



Mestrado em Meio Ambiente



UNIVERSIDADE CEUMA
REITORIA
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE

ELSOM JOSÉ GOMES SANTOS

**LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO E GERENCIAMENTO DOS REJEITOS
RADIOATIVOS PRODUZIDOS POR PACIENTES EM TRATAMENTO COM
¹³¹I**

Orientadora: Profa. Dra. Wolia Costa Gomes

São Luís - MA
2018

ELSOM JOSÉ GOMES SANTOS

**LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO E GERENCIAMENTO DOS REJEITOS
RADIOATIVOS PRODUZIDOS POR PACIENTES EM TRATAMENTO COM**

131I

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade CEUMA, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente.

Orientadora: Profa. Dra. Wolia Costa Gomes

São Luís – MA
2018

UNIVERSIDADE CEUMA
REITORIA
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE

**Folha de aprovação da Dissertação de ELSOM JOSÉ GOMES
SANTOS defendida e aprovada pela Comissão Julgadora em
25/07/2018**

Elsom José Gomes Santos

Dr. Glauber Cruz
1º Titular

Dra. Juliana Ribeiro Alves dos Santos
2º Titular

Dr. Paulo Cesar Mendes Villis
3º Titular

Dra. Wolia Costa Gomes
Presidente da Comissão

Prof. Dr. Valério Monteiro Neto
Pró-Reitor de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

RESUMO

Neste trabalho objetivou-se em fazer o levantamento radiométrico das exposições dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE's) e avaliar o gerenciamento dos rejeitos radioativos produzidos por pacientes em tratamento com o I^{131} em um Hospital no Município de São Luís/ MA, Brasil. Foram realizadas medidas dos níveis radiométricos com aparelhos medidores de radiação em pontos estratégicos no leito hospitalar e as áreas vizinhas ao depósito de rejeitos. Durante 4 meses foi feito o acompanhamento da equipe de profissionais e o uso das equações de taxa de exposição, atividade e dose equivalente foi útil para analisar o gerenciamento do descarte do rejeito e exposição recebido pelos IOE's. Observou-se que os rejeitos descartados tinham nível inferior a $2 \mu\text{Ci/kg}$ cumprindo a norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN 6.05), os pacientes que foram administrados com I^{131} com atividade de 100 e 150 mCi, necessitaram ficar internados por apenas 24h, enquanto os que tiveram atividade de 200 mCi necessitaram de 36 a 48h de internação. A taxa de exposição emitida pelos rejeitos nos quartos da iodoterapia foram de 1,95 mR/h e na área vizinha do depósito, os IOE's estariam recebendo uma dose equivalente de 0,01 mSv por semana, valores abaixo do limite máximo de 0,4 mSv por semana permitido pela norma CNEN 3.01/2014. Pelo levantamento radiométrico nos mostra que o tratamento pode ser realizado fora do ambiente ambulatorial, os pacientes não emitem radiação que possa colocar em risco a saúde dos IOE's, familiares e danos ao meio ambiente.

Palavras-chave: Medicina Nuclear, rejeitos radioativos, iodoterapia.

ABSTRACT

The objective of this study was to perform a radiometric survey of exposures of Occupationally Exposed Individuals (IOE's) and to evaluate the management of radioactive waste produced by patients treated with I131 at a Hospital in the Municipality of São Luís / MA, Brazil. Measurements of the radiometric levels were carried out with radiation measuring devices at strategic points in the hospital bed and the areas surrounding the tailings deposit. During 4 months the team of professionals was followed up and the use of equations of exposure rate, activity and equivalent dose was useful to analyze the waste disposal management and the exposure received by IOE's. It was observed that the discards discarded had a level below 2 $\mu\text{Ci} / \text{kg}$, complying with the National Commission for Nuclear Energy (CNEN 6.05), patients who were given I131 with activity of 100 and 150 mCi, needed to be hospitalized for only 24 hours, while those who had 200 mCi activity required 36 to 48 hours of hospitalization. The exposure rate emitted by the wastes in the iodotherapy rooms was 1.95 mR / h and in the area near the deposit, the IOE's would be receiving an equivalent dose of 0.01 mSv per week, values below the maximum limit of 0, 4 mSv per week allowed by CNEN standard 3.01 / 2014. Through the radiometric survey shows that the treatment can be performed outside the outpatient environment, patients do not emit radiation that could endanger the health of IOE's, family and environmental damage.

