

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS – DASS
MESTRADO EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA**

TAYANA PORTELA

**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL NO PROCESSO DE TRABALHO
EM PROCEDIMENTOS COM RADIOFÁRMACOS MARCADOS COM
⁶⁸Ga**

FLORIANÓPOLIS, 2020

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS – DASS
MESTRADO EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA**

TAYANA PORTELA

**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL NO PROCESSO DE TRABALHO EM
PROCEDIMENTOS COM RADIOFÁRMACOS MARCADOS COM
⁶⁸Ga**

Dissertação submetida ao Mestrado em Proteção Radiológica do Instituto Federal de Santa Catarina como parte de requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Proteção Radiológica.

Orientação: Profa. Dra. Tatiane Camozzato
Co-orientação: Profa. Dra. Rita de Cássia Flôr

FLORIANÓPOLIS, 2020

CDD 616.0757
P843e

Portela, Tayana

Exposição ocupacional no processo de trabalho em procedimentos com radiofármacos marcados com ^{68}Ga [DIS] / Tayana Portela; orientação de Tatiane Camozzato; coorientação de Rita de Cássia Flôr – Florianópolis, 2020.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Proteção Radiológica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Proteção radiológica. 2. Medicina nuclear. 3. Enfermagem radiológica. 4. ^{68}Ga . I. Camozzato, Tatiane. II. Flôr, Rita de Cássia. III. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Raphael Vieira Gomes Costa CRB 14/1341



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ata da 21ª Sessão de Defesa de Dissertação de Mestrado Profissional em Proteção Radiológica do Programa de Pós Graduação em Tecnologias Radiológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, sendo candidata **Tayana Portela** orientada pela profª. Dra. **Tatiane C. Sabriela Camozzato** e coorientada pela profª Dra. **Rita de Cássia Flôr**. A banca examinadora foi composta pelos seguintes membros: Prof. Alexandre D'Agostini Zottis, Gerusa Ribeiro, Luciene das Graças Mota, Profa. Juliana Almeida Coelho de Melo e Profa. Vanessa Tuono Jardim. A sessão em caráter de sigilo realizada no dia 16/12/2019, às 14:30 horas, tendo por local a sala C209 foi aberta pelo presidente da sessão que em breves palavras descreveu o ritual da defesa, apresentou a candidata, a banca examinadora e imediatamente convidou a candidata para que em cinquenta minutos apresentasse com o título: "EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL NO PROCESSO DE TRABALHO EM PROCEDIMENTOS COM RADIOFÁRMACOS MARCADOS COM ⁹⁹Tc". A candidata após a apresentação foi arguida pelos membros da Banca Examinadora. Finalmente foi dada a oportunidade aos presentes para fazerem pergunta a candidata. Ao contrário, a banca examinadora reunida em caráter sigiloso, deliberou pela **APROVAÇÃO** da Dissertação, recomendando a concessão do grau de **MESTRE EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA** à **Tayana Portela**. A candidata deverá atender as adequações recomendadas pela banca examinadora no prazo informado pela Coordenação do Curso para expedição do diploma. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às **16:30** horas, desta sendo lavrada folha própria arquivada na pasta "REGISTROS" na secretaria do programa a presente ata, que uma vez aprovada, será assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pela aluna.

Florianópolis, 16 de Dezembro de 2019.

Assinaturas:

Profª Tatiane Sabriela Cagol Camozzato, Dra
Profª Rita de Cássia Flôr, Dra
Prof Alexandre D'Agostini Zottis, Dr.
Profª Gerusa Ribeiro, Dra.
Profª. Luciene das Graças Mota, Dra.
Profª. Vanessa Tuono Jardim, Dra
Juliana Almeida Coelho de Melo
Tayana Portela

Presidente da Banca

Co-orientadora

Membro

Membro

Membro Externo

Membro

Membro

Mestrando

Tatiane Camozzato

Rita Flôr

Gerusa Ribeiro

Luciene das Graças Mota

Vanessa Tuono Jardim

Juliana Almeida Coelho de Melo

Tayana Portela

DEDICATÓRIA

“Pelo carinho, afeto, dedicação e cuidado que meus pais me deram durante toda a minha existência, dedico esta dissertação a eles. Com muita gratidão. Sem vocês, nada disso faria sentido.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pai protetor que me deu a oportunidade e forças para enfrentar essa jornada difícil e ao mesmo tempo, muito desejada.

Agradeço aos meus pais, que me deram a vida, meus irmãos nos ensinando o caráter, e cumprem lindamente a tarefa mais difícil que é educar, foram responsáveis pela minha formação me abençoando com uma forte estrutura familiar. Por sempre acreditarem em mim no meu potencial e estarem todos os momentos ao meu lado. Amo muito vocês. Sempre!

A todos os meus amigos e familiares pelo apoio e ajuda constante, independente dos momentos.

Ao meu esposo Rafael, que sempre me apoia, mesmo nos dias de aflições durante a escrita do trabalho, soube ser paciente e atencioso comigo, me encorajando a seguir.

À minha orientadora, Profa. Tatiane Camozzato, sempre me recebendo com uma paciência materna e serena, desde sempre.

À minha coorientadora, Profa. Rita de Cássia Flôr, profissional que admiro, pela dedicação para comigo, em todos os momentos durante o processo. Obrigado pela confiança e parceria.

À Clínica Bionuclear- Serviços de Medicina Nuclear e Imagem molecular, que me possibilitou espaço para a construção dessa pesquisa. Todos os participantes da pesquisa, na qual tive sorte em ser muito bem recebida.

Ao Programa de Pós Graduação em Proteção Radiológica do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis.

Aos meus colegas da Turma de Mestrado que durante dois anos pude contar na árdua caminhada, assim como os professores nessa formação.

À todos, meus sinceros agradecimentos !

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

(Albert Einstein).

RESUMO

RESUMO: **Objetivo:** identificar os níveis de exposição ocupacional dos profissionais de enfermagem e das técnicas radiológicas, no processo de trabalho em procedimentos com radiofármacos de ^{68}Ga em um serviço de Medicina Nuclear catarinense. **Método:** Trata-se de uma pesquisa qualitativa descritiva com caráter descritivo exploratório, tendo como local de estudo o ambiente envolvido no processo de trabalho do profissional de Enfermagem e da Radiologia em uma clínica de Medicina Nuclear catarinense. Participaram do estudo 2 profissionais da área de Enfermagem e 2 profissionais da área da Radiologia. A coleta de dados ocorreu por meio da observação não participante do processo de trabalho, aplicação dos roteiros relacionados ao processo observado, dosimetria ocupacional e verificação da taxa de exposição que os profissionais estavam expostos. Os dados foram categorizados em momentos críticos, no que se refere a área de enfermagem foram destacados momentos como a administração do radionuclídeo, assistência ao paciente durante a permanência no setor, posicionamento do paciente e administração do meio de contraste. Ao se considerar a equipe de Radiologia, foram levados em consideração: preparação do kit de soluções e o kit maxi-set, eluição da seringa do gerador, eluição da seringa do cartucho, eluição da seringa do frasco E, eluição da seringa do frasco F e o fracionamento do material. **Resultados:** Com a realização desse estudo, evidenciou-se que a exposição ocupacional em média, nos momentos mais críticos, destaca-se, no setor da Enfermagem: exposição do tórax durante a administração do material radioativo (73,89%), exposição do tórax durante a administração do meio de contraste (10,57 %), exposição do tórax durante posicionamento do paciente (23,30%). No que se refere à Radiologia, eluição do frasco E (26,46 %), eluição do frasco F (23,42%) e fracionamento (19,79%) que estão atreladas aos fatores distância, tempo e blindagem, observando-se tempos elevados durante manuseio do material, pequenas distâncias entre fontes e estruturas radiosensíveis, como cristalino e tireoide, além da não utilização do biombo, mesmo estando disponível no local. **Conclusão:** A diminuição do tempo em que o indivíduo ocupacionalmente exposto permanece próximo ao paciente

durante a injeção do material, são pontos críticos que merecem maior atenção por parte desses profissionais.

Palavras-chave: Processo de trabalho. Proteção radiológica. ^{68}Ga . Medicina Nuclear. Enfermagem radiológica.

ABSTRACT

ABSTRACT: Objective: to identify occupational exposure levels of nursing professionals and radiological techniques in the process of working on ^{68}Ga radiopharmaceutical procedures in a Santa Catarina Nuclear Medicine service. **Method:** This is a qualitative and quantitative research, with exploratory descriptive character, having as place of study the environment involved in the work process of the Nursing and Radiology professional in a Santa Catarina Nuclear Medicine clinic. Two nursing professionals and two radiology professionals participated in the study. Data collection occurred through non-participant observation of the work process, application of the scripts related to the observed process, occupational dosimetry and verification of the exposure rate to which the professionals were exposed. Data were categorized at critical moments, with regard to the nursing area, such as radionuclide administration, patient care during the stay in the sector, patient positioning and contrast medium administration. Considering the Radiology team, the following were considered: preparation of the solution kit and the maxi-kit, generator syringe elution, cartridge syringe elution, vial syringe elution, vial syringe elution and the fractionation of the material. **Results:** With this study, it was evidenced that occupational exposure on average, at the most critical moments, stands out in the Nursing sector: chest exposure during material administration (73.89%), chest exposure during contrast agent administration (10.57%), chest exposure during patient positioning (23.30%). Regarding radiology, elution of vial E (26.46%), elution of vial F (23.42%) and fractionation (19.79%) that are linked to the factors distance, time and shielding, observing high times during material handling, short distances between sources and radiosensitive structures, such as lens and thyroid, in addition to the non-use of the screen, even when available on site. **Conclusion:** as well as the reduction of the time in which IOE remains close to the patient during the injection of the material, are critical points that deserve greater attention from these professionals.

Keywords: Work process. Radiological protection. Nuclear medicine. Radiological nursing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aplicações clínicas dos radiofármacos.....	27
Figura 2 - Princípio físico da TC por emissão de pósitrons.....	29
Figura 3 - Estrutura química do Citrato de ^{68}Ga	31
Figura 4 - Decaimento do radionuclídeo ^{68}Ga	32
Figura 5 - Gerador de $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$	33
Figura 6 – Cristalino.....	40
Figura 7 - Detector Geiger-Muller.....	51
Figura 8 - Trena digital.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais emissores de pósitrons e suas características.....	28
Tabela 2 - Limite de dose anual.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALARA - As Low As Reasonably Achievable

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

β^+ - Póstron

Bi - Bismuto

Bi_2S_3 - Sulfeto de Bismuto

^{11}C - Carbono-11

CD - Cristalino Direito

CE - Cristalino Esquerdo

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

COFEN - Conselho Federal de Enfermagem

CTDI - Índice de Dose para Tomografia Computadorizada

DMSA - Ácido Dimercaptossuccínico

DIVS - Diretoria de Vigilância Sanitária

DLP - Produto Dose-Comprimento

EPI - Equipamento de Proteção Individual

EPI - Equipamento de proteção individual

^{18}F - Flúor-18

FDG - Fluorodesoxiglicose

FOV – Campo de Visão (do inglês Field of View)

^{68}Ga - Gálio-68

HU - Unidade Hounsfield

ICRP - Comissão Internacional de Proteção Radiológica

IOE - Indivíduo ocupacionalmente exposto

^{131}I - Iodo 131

MDP - Metileno difosfonato

MeV - Mega elétron-volt

MN - Medicina Nuclear

NCRP - National Council on Radiation Protection

^{13}N - Nitrogênio-13

^{15}O - Oxigênio-15

γ – Fóton Gama

PET/CT – Tomografia por Emissão de Póstron acoplada a Tomografia Computadorizada (do inglês Positron Emission Tomography/Computed Tomography)

PTR - Profissionais das Técnicas Radiológicas

SMN - Serviço de Medicina Nuclear

SPECT - Tomografia por Emissão de Fóton Único (do inglês Single Photon Emission Computed Tomography)

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ – Tecnécio-99-metaestável

$T_{1/2}$ - Tempo de meia-vida física

UE - União Europeia

Sumário

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 justificativa	23
1.2 Problema de Pesquisa	24
1.3.1 Objetivo geral	25
1.3.2 Objetivos específicos	25
2 REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1 Medicina Nuclear	26
2.2 Tomografia por emissão de pósitrons	28
2.3 Utilização do ⁶⁸Ga em Medicina Nuclear	31
2.4 Princípios de Proteção Radiológica na Medicina Nuclear	35
2.5 Proteção Radiológica em Medicina Nuclear	37
2.6 Efeitos biológicos das radiações ionizantes e limites de dose.	40
2.7 Enfermagem em Medicina Nuclear	44
2.8 Processo de trabalho em Medicina Nuclear	45
3 METODOLOGIA	48
3.1 Local do estudo	49
3.2 Participantes da pesquisa	49
3.3 Coleta de dados	50
3.3.1 Observação da equipe multidisciplinar	50
3.3.2 Aplicação dos roteiros relacionados ao processo de trabalho observado	51
3.3.3 Dosimetria ocupacional	51
3.3.4 Verificação da taxa de exposição	51
3.4 Análise e interpretação dos dados	53
4. RESULTADOS	54
ARTIGO 1 - Exposição ocupacional no processo de trabalho de profissionais Técnicos em Enfermagem com radiofármacos marcados com ⁶⁸Ga	54
7. CONCLUSÃO	91
REFERÊNCIAS	93
APÊNDICES	100
APÊNDICE A- CARTA DE AUTORIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO	100
APÊNDICE B- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	101
APÊNDICE C – ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO NÃO PARTICIPANTE	103
APÊNDICE D – AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM	104
APÊNDICE E – ROTEIRO RADIOLOGIA	105
APÊNDICE F- ROTEIRO ENFERMAGEM	107
APÊNDICE G- DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE MARCAÇÃO PSMA – ⁶⁸Ga	109

APÊNDICE H- FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRABALHO DA EQUIPE DE ENFERMAGEM	115
APÊNDICE I- FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRABALHO DA EQUIPE DE RADIOLOGIA	116
APÊNDICE J - APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA	117
ANEXOS	120
ANEXO A- CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO DETECTOR GEIGER	121

1 INTRODUÇÃO

O processo de trabalho em saúde é permeado por diversas faces durante a assistência em saúde (PIRES, 2012). Medicina Nuclear (MN) é uma especialidade médica que usa materiais radioativos acoplados ou não a moléculas, os radiofármacos, podendo ter finalidade diagnóstica, através da análise funcional de órgãos e tecidos, além da finalidade terapêutica. Estes radiofármacos possuem afinidade bioquímica com vários tecidos corporais ou com processos fisiológicos, o que faz com que esta área da medicina seja conhecida como uma técnica muito sensível e pouco específica (THRALL e ZIESSMAN, 2014).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a MN é uma especialidade que se ocupa do diagnóstico, tratamento e investigação médica mediante ao uso de radionuclídeos (BRASIL, 2015). Estes representam fontes radioativas não seladas, as quais apresentam, além de risco de exposição, risco de contaminação profissional e ambiental (MACHADO et al., 2011).

A utilização da radiação ionizante na Medicina tem aumentado de maneira expressiva, o que justifica preocupação constante acerca da exposição radiológica, especialmente em Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs) (MENDES, FONSECA, CARVALHO, 2012).

Nesse sentido, a proteção radiológica impõe estratégias e rotinas direcionadas ao alcance de um padrão apropriado de proteção, levando em conta os benefícios advindos dessa tecnologia. Para isso, devem ser atendidos os princípios da justificação, otimização, limitação da dose individual e prevenção de acidentes, bem como, o uso adequado dos fatores de proteção radiológica tempo, distância e blindagem (MACHADO et al., 2011).

A sensibilidade para a área de MN significa detecção alteração metabólica previamente às alterações morfológicas tão evidentes em exames como os da área de Radiologia Convencional, Tomografia ou Ressonância Magnética. As imagens de MN são formadas utilizando-se aparelhos denominados Gama-Câmaras. Cintilografia é a denominação utilizada para a imagem funcional adquirida em procedimentos de MN (GIACOMINI et al, 2013).

A MN vem sofrendo transformações em seu processo de trabalho. A chamada Medicina Nuclear Convencional, que faz uso do radionuclídeo Tecnécio 99-mestável (^{99m}Tc), é considerada a pioneira em estudos metabólicos por trazer informações clínicas de alta relevância na comunidade científica (MACHADO et al., 2011).

Desde a década passada, a comunidade médica vem contando com a tomografia por emissão de pósitrons (Positron Emission Tomography/Computed Tomography, ou PET), que pode estar acoplada à Tomografia Computadorizada (PET/CT) onde o principal radiofármaco utilizado é o Flúor-18 (^{18}F) ligado a uma molécula de glicose denominada FDG (Fluorodesoxiglicose), análoga a glicose metabólica animal (SAPIENZA et al, 2013).

O FDG possui uma meia-vida física ($T_{1/2}$) de 110 minutos e, devido ao processo de aniquilação sofrido, emite fótons com energia principal de 511 keV, não sendo detectados com qualidade em gama-câmaras convencionais. Esta técnica de imagem metabólica é utilizada principalmente na área de oncologia, sendo cada vez mais realizada no cenário nacional (ROBILLOTA, 2011).

Outro radionuclídeo que aos poucos vem ganhando espaço no cenário de MN, na ótica de utilização do PET/CT, é o Gálio 68 (^{68}Ga), muito utilizado na obtenção de imagens oriundas de tumores neuroendócrinos (NEUMAIER et al, 2010).

O ^{68}Ga é um radioisótopo promissor para a MN, decaindo por emissão de pósitrons (β^+) com abundância de 89%, apresentando tempo de meia vida física de 68 minutos, o que é compatível com a farmacocinética de muitas biomoléculas e substratos de baixo peso molecular. Outra característica importante é sua disponibilidade por sistema de gerador, onde o radioisótopo pai, Germânio 68 (^{68}Ge) com meia vida física ($t_{1/2}=270,95$ dias), é adsorvido em uma coluna e o radioisótopo filho, ^{68}Ga , é eluído na forma iônica, $^{68}\text{Ga}^{3+}$ (GREEN e WELSH, 2010).

O desenvolvimento de geradores de $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ teve início na década de 60, mas o seu uso de interesse clínico começou a ser aceitável e relevante, apenas recentemente (NEUMAIER et al, 2010).

A PET-CT ou a PET acoplada à Ressonância magnética (PET-RM), também é chamada de técnica híbrida, uma vez que no mesmo equipamento encontra-se a possibilidade de imagens metabólicas e morfológicas advindas da

utilização de um Tomógrafo Multislice ou de um equipamento de Ressonância Magnética (SAPIENZA et al, 2013).

Vários profissionais, como Tecnólogos em Radiologia, Farmacêuticos, Enfermeiros e Técnicos em Enfermagem, estão envolvidos com as técnicas realizadas em MN, uma vez que o trabalho multidisciplinar em saúde é fundamental para a realização de todas as necessidades dos pacientes. Uma vez que se faz uso de radiação ionizante, a necessidade de uma cultura de proteção radiológica se faz necessária, desde a utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI), bem como correta execução de procedimentos envolvendo esse tipo de risco (ANDRADA, 2011).

A enfermagem radiológica é área da Enfermagem que presta assistência aos pacientes que realizam algum tipo de procedimento envolvendo as tecnologias radiológicas que envolvam radiação ionizante ou não ionizante (GELBCKE, 2014).

Considerando que o paciente atendido neste serviço se torna uma fonte ambulante de radiação, a equipe multidisciplinar em MN é exposta continuamente à radiação ionizante, já que passam bastante tempo próximo aos pacientes. O cristalino do olho, estrutura altamente radiosensível encontra-se exposto durante a administração dos radiofármacos das mais diversas energias, inclusive de ^{68}Ga e ^{18}F -FDG, assim como também a glândula tireoide e as gônadas, estruturas com elevado grau de radiosensibilidade (ROBILLOTA, 2011).

Diante do exposto, justifica-se a seguir o interesse pela temática.

1.1 justificativa

A presente pesquisa vem da inquietação da pesquisadora, atuante em um serviço de MN há treze anos, onde faz parte da equipe multidisciplinar enquanto Tecnóloga em Radiologia. Os profissionais muitas vezes atuam na área de radiação ionizante sem orientação sobre mecanismos de proteção radiológica, bem como possuem uma noção de invisibilidade da mesma, o que acarreta preocupações, principalmente do profissional da Técnica Radiológica (PTR), que conhece todo o processo de trabalho existente neste cenário.

A equipe multidisciplinar atuante no serviço de MN em questão é composta pelo PTR, técnicos em Enfermagem, Enfermeiros, Médico Nuclear, Nutricionista,

Médico Radiologista e Físico Médico. Porém, o foco deste estudo foi idealizado na realidade do profissional Técnico em Radiologia e Técnicos em Enfermagem, por se considerar que são esses os profissionais que mais entram em contato com a logística envolvida no processo de trabalho com o uso do radioisótopo ^{68}Ga .

Justifica-se a realização desta pesquisa no intuito de contribuir para otimização de doses em profissionais atuantes em MN, uma vez que doses baixas em curto período de tempo ainda necessitam de maiores investigações, do ponto de vista da radiobiologia. A escolha pelo radioisótopo ^{68}Ga se faz necessária e proposital, uma vez que a literatura se mostra incipiente em informações a respeito da exposição ocupacional relacionada a utilização do mesmo.

Paralelamente, o uso deste radionuclídeo é bem recente no Brasil, o que faz com que boas práticas sejam reorganizadas e a cultura de proteção radiológica seja implementada e discutida.

Refletindo a preocupação com a equipe atuante em MN, na realização de procedimentos envolvendo manipulação do radionuclídeo ^{68}Ga , este estudo busca responder, baseado na literatura e na realidade desse processo de trabalho, a pergunta a seguir.

1.2 Problema de Pesquisa

Diante da preocupação relacionada ao tema, surgiu a seguinte questão: Como otimizar os níveis de exposição no processo de trabalho em procedimentos com radiofármacos de ^{68}Ga durante a manipulação em um serviço de MN catarinense?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

- Identificar o nível de exposição ocupacional no processo de trabalho em procedimentos com radiofármacos marcados com ^{68}Ga , em um serviço de medicina nuclear catarinense.

1.3.2 Objetivos específicos

- Descrever o processo de trabalho dos profissionais das técnicas radiológicas e da enfermagem em procedimentos que envolvam exposição aos radiofármacos marcados com ^{68}Ga .
- Monitorar por três meses a exposição ocupacional de corpo inteiro e extremidades dos profissionais das técnicas radiológicas e da enfermagem em procedimentos com radiofármacos marcados com ^{68}Ga .

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão da literatura tem como objetivo fundamentar as características do processo de trabalho em MN, dando ênfase a modalidade diagnóstica e terapêutica, bem como os princípios da PET, utilizando o radionuclídeo ^{68}Ga como norteador, com respaldo nos limites de dose baseado nas entidades regulatórias internacionais e nacionais vigentes.

2.1 Medicina Nuclear

A MN é definida como especialidade ou ramo da medicina em que as radiações ionizantes podem ser utilizadas tanto para o diagnóstico – imagens por cintilografia – como para a terapia. Uma particularidade desse área é a utilização de fontes radioativas não seladas que são administradas no paciente, seja por via oral, injeção intravenosa ou inalação (CHUNG, 2002; ELL et al., 2004).

Desse modo, o paciente passa a ser uma fonte de radiação e, no caso do diagnóstico, as imagens são adquiridas pela detecção da radiação emitida pelo paciente, diferentemente das radiografias e das tomografias computadorizadas convencionais, que são adquiridas pela transmissão dos raios X. Assim, os equipamentos de imagem – por exemplo, a gama câmara ou câmara de cintilação – não emitem radiação, sendo apenas sistemas detectores que captam as radiações provenientes do paciente, mapeiam as fontes dessas radiações e constroem imagens computacionais (CHANDRA, 1998; BUSHBERG et al, 2002; HIRONAKA et al, 2012).

Muitos hospitais e clínicas com serviços de MN dependem do ininterrupto suprimento de radionuclídeos para funcionamento. O fornecimento confiável com alta qualidade diretamente aos centros de MN é de fundamental importância para que a rotina seja aplicável (OLIVEIRA, 2009).

Os IOE na MN trabalham diariamente no manuseio dos radionuclídeos, portanto, recebem uma quantidade de dose de radiação. As doses de radiação que os IOE recebem, dependem além do tempo, distância e blindagem, do radionuclídeo e da atividade usada (FORSA, 2012). De acordo com os radionuclídeos utilizados, podemos diferir a MN por suas técnicas de imagens. O uso dos radionuclídeos emissores beta negativo (β^-) e emissores gama (γ)

correspondem à tomografia por Emissão de Fóton Único (SPECT) e os emissores beta positivo (β^+), correspondem a Tomografia por emissão de pósitrons (PET) (OLIVEIRA, 2006).

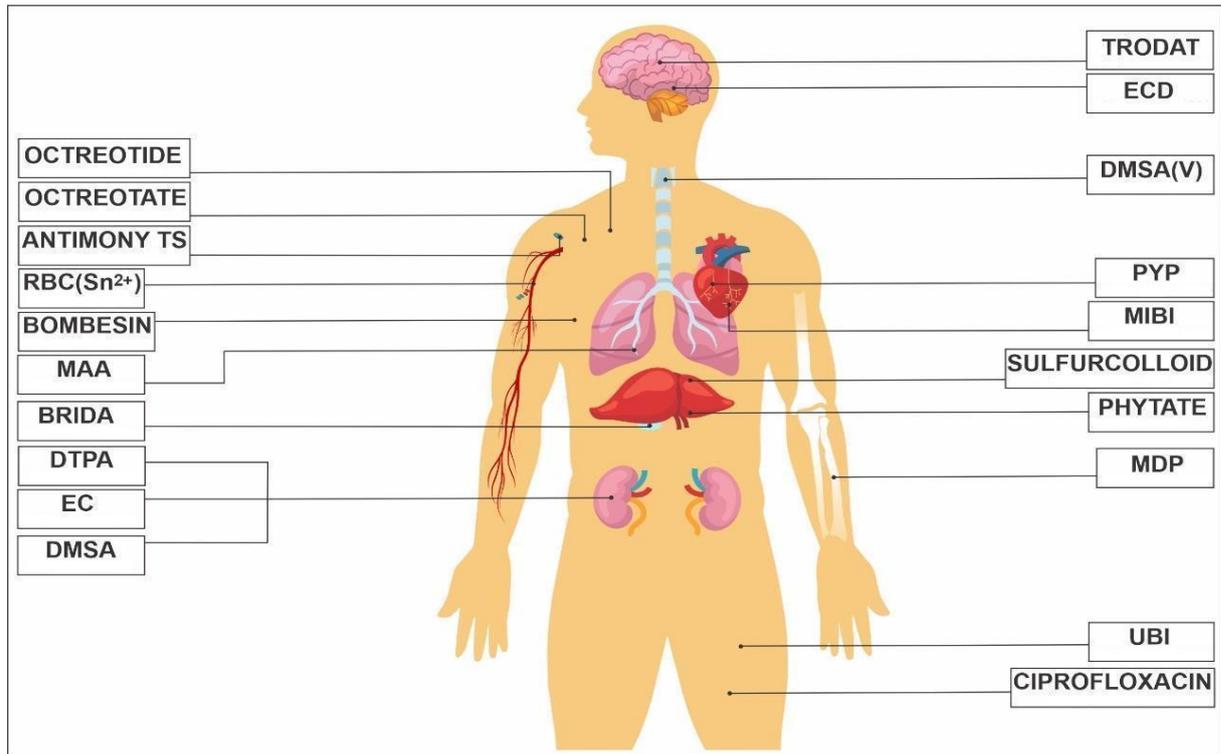
Desde a introdução da MN em aplicações clínicas, as técnicas de SPECT, PET e PET/CT, vêm suprindo a comunidade médica com informações biológicas. Entretanto, devido à meia-vida física extremamente curta dos emissores de pósitron viáveis e ao alto custo de implantação desta técnica e execução, só nos anos 1990 a tecnologia PET se fixou definitivamente, mesmo nos países desenvolvidos. A SPECT, por outro lado, foi absorvida de imediato, e muitos radionuclídeos ou procedimentos foram e continuam sendo desenvolvidos (ROBILOTTA, 2006).

