; **Nuclear Medicine: Radioactivity for Diagnosis and Therapy**. France: EDP Sciences, 2007.

APÊNDICE

APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DA SUGESTÃO DE POP PARA O TESTE DE UNIFORMIDADE INTRÍNSECA