Keywords: Nuclear Medicine. radioactive waste. Iodine therapy

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

(Marie Curie)

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não poderia ter sido finalizada sem o apoio de várias pessoas.

Agradeço primeiramente à Deus por ter me dado força e saúde para poder enfrentar os desafios de um mestrado.

Minha orientadora e professora, Wolia Costa Gomes, pelos seus ensinamentos, orientação e paciência, por sempre ter me corrigido sem me desmotivar.

À minha esposa Alessandra Sampaio Couto, pelo incentivo e insistência para que eu fizesse o mestrado e contribuição na pesquisa.

Aos funcionários do hospital que me auxiliaram na realização dessa pesquisa: Jorge Moisés, Cledson Camilo Sousa Silva e Simone Baldez de Oliveira.

À Universidade CEUMA em especial aos alunos Higor Leonardo G. S. Martins e Letícia Stella Gomes S. Martins pela contribuição no trabalho.

Agradeço a minha família, aos meus pais que sempre se esforçaram para que eu tivesse sucesso nos meus estudos e minhas irmãs e irmãos que sempre me apoiaram.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo do levantamento de dados da liberação de rejeitos radioativos-iodo 131 da iodoterapia no período de janeiro/16 à novembro/17.....	21
Tabela 2. Média do levantamento de dados da liberação de rejeitos radioativos- I^{131} da iodoterapia no período de janeiro/16 à novembro/17.....	23
Tabela 3. Mostra os valores médios da taxa de exposição após 24h os pacientes terem ingerido o iodo I^{131}	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gerenciamento dos Rejeitos Radioativos.....	14
Figura 2. (a) Aparelho Victoreen e (b) Inspector Alert Nuclear Radiation Monitor....	18
Figura 3. Planta baixa do andar dos leitos da iodoterapia e depósito de rejeito radioativo.....	20
Figura 3a. Recorte da Figura 3 - Área circunvizinhas ao depósito de rejeito radioativo	28
Figura 4. Dose efetiva acumulada (mSv) pelos IOE's em 2015. EF=Enfermeiros, MN 1= Médico Nuclear 1 e T = Técnicos.....	29
Figura 5. Dose efetiva acumulada (mSv) pelos IOE's em 2016. EF=Enfermeiros, e T = Técnicos.....	29
Figura 6. Dose efetiva acumulada (mSv) pelos IOE's em 2017. MN=Medicina Nuclear, FI=Físico, T=Técnico, EF=Enfermeiros, SG=Serviços Gerais, ND= Doses $\leq 0,20$ mSv.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS

PNRS:	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSS:	Resíduos Sólidos de Saúde
CONAMA:	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ANVISA:	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
PGRSS:	Plano de Gerenciamento de Resíduos do Serviço de Saúde
IOE:	Indivíduo Ocupacionalmente Exposto
CNEM:	Comissão Nacional de Energia Nuclear
I ¹³¹ :	Iodo 131
NE:	Norma Experimental
DEA:	Dose Efetiva Acumulada
SUS:	Sistema Único de Saúde
EUA:	Estados Unidos da América
BG:	Background
IAEA:	Internacional Atomic Energy Agency- <i>Agência Internacional de Energia Atômica</i>
ICRP:	International Commission on Radiological Protection- <i>Comissão Internacional de Proteção Radiológica</i>

LISTA DE UNIDADES

$\mu\text{Ci/kg}$:	microcurie por quilograma
Bq/kg :	Becquerel por quilograma
Ci :	Curie
h :	Horas
keV :	kiloelétron Volt
kg :	Quilograma
m :	Metro
MBq :	megabecquerel (10^6 Bq)
mCi :	milicurie (10^{-3} Ci)
MeV :	megaelétron Volt
mm :	Milímetro
mR/h :	miliroentgen por hora
mSv/sem :	milisievert por semana
mSv :	Milisievert
R :	Roentgen

SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
AGRADECIMENTOS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE ABREVIATURAS	
LISTA DE UNIDADES	
1. INTRODUÇÃO	13
1.2 Princípio Básico de Proteção Radiológica	16
2. MATERIAIS E MÉTODOS.	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.	21
4. CONCLUSÕES.	32
5. REFERÊNCIAS	33
Atividades Desenvolvidas no Período	36
ANEXO A: Normas para submissão na Revista	37
ANEXO B: Artigo para submissão na Revista	38

1 INTRODUÇÃO

A falta do gerenciamento de resíduos produzido pelas diversas atividades humanas pode decorrer em vários problemas que afetam à saúde da população, dentre eles, a contaminação da água, solo, atmosfera entre outros, de forma irreversível (MENDES, 2015).