O mais conhecido dos radionuclídeos para SPECT é o ^{99m}Tc , sendo utilizado em mais de 80% dos procedimentos (WARREN-FORWARD, 2007). Pode estar prontamente disponível, de forma conveniente por meio do gerador de molibidênio-99/tecnécio-99-metaestável (^{99m}Tc), a custo reduzido, meia-vida física de apenas 6 horas e com emissão de fótons gama com energia de 140 keV, com cerca de 90% de abundância (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2010).

Os radiofármacos tecneciados são preparados pela adição de pertecnetato de sódio a um “kit” liofilizado, ou fármaco, que contém os componentes necessários para preparar o composto radioativo após a homogeneização e percentual para administração e produzir a biodistribuição. Citam-se como exemplos os fármacos metilenodifosfonato (MDP) para cintilografia óssea, ácido Dimercaptossuccínico (DMSA) na cintilografia renal, entre outros (CNEN, 2012).

Na Figura 1 abaixo, é demonstrado as principais aplicações dos variados radiofármacos utilizados na prática clínica em Medicina Nuclear.

Figura 1- Aplicações clínicas dos radiofármacos



Fonte: Adaptado por Erazo,2016.

2.2 Tomografia por emissão de pósitrons

Uma característica importante dos exames realizados com radiofármacos é a sua alta sensibilidade, isto é, é possível obter informações biológicas com concentrações de radiofármacos em níveis de nano ou pico molares. Além disso, a marcação de diferentes moléculas com um único radionuclídeo permite avaliações e estudos de um mesmo órgão ou sistema em seus aspectos tanto macroscópicos quanto moleculares. Tais estudos podem ser realizados por meio de imagens obtidas *in vivo* ou de ensaios laboratoriais. Atualmente, a maior parte dos estudos radionuclídeos clínicos é de imagens, em especial as tomográficas (ROBILOTTA, 2006).

A tecnologia PET e PET/CT, como o próprio nome diz, é um mapa da distribuição de um radiofármaco emissor de pósitrons em um determinado corte do

corpo. Pósitron também é conhecido como partícula anti-matéria, ou simplesmente, elétron positivo.

Os emissores de pósitrons usados na área médica são produzidos por cíclotrons. Os radionuclídeos ^{11}C e ^{15}O são de elementos constituintes de organismos vivos, fato que os torna muito adequados para a marcação de biomoléculas. Por outro lado, como suas meias-vidas físicas são muito curtas, assim como a do ^{13}N , só podem ser utilizados se o acelerador para sua produção estiver nas dependências do próprio centro diagnóstico.

Atualmente, o radionuclídeo mais usado é o ^{18}F , marcando a Fluorodesoxiglicose (FDG), um análogo da glicose que é consumido por células ativas, de tal maneira que sua presença indica função metabólica tecidual. A energia do ^{18}F de 511 keV e os quase 110 minutos de meia-vida ($T_{1/2}$), permite que a FDG marcada seja transportada a locais de exame razoavelmente afastados do centro de produção (em torno de 1000 km por transporte terrestre), de modo que a PET/CT realizada com ^{18}F -FDG é a dominante, com aplicações principalmente em Oncologia e, em menor extensão, em Neurologia, Psiquiatria e Cardiologia (PALLADINO, 2004).

A tabela 1 mostra os principais radionuclídeos e algumas de suas características físicas.

Tabela 1- Principais emissores de pósitrons e suas características

Radionuclídeo	$T_{1/2}$ (min)	E_{β^+} max (MeV)	Alcance máximo em água (mm)
Carbono-11 ^{11}C	20,4	0,959	5,0
Nitrogênio-13 ^{13}N	9,96	1,197	5,4
Oxigênio-15 ^{15}O	2,07	1,738	8,2
Flúor-18 ^{18}F	109,8	0,650	2,4
Gálio-68 ^{68}Ga	68	1,899	9,4
Rubídio-82 ^{82}Rb	1,3	3,350	15,6

Fonte: Adaptado por Oliveira, 2006.

As imagens de PET podem ser obtidas com dois tipos de equipamento: os sistemas dedicados e os baseados em câmaras de cintilação. Ambos utilizam a

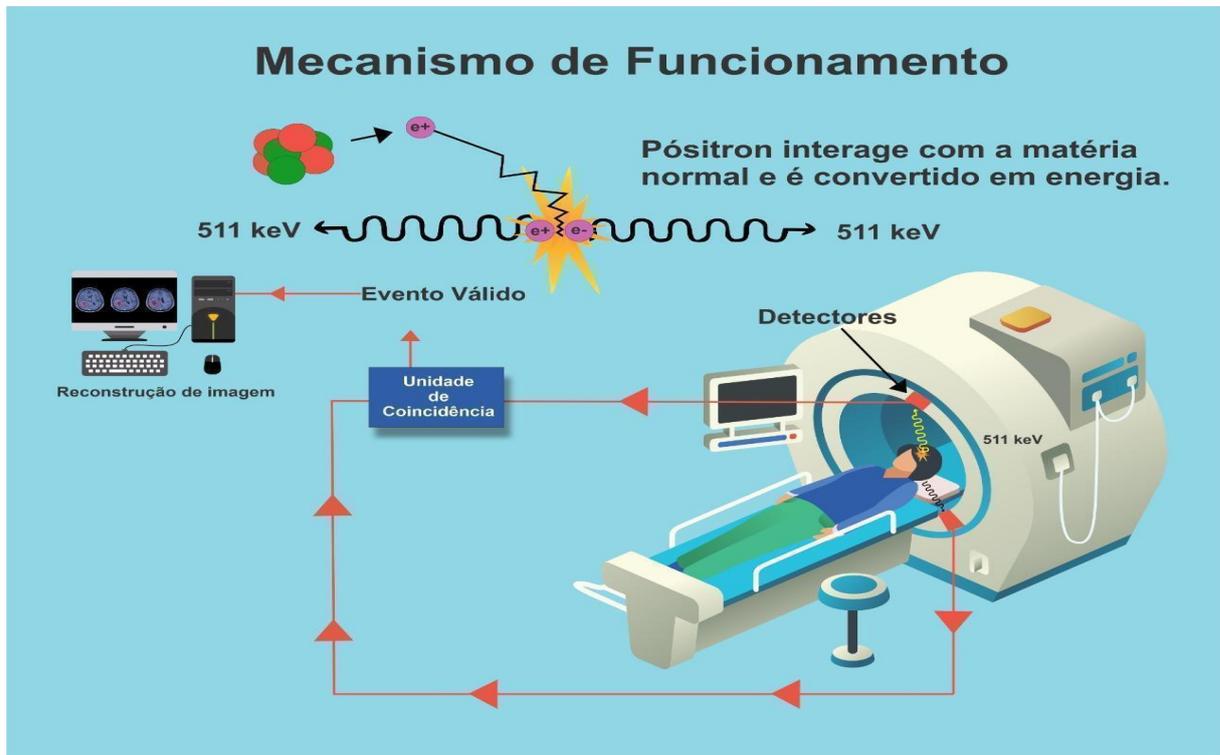
colimação eletrônica para registrar os eventos de coincidência, isto é, os pares de fótons gama que forem detectados em diferentes posições, dentro de um intervalo de tempo muito curto para caracterizar a coincidência, pré-definido pelo fabricante, vão constituir esses eventos. A linha que une os dois fótons detectados em coincidência define a linha de resposta, que é usada, posteriormente, na reconstrução do corte tomográfico (PALLADINO, 2004).

Se dois fótons gama detectados provierem de uma mesma aniquilação, sem interagir com o meio, o evento é chamado de coincidência verdadeira, e o local de aniquilação estará sobre a linha de resposta. Se os fótons forem originados de uma mesma aniquilação, porém um deles tiver interagido com o meio, o local de aniquilação não estará mais sobre a linha de resposta e o evento é denominado espalhado. Se ambos os fótons gama se originarem de aniquilações diferentes, o par detectado definirá uma linha de resposta errada, resultando em um evento aleatório (ROBILLOTA, 2009).

A grande contribuição clínica dos estudos de PET com ^{18}F -FDG no Brasil está na oncologia, para detecção, localização e estadiamento de tumores primários, diferenciação entre tumores benignos e malignos, detecção e avaliação de recorrências e metástases, diferenciação entre recorrências e alterações pós-cirúrgicas, seguimento e avaliação de procedimentos terapêuticos. Os resultados obtidos, em especial aqueles com os sistemas combinados PET/CT, têm ajudado a indicar, ajustar e, até mesmo, alterar procedimentos em pacientes com tumores de diversos tipos (ROBILLOTA, 2009).

Na Figura 2, observa-se o princípio de detecção existente na PET.

Figura 2 - Princípio físico da PET



Fonte: Adaptado de Erazo (2019).

2.3 Utilização do ^{68}Ga em Medicina Nuclear

Nos últimos anos, a MN tem se voltado aos estudos de prevenção, diagnóstico e terapia personalizada focada em nível molecular e genético, alterando o manejo de cada doença de acordo com o quadro do paciente. Isto inclui o estudo de alvos específicos, ou seja, radiofármacos baseados na ligação com o receptor do tecido danificado. O acúmulo do radiofármaco quando se liga ao receptor leva à localização da doença (COSTA, 2012).

Os tumores neuroendócrinos são um grupo heterogêneo de neoplasias com origem em células endócrinas de diversos órgãos e tecidos como, medula da adrenal, hipófise, paratireoide, tireoide, pâncreas ou do trato respiratório ou gastrointestinal. Existem várias formas de classificação desses tumores, sendo a da OMS uma das mais utilizadas pela praticidade e pelo potencial de predição prognóstica. Essa classificação leva em consideração a contagem mitótica e a expressão do Ki67 e divide os tumores em G1, G2 e G3. Os tumores G1 são os

mais diferenciados e apresentam maior expressão dos receptores de somatostatina, enquanto os tumores G3, chamados de carcinomas neuroendócrinos, são menos diferenciados, apresentam pouca ou nenhuma expressão de receptores e tendem a apresentar alto metabolismo glicolítico, sendo melhor caracterizados nas imagens com PET/CT com ^{18}F -FDG (FORSA, 2012).

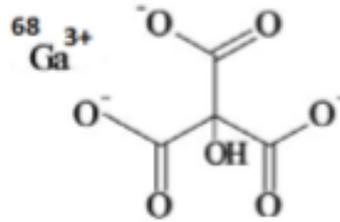
O interesse pela utilização de marcação de fármacos com ^{68}Ga deu-se principalmente devido ao desenvolvimento de um grupo de moléculas marcadas que atraíram um considerável interesse clínico. Essas moléculas são os análogos de somatostatina conjugados com o ácido DOTA (ácido tetracético 1,4,7,10-tetrazaciclododecano-N,N',N'',N'''), as quais foram desenvolvidas inicialmente para terapia radionuclídica, tendo como alvo tumores com superexpressão de receptores de somatostatina (COSTA, 2012).

A maioria dos tumores neuroendócrinos expressa alta densidade de receptores de somatostatina, possibilitando o desenvolvimento de análogos de somatostatina marcados com radionuclídeos, que permitem a localização desses tumores e suas metástases por cintilografia. A somatostatina é um peptídeo que pode ser constituído de 14 ou 28 aminoácidos (MAECKE *et al*, 2009). Há cinco subtipos de receptores de somatostatina humana: SSTR-1, SSTR-2, SSTR-3, SSTR-4 e SSTR-5.

Receptores de somatostatina são expressos fisiologicamente em alguns órgãos, como fígado, baço e rins. Tumores de origem neuroendócrina, no entanto, expressam esses receptores em uma concentração cerca de 100 vezes maior (AMBROZINI *et al*, 2008). Ao mesmo tempo, os geradores de $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ estão se tornando cada vez mais disponíveis comercialmente, possibilitando uma rápida difusão do uso desses peptídeos radiomarcados. Estudos têm demonstrado que o ^{68}Ga ligado a DOTA-peptídeos têm desempenho nitidamente melhor quando comparado a In-peptídeos e moléculas marcadas com ^{18}F , principalmente em células que expressam receptores de somatostatina do tipo 3 (SSTR-2) (COSTA, 2012).

O radionuclídeo ^{68}Ga é de grande utilidade para exames de imagem empregando a tecnologia PET/CT.

Figura 3- Estrutura química do Citrato de ^{68}Ga .



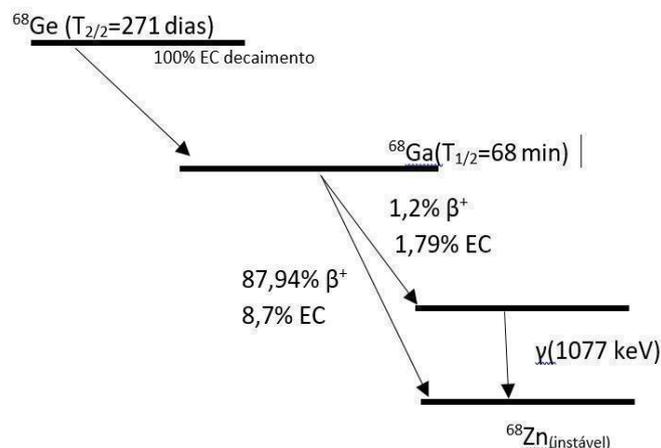
Fonte: Oliveira, 2006.

Possui meia vida física de 68 minutos e decai principalmente por emissão de pósitrons com energia de 1,92 MeV e com 89% de abundância. É obtido por gerador de $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$, que consiste em uma coluna de alumina, dióxido de estanho ou titânio na qual o ^{68}Ge está imobilizado e, à medida que este decai para o ^{68}Ga seu “isótopo filho”, pode ser eluído com solução de ácido clorídrico (HCl) a 0,1M ou 0,6M de acordo com a matriz utilizada (SARETTO, 2014).

Independente da matriz empregada, o eluato apresentará impurezas metálicas que devem ser separadas, pois podem competir com o ^{68}Ga dificultando sua complexação. A purificação do eluato do gerador é feita por meio de coluna de troca iônica capaz de fornecer solução com níveis adequados de impurezas para utilização em pacientes (OLIVEIRA, 2013).

Na Figura 4 abaixo, demonstra-se o processo de decaimento do ^{68}Ga .

Figura 4- Decaimento do radionuclídeo ^{68}Ga



Fonte: Adaptado por Erazo, 2019.

A grande vantagem da utilização do ^{68}Ga se encontra na forte afinidade bioquímica com a farmacocinética de vários fármacos, bem como a disponibilidade por meio de gerador de radionuclídeo no próprio serviço de MN. Atualmente, devido a sua afinidade com os receptores de somatostatina ser bioquimicamente viável, estudos com este radioisótopo tem se demonstrado efetivos com pesquisas de tumores neuroendócrinos (FORSA, 2012)

A sensibilidade do exame está relacionada ao tamanho da lesão e ao grau de expressão dos receptores da somatostatina nestes locais. Algumas causas relevantes de falso positivo que podem afetar a especificidade do exame incluem: captação fisiológica no processo uncinado do pâncreas, captação fisiológica em baço acessório ou esplenose, captação inespecífica em processos inflamatórios e em alterações ósseas degenerativas, fraturas, meningioma, outras neoplasias e contaminação urinária (FORSA, 2012).

A análise conjunta detalhada com a tomografia computadorizada, preferencialmente contrastada, ajuda a eliminar grande parte dos falsos positivos. Em metaanálise recente com inclusão de 22 artigos e 2.105 pacientes, a sensibilidade e especificidade do exame de PET com ^{68}Ga

Ga foram de 93% e 96%, respectivamente (OLIVEIRA, 2013).

Os seguintes fármacos têm sido marcados com este radioisótopo: ^{68}Ga -DOTATOC, ^{68}Ga -DOTANOC e ^{68}Ga -DOTATATO. Dentre esses, os dois traçadores para PET/CT mais usados no diagnóstico de tumores de origem neuroendócrinos são o ^{68}Ga -DOTATOC e o ^{68}Ga -DOTATATO (COSTA, 2012).

Figura 5 – Gerador de $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$.



Fonte: www.gruporph.com.br

2.4 Princípios de Proteção Radiológica na Medicina Nuclear

As grandezas, dose absorvida e dose equivalente são definidas por organismos como a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) (International Commission on Radiological Protection), Comissão Internacional de Unidades e Medidas de radiação (ICRU-International Commission on Radiation Units and Measurements) e, no Brasil, a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). Estes órgãos, visando designar meios de Proteção Radiológica, estabelecem limites máximos permissíveis de dose de radiação, com o objetivo de limitar os efeitos nos indivíduos expostos (OKUNO, 2014).

Segundo a Portaria 453/1998 do Ministério da saúde, a necessidade da realização de um procedimento que envolva o uso de Raios X e o benefício que resulte deste, deve sempre analisar os riscos envolvidos para essa prática (BRASIL, 1998). Para tanto, os riscos inerentes ao uso de radiações ionizantes em procedimentos radiológicos de qualquer natureza, devem ser minimizados pela utilização dos princípios básicos de proteção radiológica, empregando técnicas que mantenham a taxa de exposição tão baixa quanto razoavelmente exequível, de acordo com o princípio “As Low As Reasonably Achievable”, conhecido como

ALARA, formulado em 1954, pelo Conselho Nacional de Proteção Radiológica-National Council on Radiation Protection (NCRP) com considerações sobre fatores econômicos e sociais.

A implantação bem-sucedida do ALARA, requer a aplicação de três princípios fundamentais: distância, tempo e blindagem nos diversos locais e procedimentos que envolvam exposições às radiações ionizantes.

O objetivo primário da proteção radiológica é fornecer um padrão apropriado de proteção para o homem sem limitar os benefícios criados pela aplicação das radiações ionizantes. O sistema de proteção radiológica recomendado pela Portaria 453/1998 e pela CNEN- Norma Nuclear 3.01 (CNEN NN 3.01) para as práticas médicas envolvendo o uso de radiações ionizantes está baseado nos seguintes princípios básicos de proteção radiológica: justificativa, otimização e limitação de dose (FORSA, 2012).

A Portaria 453 do Ministério da saúde se aplica à Medicina Nuclear no que se refere à realidade da Tomografia Computadorizada, presente em serviço de tecnologia híbrida (PET/CT). A norma CNEN 3.05 estabelece diretrizes para as boas práticas de radioproteção em MN (BRASIL, 2013). Os princípios básicos de proteção radiológica são definidos da seguinte forma:

Justificação da prática e das exposições médicas individuais: nenhuma prática envolvendo exposição às radiações ionizantes deve ser adotada a menos que produza, benefício suficiente para o indivíduo exposto ou para a sociedade, para compensar o detrimento causado pela radiação.

Otimização da proteção radiológica: em relação a qualquer fonte de radiação, em particular dentro de uma prática, todas as medidas razoáveis devem ser tomadas para ajustar a proteção de modo a maximizar o benefício líquido, levando em conta fatores econômicos e sociais.

Limitação de doses individuais: um limite deve ser aplicado às doses recebidas (exceto em exposições médicas) por qualquer indivíduo como resultado de todas as práticas às quais ele estiver exposto.

Prevenção de acidentes: no projeto e operação de equipamento e instalação, deve-se minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes (FORSA, 2012).

2.5 Proteção Radiológica em Medicina Nuclear

A atividade de uma substância radioativa é definida como o número de desintegrações por unidade de tempo. No Sistema Internacional (SI), a atividade é medida em segundo (s^{-1}) e apresentada em Bequerel (Bq), que corresponde a uma desintegração por segundo (BRASIL, 2014; IAEA, 2014). Contudo, em muitos países também se utiliza a unidade Curie (Ci), para representar a atividade dos radionuclídeos. Assim, ainda que não seja pertencente ao SI, a unidade Ci é aceita como unidade de atividade (BRASIL, 2012). Para fins de conversão, considera-se que $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$.

O termo exposição tem relação com a habilidade dos fótons de radiação ionizarem o ar. Tal grandeza, no SI, é representada pelo quociente entre coulomb e quilograma (C/kg). A unidade chamada de Roentgen (R) é utilizada para representar a carga de $2,58 \times 10^{-4}$ coulomb produzida por quilograma de ar (BRASIL, 2012; IAEA, 2014).

O conceito de meia-vida física está diretamente relacionado ao tempo necessário para que uma dada amostra de radionuclídeo tenha a sua atividade reduzida à metade, por meio de um processo de desintegração radioativa dos seus núcleos (IAEA, 2007). Pode ter como unidades s, min, h, a, de acordo com o elemento (BRASIL, 2011).

A dose efetiva de radiação é considerada a dose equivalente multiplicada pelo fator de peso dos tecidos irradiados (wT), que varia de acordo com a radiosensibilidade de cada tecido. (BRASIL, 2013).

Assim como a dose equivalente, a dose efetiva é definida como 1 Joule de energia absorvida por 1 kg de massa (J/kg), sendo também representada pela unidade Sievert (Sv) (BRASIL, 2014; IAEA, 2014).

Em MN, a dose efetiva é resultado da exposição de fontes radioativas presentes no serviço. Destacam-se as exposições dos IOE na MN por apresentarem as maiores doses anuais médias por monitorações do corpo inteiro para as exposições de áreas médicas, juntamente com a radiologia intervencionista. Porém, as doses individuais encontradas na monitoração não apresentam regulações de cálculos estimativos de dose efetiva associada a um fator de correção. Dessa forma deixa de visar a interpretação da dose de corpo

inteiro correspondente à exposição de rotina desses trabalhadores (MAURÍCIO, 2010).

As fontes seladas apresentam apenas o risco de exposição, uma vez que o radionuclídeo contido no recipiente não pode ser extraído. Estas fontes devem ser armazenadas em local específico com as blindagens necessárias e quando utilizadas deve-se seguir boas práticas de radioproteção. As fontes não seladas apresentam também, além do risco de exposição, o risco de contaminação, visto que podem ser manipuladas pelo trabalhador. Por isso, o local de manipulação de radioisótopos deve ser forrado com papel impermeável e papel absorvente para, em caso de ocorrência de derramamento de radiofármaco, sua remoção seja facilitada. O uso de EPI é fundamental para minimizar os riscos de exposição (avental de chumbo, transportador de seringas, protetor de seringas, castelo para eluição dos geradores Mo/Tc, luvas, jaleco de manga longa e pinças) (DELLAMARE et al, 2013).

O avental de chumbo é um dos fundamentais EPIs para limitar a exposição dos trabalhadores. Na confecção dos aventais compostos, estes são sempre comparados a determinadas espessuras de chumbo puro, em que comumente são comparados a de 0,5 mm de chumbo. Sabe-se que na prática o uso do avental de chumbo propicia heterogeneidade de exposição ao IOEs que trabalham em proximidade a fontes radioativas. Por isso o avental é levado em consideração durante as monitorações por criar interferência nas estimativas de dose efetiva como dose de corpo inteiro (WAMBERSIE, 2013).

O uso do avental de chumbo é bem contraditório atualmente. A atenuação pelos aventais plumbíferos das energias gama típicas em MN é modesta, e é menor ainda para aventais de proteção não feitos de chumbo. Formas mais eficazes para redução de dose são dispensadores e injetores automáticos, além de biombos móveis (AIEA,2018).

A Norma CNEN-NN-3.01 recomenda para fótons, provisoriamente, a utilização da grandeza “dose individual” Hx, definida para monitoração individual externa como o valor determinado pelo dosímetro individual (CNEN-3.01/002, 2011). Sabe-se também que a Hx em monitorações estima a dose efetiva levando em consideração algoritmos de posicionamento para o dosímetro, com o uso de acordo com áreas de maior exposição. Em alguns destes casos, na rotina dos IOEs da radiologia intervencionista, usa-se mais de um dosímetro em

posicionamentos diferentes do corpo aliados ao uso de cálculos complexos para associar as doses encontradas, onde se inserem fatores de correção para estimar a dose de corpo inteiro (PADOVANI, 2001).

No Brasil esse tipo de adequação apenas ocorre para áreas de radiodiagnóstico (Raios X convencional e Odontológico). A publicação da Portaria 453 de 1998, estabeleceu que a dose efetiva seria determinada com o uso de um dosímetro posicionado na região mais exposta do corpo, que é a região do tórax, posicionado sobre o avental de chumbo e, em seguida aplicando-se um fator de correção de 1/10 da dose encontrada (BRASIL, 1998).

O tempo de exposição pode ser diminuído trabalhando-se o mais rápido possível próximo a fontes de radiação e na manipulação das mesmas, o que pode ser conseguido com treinamento adequado na manipulação dos radioisótopos, planejando e discutindo a tarefa a ser realizada antes de entrar na área e usando apenas o número de trabalhadores necessários para a tarefa (PADOVANI, 2001). As blindagens devem ser usadas sempre que possível, devendo sempre manipular radiofármaco atrás da blindagem em "L", usar avental de chumbo, acondicionar os geradores de Mo/Tc dentro de blindagens específicas a fim de blindar as altas energias provenientes do decaimento do Mo-99, usar castelos para eluição dos geradores, e manter os frascos contendo radiofármaco radioativo sempre blindados (MENEZES, 2011).

Devem-se usar transportadores de seringa sempre que for feito o transporte de doses e usar o protetor de seringa para injeção do radiofármaco no paciente. A maioria dos aventais plumbíferos comerciais têm espessura de 0,25mm e 0,5mm, oferecendo proteção satisfatória para isótopos de baixas energias (Tc-99m, Tl-201), mas possui eficiência questionável para isótopos de altas energias (I-131, F-18). Ao manipular radionuclídeos emissores de radiação β , é requerido cuidado para não utilizar blindagens com elementos de alto número atômico, como o chumbo, pois nestes casos pode haver formação de radiação de freamento, o que não ocorre com materiais como plástico e vidro. Por isso, quando um IOE fizer uso de ^{131}I (emissor β e γ), uma primeira blindagem de plástico ou vidro deve ser usada para blindar a radiação β , e uma segunda blindagem de chumbo é necessária para blindar a radiação γ . A distância tem um expressivo efeito na redução da dose, pois a taxa de dose é inversamente proporcional ao quadrado da distância, quando se trata de fótons. Para tanto, é importante o uso de pinças

para o manuseio de frascos. O projeto da sala de exames deve permitir o acompanhamento do paciente a distâncias razoáveis de dois metros (MENEZES, 2011).

2.6 Efeitos biológicos das radiações ionizantes e limites de dose.

As regulamentações a respeito da proteção radiológica fundamentam-se no conceito de detrimento, ou seja, no fato de que qualquer dose absorvida, por menor que seja, está associada à probabilidade de ocorrência de danos. A principal característica do efeito biológico causado pela radiação ionizante é a modificação morfológica e/ou fisiológica da estrutura celular (AMUNDSON, 2001).

Os efeitos biológicos radioinduzidos podem receber denominações em função do valor da taxa de dose absorvida dependendo do tempo de aparecimento no órgão ou tecido atingido. Por exemplo, os efeitos biológicos podem ser classificados em estocásticos e determinísticos (HALL, 2004).

Os efeitos do tipo determinísticos podem ocorrer a partir de um valor limiar de dose, sendo que a gravidade desses efeitos aumenta com a dose absorvida. São exemplos dos efeitos determinísticos a radiodermite, catarata, infertilidade e a síndrome aguda da radiação. Por outro lado, a probabilidade de ocorrência do dano biológico por efeitos estocásticos é proporcional à dose, não existindo um limiar de dose para que ele venha a acontecer. Isto é, as doses abaixo dos limites estabelecidos por normas e recomendações de radioproteção podem induzir a sua ocorrência, a exemplo de câncer: tumores sólidos e leucemias (JAYARAMAN e LAWRENCE, 2005).

A limitação de dose é definida como um conjunto de grandezas dosimétricas que tem como propósito a descrição da quantidade de energia que um feixe de radiação deposita num meio material, com particular atenção para dose absorvida no corpo humano e os efeitos radioinduzidos decorrentes.

Então, foram definidas as grandezas de proteção (dose efetiva e equivalente) em termos das quais se estabelecem os limites de dose na Tabela 2, que segue.

Tabela 2: Limite de dose anual

Limite de Doses Anuais			
Grandeza	Órgão	IOE	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo Inteiro	20mSv ^(a)	1mSv ^(a)
Dose equivalente	Cristalino	20mSv ^(b) (Alterado pela Redução CNEN 114/2011)	15mSv
	Pele ^(d)	500mSv	50mSv
	Mão e pés	500mSv	--

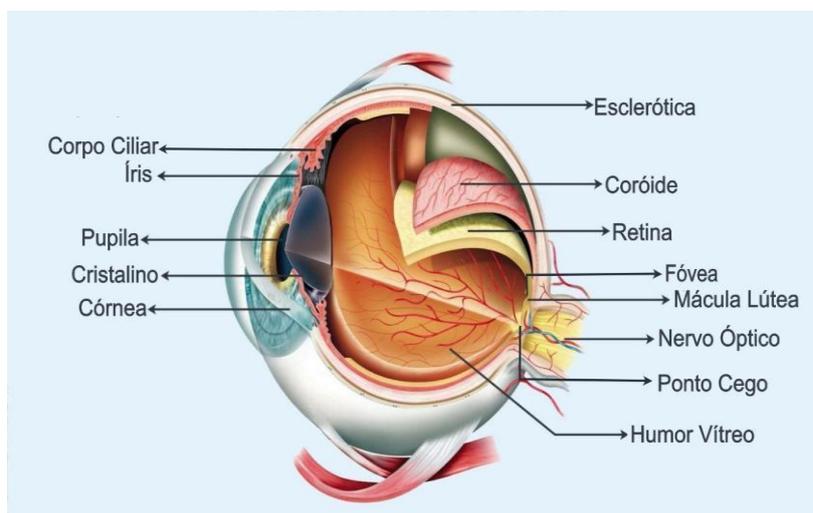
Fonte: Brasil, 2014

A glândula tireoide, assim como as gônadas, por serem estruturas com divisão celular elevada, possuem alta radiosensibilidade. O cristalino é uma lente que possuem forma biconvexa, incolor, transparente, tem função óptica, pois seu formato se modifica contribuindo para a visão nítida de perto, denominado reflexo da acomodação. O cristalino também tem a função de proteção contra a radiação ultravioleta A e B. O cristalino, ou lente, serve também de marco anatômico para divisão ocular em 2 segmentos – anterior e posterior (TORTORA,2007).

A cápsula do cristalino é um revestimento acelular, sendo o local de inserção das fibras da zônula, o que permite a acomodação visual a partir dos movimentos do músculo ciliar. O epitélio subcapsular encontra-se exclusivamente na face anterior. É formado por uma única camada de células cúbicas que dão origem à s fibras do cristalino. A massa interna é formada pelo córtex e pelo núcleo. A região cortical contém as fibras do cristalino, e o núcleo células antigas impactadas com o envelhecimento (TORTORA, 2007).

Na Figura 6 abaixo, observa-se o olho humano, onde o cristalino se faz presente.

Figura 6- Cristalino



Fonte: adaptado de Tortora (2013).

A mensuração de dose no cristalino se faz necessária, uma vez que o mesmo é considerado radiosensível, com grande processo de diferenciação celular. A literatura nos refere grande número de aumento de casos de cataratas radioinduzidas desde os mais remotos tempos da utilização das radiações ionizantes. Algumas funções críticas encontradas na realidade dos serviços de Medicina Nuclear que podem contribuir para aumento de dose na região do cristalino, como a eluição de geradores e administração de radiofármacos (OKUNO, 2014).

Norma CNEN NN 3.01/2011 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, nos diz que o Limite de dose ocupacional no cristalino foi alterado para 20 mSv/ano como média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

Portaria 453/1998/ANVISA cita o mesmo limite de 20 mSv/ano para cristalino

A principal doença que afeta o cristalino é a perda da sua transparência, conhecida como catarata. Há três tipos predominantes de cataratas, a nuclear, a cortical e a subcapsular posterior. O tipo mais comum de catarata é a nuclear a qual está associada com o envelhecimento do indivíduo. O termo nuclear neste

contexto refere-se à porção central do cristalino chamado núcleo. O termo cortical refere-se ao córtex do cristalino, que é a margem periférica exterior do cristalino e subcapsular posterior é a superfície traseira que está sob a cápsula do cristalino, que é uma membrana que envolve o cristalino (FORSA, 2012).

O cristalino é um tecido radiosensível, portanto, as cataratas causadas pelas radiações ionizantes são diferentes das causadas pela idade do indivíduo ou outras causas. A radiação ionizante pode gerar tipicamente a formação de cataratas na região subcapsular posterior e cortical do cristalino. A opacidade do cristalino devido a radiação ionizante, resulta das células danificadas na região cortical (anterior) do cristalino que migram e cobrem a superfície posterior do cristalino (RIBEIRO, 2012).

O relatório N°116 da ICRP (2010b) adotou o modelo de cristalino proposto por Behrens et al. (2009), onde são consideradas duas regiões do cristalino, a região cortical (parte anterior do cristalino) ao nível do equador muito radiosensível e a região central e posterior que é considerada insensível. Este modelo foi usado para calcular os coeficientes de conversão de dose para determinar a dose no órgão do cristalino. Embora, Behrens (2015) comenta que o ICRP ainda está usando o coeficiente de conversão de dose considerando todo o cristalino sem fazer diferença entre as regiões, isto pode fazer com que a dose no cristalino seja subestimada significativamente, especialmente em campos de radiação beta.

A grandeza apropriada para monitorar a dose no cristalino são o equivalente de dose individual e direcional a 3 mm de profundidade $H_p(3)$ e $H'(3, \Omega)$, respectivamente. Não há coeficientes de conversão disponíveis a partir de kerma no ar para $H'(3, \Omega)$. Estes coeficientes não foram concordados em nível internacional, embora, no futuro $H'(3, \Omega)$ também possa ser importante para a monitoração da área (BEHRENS, 2012; 2015).

Em relação ao cristalino, no Brasil ainda não existem ferramentas para medir a dose equivalente no mesmo. A estimativa de dose é feita baseada em estudos como o realizado por R. Kopec e colaboradores no artigo intitulado "On the relationship between whole body, extremity and eye lens doses for medical staff in the preparation and application of radiopharmaceuticals in nuclear medicine". Neste trabalho, os autores demonstram que os valores de dose equivalente do cristalino se aproximam da dose efetiva, com exceção das práticas de PET/CT, onde a dose no cristalino é maior. Como os limites de investigação para dose em

cristalino são os mesmos para dose efetiva, a investigação é automaticamente realizada quando o IOE apresentar leitura de tórax acima de 1,0 mSv/mês (KUBO, 2016).

2.7 Enfermagem em Medicina Nuclear

A atuação da equipe de enfermagem no cenário de medicina nuclear, no Brasil, é regulamentada pelo Conselho Federal de Enfermagem, mediante a Resolução nº 211/98, que dispõe sobre a atuação dos profissionais de enfermagem que trabalham com radiação ionizante em radioterapia, medicina nuclear e serviços de imagem (COFEN, 1998).

Esta mesma legislação infere que ao enfermeiro cabe planejar, organizar, supervisionar, executar e avaliar as atividades, alicerçados na metodologia assistencial de enfermagem; participar de protocolos terapêuticos de enfermagem; assistir de maneira integral aos clientes e suas famílias tendo como base o código de ética dos profissionais de enfermagem e a legislação vigente; promover e participar da integração da equipe multiprofissional; formular e implementar manuais técnicos operacionais para a equipe e manuais educativos aos clientes e familiares; dentre outras competências (BRASIL,1998).

A assistência de enfermagem aos clientes que serão internados para a radioiodoterapia sob isolamento radioativo, por exemplo têm especificidades que representam grande desafio para a equipe multiprofissional. Isso porque o tempo de cuidado direto ao cliente deve ser o mínimo possível, visto que, após a administração da dose terapêutica, ele se tornará uma fonte radioativa devido ao radiofármaco, ou seja, um fármaco, produto biológico ou droga que contém um elemento radioativo, direcionando todos os cuidados para a questão da radioproteção (INCA 2002).

A radiação ionizante é prejudicial à saúde e pode causar desgastes, maiormente biológicos, para a saúde do trabalhador ocupacionalmente exposto. Entretanto, os profissionais de Enfermagem, embora sejam incluídos nos programas de monitoramento pessoal, não são contemplados nos programas de treinamento específicos, não possuem uma regulamentação reconhecida, quanto à frequente exposição às radiações ionizantes nesse processo de trabalho. Apesar da existência de legislações específicas que tratam sobre a proteção

radiológica, observa-se uma carência de normatizações direcionadas aos profissionais de enfermagem frequentemente expostos (MELO et al, 2015).

A análise do processo de trabalho na enfermagem radiológica permite identificar que o uso das tecnologias radiológicas nos setores de radiologia, hemodinâmica e centro cirúrgico é visto como um instrumento de trabalho externo ao processo de trabalho da enfermagem. Essa invisibilidade do trabalho na Enfermagem radiológica pode estar relacionada com os desgastes nos trabalhadores provocados em decorrência do pouco conhecimento sobre o assunto, implicando em práticas incorretas de proteção (FLÔR, 2009).

As atribuições específicas das categorias profissionais da enfermagem nos processos de trabalho com as tecnologias radiológicas devem atender ao nível de complexidade determinada pela legislação profissional da enfermagem. Estas devem estar formalmente designadas, descritas e divulgadas em protocolos reconhecidos institucionalmente (COFEN, 2011).

A radiação ionizante geralmente é temática desconsiderada na formação profissional de enfermeiros e técnicos em enfermagem. Logo, urge implantar um programa de educação permanente nos serviços que utilizam as tecnologias radiológicas, capaz de proporcionar aos pacientes e aos profissionais ambientes seguros e a integralidade da assistência (MELO et al, 2015).

2.8 Processo de trabalho em Medicina Nuclear

O entendimento do termo processo, na área assistencial de saúde, foi mencionado pela primeira vez em 1955 por Lydia Hall (JESUS, 2012; IYER; TAPTICH; BERNOCCHI-LOSEY, 2011). A interpretação do conceito de trabalho, no contexto marxista, permite compreender a sua estrutura em um contexto social mais amplo e na sua dimensão histórica. Seguindo essa concepção, o processo de trabalho é uma ação do ser humano sobre determinado objeto, utilizando suas capacidades mentais e físicas para transformá-lo (MERHY, 2005).

O trabalho é um processo no qual o ser humano, por meio das suas ações, controla e modifica a natureza, com a finalidade de produzir algo, ou seja, “a atividade do homem opera uma transformação, subordinada a um determinado fim, no objeto sobre que atua por meio do instrumental de trabalho (FORTE et al, 2019).

Para Merhy (2005) o trabalho em saúde é vivo em ato, pois, o produto não é separável do ato da produção e o resultado do trabalho é consumido no ato de sua realização. A matéria prima do trabalho em saúde é o homem, que tem como objeto o cuidado, como instrumentos as tecnologias leve, leve-dura e dura e como produto atos para a produção do cuidado podendo estes serem de naturezas diversas: prevenção, proteção, manutenção, reabilitação da saúde.

O processo de trabalho dos profissionais da área de saúde tem como finalidade a ação terapêutica de saúde, como objeto o indivíduo e como instrumental, as condutas que representam o nível técnico de conhecimento que é o saber em saúde, bem como a prestação da assistência de saúde, sendo produzida no mesmo momento em que é consumida (PIRES, 2012).

O entendimento sobre a teoria do processo de trabalho é essencial a qualquer profissional que deseje de sua atuação prática uma ação consequente, pertinente às necessidades das pessoas para as quais seu trabalho está voltado (KIRCHHOF, 2009).

No processo de trabalho, a atividade do homem efetua uma modificação consciente de um objeto. O meio de trabalho é uma coisa ou um complexo de coisas que o trabalhador coloca entre si mesmo e o objeto de trabalho e que lhe serve como condutor de sua atividade sobre esse objeto. O uso e a criação de meios de trabalho caracterizam o processo de trabalho especificamente humano (PIRES, 2012). São elementos do processo de trabalho: a atividade adequada a um fim (finalidade), o objeto de trabalho, força de trabalho e o instrumento de trabalho. O trabalho em saúde é essencial para a vida humana e se completa no ato de sua realização, sendo o produto indissociável do processo que o produz. Trata-se de um trabalho realizado por um grupo de trabalhadores especializados, com conhecimentos e habilidades específicas (KIRCHHOF, 2009).

Grande parte das exposições do ser humano à radiação ionizante é de origem médica, seja no diagnóstico ou tratamento de doenças.

Assim, a MN sofre, de certa forma, com o estigma deixado por tais eventos (BEAUCHAMP, 2016; KONISHI et al., 2016), ainda que represente apenas 12% da dose individual total quando considerada no âmbito geral juntamente com as demais formas de exposição humana às radiações ionizantes, naturais ou não (NCRP,2015).

O trabalho nos serviços que empregam radiação ionizante faz parte do trabalho em saúde e tem como finalidade a ação diagnóstica e terapêutica. A ação diagnóstica aqui está relacionada com os exames cintilográficos, a aquisição de uma imagem funcional, e a ação terapêutica está vinculada aos diversos tratamentos realizados na área de Medicina Nuclear (OKUNO, 2009).

Nessas ações, tanto o cliente como os profissionais de saúde estão sujeitos aos riscos de exposição à radiação ionizante. Para fins desta pesquisa, utilizar-se-á o conceito de exposição ocupacional definido pela Portaria 453/MS/SVS/1998, qual seja: é a exposição de um “indivíduo em decorrência de seu trabalho em práticas autorizadas” (BRASIL, 1998, p.10), pois a radiação ionizante, embora invisível encontra-se presente nos setores que a empregam. Sendo assim, esse conceito de exposição considerará as cargas de trabalho como atributos de um processo de trabalho determinado, cuja presença no ambiente de trabalho pode aumentar a probabilidade de que um grupo de trabalhador “exposto” experimente uma deterioração, se comparado àqueles que não estiveram expostos ou que tiveram uma exposição diferencial (FACCHINI, 2009).

Para o desenvolvimento das atividades envolvendo radiação ionizante são necessários os conhecimentos referentes ao exercício profissional de cada categoria profissional envolvida neste trabalho; a manipulação segura dos diversos equipamentos utilizados em Medicina Nuclear, rotinas envolvendo manipulação de radiofármacos, a aplicação dos princípios de proteção radiológica, assim como o conhecimento das legislações vigentes relacionadas às aplicações das radiações ionizantes nesta realidade.

Neste processo de trabalho, os profissionais de saúde executam procedimentos envolvendo assistência a pacientes que realizam exames cintilográficos diversos, assim como também estão envolvidos em terapias utilizando materiais radioativos para tratamentos de Câncer de Tireoide, por exemplo. Esses procedimentos envolvem vários profissionais que possuem conhecimentos específicos e com níveis de complexidade variáveis.

Segundo a Classificação brasileira de ocupações (CBO, 2010), o profissional Técnico em Radiologia é capaz de dimensionar exames cintilográficos com qualidade, bem como ações terapêuticas envolvendo o uso de fontes não seladas de radionuclídeos, utilizando para isso os princípios de proteção radiológica

vigente. A Resolução do Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia (CONTER), nº 5/2001 instituiu e normatizou as atribuições do Técnico e Tecnólogo em Radiologia na especialidade conhecida como Medicina Nuclear, cabendo a esses profissionais realizarem procedimentos para geração de imagem cintilográfica convencional ou com Tecnologia PET/CT, assim como manipulação de radioisótopos para ações de diagnóstico ou terapia (CONTER, 2005).

A atuação da equipe de enfermagem no cenário de medicina nuclear, no Brasil, é regulamentada pelo Conselho Federal de Enfermagem, mediante a Resolução nº 211/98, que dispõe sobre a atuação dos profissionais de enfermagem que trabalham com radiação ionizante em radioterapia, medicina nuclear e serviços de imagem. Ao enfermeiro cabe planejar, organizar, supervisionar, executar e avaliar as atividades, alicerçados na metodologia assistencial de enfermagem; participar de protocolos terapêuticos de enfermagem; assistir de maneira integrá-los clientes e suas famílias tendo como base o código de ética dos profissionais de enfermagem e a legislação vigente; promover e participar da integração da equipe multiprofissional; formular e programar manuais técnicos operacionais para a equipe e manuais educativos aos clientes e familiares; dentre outras competências (COFEN, 1998).

3 METODOLOGIA

Esse estudo se configura como uma pesquisa qualitativa, exploratória e descritiva. Conforme a forma de abordagem do problema se enquadra na forma de quali-quantitativa, pois é uma abordagem de investigação que combina ou associa as formas quantitativas e qualitativas (CRESWELL, 2014).

A pesquisa qualitativa é particularmente adequada para áreas, temas ou problemas que não são bem conhecidos ou sem respostas apropriadas. Uma vez que a pesquisa qualitativa simultaneamente coleta, analisa e reformula perguntas, ela é particularmente apropriada para novos tópicos e temas (KERR; KENDALL, 2013).

Esse tipo de pesquisa dá-se por meio da análise de toda a informação numérica adquirida durante a investigação, sendo apresentada em forma de um conjunto de medidas, quadros e tabelas (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa bibliográfica constitui-se na busca por informações acerca da temática escolhida em materiais já elaborados, como artigos científicos, bases de dados, publicações, periódicos e livros especializados, para a elaboração da revisão de literatura e fundamentação teórica do trabalho (PRODANOV; FREITAS, 2013).

3.1 Local do estudo

A pesquisa foi realizada em um Serviço de Medicina Nuclear (SMN), Instituição privada situada em Florianópolis, Santa Catarina. O serviço em questão iniciou suas atividades no ano de 2003 e desde então vem aprimorando seu atendimento, se tornando referência em serviços de Medicina Nuclear no Sul do Brasil.

Atende procedimentos de natureza particular e pequena parcela com demanda SUS, por meio de parcerias externas com hospitais públicos da região da Grande Florianópolis. A clínica possui quatro equipamentos para aquisição de imagens cintilográficas, sendo que dois deles possuem tecnologia híbrida (PET-CT e SPECT-CT). O serviço conta também com procedimentos de internação e atividades ambulatoriais relacionados a neoplasias tireoidianas.

O SMN atende das 7h às 20h, de segunda a sexta-feira, realizando uma média de cinco exames/dia de natureza PET/CT. Dessa forma, o horário disponível para a pesquisa foi das 13h às 18h, e a coleta de dados foi realizada no período de 12/03/2019 e 25/07/2019.

3.2 Participantes da pesquisa

Os participantes desta pesquisa foram dois profissionais das técnicas radiológicas (Tecnólogos em Radiologia) e dois profissionais de enfermagem (Técnicos em Enfermagem), totalizando quatro participantes que atuam no serviço de Medicina Nuclear, ou seja, quatro IOEs que realizam e participam dos exames envolvendo o radioisótopo ^{68}Ga .

Os participantes que concordaram a fazerem parte da pesquisa, assinaram o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) que está anexo no apêndice D. Para assegurar o anonimato, sobretudo nos resultados das doses

ocupacionais, os participantes foram identificados com nomes de letras do alfabeto grego, a saber: Alfa, Beta, Gama e Delta.

3.3 Coleta de dados

A coleta de dados se deu após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme Resolução N^o 466/12, declaração de ciência e parecer da instituição envolvida, assim como outros atos legais complementares. A pesquisa foi aprovada sob o parecer n. 3.005.136.

Visando facilitar o estudo, a coleta de dados foi dividida em quatro momentos consecutivos: observação da equipe multidisciplinar, aplicação dos roteiros relacionados ao processo observado, dosimetria ocupacional e verificação da taxa de exposição.

Inicialmente, foi realizado um primeiro contato com os participantes da pesquisa, antes do início da coleta de dados, explicitando os objetivos da mesma, na intenção de sensibilizar a equipe a participar do estudo.

3.3.1 Observação da equipe multidisciplinar

Para o desenvolvimento desta pesquisa, considerando os objetivos propostos e o tema em questão, foi utilizado o método de observação não participante, com o intuito de se observar o processo de trabalho dos profissionais da equipe multidisciplinar ocupacionalmente exposta durante a realização de procedimentos que envolviam o fracionamento de ⁶⁸Ga.

A observação foi realizada durante 30 dias onde se obteve dados preliminares da rotina dos profissionais. Nesse período não foi padronizado a existência de roteiro, já que não se tinha conhecimento da rotina até então. Para entender o processo e suas intercorrências, foi acompanhada a rotina do setor de agendamento para ter entendimento de todas as orientações dadas aos pacientes, bem como o setor da recepção, para que pudesse ter ciência de todo o atendimento existente previamente ao exame. Também foi acompanhado o setor da enfermagem, momento em que recebiam o paciente na recepção, encaminhando o mesmo até a área restrita onde é inicializado o exame.

3.3.2 Aplicação dos roteiros relacionados ao processo de trabalho observado

Durante a realização do processo de observação, elegeram-se momentos supostamente críticos. Em relação à equipe de Enfermagem, foram considerados os momentos: administração do radionuclídeo, assistência ao paciente durante a permanência no setor, posicionamento do paciente e administração do meio de contraste. Já a equipe de Radiologia, foram levados em consideração: preparação do kit de soluções e o kit maxi-set, eluição do gerador e o fracionamento do material.

Em relação ao processo de trabalho, foram construídos roteiros que serviram de instrumento de coleta de dados, sendo nomeados Roteiro Radiologia (Apêndice E) e Roteiro Enfermagem (Apêndice F).

3.3.3 Dosimetria ocupacional

Na dosimetria ocupacional da equipe multidisciplinar, houve monitoração dosimétrica com TLD durante o período de 3 meses. Foram utilizados dosímetros de tórax e de extremidade (no punho). Para o dosímetro de punho foi padronizada a mão direita, dominante em toda a equipe. O dosímetro de tórax foi utilizado na localização padrão conforme legislação vigente (Portaria 453 do Ministério da saúde/ANVISA). Ao iniciar o processo o dosímetro era colocado em cada IOE, e ao finalizar, era armazenado em local adequado para garantir a precisão da pesquisa.

3.3.4 Verificação da taxa de exposição

Para a verificação da taxa de exposição foi utilizado um contador Geiger-Müller digital da marca Thermo Fisher Scientific, modelo RadEye G20-10, com leitura entre 0,01 $\mu\text{Sv/h}$ e 2 mSv/h , para uso em uma faixa de energia entre 17 keV e 3 MeV, devidamente calibrado e certificado pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) (Anexo A).

Figura 7 - Detector Geiger-Müller



Fonte: <https://www.thermofisher.com>

O contador Geiger-Müller foi utilizado de duas formas. Para a mensuração da radiação de fundo (BG) e medida da taxa de exposição na altura do tórax. Antes de iniciar todo o processo, conferia-se a radiação de fundo de todas as salas envolvidas (sala de repouso, corredor, sala de manipulação de radioisótopo, sala de exame e sala de comando). No período oposto à pesquisa, utilizaram-se outros materiais radioativos no ambiente, o que fez com que essa verificação fosse necessária.

Para mensuração da distância, foi utilizada uma trena digital da marca Bosch, modelo GLM 20, com uma precisão de ± 3 mm.

Figura 8 - Trena digital



Fonte: <https://bit.ly/2Q8wmdv>

3.4 Análise e interpretação dos dados

O processo de análise e interpretação dos dados se tornou aprimorado por meio da observação, aproximando a realidade do serviço pesquisado. Por meio da mesma, foi obtido o conhecimento para poder gerar resultados a respeito da proteção radiológica individual e responder a possíveis diferenças existentes na rotina.

Para as estruturas radiosensíveis como cristalino e tireoide, na qual não se teve dosimetria específica, foi utilizado contador Geiger-Müller e uma trena digital para poder se ter respostas a respeito da exposição ocupacional.

Os roteiros da equipe de Radiologia e da Enfermagem serviram para destacar momentos críticos para avaliação de fatores como exposição ocupacional, distância, tempo que associados a dosimetria, trouxeram comparações entre profissionais da mesma função e também avaliações de processos realizados sem previamente se ter acesso ou estudo à dosimetria individual em relação a energia estudada. Por meio de figuras, será apresentado o processo de trabalho da equipe de Enfermagem e da Radiologia.

Foram utilizados gráficos e tabelas para apresentação dos parâmetros de distância, tempo e exposição ocupacional. Os dados estatísticos gerados foram tratados pelo programa Origin Pro 2016. Estes serão apresentados em forma de artigo, haja vista o cumprimento das normas instituída pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Radiológicas.

4. RESULTADOS

Conforme determinação das normas instituídas pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Radiológicas, os resultados estão apresentados em forma de artigo.

Artigo 1 - Exposição ocupacional no processo de trabalho de profissionais da enfermagem com radiofármacos marcados com ^{68}Ga .

Artigo 2 - Exposição ocupacional no processo de trabalho de profissionais das técnicas radiológicas com radiofármacos marcados com ^{68}Ga .

ARTIGO 1 - Exposição ocupacional no processo de trabalho de profissionais Técnicos em Enfermagem com radiofármacos marcados com ^{68}Ga

PORTELA, Tayana ¹; CAMOZZATO, Tatiane S. C ²; Flôr, Rita de Cássia ³

RESUMO: Objetivo: Identificar a exposição ocupacional no processo de trabalho de profissionais de enfermagem, com radiofármacos marcados com ^{68}Ga em um serviço de Medicina Nuclear catarinense. **Método:** Participaram do estudo dois profissionais da área de Enfermagem, ambos técnicos e exclusivos para o setor do PET-CT. Os profissionais foram identificados com os pseudônimos Alfa e Beta. A coleta de dados ocorreu por meio da observação não participante do processo de trabalho, aplicação dos roteiros relacionados ao processo observado, dosimetria ocupacional e verificação da taxa de exposição. **Resultados:** Em relação ao relatório dosimétrico, não existiu leitura significativa. Porém na comparação entre atividade (mCi) e a distância da tireoide (cm) entre os profissionais, notou-se que Beta se expôs 20% a mais que Alfa. A realização desse estudo evidenciou que a exposição ocupacional está relacionada aos fatores distância, tempo e blindagem, onde se observaram tempos elevados durante manuseio do material, pequenas distâncias entre fontes e estruturas radiosensíveis, como cristalino e tireoide, além da ausência do uso de biombo, mesmo estando disponível no local. **Conclusão:** Após avaliação da rotina da equipe de Enfermagem e considerando os parâmetros de alta energia do ^{68}Ga , tempo, distância e blindagem, a elevada taxa de exposição, sugere-se que o processo de trabalho deve ser reavaliado e padronizado, uma vez que pontos críticos merecem maior atenção, não tendo como parâmetro de avaliação apenas a leitura dosimétrica.