A preocupação ambiental está presente na Legislação Brasileira. O art.23 § VI da Constituição Federal de 1988 dispõe, como sendo uma competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e Municípios, a proteção ao meio ambiente e combate à poluição em qualquer uma das suas formas.

Outro exemplo é o art. 225 da Constituição Federal que dá a todos os cidadãos brasileiros o direito de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, sendo de responsabilidade também da população defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2006).

Na atualidade, as questões ambientais geradas pela modernidade, como o aquecimento global, esgotamento de recursos não renováveis e poluição de recursos hídricos. Nessa gama de problemas, os resíduos sólidos ganham destaque pela falta de gerenciamento adequado e o impacto ambiental, o qual atingem as mais diversas áreas. (TEIXEIRA *et al* 2018).

Pela lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que constitui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em seu art. 30, XVI, define resíduos como todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.(GUERRA 2012).

Para os serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, tais como os hospitais, clínicas médicas e odontológicas, laboratórios

analíticos e distribuidores de produtos farmacêuticos, são denominados como Resíduos de Serviços de Saúde (RSS). (TEIXEIRA *et al* 2018).

O gerenciamento errôneo dos RSS pode os tornar habitat e fonte de alimentos de múltiplos vetores, portanto fonte de transmissão de inúmeras doenças.

No Brasil, no intuito de normatizar as ações relativas ao gerenciamento de resíduos sólidos de saúde (RSS), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 358/2005) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA 306/2004) regulamentam e estabelecem diretrizes para o gerenciamento destes resíduos. Entre as diretrizes, a principal prevê a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos do Serviço de Saúde (PGRSS) por parte dos estabelecimentos de saúde. (DIAS *et al* 2017).

O PGRSS é um documento que descreve de forma detalhada, todas as ações relativas ao gerenciamento de RSS, em alguns estabelecimentos que atuam na área da Medicina Nuclear é chamado de Plano de Proteção Radiológica (PPR) e deve seguir todas as etapas da Figura 1(DIAS *et al* 2017).

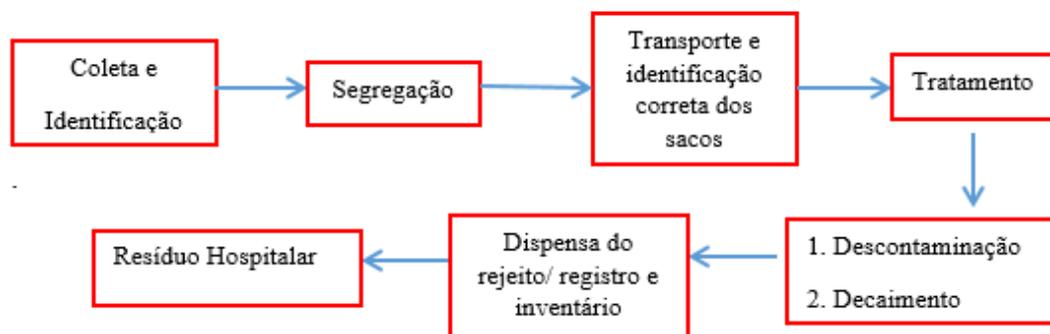


Figura 1: Gerenciamento dos Rejeitos Radioativos – Fonte: adaptado de CNEN-8.01, 2014.

Esse gerenciamento ou controle é de suma importância devido à Medicina Nuclear (MN) que realiza tanto diagnóstico quanto tratamento terapêutico. Na Medicina Nuclear utiliza-se de radioisótopos para realização de exames e para fins terapêutico, bem como o transporte de fonte, o armazenamento e segregação de rejeitos radioativos. Para isso é necessário garantir a segurança dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) que trabalham com radiação ionizante, normatizado e definidos pela norma 3.01/14

Diretrizes Básica de Proteção Radiológica da CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) (CNEN 3.01/2014).