Palavras-chave: Processo de trabalho. Proteção radiológica. ^{68}Ga . Medicina Nuclear. Enfermagem radiológica.

1 Mestranda em Proteção Radiológica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: tayanaportela83@gmail.com

2 Doutora _____. Professora do Programa de Pós-Graduação em Proteção Radiológica do IFSC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, CEP: 88020-300, Florianópolis-SC, Brasil. E-mail: tatianecamozzato@hotmail.com

3 Doutora _____. Professora do Programa de Pós-Graduação em Proteção Radiológica do IFSC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, CEP: 88020-300, Florianópolis-SC, Brasil. E-mail: flor@ifsc.edu.br

ABSTRACT: Objective: To identify occupational exposure in the work process of nursing professionals with radiopharmaceuticals labeled with ^{68}Ga in a Santa Catarina Nuclear Medicine service. **Method:** Two nursing professionals, both technical and exclusive to the PET-CT sector, participated in the study. The professionals were identified with the alias Alpha and Beta. Data collection occurred through non-participant observation of the work process, application of the scripts related to the observed process, occupational dosimetry and verification of the exposure rate. **Results:** Regarding the dosimetric report, there was no significant reading. However, when comparing activity (mCi) and thyroid distance (cm) among professionals, it was noted that Beta was 20% more exposed than Alpha. This study showed that occupational exposure is related to factors such as distance, time and shielding, where high times were observed during material handling, small distances between sources and radiosensitive structures, such as crystalline and thyroid, besides the absence of screen. even though it is available on site. **Conclusion:** After evaluating the routine of the nursing team and considering the high energy parameters of ^{68}Ga , time, distance and shielding, the high exposure rate, it is suggested that the work process should be reevaluated and standardized, since points critics deserve more attention, not having as their evaluation parameter only the dosimetric reading.

Keywords: Work process. Radiological protection. ^{68}Ga . Nuclear medicine. Radiological nursing.

Introdução

A Medicina Nuclear (MN) é uma área da radiologia para fins diagnósticos e terapêuticos em que se utiliza uma substância química, chamada de fármaco, que é acoplado com determinado isótopo radioativo, normalmente de meia-vida física

curta. Esses compostos, denominados de radiofármacos, são administrados ao paciente por via oral, injetável ou inalatória (ZIESSMAN, 2015).

Essa modalidade pode ser definida como especialidade médica que utiliza fontes radioativas abertas ou não seladas, para diagnóstico e tratamento de diversas patologias. Tendo como foco o estudo funcional, essa técnica utiliza substâncias denominadas radiofármacos, que tem como função demonstrar o metabolismo regional de diferentes tecidos do corpo humano, retratando a bioquímica metabólica normal e patológica (SALERMMO, 2013).

Apesar das vantagens de diagnóstico da MN, há também aspectos menos positivos em relação à essa técnica de imagem, como por exemplo a monitoração e as precauções necessárias a serem tomadas durante e após os procedimentos, devido à quantidade de material radioativo administrado do radiofármaco no paciente (UNSCEAR, 2012).

O exame de PET/CT com ^{68}Ga -PSMA apresenta-se como uma nova modalidade de investigação diagnóstica em oncologia (SALLERMO, 2013). Por ser técnica bastante recente (ainda não incluída nos principais *guidelines* de oncologia), ser restrita a poucos centros de diagnóstico por imagem e ter custo um pouco elevado, a PET/CT com ^{68}Ga -PSMA tem enfrentado algumas dificuldades para se estabelecer na prática clínica, de forma rotineira, nos serviços de oncologia (JÚNIOR et al, 2018).

Os profissionais de enfermagem que atuam em um serviço de Medicina Nuclear ficam expostos a diversos tipos de energias, em forma de ondas eletromagnéticas e particuladas, inclusive do radiofármaco ^{68}Ga . Ganhando destaque na Medicina Nuclear brasileira nos últimos anos, este radiofármaco é utilizado como padrão ouro para o diagnóstico de tumores neuroendócrinos (JADVAR, 2013).

A temática sobre a radiação ionizante e a exposição dos profissionais da saúde ainda é pouco explorada e necessita de estudos que busquem não apenas analisar qual é a dose de radiação recebida pelos profissionais de Enfermagem durante seu processo de trabalho, mas também inspecionar a existência de cuidados ocupacionais relacionados a radioproteção, assim como os planos de radioproteção obrigatórios desde 1998, mas pouco visualizados na prática (MELO, 2013).

Diante deste contexto, a presente pesquisa buscou responder a seguinte pergunta: Quais níveis de exposição os profissionais de Enfermagem encontram-se expostos no processo de trabalho em procedimentos com radiofármacos de ^{68}Ga , em um serviço de Medicina Nuclear catarinense?

Para responder a essa questão o estudo objetivou identificar os níveis de exposição ocupacional do profissional de Enfermagem, bem como quais foram os momentos críticos envolvidos no processo de trabalho em procedimentos com radiofármacos de ^{68}Ga , em um serviço de Medicina Nuclear catarinense.

Metodologia

A pesquisa foi realizada em um Serviço de Medicina Nuclear (SMN), Instituição privada situada em Florianópolis, Santa Catarina. Os participantes foram dois profissionais Técnicos em Enfermagem, profissionais que atuam no serviço de Medicina Nuclear, ou seja, os indivíduos ocupacionalmente expostos, que participam dos exames envolvendo o radionuclídeo ^{68}Ga .

Os participantes que concordaram a fazerem parte da pesquisa assinaram o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido). Para assegurar o anonimato, sobretudo nos resultados das doses ocupacionais, os participantes foram identificados com nomes de letras do alfabeto grego, a saber: Alfa e Beta.

A coleta de dados se deu após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme Resolução N^o 466/12, declaração de ciência e parecer da instituição envolvida, assim como outros atos legais complementares. A pesquisa foi aprovada sob o parecer n. 3.005.136.

Visando facilitar o estudo, a coleta de dados foi dividida em quatro momentos consecutivos: observação da equipe multidisciplinar, aplicação dos roteiros relacionados ao processo observado, dosimetria ocupacional e verificação da taxa de exposição.

A observação foi realizada durante 30 dias onde se obteve conhecimento da rotina dos profissionais, no intuito de se eleger momentos críticos. Com esse entendimento foi construído um roteiro que serviu de instrumento de coleta de dados.

Para entender o processo, a rotina do setor de agendamento foi acompanhada para se ter compreensão de todas as orientações dadas aos

pacientes. Esse acompanhamento também ocorreu no setor da recepção, para que se pudesse analisar todo o atendimento prévio ao exame como também o setor da enfermagem, momento em que recebiam o paciente na recepção, encaminhando o mesmo até a área restrita onde é iniciado o exame.

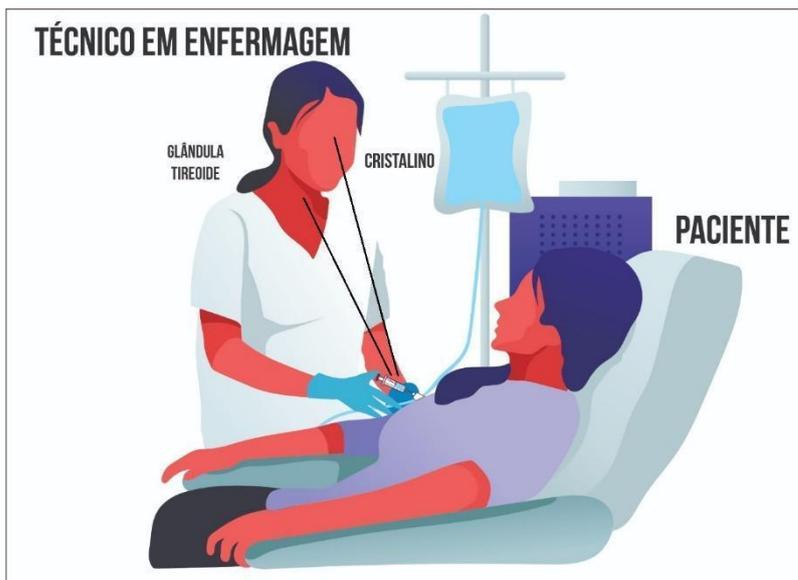
Na dosimetria ocupacional da equipe multidisciplinar, houve monitoração durante o período de 3 meses. Foram utilizados dosímetros de tórax e de extremidade (punho). Os dosímetros foram utilizados na localização padrão conforme legislação vigente (Portaria 453 do Ministério da saúde/ANVISA). Ao iniciar o processo os dosímetros eram colocados em cada IOE, e ao finalizar, eram armazenados em local adequado para garantir a precisão da pesquisa.

Para a verificação da taxa de exposição foi utilizado um contador Geiger-Muller digital da marca Thermo Fisher Scientific, modelo RadEye G20-10, devidamente calibrado e certificado pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN).

O contador Geiger-Müller foi utilizado de duas maneiras. Para a mensuração da radiação de fundo (BG) e medida da taxa de exposição. Antes de iniciar todo o processo, conferia-se a radiação de fundo, já que, no turno matutino, período oposto à pesquisa, utilizaram-se outros materiais, o que fez com que essa verificação fosse necessária.

Além do Geiger-Müller, foi utilizado outro instrumento de medida. Para mensuração da distância, foi utilizada uma trena digital da marca Bosch, modelo GLM 20, com uma precisão de ± 3 mm.

Conforme apresentado na Figura 1, foram feitas medidas, com o auxílio da trena digital, do cristalino e da tireoide em relação ao local de administração do radiofármacos. Essas medidas referem-se ao processo de trabalho dos profissionais de Enfermagem, pois são consideradas um momento crítico e bem significativo para a pesquisa.



Fonte: Produzida pelo autor (2019).

Para as estruturas radiosensíveis como cristalino e tireoide, na qual não se teve dosimetria específica, foi utilizado contador Geiger-Müller e uma trena para poder se ter respostas a respeito da exposição ocupacional.

Escolheu-se a administração do radiofármaco como o momento crítico da equipe de Enfermagem, durante o procedimento de punção, com a trena lateralmente posicionada ao olho mais próximo do pesquisador (posição diferenciada conforme a sala em que o paciente estiver), já que o objetivo foi avaliação da distância deste local em relação ao cristalino. Em seguida, posicionou-se a trena na lateral do pescoço na região da glândula tireoide em direção ao mesmo ponto anterior e registravam-se no roteiro ambos os valores encontrados.

Algumas situações foram escolhidas e denominadas neste trabalho como momentos críticos, são elas: a administração do radiofármaco, punção, com a trena lateralmente posicionada ao olho mais próximo do pesquisador (posição diferenciada conforme a sala em que o paciente estiver), já que o objetivo foi avaliação da distância deste local em relação ao cristalino. Em seguida, posicionou-se a trena na lateral do pescoço na região da glândula tireoide em direção ao mesmo ponto anterior e registravam-se no roteiro ambos os valores encontrados.

Utilizou-se um roteiro para destacar momentos críticos do profissional de Enfermagem na administração do radiofármaco e no auxílio ao paciente após esse

procedimento, considerando como críticos o posicionamento do paciente, a administração do meio de contraste e a liberação do paciente.

Para apresentação dos parâmetros de distância, tempo e exposição ocupacional, os dados estatísticos gerados foram tratados pelo programa Origin Pro 2016.

Resultados e discussões

Serão apresentados os resultados da observação da rotina da equipe da Enfermagem. O estudo é composto por ambos Técnicos em Enfermagem, denominados Alfa e Beta, sendo que Alfa possui estatura de 183 cm e é do sexo masculino e Beta com estatura de 160 cm e do sexo feminino. Para diferenciação, os profissionais foram identificados por cores, sendo que Alfa recebeu a cor azul e Beta a cor rosa.

O profissional Alfa no mês de maio de 2019, realizou o cuidado de Enfermagem a 13 pacientes submetidos a exames com radiofármacos de ^{68}Ga . No mês de junho, esse mesmo profissional assistiu 9 pacientes. Já no mês de julho, 10 pacientes foram atendidos pelo mesmo.

O profissional Beta no mês de maio de 2019, realizou o cuidado de Enfermagem a 4 pacientes submetidos a exames com radiofármacos de ^{68}Ga . No mês de junho, esse mesmo profissional atendeu 8 pacientes e no mês de julho, 15 pacientes foram atendidos pelo mesmo.

Durante os meses disponibilizados para a realização da pesquisa, Alfa prestou atendimento em um total de 32 exames, enquanto Beta teve um quantitativo de 27 exames. Esse foi o volume de exames encontrados neste período.

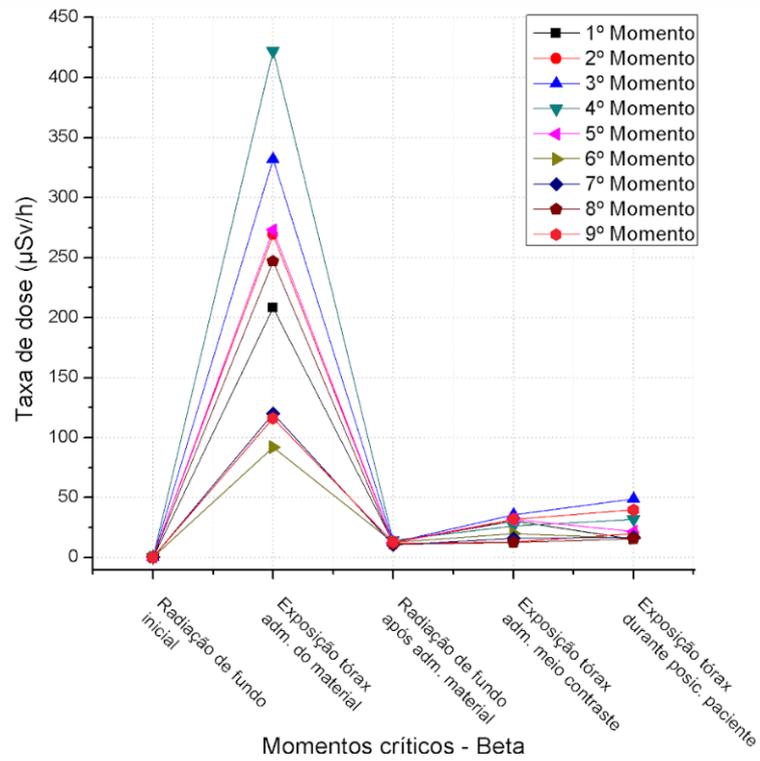
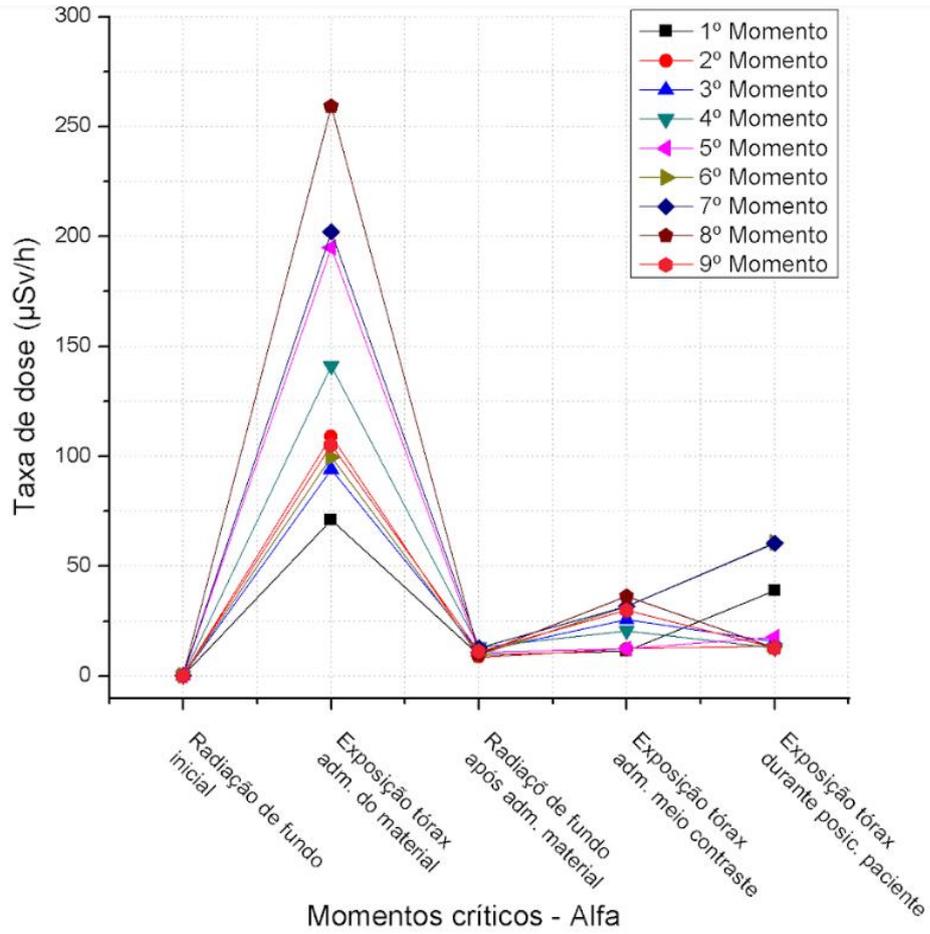
No intuito de documentar o processo de trabalho observado foi elaborado um fluxograma (apêndice H). Por meio dele é possível resgatar as ações que permeiam os diferentes processos pertencentes à rotina dos profissionais da Enfermagem durante os procedimentos que envolvam a utilização de radiofármacos de ^{68}Ga .

De acordo com Malta e Merhy (2010), o fluxograma permite instrumentalizar o trabalhador na gestão do seu próprio processo de trabalho. Para a sua visualização, o fluxograma utiliza símbolos, sistematizados num

diagrama que representa o modo de organizar os processos de trabalho, que vinculam entre si em torno de certa cadeia de produção do cuidado (MALTA; MERHY, 2010).

O processo de trabalho retratado neste fluxograma, traz o quanto o profissional da Enfermagem é presente na rotina envolvendo radiofármacos com ^{68}Ga . Em todo o processo envolvendo este radiofármaco, fica evidente que o profissional está exposto significativamente. A importância da existência do fluxograma reside no fato de oferecer à equipe um processo visual e intuitivo sobre o resgate da cultura da proteção radiológica.

Na Figura 3 a seguir são apresentados os momentos críticos considerados para os profissionais Alfa e Beta.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Durante o acompanhamento e mensuração das taxas de exposição foram escolhidos momentos que se destacaram durante a rotina: radiação de fundo, exposição do tórax durante a administração do material, radiação de fundo após a administração do material, exposição do tórax durante a administração do meio de contraste e exposição do tórax durante o posicionamento do paciente.

Para cada profissional, foram destacados nove dias, chamados de momentos críticos, onde foram selecionadas as mesmas atividades administradas em cada momento.

O momento da radiação de fundo inicial se faz preocupante pois se faz presente no local onde é realizado a anamnese do paciente, orientação do procedimento e preparo do mesmo para início do exame. Esse processo se torna relevante quando observado o tempo que é realizado. Em média, o profissional leva 3.600 segundos.

Em relação a exposição do tórax durante a administração do radionuclídeo, esse momento se destacou por ser o momento que o profissional mais se expõe. O profissional leva em torno de 45 segundos para realizar esse procedimento. Durante essa ação, são expostos órgãos radiosensíveis como cristalino e tireoide, mantendo uma distância média da fonte entre 42 cm e 65 cm.

O momento da radiação de fundo após a administração do material é onde o profissional durante 60 minutos auxilia o paciente sempre que solicitado. Torna-se crítico pelo fato do paciente ser uma fonte de radiação.

Observa-se que a radiação de fundo é esperada para um ambiente de Medicina Nuclear isento de contaminação radioativa, contudo, após a administração do material, nota-se um aumento expressivo de 50% de exposição para os profissionais Alfa e Beta.

No que diz respeito ao momento da exposição do tórax durante a administração do meio de contraste, por ser um procedimento invasivo, em que o profissional permanece próximo ao paciente em média de 120 segundos, o fator distância e tempo devem ser considerados preocupantes. Esse procedimento foge de protocolo, pois é dependente das condições físicas do paciente, onde o agravante é o tempo e distância.

Do ponto de vista fisiológico, a tireoide é uma glândula muito sensível, pois responde constantemente a vários estímulos externos e tem de se adaptar a eles (CORDEIRO, 2012).

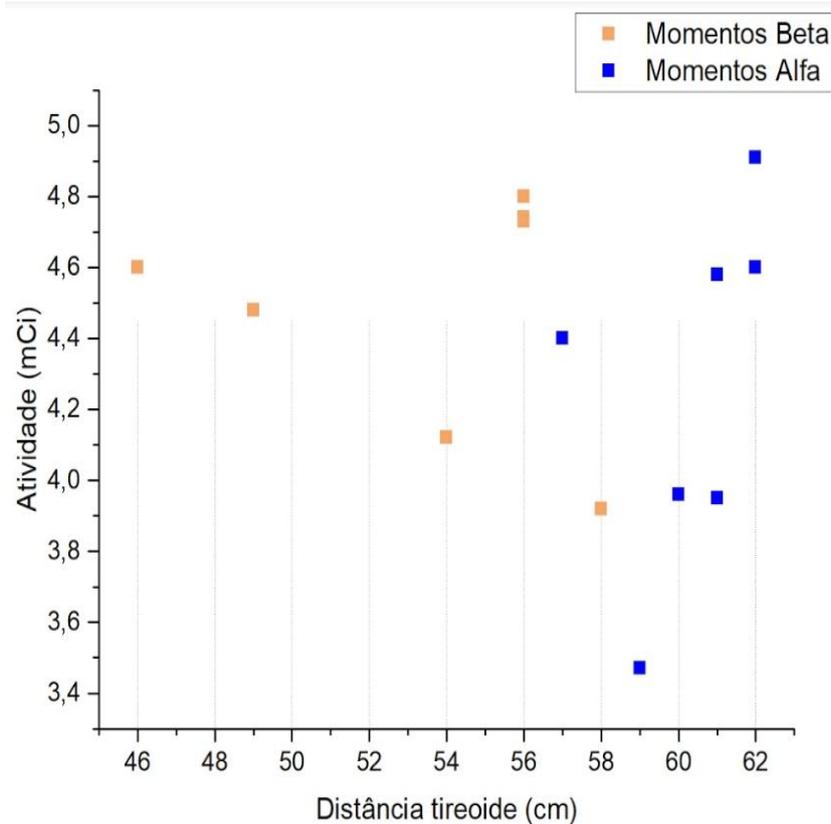
Salienta-se que estudos já apontaram que o cristalino é significativamente alvo de exposição intrínseca em Medicina Nuclear, corroborando com as informações de que geralmente tempos elevados acarretam aumento de exposição ocupacional (OLIVEIRA, 2013).

Na Figura 4 a seguir apresenta-se a relação entre atividade injetada e a respectiva distância da glândula tireoide em um dos momentos mais críticos para o Técnico em Enfermagem, que é na hora da administração do radiofármaco ^{68}Ga .

Observa-se que o profissional alfa manteve a tireoide muito mais próxima da fonte de radiação e conseqüentemente se expôs mais, quando comparado ao profissional beta. Ao administrar o radiofármaco, variáveis como altura do profissional e postura do mesmo, interfere na exposição ocupacional.

Estudos como o de Wrzsien (2018), citam que a exposição ao profissional de Enfermagem se dá de maneira superior à que se observou em outros membros da equipe multidisciplinar, no que se refere ao processo de manipulação do ^{18}F -FDG no momento de administração do mesmo.

Figura 4 - Comparação entre Atividade e a distância da tireoide

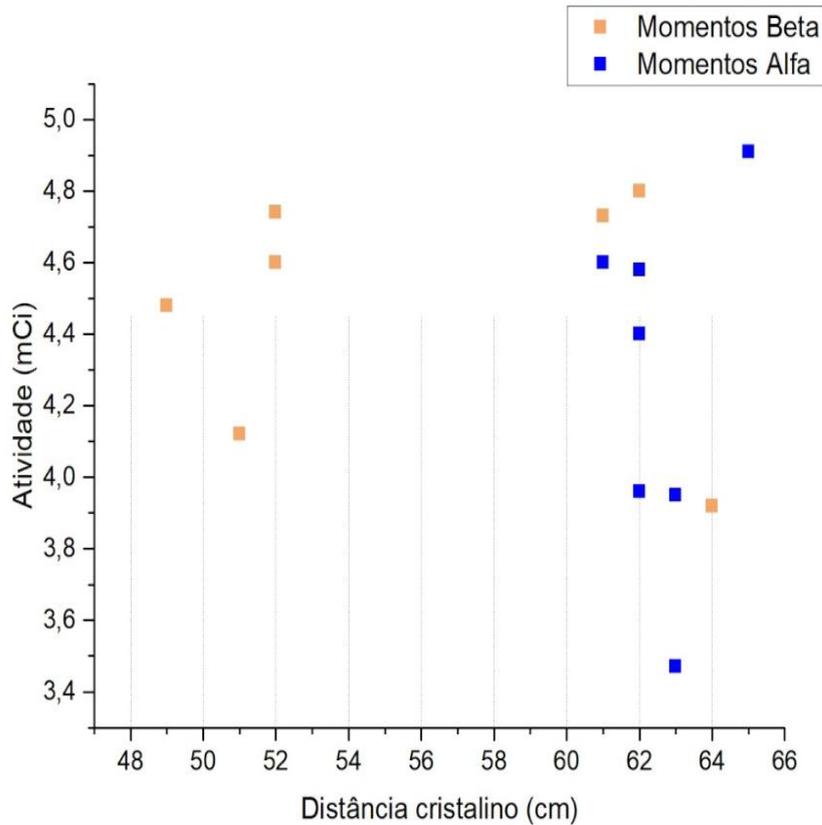


Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Devido à constante proximidade aos radionuclídeos durante as tarefas de rotina, todos os profissionais deveriam ser monitorados rotineiramente, tanto para a avaliação da exposição ocupacional externa quanto para a quantificação da incorporação de radionuclídeos. De acordo com o BSS n. 115, da Agência Internacional de Energia Atômica, o responsável pela instalação deve identificar os trabalhadores sujeitos a risco de exposição externa e interna e prover os meios necessários para que os mesmos sejam submetidos à monitoração apropriada, de forma a demonstrar a eficácia das medidas de radioproteção implementadas e a manter as doses individuais tão baixas quanto possível (IAEA, 1996).

Na Figura 5 apresenta-se o comparativo entre a distância do cristalino e a atividade administrada entre os dois profissionais. Nesse caso, o que chama a atenção é a oscilação da distância existente em relação ao profissional Beta. Por outro lado, o profissional Alfa manteve uma distância considerada constante.

Figura 5 - Comparação entre atividade e a distância do cristalino

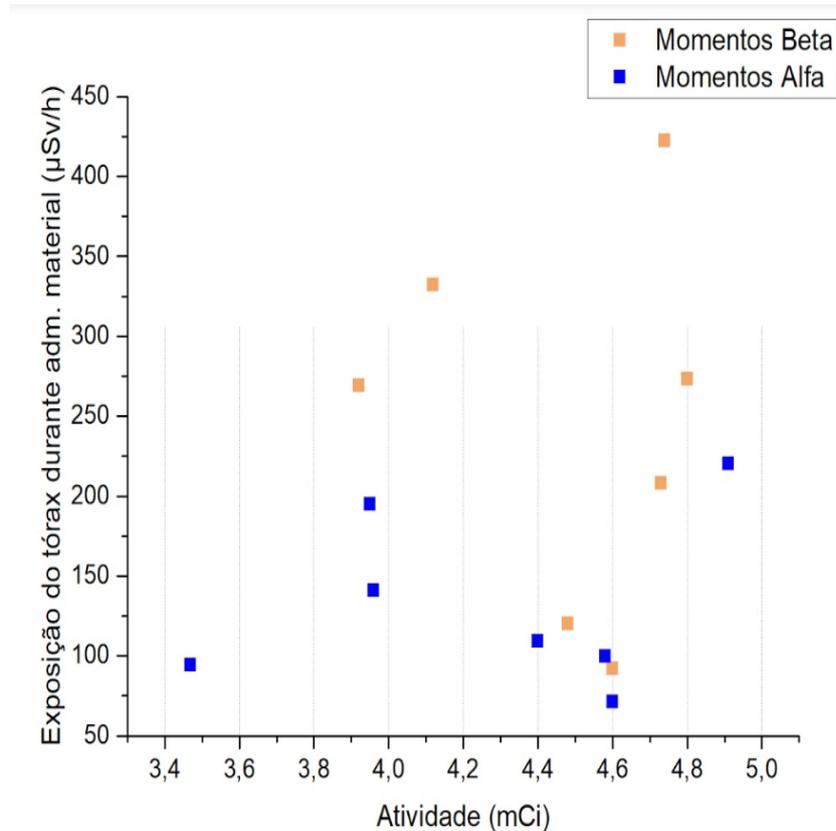


Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Vários fatores podem estar contribuindo para essa oscilação observada, tais como: pressa no momento da administração do material, qualidade da iluminação do ambiente, falta de uso do biombo disponível na sala, cansaço visual, insegurança no procedimento de punção endovenosa, entre outros fatores. Em medicina nuclear, a presença da exposição ocupacional interna e a externa são inevitáveis. A monitoração individual de tórax, para estimativa de dose efetiva é obrigatória, mas a monitoração de extremidades nem sempre é feita (KUBO, 2016).

Em um SMN radiofármacos são administrados aos pacientes por via oral e endovenosa, por esse motivo os profissionais nesses serviços são potencialmente expostos à radiação ionizante enquanto realizam as tarefas inerentes às suas funções, principalmente aqueles que trabalham diretamente com o radiofármaco radioativo, tais como os Técnicos de MN e a equipe de Enfermagem (PAZZINOTO et al, 2014).

Figura 6 - Atividade e a exposição do tórax



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Na Figura 6 comparou-se a atividade administrada e a exposição do tórax entre Alfa e Beta durante a administração do material. Observa-se uma linearidade na exposição de Alfa, enquanto que em Beta, a oscilação se faz presente. Esta linearidade é esperada, desde que conforme a atividade administrada no paciente for maior, se justifica a elevação da exposição ocupacional. Na situação em que ambos administram a mesma atividade no paciente, uns dos profissionais apresenta exposição menor (Alfa), quando comparado com o outro. O fator tempo, no momento da exposição do tórax foi padronizado para 15 segundos, com o Geiger na altura do tórax.

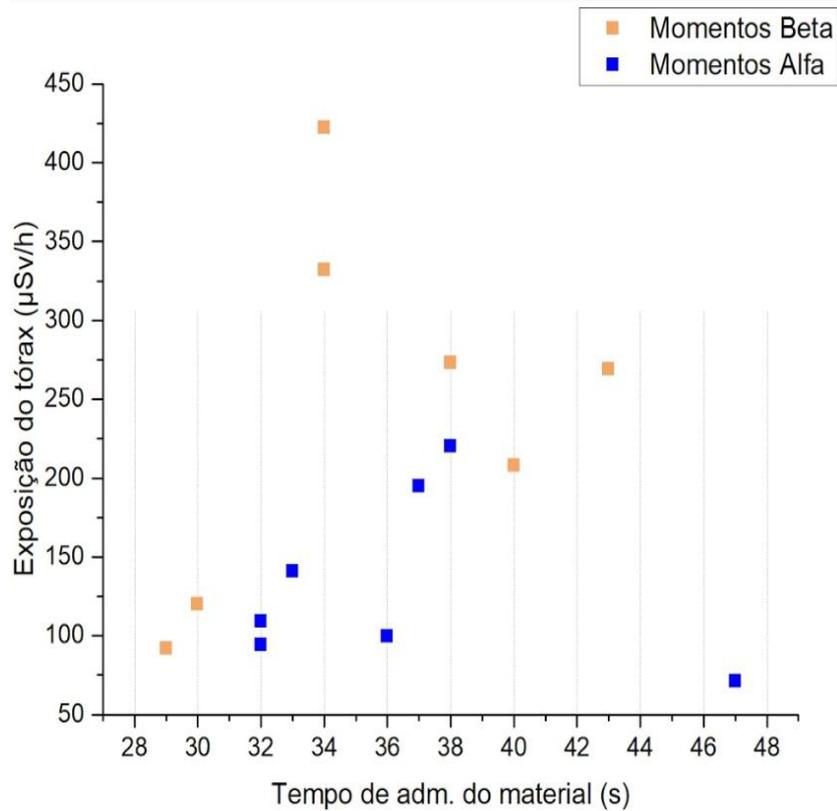
Em dois momentos diferentes de Alfa e Beta observa-se a administração da mesma atividade em pacientes diferentes, porém a exposição do profissional Beta foi elevada quando comparada com Alfa. Pode-se notar essa diferença na altura dos profissionais, uma vez que a participante Beta, por ter 160 cm, o tórax está muito mais próximo a fonte, em relação ao profissional alfa que tem 183 cm. Esse

parâmetro será favorável quando o profissional mantiver a postura para que se permaneça com a distância favorável.

As tarefas em que os IOEs recebem maior exposição à radiação são: preparação do radiofármaco, a aferição da atividade de radiofármaco a ser injetada, administração de radiofármacos nos pacientes, realização de tarefas perto dos pacientes após estes terem sido injetados, acompanhamento do paciente antes, durante e após o exame e controle de qualidade dos equipamentos utilizando fontes seladas ou não seladas (KUBO, 2016).

Em todos esses casos, as exposições podem ser minimizadas por meio do bom planejamento, treinamento, boas práticas, instrução e cooperação do paciente e atenção às recomendações básicas de radioproteção, incluindo tempo, distância e blindagem e proteção contra contaminação. É essencial que a instalação seja planejada de forma que sejam levadas em conta as considerações operacionais, fluxo de trabalho e requisitos de blindagem (IAEA, 2008).

Figura 7 - Comparativo entre exposição do tórax e o tempo de administração do radiofármaco

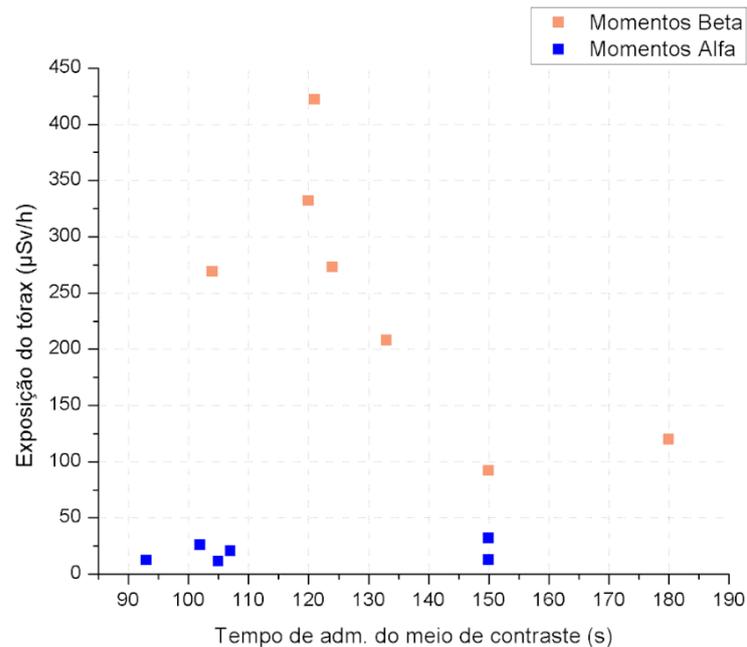


Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Na Figura 7 foi realizado um comparativo entre a exposição do tórax ($\mu\text{Sv/h}$) e o tempo de administração do radiofármaco entre Alfa e Beta. Os dados obtidos corroboram com a ideia de que nem sempre a dose justifica a exposição. Não somente pelo fator tempo, mas também pela diferença existente entre o biotipo de cada profissional e o processo de trabalho não padronizado na qual cada indivíduo está inserido.

Alguns fatores podem afetar diretamente a exposição da equipe à radiação ionizante, tais como: número de pacientes a serem submetidos ao exame, tipo e quantidade de radiofármaco administrado por paciente, tempo gasto pelo paciente em cada área da instalação e sua disposição física, que, em alguns casos, requer atenção especial da enfermagem (IAEA, 2013).

Figura 8 - Comparativo entre exposição do tórax e tempo de administração do meio de contraste

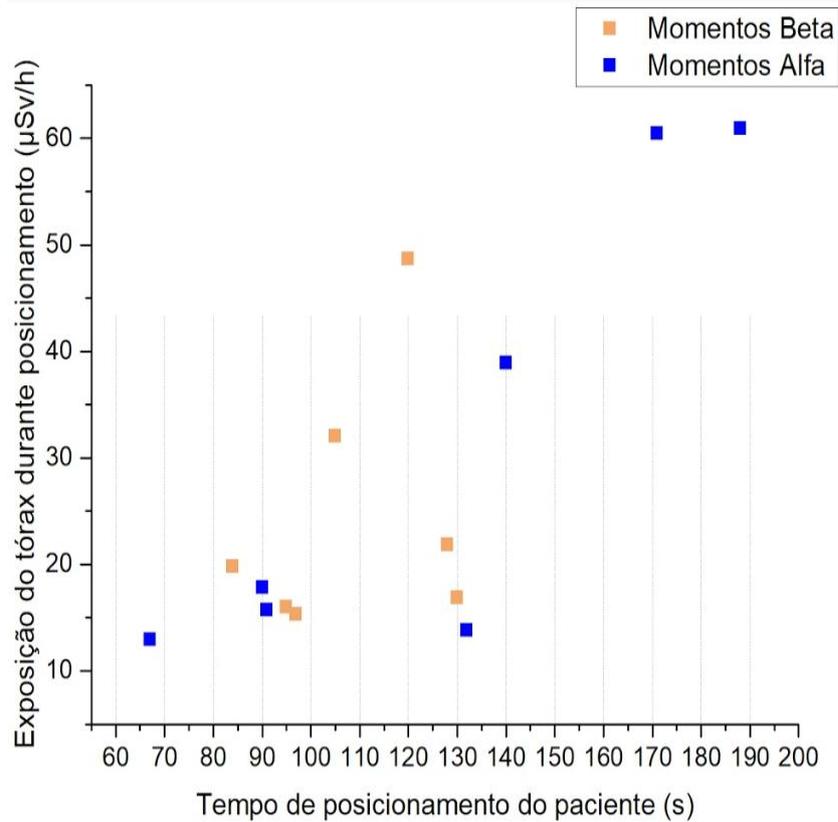


Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Observa-se na Figura 8 que o tempo que se leva para o profissional administrar o meio de contraste não foi menor do que 90 segundos, chegando-se a duplicar o mesmo período, merecendo destaque o diferencial de exposição de um profissional para o outro observado. Foi constatada a diferença de processo de trabalho de cada profissional.

Salienta-se aqui a necessidade para que a Equipe de Enfermagem radiológica tenha noção de princípios de radioproteção voltados à área de Medicina Nuclear. O que se observa é que esses profissionais aprendem sobre a rotina somente na prática, não tendo oportunidade de conhecerem princípios de Radioproteção durante sua formação acadêmica. O cuidado assistencial de Enfermagem é diferente do profissional da Radiologia, o que faz com que essa permanência excessiva ao lado do paciente seja justificada. Ao mesmo tempo, sabe-se que ao aumentar o tempo de permanência ao lado da fonte emissora de radiação, se tem como consequência o aumento de exposição à radiação ionizante.

Figura 9 - Comparativo entre tempo do posicionamento do paciente e exposição do tórax



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Em um SMN (Serviço de Medicina Nuclear) as principais fontes de exposição à radiação para a equipe são: radionuclídeos não blindados (presentes durante a preparação e administração e em eventuais contaminações no setor); pacientes, após terem sido administrados os radiofármacos; sanitário de pacientes injetados; fontes seladas de calibração, a radiação emitida pelo aparelho de CT (no caso de serviços com PET/CT ou SPECT/CT) e o rejeito radioativo. Além dessas, o profissional que atua em SMN pode receber dose significativa no cristalino devido à contaminação ocular incidental com radiofármacos durante sua preparação ou administração (IAEA, 2013).

A importância da Figura 9 reside no fato de que o profissional Alfa se expõe no momento de posicionamento do paciente. Neste momento não se consegue ter tantos parâmetros de padronização, pois vai depender da agilidade do paciente. Nesse gráfico, observa-se um antagonismo entre os gráficos anteriores, pois nota-se que Alfa teve mais tempo ao lado do paciente durante o momento de posicionamento, acarretando exposição justificada pela necessidade de ter um profissional acompanhando o paciente para iniciar o exame.

O acompanhamento do paciente atendido em um SMN é muito crítico do ponto de vista de exposição. Procedimentos devem ser explicados de maneira clara, para que o profissional ocupacionalmente exposto consiga diminuir sua permanência ao lado do mesmo (RIZZADORI, 2013).

Em relação à dosimetria do profissional de Enfermagem, durante os 3 meses de realização da pesquisa, tiveram no máximo 6 pacientes semanalmente. A clínica ainda possui agenda um pouco mais lenta, no que diz respeito a exames utilizando esse radiofármaco. A situação é esperada, uma vez que as solicitações médicas ainda são inexpressivas, existindo poucas solicitações. A quantidade de exames corrobora com o fato de a exposição a esse radiofármaco ter sido pouca via detecção do dosímetro TLD.

Estudos como o de Albiniak e Wrzsien (2018), apontam exposição significativa de cristalino na manipulação de ^{68}Ga , no que se refere à equipe de Enfermagem. Esse mesmo estudo ainda salienta que os profissionais ficam expostos não somente a energia do ^{68}Ga , mas também à de outros materiais, o que faz com que a exposição ocupacional seja sempre reavaliada no contexto do processo de trabalho desses profissionais.

Considerações finais

Avaliando os dados relativos ao processo de trabalho da enfermagem em procedimentos que envolvam exposição aos radiofármacos marcados com ^{68}Ga , observa-se que existe uma necessidade de readequação dessa rotina, com a finalidade de otimizar a exposição do indivíduo ocupacionalmente exposto ao ^{68}Ga . A altura dos profissionais é um dos pontos que merecem ser levados em consideração, haja vista a análise da realidade observada, uma vez que interfere criticamente no parâmetro exposição.

O fator tempo elevado na administração do radiofármaco considerado no estudo, muitas vezes é reflexo da necessidade de um atendimento personalizado, voltado para a qualidade do cuidado prestado.

No que se refere à utilização do biombo blindado, importante equipamento de proteção coletiva na rotina da Medicina Nuclear, em nenhum momento foi observado utilização pelos profissionais ocupacionalmente expostos. Uma vez que se sabe que o paciente é uma fonte ambulante de radiação, condutas de proteção radiológica devem ser adotadas pela equipe envolvida no processo assistencial.

A necessidade de uma cultura de proteção radiológica deve ser contextualizada à equipe de Enfermagem, no que diz respeito, principalmente, ao entendimento e importância da relação entre tempo, distância e blindagem, assim como a otimização desses fatores com a diminuição da exposição em regiões radiosensíveis como tireoide e cristalino. Situações comumente observadas como a administração do meio de contraste iodado, devem ser revistas, assim como distâncias adequadas no momento da injeção do radiofármaco no procedimento de punção, por parte do profissional.

Observando, por exemplo, que o tempo médio de administração do meio de contraste foi elevado, sugere-se a adaptação de um biombo móvel entre o paciente e o profissional exposto.

REFERÊNCIAS

ALBINIAK, L.; WRZESIEN, M. **⁶⁸Ga-DOTA-TATE-a source of eye lens exposure for nuclear medicine department workers.** Journal Radiological Protection. 2018.

CNEN - **Comissão Nacional de Energia Nuclear.** Norma 3.01 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. 2014.

EJEH, John Enyi et al. **Radiation Levels from Toilets Used By Patients Injected with ^{99m}Tc-based Radiopharmaceuticals in Ibadan. Molecular Imaging And Radionuclide Therapy,** [s.l.], v. 22, n. 2,p.60-63, 5 jun. 2014. Galenos Yayinevi.

International Atomic Energy Agency (IAEA), 2006, **Nuclear Medicine Resources Manual**, Viena.

International Atomic Energy Agency (IAEA), 2008, **Radiation Protection in Newer Medical Imaging Techniques: PET/CT**, Safety Reports Series n. 58. Viena.

KUBO, A. L. **Avaliação crítica da exposição ocupacional externa nos serviços de Medicina Nuclear do Brasil. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Radioproteção e Dosimetria do Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear.** Rio de Janeiro, 2016.

UNSCEAR. (2012). **Biological Mechanisms Of Radiation, Actions At Low Doses**(pp. 3– 45).

RIZZADORI, L. **Medicina Nuclear e o profissional ocupacionalmente exposto: um estudo de caso.** Atkins. Rio de Janeiro, 2013.

TAUHATA, Luiz et al. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos.** Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2014.

ZIESSMAN, Harvey A. et al. **Medicina Nuclear.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

ARTIGO 2 - Exposição ocupacional no processo de trabalho de profissionais das técnicas radiológicas com radiofármacos marcados com ^{68}Ga .

PORTELA, Tayana ¹; CAMOZZATO, Tatiane S. C ²; Flôr, Rita de Cássia³

RESUMO: Objetivo: identificar a exposição ocupacional dos profissionais das técnicas radiológicas no processo de trabalho em procedimentos com radionuclídeos de ^{68}Ga em um serviço de Medicina Nuclear catarinense. **Método:** Participaram do estudo dois profissionais das técnicas radiológicas, ambos tecnólogos em Radiologia. Os profissionais foram identificados com os pseudônimos Gama e Delta. A coleta de dados ocorreu por meio da observação não participante do processo de trabalho, aplicação dos roteiros relacionados ao processo observado, dosimetria ocupacional e verificação da taxa de exposição. **Resultados:** Em relação ao relatório dosimétrico, em meses diferentes, ambos os

profissionais observados obtiveram leitura. O profissional Gama obteve 0,10 mSv no dosímetro do tórax e 0,58 mSv no dosímetro de punho e o profissional Delta obteve leitura de 0,12 mSv no dosímetro de tórax, não obtendo leitura para punho. Todos os outros meses deram abaixo de 0,1 mSv. Com a realização desse estudo, evidenciou-se que a exposição ocupacional está relacionada aos fatores distância, tempo e blindagem, onde se observaram tempos elevados durante o manuseio do material, pequenas distâncias entre fontes e estruturas radiosensíveis como cristalino e tireoide, o que se considera preocupante. **Conclusão:** Considerando a complexidade de manuseio do gerador de ^{68}Ga , o fator tempo e a proximidade, com elevada taxa de exposição, o processo de trabalho deve ser reavaliado e padronizado, uma vez que pontos críticos merecem maior atenção e não terem como parâmetro apenas leitura dosimétrica. Importante salientar que o dosímetro do tipo TLD utilizado na pesquisa vem sendo substituído pela tecnologia OSL, devido à sua alta sensibilidade luminosa, de excelente reprodutibilidade e leitura rápida.

Palavras-chave: Processo de trabalho. Proteção radiológica. ^{68}Ga . Medicina Nuclear. PSMA.

ABSTRACT: Objective: to identify the occupational exposure of radiologic techniques professionals in the process of working on ^{68}Ga radionuclide procedures in a Santa Catarina Nuclear Medicine service. **Method:** Two professionals of radiological techniques, both technologists, participated in the study. The professionals were identified with the pseudonyms Gama and Delta. Data collection occurred through non-participant observation of the work process, application of the scripts related to the observed process, occupational dosimetry and verification of the exposure rate. **Results:** Regarding the dosimetric report, in different months, both observed professionals obtained reading. The Gama professional obtained 0.10 mSv in the chest dosimeter and 0.58 mSv in the wrist dosimeter and Delta professional read 0.12 mSv in the chest dosimeter, not reading for wrist. All other months gave below 0.1 mSv, background radiation. With this study, it was evidenced that occupational exposure is related to the factors distance, time and shielding, where high times were observed during material handling, small distances between sources and radiosensitive structures such as crystalline and thyroid, which is considered worrisome. **Conclusion:** Considering the handling complexity of the ^{68}Ga generator, the time factor and the proximity, with high exposure rate, the work process should be reevaluated and standardized, since critical points deserve more attention and not have read only parameter.

dosimetric. Importantly, the TLD type dosimeter used in the research has been replaced by OSL technology, due to its high luminous sensitivity, excellent reproducibility and fast reading.

Keywords: Work process. Radiological protection. ^{68}Ga . Nuclear medicine. PSMA

1 Mestranda em Proteção Radiológica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: tayanaportela83@gmail.com

2 Doutora _____. Professora do Programa de Pós-Graduação em Proteção Radiológica do IFSC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, CEP: 88020-300, Florianópolis-SC, Brasil. E-mail:tatianecamozzato@hotmail.com

3 Doutora _____. Professora do Programa de Pós-Graduação em Proteção Radiológica do IFSC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, CEP: 88020-300, Florianópolis-SC, Brasil. E-mail:flor@ifsc.edu.br

Introdução

A Medicina Nuclear (MN) possui variadas especificidades, segundo Hironaka et al. (2012, p. 3), a mesma é uma especialidade médica com elevado crescimento em sua utilização e possui campo com aplicações tanto para o tratamento quanto para o diagnóstico de patologias. Sua prática na área diagnóstica é muito efetiva e se faz por meio do uso de radioisótopos instáveis, elementos que emitem radiação ionizante, para o estudo cintilográficos.

Devido a utilização destes radioisótopos instáveis, os profissionais das Técnicas Radiológicas (PTR) que trabalham em MN são considerados indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE), uma vez que acabam sendo expostos à radiação ionizante em seu ambiente de trabalho. Esta exposição ocupacional compromete a segurança do profissional e pode oferecer risco à saúde do mesmo. Os estudos de Mendes, Fonseca e Carvalho (2004) mostram que existem correlações diretas das medidas de proteção radiológica (PR) com os valores de dose individuais dos IOE. Por isso, há uma preocupação em relação a PR e ao controle de dose individual destes profissionais.

Contudo, existem medidas de PR que são de responsabilidade tanto do empregador quanto do profissional, as quais devem ser tomadas para que esta exposição seja evitada o máximo possível.

Essa modalidade pode ser definida como especialidade médica que utiliza fontes radioativas abertas ou não seladas, para diagnóstico e tratamento de diversas patologias. Tendo como foco o estudo funcional, essa técnica utiliza substâncias denominadas radionuclídeos, que tem como função demonstrar o metabolismo regional de diferentes tecidos do corpo humano, retratando a bioquímica metabólica normal e patológica (SALERMMO, 2013).

Apesar das vantagens de diagnóstico da MN, há também aspectos menos positivos em relação a essa técnica, como por exemplo, a monitoração e as precauções necessárias a serem tomadas durante e após os procedimentos, devido à atividade administrada do radiofármaco no paciente. (UNSCEAR, 2012).

O profissional da técnica radiológica atuante em um serviço de Medicina Nuclear, fica exposto a diversos tipos de energias, inclusive do radiofármaco ^{68}Ga . Este radionuclídeo possui meia vida física de 67,7 minutos e decai principalmente por emissão de pósitrons de 1,92 MeV de energia e com 89% de abundância (BENERJEE, 2010).

Ganhando destaque na MN brasileira nos últimos anos, este radiofármaco é

utilizado como uma opção padrão ouro para o diagnóstico de tumores neuroendócrinos. Esta técnica apresenta-se como uma nova modalidade de investigação diagnóstica em oncologia, principalmente nos pacientes com câncer de próstata (GEISEL et al, 2015).

Por ser técnica bastante recente (ainda não incluída nos principais guidelines de oncologia), ser limitada a poucos centros de diagnóstico por imagem e ter custo um pouco elevado, a PET/CT com ^{68}Ga -PSMA tem enfrentado algumas dificuldades para se estabelecer na prática clínica, de forma rotineira, nos serviços de oncologia (JÚNIOR et al, 2018).

Diante deste contexto, a presente pesquisa buscou responder a seguinte pergunta: Quais níveis de exposição os profissionais das técnicas radiológicas encontram-se expostos no processo de trabalho em procedimentos com radiofármacos de ^{68}Ga em um serviço de Medicina Nuclear catarinense?

Para responder a essa questão o estudo objetivou identificar os níveis de exposição ocupacional do profissional das Técnicas Radiológicas, bem como quais foram os momentos críticos envolvidos no processo de trabalho em procedimentos com radiofármacos de ^{68}Ga , em um serviço de Medicina Nuclear catarinense.

Metodologia

A pesquisa foi realizada em um Serviço de Medicina Nuclear (SMN), Instituição privada situada em Florianópolis, Santa Catarina. Os participantes desta pesquisa foram dois profissionais das Técnicas Radiológicas (Tecnólogos em Radiologia), colaboradores atuantes no serviço de Medicina Nuclear, ou seja, os IOEs que participam dos exames envolvendo o radioisótopo ^{68}Ga . Os participantes que concordaram a fazerem parte da pesquisa assinaram o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido). Para assegurar o anonimato, sobretudo nos resultados das doses ocupacionais, os participantes foram identificados com nomes de letras do alfabeto grego, a saber: delta e gama.

A coleta de dados se deu após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme Resolução N^o 466/12, declaração de ciência e

parecer da instituição envolvida, assim como outros atos legais complementares. A pesquisa foi aprovada sob o parecer n. 3.005.136.

Visando facilitar o estudo, a coleta de dados foi dividida em quatro momentos consecutivos: observação da equipe multidisciplinar, aplicação dos roteiros relacionados ao processo observado, dosimetria ocupacional e verificação da taxa de exposição.

A observação foi realizada durante 30 dias onde se obteve conhecimento da rotina dos profissionais, no intuito de se eleger momentos críticos. Com esse entendimento foi construído um roteiro que serviu de instrumento de coleta de dados.

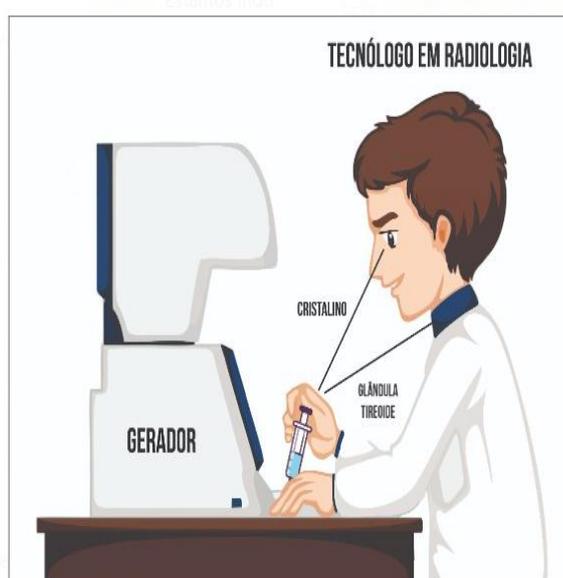
Na dosimetria ocupacional da equipe multidisciplinar houve monitoração durante o período de 3 meses. Foram utilizados dosímetros de tórax e de extremidade (punho). Para o dosímetro de punho foi padronizada a mão direita, sendo a dominante para ambos profissionais. Os dosímetros foram utilizados na localização padrão conforme legislação vigente (Portaria 453 do Ministério da saúde/ANVISA). Ao iniciar o processo os dosímetros eram colocados em cada IOE, e ao finalizar eram armazenados em local adequado para garantir a precisão da pesquisa.