No tratamento terapêutico utiliza-se, para a terapia de hipertireoidismo ou tratamento de metástases da tireoide, o radioisótopo I^{131} , pois tem uma meia vida de 8,04 dias e nível de energia de raios gama 364 keV e 0,61 MeV raios beta, respectivamente os raios gama por causa da sua alta energia causam maiores irradiações, e os raios beta, estes são empregados para efeito terapêutico (CHANG; MOREIRA, 2014). Essa técnica representa aproximadamente 90% de todas as terapias médicas nucleares (KRAWCZYK *et al.* 2013).

Após o pós-operatório da tireoidctomia total ou parcial da tireóide, o paciente é submetido a uma dose ablaciva com I^{131} , com o intuito de reduzir a recorrência e a mortalidade do câncer diferenciado de tireóide a longo prazo (COOPER *et al.* 2006 e PACINI *et al.* 2006).

As doses em pacientes em tratamento terapêuticos com I^{131} são administradas oralmente na forma líquida ou por meio de cápsula. As vantagens do iodo radioativo são: fácil administração, eficácia, baixo custo e ausência de dor. Quando administrado por via oral em solução de iodeto de sódio (NaI), o iodo é rapidamente absorvido pela tireóide, concentrado e incorporado pela tireóide nos folículos de armazenamento (MENDONÇA, 2016).

Um estudo comparativo referente ao custo de tratamento com as drogas tireoidianas, radioiodoterapia ou cirurgia realizada no Brasil, demonstrou que o tratamento com I^{131} apresentou menor custo, melhores índices custo/eficácia, custo/efetividade e redução do volume glandular (CORONHO *et al.* 2001).

Segundo a CNEN (2013), para tratamento pós cirurgia da tireóide, com dose acima de 1850 Megabecquerel (Mbq), ou seja, 50 milicurie (50 mCi), o paciente deve permanecer internado em uma unidade hospitalar, em acomodações que atendam à norma NE-3.05/2013, Resolução 159/13. No período de internação, o paciente é atendido por uma equipe qualificada de profissionais quanto ao conhecimento e aplicabilidade das normas de proteção radiológica. Alguns centros de Medicina Nuclear preconizam doses baixas

repetidas (30 mCi), nestes casos, não é necessário internação hospitalar (BERERHI, 2000 apud RISSATO, 2007).

No Estado do Maranhão é adotado o procedimento da internação hospitalar para doses acima de 30 mCi, essas doses são administradas em leito caracterizado como quarto da iodoterapia, visando proteger os familiares, os indivíduos do público e o meio ambiente contra possíveis exposições ou contaminações radioativas (CNEN/2013).

1.1 Princípio Básico de Proteção Radiológica

Para Silva e Santos (2015) quando o paciente for submetido a dose de iodo, boa parte da eliminação do iodo do organismo se dá pela urina, suor e saliva. Apesar de pequena quantidade radioativa encontrada nessa eliminação, estes são suficientes para contaminar o meio ambiente e expor pessoas desnecessariamente à radiação, infringindo um dos princípios da proteção radiológica que se chama justificativa, que descreve que nenhuma prática que envolva a exposição à radiação poderá ser aceita, a menos que a radiação produza benefícios, para os indivíduos expostos ou para a sociedade (CNEN 3.01/2014).

Em consequência, tornam-se necessários à utilização de equipamentos de proteção individual para os profissionais que trabalham diretamente com o paciente, além de que, todos os objetos utilizados no período de internação: vestimentas pessoais, roupas de cama e banho, copo, prato, talheres e restos alimentares, são considerados como materiais contaminados e devem ser tratados como rejeitos radioativos (SILVA e SANTOS, 2015). Esses rejeitos serão segregados no mesmo local que foram gerados e somente liberados quando a taxa de sua exposição for abaixo de 1 mR/h, somente a partir daí os rejeitos tornam-se lixo hospitalar comum, podendo ser encaminhado a aterros sanitários (SILVA e SANTOS, 2015).

Os trabalhadores em contato de forma direta com os rejeitos e pacientes em tratamento com iodo estão mais susceptíveis à exposição radiológica (OLIVEIRA *et al* ,2016). Por esse motivo, tornou-se necessário quantificar as doses para se ter o controle à exposição desse profissional à radiação. Deve-se executar o monitoramento individual através de dosímetros colocados sobre o corpo (LIRA *et al.*,2015). Os dosímetros são instrumentos que indicam a

exposição ou a dose absorvida a que um indivíduo foi submetido (LIRA *et al.*, 2015).