Para a verificação da taxa de exposição foi utilizado um contador Geiger-Muller digital da marca Thermo Fisher Scientific, modelo RadEye G20-10, devidamente calibrado e certificado pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN).

O contador Geiger-Müller foi utilizado de duas maneiras. Para a mensuração da radiação de fundo (BG) e medida da taxa de exposição. Antes de iniciar todo o processo, conferia-se a radiação de fundo, já que, no turno matutino, período oposto à pesquisa, utilizaram-se outros materiais, o que fez com que essa verificação fosse necessária.

Além do Geiger-Muller, foi utilizado outro instrumento de medida. Para mensuração da distância, foi utilizada uma trena digital da marca Bosch, modelo GLM 20, com uma precisão de ± 3 mm.

Figura 1 – Eluição do gerador de ^{68}Ga



Fonte: do autor (2019).

A Figura 1 ilustra o posicionamento e a proximidade em que o profissional da Técnica radiológica realiza todo o manuseio do gerador de ^{68}Ga para efetuar a eluição.

O processo chamado eluição do gerador é composto de várias etapas, como montagem do módulo do gerador (Kit Max-set) e em sequência realiza-se a eluição. O roteiro criado durante a observação detalhou cada etapa da eluição do gerador. Algumas situações foram escolhidas e denominadas neste trabalho como momentos críticos, são elas: radiação de fundo, eluição da seringa do gerador, eluição da seringa de ar, eluição da seringa do cartucho, eluição da seringa do frasco E, eluição da seringa do frasco F e radiação de fundo após eluição e fracionamento.

Fatores como exposição ocupacional, distância e tempo que, associados a dosimetria, trouxeram comparações entre profissionais da mesma função e também avaliações de processos realizados sem previamente se ter acesso ou estudo à dosimetria individual em relação à energia estudada.

Para as estruturas radiosensíveis como cristalino e tireoide, na qual não se teve dosimetria específica, foi utilizado contador Geiger-Müller e uma trena para poder se ter respostas a respeito da exposição ocupacional e ambiental.

Para apresentação dos parâmetros de distância, tempo e exposição ocupacional os dados estatísticos gerados foram tratados pelo programa Origin Pro 2016.

Resultados e Discussões

Serão apresentados os resultados da observação da rotina da equipe da Radiologia. O estudo é composto por dois profissionais, denominados Gama e Delta, sendo que Gama possui estatura de 175 cm e é do sexo masculino e Delta com estatura de 160 cm e do sexo feminino. Para diferenciação, os profissionais foram identificados por cores, sendo que Gama recebeu a cor azul e Delta a cor rosa.

Foram acompanhados os processos de 16 eluições do gerador de ^{68}Ga , as quais foram relacionados ao processo de trabalho do profissional e o risco ocupacional associado à radiação ionizante na exposição do gerador ^{68}Ga .

Dessas eluições temos que: o profissional Gama realizou três vezes o processo de eluição do gerador de ^{68}Ga no mês de maio de 2019. No mês de junho realizou duas eluições e no mês de Julho realizou quatro eluições. Já a profissional Delta realizou três vezes o processo de eluição do gerador de ^{68}Ga no mês de maio de 2019. Nos meses de junho e julho realizou quatro vezes o mesmo processo, duas vezes em cada mês.

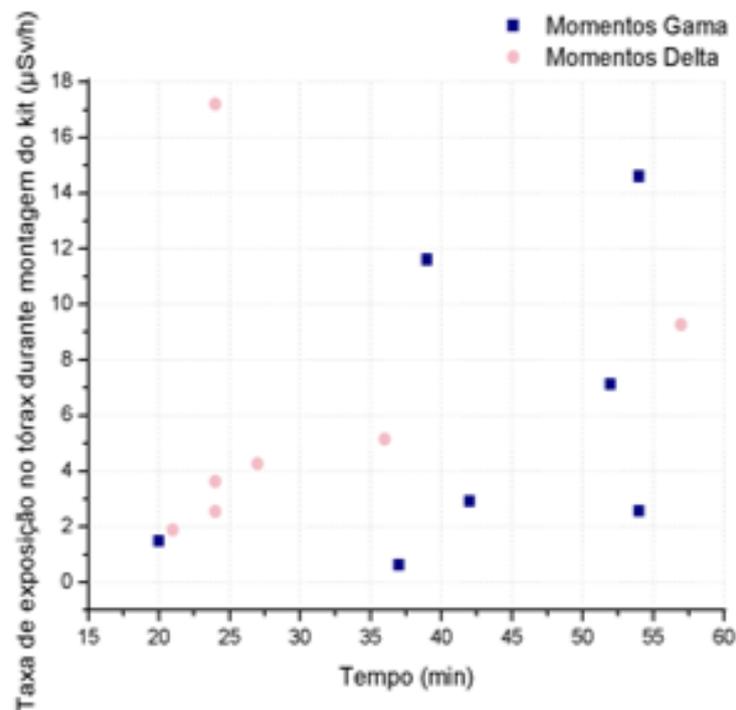
A seguir serão apresentados gráficos referentes aos momentos críticos observados e posteriormente serão feitas as discussões sobre os mesmos.

No intuito de documentar o processo de trabalho observado foi elaborado um fluxograma (Apêndice I). Por meio dele é possível resgatar as ações que permeiam os diferentes processos pertencentes à rotina dos profissionais das

técnicas radiológicas durante os procedimentos que envolvam a utilização de radiofármacos de ^{68}Ga . De acordo com Malta e Merhy (2010), o fluxograma permite instrumentalizar o trabalhador na gestão do seu próprio processo de trabalho. Para a sua visualização, o fluxograma utiliza símbolos, sistematizados num diagrama que representa o modo de organizar os processos de trabalho, que vinculam entre si em torno de certa cadeia de produção do cuidado (MALTA; MERHY, 2010).

Analisando o fluxograma, destacando os processos envolvendo eluição do gerador de ^{68}Ga , pode-se avaliar o primeiro momento crítico representado na Figura 3.

Figura 3 - Montagem do Kit Max-Set.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

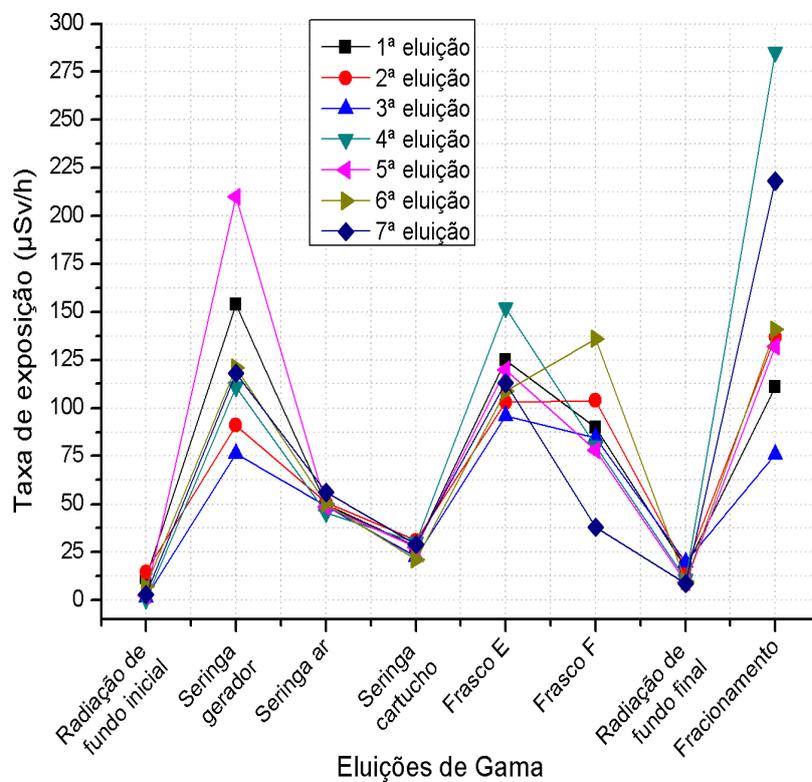
Durante a pesquisa foi observado que antes da eluição o profissional realiza a montagem e instalação do kit Max-Set no módulo do gerador dentro da sala de manipulação de radiofármacos. Foi observado que o tempo mínimo de montagem do kit foi de 20 minutos, porém, em um dos casos o tempo chegou a 54

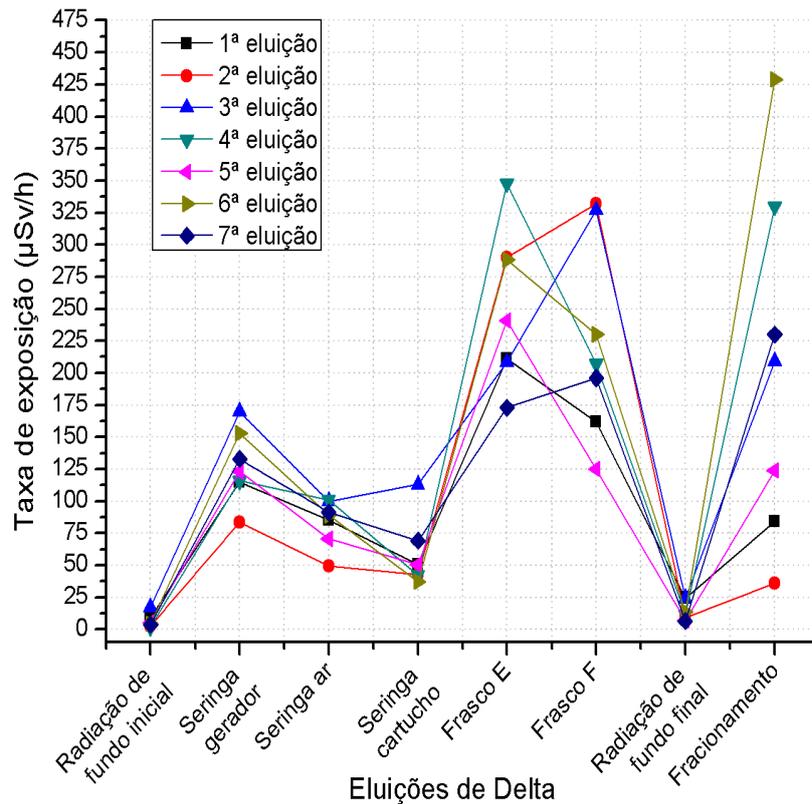
minutos. A preocupação com a montagem do kit é devido a radiação de fundo do ambiente, onde o profissional acaba ficando exposto sem necessidade.

Sugere-se que seja revista a rotina de montagem do Kit Max-Set. Ou ainda, antes de iniciar o processo de montagem do kit, medir a radiação de fundo da sala e caso estando elevada, deve-se buscar por outro local e então padronizar uma outra sala para realizar o procedimento. Quando o fator analisado se trata de exposição não devemos desconsiderar qualquer atitude mínima que diminua a exposição ocupacional.

Na Figura 4 é apresentado todos os momentos críticos durante o processo de eluição do gerador de ^{68}Ga . Em destaque, para ambos os profissionais temos o momento do fracionamento e para um dos profissionais tem-se o momento da eluição da seringa do frasco E e para o outro profissional a eluição da seringa do gerador.

Figura 4 - Momentos críticos dos profissionais Gama e Delta





Fonte: Dados da pesquisa (2019).

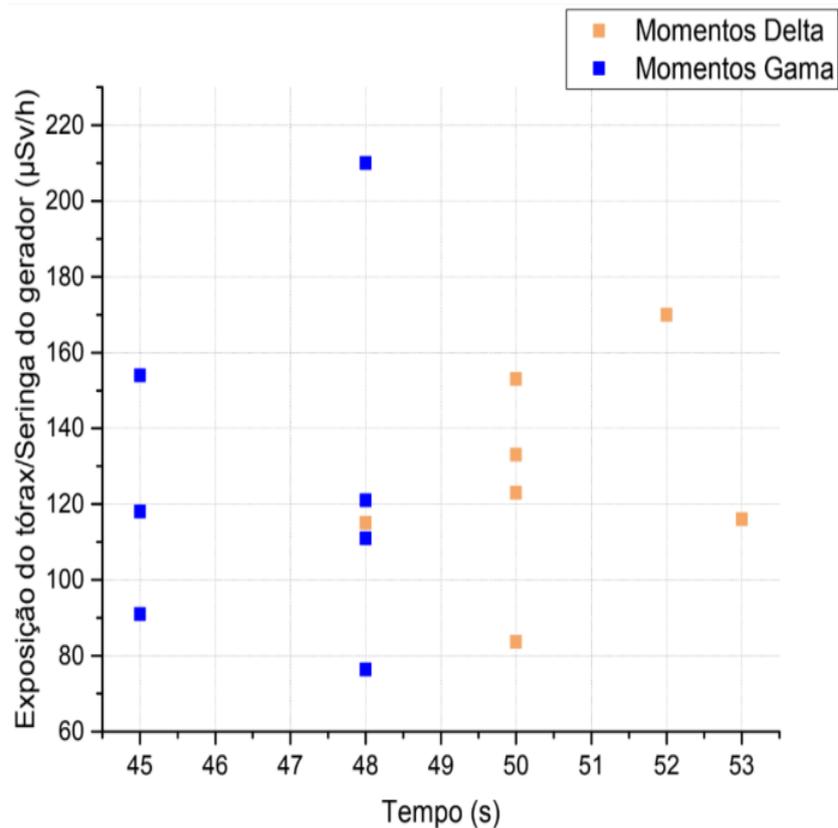
Durante o momento de eluição da seringa do gerador, a taxa de exposição desse processo corresponde a aproximadamente 13,4 % do total da exposição de Delta enquanto que o profissional gama está exposto a cerca de 21,5% do total da exposição.

Em outro processo, eluição da seringa do frasco E, a taxa de exposição equivale 20,1% da exposição total para Delta enquanto que para Gama é cerca 26,5%.

No momento da eluição da seringa do frasco F, a taxa de exposição desse processo corresponde à aproximadamente 23,4% da exposição de Delta e 15,3% para Gama, da taxa de exposição total recebida. Já ao fracionar o radionuclídeo, a taxa de exposição corresponde é aproximadamente 19,8% para Delta e 26,2% para Gama, ambos referentes à taxa de exposição total recebida.

Diante do exposto, ao avaliarmos todos os momentos críticos observou-se que os mesmos apresentam taxa de exposição significativa.

Figura 5 - Seringa do gerador X tempo



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Destaca-se com esse momento demonstrado na Figura 5 que o fator tempo é de grande impacto na realização da atividade, sendo que essa é apenas uma de outras etapas também significativas. Ao avaliar essa figura, podemos observar que se chegou a utilizar mais de 53 segundos para o processo de eluição.

Observa-se que o profissional Delta realiza tal tarefa em um tempo maior se comparado ao profissional Gama. Para esse momento de eluição da seringa do gerador, o profissional precisa aplicar uma força maior para eluir a seringa devido à pressão, e considerando que o profissional delta é do sexo feminino, pode-se justificar o maior tempo.

Sendo assim, o fator tempo, quando a realidade observada é um SMN, é essencialmente crucial quando se manipula fontes abertas, devendo ser reduzido

na medida do possível, evitando exposição desnecessária à radiação ionizante (KUBO, 2016).

Figura 7 – Fracionamento x distância

Gráfico A

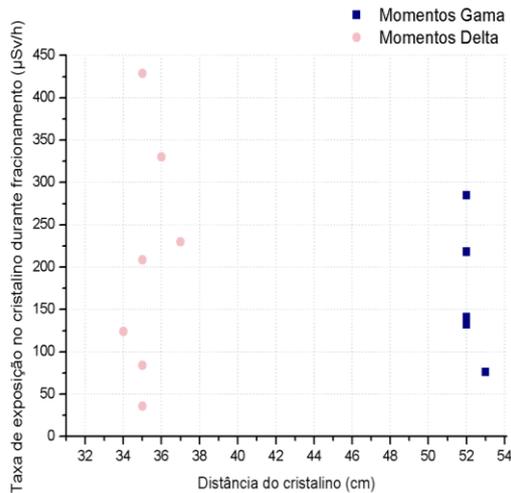
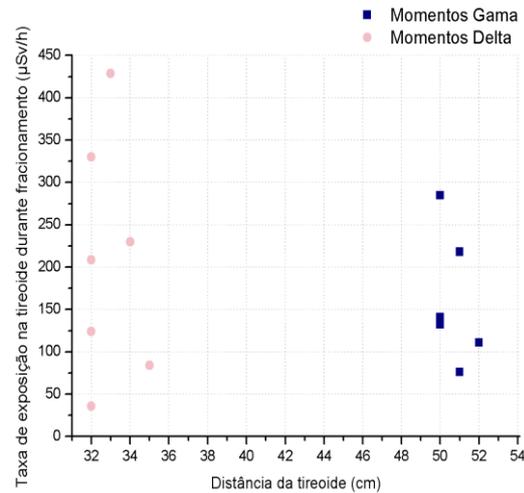


Gráfico B



Fonte:

Dados da pesquisa (2019).

Na Figura 7 podemos observar que não existiu uma linearidade entre Gama e Delta, podendo notar que Gama levou mais tempo para realizar o procedimento e ainda esteve exposto a uma maior taxa de exposição.

Em razão da Medicina Nuclear ser responsável pelo maior número de trabalhadores expostos profissionalmente e pela maior dose coletiva, a proteção contra as radiações tem aspectos únicos e é um elemento essencial da prática laboral (HOLMBERG et al., 2010). Do ponto de vista da MN, a exposição profissional à radiação não pode ser nula, portanto continua a ser um motivo de preocupação particular num grande volume de departamentos de MN, podendo ser minimizada por meio da implementação de boas práticas de trabalho.

Uma prática bem discutida em SMN é a necessidade de rodízio entre os profissionais que fracionam, eluem ou manipulam doses de radiofármacos. A criação de uma cultura de proteção radiológica se faz necessária nessa realidade, respaldando os princípios e proteção radiológica (ALBINIAK; WRZESIEN, 2016).

Outro parâmetro que também se faz importante é a altura dos profissionais, quanto mais alto o profissional for, mais distante da fonte.

Figura 8 - Relatório dosimétrico

Dosimetria Ocupacional (mSv)			
Profissionais	Mai	Junho	Julho
Delta/Tipo 2	BG	0,12	BG
Delta/Tipo 6	BG	BG	BG
Gama/Tipo 2	0,10	BG	BG
Gama/Tipo 6	0,58	BG	BG

Na Figura 8 é demonstrado o resultado da dosimetria ocupacional dos indivíduos Gama e Delta.

Nesta tabela, a dosimetria de tórax é representada pelo TLD do tipo 2, enquanto que a dosimetria de extremidade é representada pelo tipo 6. Durante os meses disponibilizados para a realização da pesquisa, esse volume foi de 16 eluições para realização de 57 exames.

Estudos realizados por Wrzsien e Albiniak (2018), sobre a manipulação do ^{68}Ga , citam que momentos como eluição de gerador, fracionamento e administração desse radionuclídeo, contribuem para a formação de uma complexa série de atividades que constituem um coeficiente significativo de exposição radiológica do pessoal que executa esses procedimentos.

Importante salientar que o dosímetro do tipo TLD utilizado na pesquisa vem sendo substituído pela tecnologia OSL, devido à sua alta sensibilidade luminosa, excelente reprodutibilidade e leitura rápida.

Considerações finais

É inegável a versatilidade que radiofármacos à base de ^{68}Ga vêm obtendo no que diz respeito às aplicações clínicas em Medicina Nuclear. Seu uso em tumores neuroendócrinos e prostáticos, ao mesmo tempo que viabiliza vários estudos funcionais, preocupa do ponto de vista da proteção radiológica, fator comum advindo da utilização da energia oriunda da tomografia por emissão de pósitrons.

Verifica-se que existe insuficiente informação sobre a dosimetria dos profissionais das técnicas radiológicas em procedimentos envolvendo ^{68}Ga . Sugere-se, para trabalhos futuros, que além da monitoração dosimétrica, exista a monitoração do tipo da tarefa executada, bem como sua frequência.

Pelas observações das figuras apresentada sobre os profissionais das técnicas radiológicas, uma situação que chamou muito a atenção foi sobre altura do profissional Delta, e por existir profissional ainda com menor estatura no local. Observando o processo de trabalho, sugere-se para adicionar na rotina um tablado rígido em que o profissional consiga apoiar os dois pés com segurança na média de 20 cm para mais onde irá afastar glândula tireoide e cristalino de fontes e conseqüentemente, diminuir a exposição.

Uma diferença muito grande também notada é a aproximação desnecessária que em alguns momentos os profissionais se mantêm do gerador. Por ser uma rotina minuciosa, muitas vezes o profissional ao se concentrar, esquece-se de manter uma distância mínima ao realizar o processo. Uma sugestão é ter um biombo com intuito de garantir uma maior distância, sem comprometer o manuseio do gerador.

Sugere-se também um maior acompanhamento para que a rotina seja readequada, pois pequenos ajustes poderão fazer diferença no processo final de trabalho para o IOE e não apenas ter como cuidado os relatórios dosimétricos.

REFERÊNCIAS

CECHINEL, M.C. **Estudo da exposição ocupacional dos profissionais das técnicas radiológicas em Medicina Nuclear**. Trabalho de conclusão de curso. Curso Superior de Tecnologia em Radiologia. Instituto Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

CNEN- **Comissão Nacional de Energia Nuclear**. Norma 3.01 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. 2014.

EJEH, John Enyi et al. **Radiation Levels from Toilets Used By Patients Injected with ^{99m}Tc -based Radiopharmaceuticals in Ibadan. Molecular Imaging And Radionuclide Therapy**, [s.l.], v. 22, n. 2, p.60-63, 5 jun. 2014. Galenos Yayınevi.

International Atomic Energy Agency (IAEA), 2006, **Nuclear Medicine Resources Manual**, Viena.

International Atomic Energy Agency (IAEA), 2008, **Radiation Protection in Newer Medical Imaging Techniques: PET/CT**, Safety Reports Series n. 58. Viena.

KUBO, A.L. **Avaliação crítica da exposição ocupacional externa nos serviços de Medicina Nuclear do Brasil. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Radioproteção e Dosimetria do Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear**. Rio de Janeiro, 2016.

UNSCEAR. (2012). **Biological Mechanisms Of Radiation, Actions At Low Doses** (pp. 3– 45).

RIZZADORI, **Medicina Nuclear e o profissional ocupacionalmente exposto: um estudo de caso**. Atkins. Rio de Janeiro, 2013.

TAUHATA, Luiz et al. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos**. Rio de Janeiro: Ird/cnen, 2014.

ZIESSMAN, Harvey A. et al. **Medicina Nuclear**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015

VANHAVERE F., CARINOU E., GUALDRINI G., et al., 2012, "**ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff: Extremity Dosimetry in Nuclear Medicine**". European Radiation Dosimetry Group, EURADOS.

WAGNER, H.N.J, SZABO, Z., BUCHANAN, B.S., 1995, **Principles of Nuclear Medicine**, 2 ed. Estados Unidos, W.B. Saunders Company.

7. CONCLUSÃO

A proposta deste estudo foi avaliar como ocorre a exposição ocupacional dos profissionais da Enfermagem e das Técnicas Radiológicas nos procedimentos envolvendo o radiofármaco ^{68}Ga . Este processo de trabalho é permeado por várias características específicas pertencentes tanto a área de Enfermagem como da Radiologia. O Radiofármaco ^{68}Ga vem sendo utilizado de maneira expressiva no diagnóstico de tumores neuroendócrinos e câncer de próstata, o que faz com que o mesmo seja utilizado para vários estudos funcionais no contexto da Medicina Nuclear.

A equipe multidisciplinar, na qual profissionais de Enfermagem e da Radiologia atuam, permite com que diferentes procedimentos sejam realizados e o ^{68}Ga encontra-se entre os mais diversos. Ao mesmo tempo, nota-se também a carência de uma equipe de Enfermagem que apresente em seu cotidiano, ações que venham de encontro à percepção de uma cultura de proteção radiológica.

Importante salientar que a legislação nacional sugere, ou seja, não obriga o uso de dosimetria de punho ou cristalino para essa área. Nota-se que o país executa atividades com uso de radiação ionizante em Medicina Nuclear, mediante amparo regulatório em limites de dose pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, o que não significa que doses abaixo desses limites sejam seguras do ponto de vista ocupacional.

Os profissionais de Enfermagem não são conduzidos, durante sua formação acadêmica, para o contato com a Radiologia, o que, em partes, explica porquê radiação ionizante ainda se torna motivo de mistério e estigma para os mesmos. A área de Medicina Nuclear cresce constantemente, o que faz com que muitos profissionais da Enfermagem sejam absorvidos por esse campo de trabalho. É interessante que o processo de trabalho envolto da Enfermagem seja revisto, no que diz respeito às ações que envolvam procedimentos com radiofármacos, uma vez que a cultura de proteção radiológica ainda é incipiente

neste contexto profissional. Sugere-se que a formação de Enfermagem contemple futuramente esta área de conhecimento.

Outro ponto que chama a atenção durante o processo de trabalho existente na rotina do serviço de Medicina Nuclear é sobre a administração de radiofármacos preparados pelos profissionais das técnicas radiológicas. Sabe-se que é cultura na educação do profissional Técnico e Enfermeiro, o cuidado com medicamentos e suas aplicações. Esses profissionais aprendem desde o início de sua formação, que essas práticas são indevidas e incoerentes com suas atribuições, pelo fator segurança envolvido na assistência. O ato de administrar algo que não é preparado pelo mesmo, se distancia do discurso emitido pela categoria. Outro momento também que é polêmico, o reencape de perfuro cortantes utilizados nos vários procedimentos inseridos na rotina de um serviço dessa natureza, com a necessidade de conferência, por exemplo, de uma pós-dose para registro. Essas ações, muitas vezes, acabam gerando conflitos entre os profissionais das técnicas radiológicas e de Enfermagem, uma vez que a rotina existente nesses serviços trabalham com essa realidade, que é intrínseca ao processo.

Em relação ao profissional da Técnica Radiológica, a área de Medicina Nuclear já configura como uma das opções para sua atuação, porém o que se observa é que muitas ações podem ser tomadas no sentido de diminuir a exposição ocupacional. Algumas sugestões advindas do processo de observação e que merecem destaque são o fato de não existir uma sala específica para montagem do kit e das seringas do gerador. Esse processo é feito na sala de manipulação de radioisótopos, o que acarreta maior exposição do profissional.

Sugere-se um local em momento anterior para esse período de preparação, para que o profissional não se exponha. Um aspecto positivo que foi observado se refere à existência de um rodízio no que diz respeito aos procedimentos de maior exposição à radiação ionizante, como eluição do gerador e manipulação das seringas. Interessante frisar também que, devido às diferentes alturas observadas dos profissionais das técnicas radiológicas, se faz pertinente a sugestão da presença de um tablado nos momentos de manipulação do gerador de ^{68}Ga , no intuito de equiparar o parâmetro altura, diminuindo a exposição dos profissionais de menor estatura.

Uma limitação do estudo foi a leitura do tipo TLD, já que alguns autores relatam que dosimetria do tipo OSL possui maior rapidez e sensibilidade. Devido à pequena amostra da pesquisa, as conclusões aqui apresentadas podem sofrer alterações se for considerado um maior espaço amostral, no que diz respeito à leitura dosimétrica apresentada. Sabe-se que a leitura dosimétrica é essencial para profissionais que trabalham em área de radiação ionizante, porém essa monitoração não deve ser exclusiva, uma vez que se faz imperativo que a figura do Supervisor de Proteção Radiológica (SPR) se manifeste na rotina do serviço de Medicina Nuclear.

REFERÊNCIAS

AMBROSINI, V.; TOMASSETTI, P.; CASTELUCCI, P. et al. **Comparison between 68Ga-DOTA-NOC and 18F-DOPA PET/CT for the detection of gastro-entero-pancreatic and lung neuro-endocrine tumours.** Eur J Nucl Med Mol Imaging 2008; 35:1431-8. AMUNDSON A. S.; BITTER, M.; MELTTZER, P.; TRENT, J.; FORNACE, A. J.J. **Biological indicator for the identification of ionizing radiation exposure in humans.** Expert Revista Molecular Diagnostic, Bethesda – USA, v.16, p. 345-357, 2001.

ANDRADA, P. **Saúde e imagem médica.** 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2011.

BENEDET, SA; GELBECKE FL; AMANTE LN; et al. **Nursing process: systematization of the nursing care instrument in the perception of nurses.** Care Online. 2016 jul/set; 8(3):4780-4788. DOI: <http://dx.doi.org/10.9789/2175-5361.2016.v8i3.4780-4788>.

BRASIL. Conselho Federal de Enfermagem (Br). Resolução nº 211 de 01 de julho de 1998. Dispõe sobre a **atuação dos profissionais de enfermagem que trabalham com radiação ionizante**. Rio de Janeiro: COFEn; 2004. Disponível em World Web:<<http://www.portalCOFEn.org.br/legislação>.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN 3.01 **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica Norma CNEN NN-3.01**. Janeiro – 2011.

BRASIL. Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012. Brasília. Conselho Nacional de Saúde. **Dispõe sobre ética em pesquisas envolvendo seres humanos**. Brasília: Conselho Nacional de Saúde; 2012 [citado 2014 jul 4]. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>

BRASIL. Portaria nº. 453, do Ministério da Saúde (MS) e Secretaria de Vigilância Sanitária (SVS), de 1º de junho de 1998. **Diretrizes de proteção em radiodiagnóstico médico e odontológico**. Diário Oficial da União, Brasília, 1998.

BUSHONG, Stewart Carlyle, **Ciência Radiológica para tecnólogos. Física, Biologia e Proteção**. Vol 9. Rio de Janeiro, Editora Elsevier, 2010.

BUSHBERG, Jorrol T et al. **The Essential Physics of Medical Imaging**. 2. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002.

CHANDRA, Ramesh. **Nuclear Medicine Physics**. 5. ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1998.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Conjunto de Reagentes liofilizados**. São Paulo, Brasil: Centro de Radiofarmácia, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2012.4

CORDEIRO, E. A. K. **Abrindo as portas do quarto terapêutico: significando a radioiodoterapia.** 2012. 201 p. Tese (Doutorado) - Curso de Enfermagem, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

COSTA, RF. **Desenvolvimento de métodos de purificação de Gálio-67 e Gálio-68 para marcação de biomolécula.** 2012. 149 p. Dissertação (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações) – IPEN – Autarquia associada à Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

CRESWELL, J.W. **Projeto de pesquisa.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FACCHINI, L.A. **Uma contribuição da Epidemiologia: o modelo da determinação social aplicado à saúde do trabalhador. In: Isto é trabalho de gente? Vida, doença e trabalho no Brasil.** São Paulo: Vozes, 1994.

FAZENDA, I. **Metodologia da Pesquisa.** São Paulo: Cortez, 1997.

FLÔR, R C; GELBCKE, F. **Tecnologias emissoras de radiação ionizante e a necessidade de educação permanente para umas práxis seguras da enfermagem radiológica.** Rev. Bras. Enferm, Brasília, 62(5) p.766-770, set-out. 2009.

FORSA K., STRANDEN, E. **Radiation dose to nuclear medicine technicians per unit activity of administrated Tc99m at four Norwegian hospitals.** Radiation Protection Dosimetry. p. 1– 4, março 2012.

FORTE, Elaine Cristina Novatzki et al . **Processo de trabalho: fundamentação para compreender os erros de enfermagem.** Rev. esc. enferm. USP, São Paulo , v. 53, e03489, 2019 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342019000100462&lng=en&nrm=iso>. access on 24 Jan. 2020. Epub Aug 19, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/s1980-220x2018001803489>.

FRANCO, G.; MERHY, P. **Concepções sobre processo de trabalho em saúde.** São Paulo: Atlas, 2010.

GELBCKE, F. **Enfermagem radiológica e processo de trabalho**. Brasília, 2014.

GIACOMINI, G.; MARCELO, F.; TEZZUDI, H. **Medicina Nuclear básica**. Rio de Janeiro: Atlas, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GREEN, M.A.; WELCH, M.J. **Gallium Radiopharmaceutical chemistry**. **J. Nucl.Med.Biol.**, v.16, n.5, p.435-448,2010.

HALL, E. J. **Radiobiology for the radiologista**. Philadelphia, JB. Lippincott, 1994. Cap. 2. P. 15-27.

HIRONAKA, Fausto H et al. **Medicina Nuclear: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Editora Atheneu, 2012.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: ICRP 60**. Volume 22, 1991.

JAYARAMAN, S.; LAWRENCE, H. **Clinical Radiotherapy Physics: Clinical Planning and Radiation Safety**, v. 2. New York: Ed. CRC Press, 1996. 235p.

JESUS, C.A.C. **Sistematização da assistência de enfermagem: evolução histórica e situação atual**. In: Fórum Mineiro de Enfermagem, 3, 2002, Uberlândia. Uberlândia: UFU, 2002, pp. 14-20.

KOPEC, R. **On the relationship between whole body, extremity and eye lens doses for medical staff in the preparation and application of radiopharmaceuticals in nuclear medicine**. Radiation Measurements: elsevier, 2011.

KIRCHHOF, A.L.C. **O processo de trabalho em saúde: elementos para uma análise crítica da atuação profissional de Enfermagem.** Caderno Didático 2: núcleo da área saúde: Questões trabalho:2003.

MACHADO, A. M.; MENEZES, V.; QUEIROZ, C.; SILVA, D. Revisão: Radioproteção aplicada à Medicina Nuclear. **Revista brasileira de Física médica: artigo de revisão.** Bahia, 2011.

MAECKE, HR, Hofmann M, Haberkorn U. ⁶⁸Ga-Labeled **Peptides in Tumor Imaging.** J Nucl Med 2005; 46:172S-178S.

MALTA, Deborah Carvalho; MERHY, Emerson Elias. O percurso da linha do cuidado sob a perspectiva das doenças crônicas não transmissíveis. **Interface (Botucatu)**, Botucatu , v. 14, n. 34, p. 593-606, Sept. 2010 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141432832010000300010&lng=en&nrm=iso>. access on 24 Jan. 2020. Epub Sep 17, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-32832010005000010>.

MAURÍCIO, C. L. P. A **Brazilian government external individual monitoring service: Experience since 1972.** RadiationProtectionDosimetry, Vol. 144, No. 1–4, pp. 130–136, 8 December. 2010.

MENDES, O. ; FONSECA, T.; CARVALHO, G. **Aplicações de radioisótopos na rotina clínica.** São Paulo: Revinter, 2012.

MERHI EE. **Saúde: a cartografia do trabalho vivo.** 2ª ed. São Paulo: Hucitec; 2005.

MELO, J.C; GAELBECK, F; HUHN, A. VARGAS, M.A. **Processo de trabalho da Enfermagem Radiológica: a invisibilidade da radiação ionizante.** Revista texto e Contexto. Enfermagem, Florianópolis,2015.

NEUMAIER, B.; FANI, M. **^{68}Ga -Radiopharmaceuticals.** In: **Wester, H.J. Munich Molecular imaging handbook series: Pharmaceutical radiochemistry.** Alemanha: Ed scintomics Print media and publishing, 2010.v.1, p.103-126.

OLIVEIRA, R. et al. **Preparações radio farmacêuticas e suas aplicações.** Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v. 42, n. 2, p. 151-165, abr.-jun. 2006.

PADOVANI, R. **Staff Dosimetry protocols in interventional radiology.** RadiationProtectionDosimetry, Vol. 94, n^os 1–2, pp. 193–196, 2001.

PALLADINO F. **Reconstrução 3D de imagens em tomografia por emissão de pósitrons com câmeras de cintilação** [tese de doutorado]. São Paulo: Instituto de Física da USP; 2004.

PIRES, D. **Hegemonia médica na saúde e a Enfermagem.** São Paulo: Cortez, 2008.

POUPART, J. et al. **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

ROBILOTTA, C. C. **A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira.** Revista Panamericana de Salud Pública, v. 20, n.2/3, p. 134142, 2006.

ROBILOTTA, C. C. **Radiação: usos, riscos e benefícios.** Rio de Janeiro: papel a arte, 2011.

SAPIENZA, M.T. et al. **Medicina Nuclear: Princípios e aplicações.** Atheneu, Rio de Janeiro, 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. **Radiotraçadores.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 86, suplemento I, abril 2010.

THRALL, J. H. et al. **Medicina Nuclear**. 2ª edição, 426p. Brasil: Guanabara Koogan, 2014.

TORTORA, Gerard. J.; DERRICKSON, Bryan. **Princípios de Anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

WARREN-FORWARD, H. et al. **A Comparison of dose saving of lead and light weight aprons for shielding of 99m-technetium radiation**. RadiationProtectionDosimetry, p 1-8, 24 may 2007.

APÊNDICE

APÊNDICE A- CARTA DE AUTORIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO



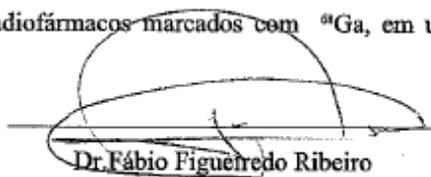
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
MESTRADO PROFISSIONAL EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Florianópolis, 1 de Junho de 2018

CARTA DE INTENÇÃO DE PARCERIA

Eu, Fábio Figueiredo Ribeiro, representante da Clínica Bionuclear-Serviços de Medicina Nuclear e Imagem Molecular, declaro que tenho interesse de firmar parceria com o IFSC, por meio do projeto de Pesquisa intitulado **“EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL NO PROCESSO DE TRABALHO EM PROCEDIMENTOS COM RADIOFÁRMACOS MARCADOS COM ⁶⁷Ga ”**, de autoria da mestrande Tayana Portela e Orientação da Profa. Dra. Tatiane Camozzato, com o objetivo de Identificar as doses de exposição ocupacional no processo de trabalho em procedimentos com radiofármacos marcados com ⁶⁷Ga, em um serviço de medicina nuclear.



Dr. Fábio Figueiredo Ribeiro
Responsável Técnico-Bionuclear

APÊNDICE B- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
MESTRADO PROFISSIONAL EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Meu nome é Tayana Portela, CPF 04463275903, sou orientada pela professora Dra. Tatiane Camozzato e estou desenvolvendo a pesquisa intitulada **“EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL NO PROCESSO DE TRABALHO EM PROCEDIMENTOS COM RADIOFÁRMACOS MARCADOS COM ^{68}Ga ”** por meio do Mestrado Profissional em Proteção Radiológica no Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Florianópolis. Essa pesquisa tem como objetivo geral identificar as doses de exposição ocupacional no processo de trabalho em procedimentos com radiofármacos marcados com ^{68}Ga , em um serviço de medicina nuclear. Tem ainda os seguintes objetivos específicos: Descrever o processo de trabalho dos profissionais das técnicas radiológicas e da enfermagem em procedimentos que envolvam exposição a radiofármacos marcados com ^{68}Ga , Monitorar por um período de 3 meses a exposição ocupacional de corpo inteiro e extremidades dos profissionais das técnicas radiológicas e da enfermagem em procedimento com radiofármacos marcados com ^{68}Ga e Construir um fluxograma do processo de trabalho em procedimentos que envolvam exposição a radiofármacos marcados com ^{68}Ga .

O registro dos dados coletados será feito mediante observação, caso haja consentimento de todos os envolvidos.

Sua colaboração é fundamental para a realização desta pesquisa. Essa pesquisa oferece baixo risco aos envolvidos, pois os procedimentos não sujeitam os participantes a riscos maiores do que vivenciados nas suas atividades cotidianas. Esse estudo possui natureza educacional, no entanto, não se trata de estudo experimental que venha a colocar em prática qualquer nova intervenção ou procedimento pedagógico.

A pesquisa se orientará e obedecerá aos cuidados éticos colocados pela Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, considerado o respeito aos sujeitos e à instituição participante de todo processo investigativo.

Você poderá se recusar a participar ou deixar de responder a qualquer questionamento feito e que por algum motivo não lhe seja conveniente. Além disso, terá a garantia de que os dados fornecidos serão confidenciais e os nomes dos participantes não serão identificados em nenhum momento. Sua imagem individual e institucional será protegida, assim como serão respeitados os valores individuais ou institucionais manifestos.

Os resultados da pesquisa trarão benefícios indiretos às instituições pesquisadas, no sentido que será possível identificar a percepção dos profissionais colaboradores neste serviço, no que diz respeito ao entendimento das percepções de riscos ambientais nos diferentes setores da empresa em questão. Caso possua alguma dúvida em relação ao estudo antes ou durante o seu desenvolvimento, ou desistir de participar dele, poderá entrar em contato comigo pessoalmente (formas de contato abaixo informadas). Os registros, anotações e documentos coletados ficarão sob a guarda da pesquisadora principal, em seu domicílio. Só terão acesso a eles os pesquisadores envolvidos. Os dados serão utilizados em publicações científicas derivada do estudo ou divulgação em eventos científicos, lembrando que a identidade dos participantes permanecerá preservada.

Gostaria de contar com a sua participação na pesquisa. No caso de aceitar tal convite, peço que preencha o campo a seguir:

Eu _____
_____, RG _____ fui informado (a) dos objetivos, procedimentos, riscos e benefícios desta pesquisa, conforme descritos acima. Compreendendo tudo o que foi esclarecido sobre o estudo a que se refere este documento, concordando assim com a participação no mesmo.

Assinatura do Participante

Assinatura da Pesquisadora Principal

Tayana Portela
Rua: Sérgio Gil,51 – Balneário Estreito, Florianópolis – SC
CEP: 88.130-470
Telefone: (48) 996601191
e-mail: tayanaportela83@gmail.com

Florianópolis, _____ de _____ de 2018.

APÊNDICE C – ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO NÃO PARTICIPANTE

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA
MESTRADO PROFISSIONAL EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA-DASS**

ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO NÃO PARTICIPANTE

A observação não participante será efetuada com data e hora a ser combinada, conforme disponibilidade dos participantes. Será observado:

- O comportamento da equipe multiprofissional em relação às radiações ionizantes;
- Eluição do Gerador de ^{68}Ga pelos profissionais das técnicas radiológicas;
- Manipulação da dose (atividade) do radiofármaco pelos profissionais das técnicas radiológicas;
- Administração do radiofármaco pelos profissionais de Enfermagem;
- Posicionamento do paciente no aparelho pelos profissionais de Enfermagem;
- Realização da técnica de sondagem vesical pelo profissional Enfermeiro

Obs: Embora se tenha eleito momentos relevantes no processo de trabalho da Equipe multidisciplinar, a intenção da observação é acompanhar todo a rotina, desde o início até a liberação do paciente.

APÊNDICE D – AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM



TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

A clínica Bionuclear-Serviços de Medicina Nuclear e imagem molecular, depois de conhecer os objetivos e procedimentos metodológicos do trabalho intitulado EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL NO PROCESSO DE TRABALHO EM PROCEDIMENTOS COM RADIOFÁRMACOS MARCADOS COM ^{68}Ga , estando ciente da necessidade do uso de imagens de ambientes e materiais desse serviço, AUTORIZA, por meio do presente termo, a pesquisadora Mestranda em Proteção Radiológica, Tayana Portela, sob supervisão de sua orientadora, Profa. Dra. Tatiane Camozzato, a fotografar os ambientes e materiais envolvidos no processo de trabalho com o radioisótopo ^{68}Ga , não havendo a exposição de paciente ou profissional, e tampouco, custos ou ônus a nenhuma das partes.

Ainda, autoriza a utilização destas imagens para fins científicos e de estudos, como publicação em revistas científicas, livros, apresentação de slides em favor dos pesquisadores acima especificados.

Florianópolis, 01 de Julho de 2019



Dr. Fábio Figueiredo Ribeiro, Médico Nuclear e Cardiologista

Responsável Técnico Bionuclear-serviços de Medicina Nuclear e Imagem molecular

APÊNDICE E

Roteiro Radiologia

Data: ____/____/____

Tecnólogo:

Altura do profissional (cm):

Exame: ()PSMA ()DOTATOC

BG da sala _____ **mSv/h (momento zero) ***

- Início do processo eluição/marcação:

Preparação Kit ____: ____ h

Eluição ____: ____ h

- Após o teste de vazamento, quando for iniciado o processo de eluição, ao eluir a **seringa do gerador**, com Geiger na altura do tórax (30s) _____mSv/h

Distância do cristalino até a seringa: _____cm

Distância da tireoide até a seringa: _____cm

- Ao término de 5 minutos de espera, após o processo anterior, ao retornar à sala:

BG da sala: _____ **mSv/h**

- Na sequência, no processo de **enviar ar** com Geiger na altura do tórax (15s) _____mSv/h.

- No momento da eluição da **seringa do cartucho** com Geiger na altura do tórax (15s) _____mSv/h.

- No momento da eluição da **seringa do frasco E** com Geiger na altura do tórax (15s) _____mSv/h.

Distância do cristalino até a seringa: _____cm

Distância da tireoide até a seringa: _____cm

- No momento da eluição da **seringa do frasco F** com Geiger na altura

do tórax (15s) _____ mSv/h.

- Finalizando o processo, momento antes de encaminhar o radiofármaco para o fracionamento (frasco ainda posicionado no gerador):

BG da sala _____ **mSv/h ***

- Durante a mensuração no curiômetro:

BG da sala _____ **mSv/h***

Atividade eluida: _____ mCi

- Durante o fracionamento do material:

Com Geiger na altura do tórax (30s) _____ mSv/h

Atividade paciente:

1. _____ mCi

2. _____ mCi

3. _____ mCi

4. _____ mCi

Observações:

***posicionar-se no canto da sala, ao lado do puxador da porta**

APÊNDICE F

ROTEIRO ENFERMAGEM

Profissional:

Altura do profissional (cm):

Paciente (Nº):

Sala de preparação/repouso do paciente:

Bg sala _____ (momento zero/sala sem paciente, posicionado no puxador da porta, dentro da sala, porta fechada /ponto de referência maçaneta)

- Durante **administração do material**:

Distância _____ (cm) Tireoide

Distância _____ (cm) cristalino

Com o Geiger na altura do tórax (15s) _____ mSv

Tempo _____ (s)

Bg sala _____ (Após enfermagem finalizar procedimento, posicionado no puxador da porta, dentro da sala porta fechada /ponto de referência maçaneta)

Usou biombo: () sim () não

- Paciente em repouso, aguardando a próxima etapa/imagem:

Chamou e equipe de Enfermagem? () sim () não Quantas vezes ? _____

Bg do corredor (porta fechada, no lado de fora/ponto de referência maçaneta) no momento em que o técnico irá retirar o paciente do repouso, encaminhando para a próxima etapa _____ mSv.

Sala de exame:

Bg sala _____ mSv (porta de acesso a sala de comando)

Durante **administração do meio de contraste** iodado, qual a duração do procedimento? _____(s)

Com o Geiger na altura do tórax (30s) _____ mSv

- Quanto tempo durou o **posicionamento do paciente**? _____ (s)

Com o Geiger na altura do tórax (30s) _____ mSv

Bg da sala: _____(porta de acesso a sala de comando/momento em que iniciar a entrada da mesa no gantry)

- Finalizando o exame, ao retirar o paciente da mesa, levou-se quanto tempo?

_____ (s)

Bg _____ mSv (porta de acesso a sala de comando/momento em que o técnico auxilia o paciente)

Paciente liberado? () sim () Não

- Imagem complementar:

Quanto tempo durou o **posicionamento do paciente**? _____ (s)

Com o Geiger na altura do tórax (30s) _____ mSv

Bg da sala: _____(porta de acesso a sala de comando/momento em que iniciar a entrada da mesa no gantry)

Observações:

APÊNDICE G

DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE MARCAÇÃO PSMA – ⁶⁸Ga

1)Primeiramente, o tecnólogo separa o **kit de soluções**, o **kit PSMA** e o **Maxi- set**

KIT PSMA

Composição dos Kits

Frasco G	frasco E
Frasco P	frasco F
Frasco D	frasco W- resíduo
Frasco R	
Frasco A	
Frasco C	
Frasco L-produto	

KIT MAXISET

- 05 * válvulas de pressão reversa
- 02 * válvulas de três vias (válvula Product/Waste e válvula Load/Elute/Clean)
- 01 * válvula de uma via (válvula Vent/Close)
- 04 * adaptadores macho/macho
- 02 * adaptadores fêmea/fêmea
- 03 * T-parts
- 01 * cartucho
- 03 * filtros estéreis grandes
- 02 * filtros estéreis pequenos
- 02 * agulhas de 16 mm
- 02 * agulhas de 70 mm
- 03 * seringas de 5 ml
- 01 * reator
- 01 * capilar macho/macho de 12 cm (Linha do produto)
- 01 * capilar macho/fêmea de 20 cm (Linha do cartucho)
- 01 * capilar macho/fêmea de 23 cm (Linha de resíduos)

2.Montagem do Kit maxi-set:

- 1.05 * válvulas de pressão reversa
- 2.02 * válvulas de três vias (válvula Product/Waste e válvula Load/Elute/Clean)
- 3.01 * válvula de uma via (válvula Vent/Close)
- 4.04 * adaptadores macho/macho
- 5.02 * adaptadores fêmea/fêmea
- 6.03 * T-parts
- 7.01 * cartucho
- 8.03 * filtros estéreis grandes
- 9.02 * filtros estéreis pequenos

- 10.02 * agulhas de 16 mm
- 11.02 * agulhas de 70 mm
- 12.03 * seringas de 5 ml
- 13.01 * reator
- 14.01 * capilar macho/macho de 12 cm (Linha do produto)
- 15.01 * capilar macho/fêmea de 20 cm (Linha do cartucho)
- 16.01 * capilar macho/fêmea de 23 cm (Linha de resíduos)



Figura 1: Módulo de Marcação iQS® para 68Ga.Versão 2.5-2017

2.1 Montagem do sistema de bomba de peptídeo:

- 1). Conecte a válvula de pressão reversa ao T
- 2). Conecte o adaptador M/M ao T
- 3). Conecte o adaptador F/F ao adaptador M/M

- 4). Conecte o segundo adaptador M/M ao T
- 5). Conecte a válvula de pressão reversa ao adaptador M/M
- 6). Conecte o T a válvula de pressão reversa (esteja certo que ambos os Ts estejam perpendiculares um ao outro).
- 7). Conecte a válvula de pressão reversa ao T
- 8). Conecte o filtro estéril pequeno ao T esquerdo

2.2 Montagem do sistema de bomba de eluição:

- 1). Conecte a válvula de pressão reversa a válvula de 3 vias
- 2). Conecte um adaptador M/M a válvula de pressão reversa
- 3) Conecte um T ao adaptador M/M
- 4). Conecte a válvula de pressão reversa ao T
- 5). Conecte um adaptador M/M a um T
- 6). Conecte um adaptador F/F ao adaptador M/M
- 7). Conecte o capilar de 20 cm (linha do cartucho) com o LUER fêmea a válvula de 3 vias
- 8). Conecte o filtro estéril grande a válvula de pressão reversa

2.3 Montagem da válvula Product/Waste:

- 1) Conecte o capilar de 23 cm (linha de resíduos) com o LUER fêmea a válvula de 3 vias
- 2) Conecte o capilar de 12 cm (linha do produto) com o LUER fêmea a válvula de 3 vias
- 3) Conectar filtro estéril grande a válvula de uma via (válvula vent/close).

3. INSTALAÇÃO DO MAXI SET NO MÓDULO

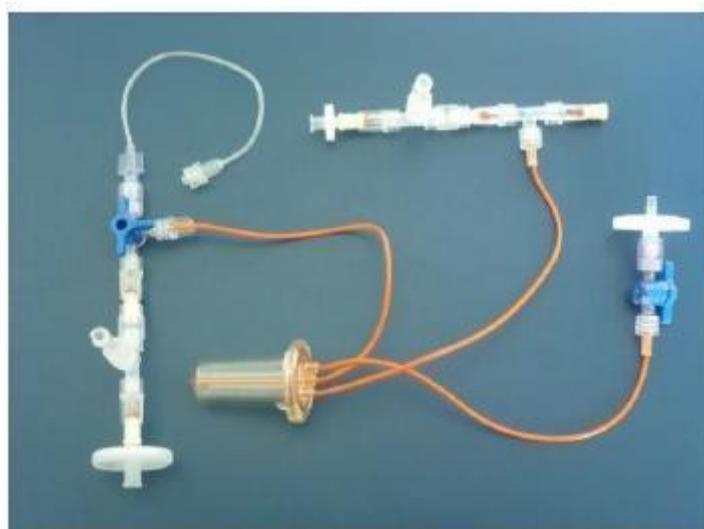


Figura 2: montagem do sistema de fluidos

Conecte o capilar medial do reator à válvula de três vias do sistema de eluição. Conecte a válvula de uma via ao capilar do reator. Conecte o capilar restante ao sistema de peptídeo.



1) Coloque o reator nesta posição.



2) Instale o sistema de peptídeo, fixe o capilar do reator com o gancho e conecte ao gerador como mostrado acima.



3) Conecte o sistema de eluição e fixe o capilar do reator com o gancho.



4) Conecte a válvula Product/Waste (esteja certo de que a linha de resíduos esteja abaixo da válvula).



5) Coloque as linhas de resíduos e de produto nas respectivas aberturas e fixe-as com os fixadores.



6) Conecte a válvula Vent/Close e fixe o capilar com o gancho. Esteja certo que todos os outros capilares tenham mantido suas posições após a colocação dessa válvula.



7) Fixe a linha do cartucho com o gancho.



8) Instale o cartucho (após condicionamento).

4). Preparar todas as seringas que serão utilizadas durante o processo de eluição:

Seringa do teste de vazamento: 5ml de soro fisiológico (soro que não consta em nenhum dos kits e sim disponibilizado pelo local de marcação), NaCl 0,9%

Seringa do gerador (aspirar 4ml de HCL 0,05 M (sem ar) do frasco G;

Seringa do peptídeo: reconstituir o conteúdo do frasco P com 1ml do frasco D

Seringa do cartucho/Frasco R: 5ml de NaCl do frasco R

Seringas para o condicionamento do cartucho e filtro estéril: frasco A 2ml etanol 70% e frasco C 5ml NaCl 0,9%

Seringa frasco E :1 ml etanol 70% e restante de ar

Seringa frasco F:5ml de NaCl 0,9% do frasco F

5)Check list

1)Liga-se o aquecimento que deve atingir 105oC. Liga-se a temperatura no botão de vista lateral do módulo de marcação e ao lado desse botão,faz o ajuste de temperatura,conforme se segue no check list.

2)Para a realização do **TESTE DE VAZAMENTO**,utiliza-se agulha 30X8 e um vidro à vácuo.

3)Coloca-se o vidro à vácuo com a agulha conectada no mesmo,dentro da blindagem de chumbo no local waste(resíduo) no módulo de marcação.

4)Com as válvulas na posição Elute/Vent/Waste,injete a solução bombeando 5ml de ar,quatro vezes,com a seringa na abertura para a seringa do peptídeo,na parte superior do módulo frasco do rodízio .

5)Com a seringa já pronta,seringa teste de vazamento,elua a seringa e injete 5 ml de ar, 4 vezes.

6)mude as válvulas para load/close/waste.Injete 5ml de ar 4 vezes.

7)Se a solução chegou ao vidro de resíduo sem vazamento,teste de vazamento realizado com sucesso. Descarte os materiais utilizados no teste de vazamento e prepare o sistema para marcação.

Preparação do módulo para eluição

1)mude as válvulas para elute/vent/waste.

2)momento de realizar o condicionamento do cartucho e do filtro estéril

3)Com o cartucho conectado ao filtro,lave-os com a seringa frasco A gota a gota,retire a seringa,coloque 1ml de ar e injete esse ar ao filtro e ao cartucho,finalizando o condicionamento do filtro, conecte o filtro ao cassete(agulha 70 mm saída do produto).

4)lave o cartucho com a seringa frasco C gota a gota. Após esse processo, instale o cartucho C-18 no sistema de cassete Max-set.

5)instale o cartucho C-18 no sistema de cassete(Max set).

6)momento de instalar os frascos L(produto) e o frasco W(resíduo)ao cassete.

7) instalar no frasco L(produto),uma agulha de respiro com filtro estéril pequeno acoplado.Ser colocada na blindagem de chumbo e por meio da alavanca,deve ser encaixada na agulha já presente na saída do produto já ali presente e a porta de chumbo fechada.

8)Colocar o frasco W no chumbo e anexar a ele uma agulha de ventilação. Ser colocada na blindagem de chumbo e por meio da alavanca, deve ser encaixada na agulha já presente na saída do resíduo já ali presente e a porta de chumbo fechada.

MOMENTO DA ELUIÇÃO

1) conferir posição das válvulas ELUTE/VENT/WASTE

2) Após 10 min do início de aquecimento,eluir seringa do peptídeo

3) colocar a seringa do peptídeo na abertura para a seringa do peptídeo,na parte superior do módulo

4)eluir a seringa

5)enviar 5ml de ar com a seringa do peptídeo,de 4 a 6 vezes ou até que a pressão da seringa diminua. Deixe a seringa no local .
6)válvulas continuam na mesma posição

7)eluir a seringa do gerador

8)colocá-la na abertura para a seringa do gerador na parte frontal do módulo
Atenção:pressão máxima de 2 bar

9)Retire a seringa e descarte
10)aguarde 5min

11)após 5 min,altere as válvulas para LOAD/CLOSE/WASTE

12)Enviar 5ml de ar com a seringa do peptídeo de 4 a 6 vezes ou até que a pressão na seringa diminua.

Atenção:pressão máxima de 2 bar

13)Mude as válvulas para CLEAN/VENT/WASTE

14) seringa do cartucho .Colocá-la na abertura para a seringa do cartucho na parte superior do sistema.

15)Eluir a seringa do cartucho.

16) Enviar 5ml de ar com a seringa do cartucho,de 4 a 6 vezes,ou até que a pressão na seringa diminua e descarte a seringa.

17)Mude as válvulas LOAD/CLOSE/WASTE

18)Enviar 5ml de ar com a seringa do peptídeo de 4 a 6 vezes,ou até que a pressão na seringa diminua e descarte a seringa.
Atenção:pressão máxima de 2 bar

19)Mude as válvulas para ELUTE/VENT/PRODUCT

20)Colocar a seringa do cartucho/frasco E na abertura da seringa do cartucho na parte superior do sistema

21)Eluir a seringa do cartucho/Frasco E com 1 ml do frasco E e 4ml de frasco de ar

22)Enviar 5ml de ar da seringa 4 a 6 vezes,ou até que a pressão na seringa diminua e descarte a seringa.

23) Colocar a seringa do cartucho/frasco F na abertura da seringa do cartucho na parte superior do sistema

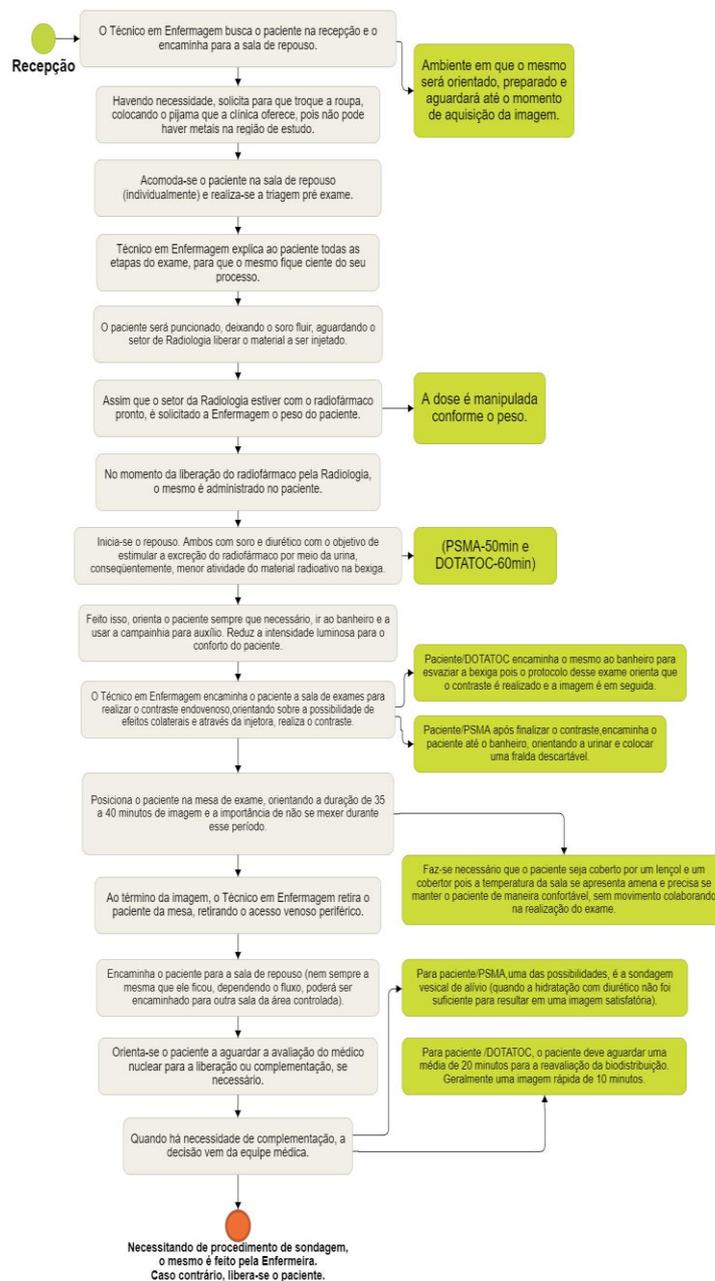
24) Eluir a seringa do cartucho/Frasco F com 1 ml do frasco E e 4ml de frasco de ar

25) Enviar 5ml de ar da seringa 4 a 6 vezes,ou até que a pressão na seringa diminua e descarte a seringa.
Nesse momento,você consegue escutar o produto sendo eluído.

26)Desligue o aquecimento e finalizou-se o processo de eluição.

APÊNDICE H

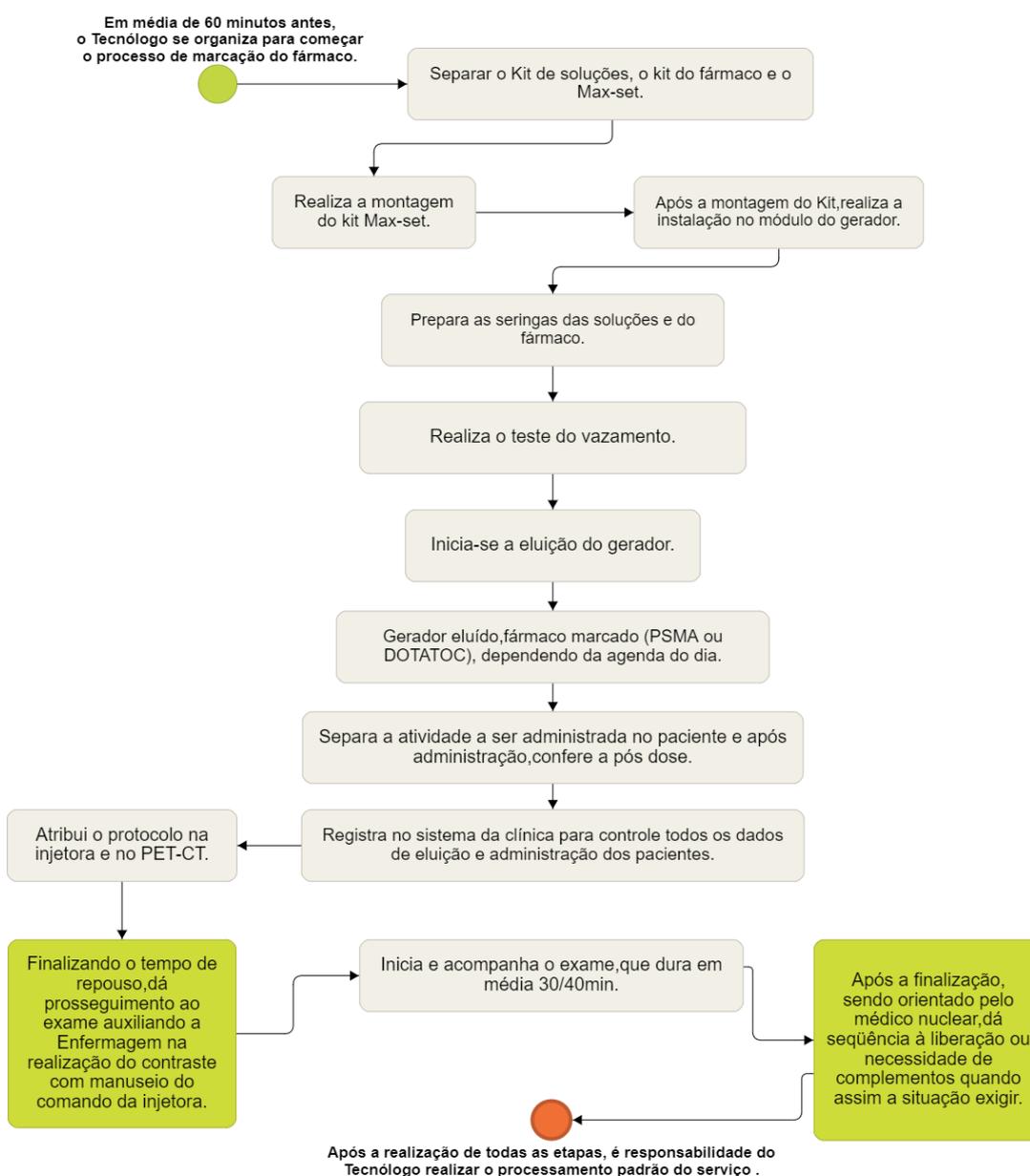
Fluxograma do processo de trabalho da equipe de Enfermagem



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

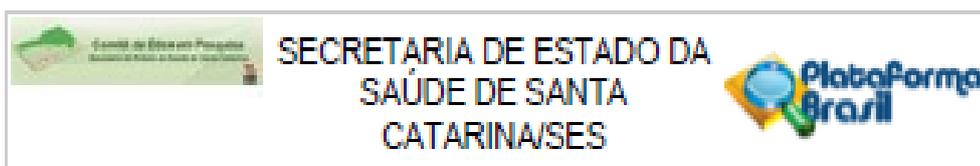
APÊNDICE I

Descrição do Processo de Trabalho da Equipe de Radiologia/Paciente no exame PSMA – ^{68}Ga e DOTATOC- ^{68}Ga



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

APÊNDICE J – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL NO PROCESSO DE TRABALHO EM PROCEDIMENTOS COM RADIOFÁRMACOS MARCADOS COM 68Ga

Pesquisador: TAYANA PORTELA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 98883618.5.0000.0115

Instituição Proponente: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Patrocinador Principal: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.005.135

Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de pesquisa qual-quantitativa, que pretende descrever o processo de trabalho de oito trabalhadores de nível médio e superior (técnicos em radiologia, técnicos de enfermagem e enfermeiro) e monitorar as doses de radiação recebidas pelos mesmos ao se exporem a radiofármacos marcados com 68Ga (Gálio68) por dois meses quando da operação de equipamentos do tipo PET scan (Tomografia / Ressonância por emissão de pósitrons).

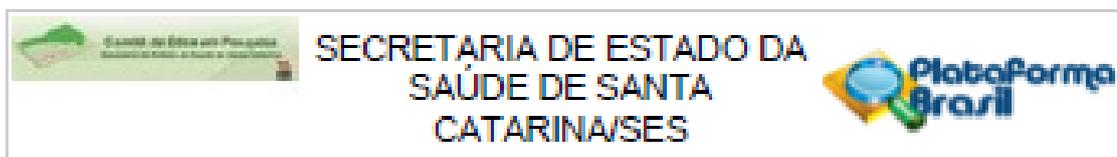
Objetivo da Pesquisa:

Otimizar a exposição na manipulação de radiofármacos marcados com 68Ga, no processo de trabalho da equipe multidisciplinar em Medicina Nuclear.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Pesquisa qual-quantitativa com observação não participante do processo de trabalho envolvendo radiofármacos marcados com 68Ga (que emite radiações ionizantes) e monitoramento das doses recebidas pelos trabalhadores (tórax, punho e cristalino) durante a exposição ao mesmo por um período de dois meses. Exceto pelo constrangimento em ser observado e pelo risco de quebra de sigilo nas informações associadas ao trabalho desenvolvido e à identificação dos sujeitos de pesquisa, que caracteriza risco mínimo, não percebemos qualquer possível dano aos envolvidos neste projeto. Os benefícios serão indiretos, a partir da utilização das recomendações advindas da observação e análise das doses recebidas pelos trabalhadores participantes na pesquisa, que

Endereço: Rua Esteves Junior, 300, Andar Térreo - Divisão de Pesquisa
 Bairro: Centro CEP: 88.015-130
 UF: SC Município: FLORIANÓPOLIS
 Telefone: (48)3664-7215 Fax: (48)3664-7244 E-mail: cepres@saude.sc.gov.br



Continuação do Parecer: 3.005.130

poderão reduzir as doses a que estão expostos pela melhoria dos processos de trabalho.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto adequado sob o ponto de vista técnico e ético.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatória estão anexados à submissão e adequados aos termos das Resoluções 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde - CNS.

Recomendações:

Nada a recomendar.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto de Pesquisa elaborado de acordo com as exigências éticas em conformidade com as Resoluções 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde.

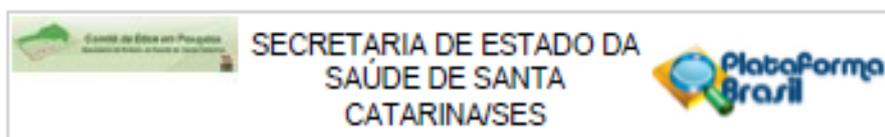
Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PE_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1177225.pdf	01/10/2018 09:00:33		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_detalhado.doc	01/10/2018 09:00:09	TAYANA PORTELA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_detalhado.pdf	01/10/2018 08:58:51	TAYANA PORTELA	Aceito
TGLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TGLE.doc	29/09/2018 14:50:47	TAYANA PORTELA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Pesquisador.pdf	27/08/2018 23:08:43	TAYANA PORTELA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto.pdf	16/08/2018 15:17:15	TAYANA PORTELA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Autorizacao_Bio.pdf	10/07/2018 09:38:38	TAYANA PORTELA	Aceito

Situação do Parecer:

Endereço: Rua Esteves Junior, 300, Andar Térreo - Distrito de Pesquisa
 Bairro: Centro CEP: 88.015-130
 UF: SC Município: FLORIANÓPOLIS
 Telefone: (48)3554-7218 Fax: (48)3554-7244 E-mail: cepes@saude.sc.gov.br



Continuação do Parecer: 3.005.130

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FLORIANOPOLIS, 07 de Novembro de 2018

Assinado por:
Aline Dalane Schilndwein
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Esteves Junior, 390, Andar Térreo - Divisão de Pesquisa
Bairro: Centro CEP: 88.015-130
UF: SC Município: FLORIANOPOLIS

ANEXOS**ANEXO A- CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO DETECTOR GEIGER**

CÓPIA CONTROLADA 01		CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO		19 - 1043	
DATA DE EMISSÃO : 23 de abril de 2019			DATA DE CALIBRAÇÃO : 16 de abril de 2019		
1 - INSTITUIÇÃO TITULAR DO INSTRUMENTO			CNPJ/CPF : 01.514.221/0001-40		
BIONUCLEAR SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR LTDA					
RUA PROFESSOR HERMINIO JACQUES, 168					
CENTRO - 88015-180					
FLORIANÓPOLIS - SC					
2 - ESPECIFICAÇÕES DO INSTRUMENTO - Os dados do instrumento estão na tabela 1.					
Tabela 1 - Dados do Instrumento NC - NÃO USAR					
FABRICANTE	INSTRUMENTO	SONDAS			
		DE ÁREA		DE CONTAMINAÇÃO	
		EXTERNA	INTERNA	EXTERNA	INTERNA
THERMO SCIENTIFIC	-	NC	-	NC	
MODELO	KALLET B20	-	NU	-	NU
SÉRIE	31062	-	NC	-	NC
IDENTIFICAÇÃO	NC	-	NC	-	NC
3 - RESULTADOS DOS PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO					
O método utilizado foi o de campo de radiação conhecido. Os valores medidos foram comparados com os respectivos Valores Verdadeiros Convencionais (VVC).					
3.1 - CALIBRAÇÃO PARA ÁREA - Os resultados indicados na tabela 3 referem-se à média líquida M de 10 medidas efetuadas para cada VVC, fornecido por dosimetria do campo de radiação utilizado, referenciados para 20 °C e 101,325 kPa, conforme procedimento PQ 020 da METROBRAS.					
As incertezas expandidas U_c declaradas foram calculadas de acordo com o ISO GUM - Guia para Expressão da Incerteza da Medição, INMETRO (1996), utilizando-se um fator de abrangência $k = 2$, referente a um nível de confiança de 95 %.					
3.2 - CALIBRAÇÃO PARA CONTAMINAÇÃO - A tabela 4 apresenta, para cada fonte de radiação utilizada:					
1 - o valor médio líquido M de 10 medidas (descontada a radiação de fundo);					
2 - a fluência de partículas (VVC) na sonda do instrumento, oriundas da respectiva fonte;					
3 - as eficiências E_c para radiações de diferentes naturezas e energias a partir das respectivas Incertezas estatísticas 1σ (relacionadas ao procedimento de calibração foram calculadas de acordo com o documento ISO GUM - Guia para Expressão da Incerteza da Medição, INMETRO, 1996, adotando-se um nível de confiança de 95 %).					
A atividade superficial da contaminação, A_s , é obtida por		$A_s = A_{\text{fonte}} \cdot E_c = \frac{0,0167 \cdot M}{E \cdot W} \quad (Bq \cdot cm^{-2})$			
Tabela 2 - Valores da eficiência E_c					
ENERGIA RADIAÇÃO	ENERGIA (MeV)	E_c			
ALFA	-	0,25			
BETA	$0,15 < E_{\text{partícula}} < 0,4$	0,25			
	$E_{\text{partícula}} > 0,4$	0,50			
<p>M = média líquida (cpm)</p> <p>E_c = eficiência de emissão (tabela 2)</p> <p>W = área da sonda = 15,2 (cm²)</p> <p>A_{fonte} = atividade da fonte / contaminação</p>					
Rua Osmidiana Leite de Assis, 367 Distrito Industrial Ado Rassi Florianópolis - SC CEP 14.680-000 CNPJ 07.041.060/0001-00 I.E. 398.076.879.117 Tel (48) 3663 - 6484 Fax (48) 3663 - 6699					1 / 4

CÓPIA CONTROLADA		01		CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO				19 - 1043	
Tabela 1 - Resultados do provimento de calibração, referenciado à tabela geral do Co-137									
FUNDO DE ESCALA	TAM DE EQUIVALENTE DE SOBE ESCALOS IVC			MÉDIA DAS MEDIDAS - V		FACTOR DE CALIBRAÇÃO		INCERTEZA EXPANDIDA	
				APÓS AJUSTE	APÓS EXPANSÃO	F ₁ ± V ₁ (k)	k _c (%)		
18	μm	120	-	-	2,27	0,88	4,0		
				4,21	5,11	0,88	2,5		
				-	7,34	1,21	3,0		
108	μm	-	-	-	19,2	1,21	2,5		
				50,3	30,3	0,88	2,5		
				-	77,3	1,00	2,4		
1008	μm	-	-	-	180	1,01	2,3		
				328	310	0,88	2,3		
				-	507	0,88	2,3		
10	mm	120	-	-	1,00	1,01	2,3		
				ADJUS	-	-	-		
				-	-	-	-		
Tabela 2 - Resultados do provimento de calibração após correção, com as fontes-ponte									
PONTES DE RADIAÇÃO	FLUXO DA FONTE (μSv (pm) ano)	FUNDO DE ESCALA	REDE	INCERTEZA ±		INCERTEZA EXPANDIDA			
				F ± B IVC	k _c	k _c	k _c (%)		
At-241	12617	18000	120	0,242	± 0,013	0,4			
O-14	7632	1800	300	0,118	± 0,008	0,8			
Cs-137	18030	18000	5784	0,481	± 0,017	0,8			
Co-60 + Ir-192	22617	100	1072	0,450	± 0,017	0,7			
4 - PONTES DE RADIAÇÃO - as tabelas 3 e 4 apresentam as características das fontes de METROBRAS									
Tabela 3 - Fontes de referência para área									
MARCA	SÍMBOLO	MATERIAL	MODELO	CONTEÚDO ATIVO					
				Bq	μCi				
DPA	¹³⁷ Cs	0,36g/0,36g	28 - 01 Calorim	0,40	4,7				
	⁶⁰ Co	0,25g	000001	2,92	7,9				
Tabela 4 - Fontes de referência para contaminação									
MARCA	SÍMBOLO	ATIVIDADE INICIAL (Bq)	ÁREA ATIVA (cm ²)	TAXA DE DECAÍM. (λ) (a ⁻¹)	CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO	DATA DE REFERÊNCIA			
ALFA	²⁴¹ Am	5,0	100	1,41	815419	10.03.07			
	²⁴¹ Am	0,490	150	1,28	818417	10.03.07			
BETA	⁹⁰ Sr	0,714	100	1,09	817206	01.03.08			
	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y	0,540 / 2,27	100	3,54	817307	01.03.08			
METROBRAS				CENTRO DE ENSAIOS E PESQUISAS EM PETROLOGIA			2/4		



NETROBRAS METROLOGIA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES LTDA.
CENTRO DE ENSAIOS E PESQUISAS EM METROLOGIA
www.metrobras.com.br calibracao@metrobras.com.br

LABORATÓRIO AUTORIZADO PELO COMITÊ DE AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS DE ENSAIO E CALIBRAÇÃO - CASCEORDEMEM
AUTORIZAÇÃO Nº 002308 DE 20-10-2008, RENOVADA EM 27-12-2018 pela Resolução 002318.

CÓPIA CONTROLADA	01	CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO	19 - 1043
DATA DE EMISSÃO:		23 de abril de 2019	
DATA DE CALIBRAÇÃO:		16 de abril de 2019	

6 - RASTREABILIDADE

6.1 - CALIBRAÇÃO PARA ÁREA - A rastreabilidade da grandeza de calibração é estabelecida pela utilização de câmaras de ionização PTW, modelos TN 32002 e TN 30013, séries 326 e 2885 acopladas ao eletrômetro PTW, modelo UNIDOS, série T1005-00423, calibrados pelo Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes - LNMRI / IRD / CMEN (certificados LNMRI 0019/2018 e LNMRI 0018/2018).

6.2 - CALIBRAÇÃO PARA CONTAMINAÇÃO - As fontes de radiações beta e alfa foram calibradas no Deutscher Kalibrierdienst (DKD), rastreado pelo Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB).

6 - CONDIÇÕES DE CALIBRAÇÃO

6.1 - GEOMETRIA DE CALIBRAÇÃO

a - calibração para área - O eixo longitudinal da sonda foi posicionado perpendicularmente ao eixo central do feixe de radiação. A distância entre os centros geométricos da fonte e da sonda foi considerada como a distância de referência fonte-detector.

b - calibração para contaminação - A superfície da janela da sonda foi posicionada paralelamente à superfície ativa da fonte, sendo o espaçamento entre elas (3,0 mm) adotado como a distância de referência fonte-detector.

6.2 - CONDIÇÕES AMBIENTAIS - para cada grandeza são apresentados: Valor Médio \pm Metade da Variação

Tabela 7 - Condições ambientais dos procedimentos de calibração:

CALIBRAÇÃO	TEMPERATURA (°C)	PRESSÃO (kPa)	UMIDADE (%)
ÁREA	25,55 \pm 0,05	95,103 \pm 0,019	57,25 \pm 0,45
CONTAMINAÇÃO	24,70 \pm 0,00	95,100 \pm 0,000	49,00 \pm 0,00

7 - RECALIBRAÇÃO - Devido às características do instrumento, recomenda-se que o mesmo seja calibrado com a periodicidade estabelecida em normas dos órgãos reguladores das atividades do usuário. Uma recalibração será necessária sempre que ocorrer qualquer dano, alteração ou manutenção que possa modificar a resposta do instrumento.

8 - INFORMAÇÕES ADICIONAIS - Na tabela 3, os valores de Taxa de Equivalente de Dose Ambiente, H*(10), foram obtidos multiplicando-se valores fornecidos pela dosimetria do campo de radiação das fontes de Co-137 e Co-60, em forma no ar, respectivamente, por 1,20 e 1,19 SWIG, conforme recomenda o SRS-19 da Agência Internacional de Energia Atômica.

9 - OBSERVAÇÕES - O procedimento de calibração para monitoração de área foi realizado com o instrumento utilizando o fator H*(10), código 43505/95E2. O instrumento acusa OVERLOAD quando o visor indica 2 mSv/h que correspondem a um VVC de 2,0 μ Sv/h. Os alarmes 1 e 2 foram testados, respectivamente, em 0,5 e 25 μ Sv/h. Seguem parâmetros de calibração (antes ajuste / após ajuste): 1 - constante de calibração: 1,8768 E-01 / 1,8768 E-01; 2 - tempo morto (µs): 1,8366 E+02 / 1,8366 E+02. Os resultados deste Certificado referem-se exclusivamente ao instrumento calibrado, nas condições especificadas, não sendo extensivos a quaisquer outros instrumentos. A reprodução deste Certificado só é permitida em sua totalidade.


Marli A. Pires
Responsável Técnico


Tatiana Zamboni
Método

Rua Cornélio Leite de Azeite, 367 Distrito Industrial Adm. Respl. Arapongas - SP CEP 14.639-000
CNPJ 07.941.046/0001-00 I.E. 399.076.979.117 Tel (14) 3662 - 8484 Fax (16) 3662 - 6090

3 / 4