Com a utilização do dosímetro, poderá ter o controle da quantidade de radiação recebida pelos profissionais e comparar com o que está estabelecido pela portaria Anvisa (Secretaria de Vigilância Sanitária do Município da Saúde) nº 453/98 dentro da normativa da CNEN 3.01/2014 e 3.05/2013. Tal portaria define que a Dose Efetiva Acumulada (DEA) não poderá passar de 20 mSv ao ano e 4 mSv em qualquer mês. Na região do cristalino 20 mSv ao ano, mãos e pés é de 500 mSv ao ano ou 40 mSv em qualquer mês. Caso supere esse limite, é necessário notificar a CNEN, justificando o ocorrido, descrevendo o evento e a taxa de dose que foi submetido o IOE (CNEN-NN-3.05,2013).

De acordo com o cenário apresentado, analisou-se como estava sendo o gerenciamento dos rejeitos produzidos por pacientes internados após a submissão do Iodo-131 em um Hospital no Município de São Luís-MA. Os resíduos como: papéis de limpeza, papel higiênico, lenços de papel, toalha, lençol, talher, prato, objetos cortantes e perfurantes, que não podem ser considerados como lixo hospitalar comum urbano, se esses estavam sendo segregados até atingirem uma atividade de $7,4 \cdot 10^4$ Bq/kg ($2 \mu\text{Ci/kg}$) para posteriormente serem descartado como lixo hospitalar urbano (6.05 CNEN resolução 167/2014).

Nesse contexto, este estudo teve como objetivos analisar o gerenciamento dos rejeitos radioativos produzidos por pacientes em tratamento com I^{131} e descrever o levantamento radiométrico das exposições apresentadas pelos pacientes durante o tratamento. Essa foi uma forma eficaz de avaliar a exposição que os IOE's estão submetidos e discutir as práticas de radioproteção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido em um Hospital na Região Metropolitana de São Luís - MA que apresenta leitos para iodoterapia. Foram utilizados dois aparelhos medidores de radiação conforme a Figura 2, que possuem câmara de ionização: a) Fabricante Victoreen, modelo 470A – SI série 95671 e

certificado pela METROBRAS, sob nº 17 – 0615 e b) Inspector Alert Nuclear Radiation Monitor, série 34885, calibrado pela METROBRAS e sob nº de certificação 17.0640.

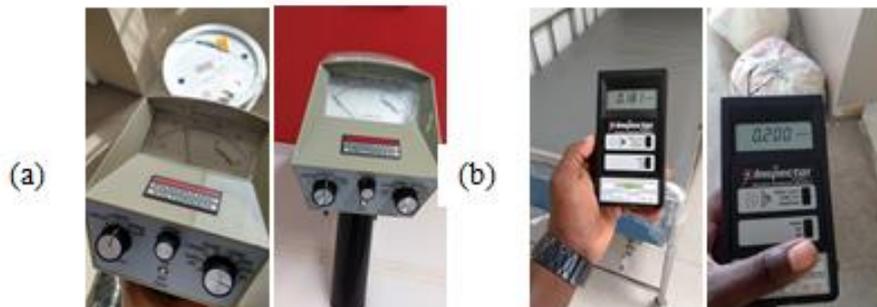


Figura 2. (a) Aparelho Victoreen e (b) Inspector Alert Nuclear Radiation Monitor.
Fonte: Própria do autor.

Para avaliar o gerenciamento da segregação, coleta e tratamento do rejeito conforme norma CNEN-NN 6.05, durante 4 meses foi feito o acompanhamento da equipe de profissionais que recolhe todo material utilizado pelo paciente durante 24h de estadia em 2 leitos da iodoterapia. O procedimento padrão do rejeito produzido pelos pacientes, deve ser colocado em um recipiente identificado com o símbolo de internacional de radiações, etiquetado com as algumas informações básicas como taxa de exposição do momento e data possível para ser liberado como lixo comum.

No entanto, pela análise de registro e inventário foi observado que de janeiro 2016 a novembro de 2017, alguns recipientes não constavam preenchidos em suas etiquetas à taxa de atividade do rejeito quando liberado para lixo comum no sistema hospitalar. Por esse motivo a necessidade de se utilizar duas equações. A Equação 1 que determina a taxa de exposição.

$$X = \frac{\Gamma \cdot A_0}{d^2} \quad (1)$$

Fonte: Adaptado de Andreucci, p.24, 2016.

Onde:

Γ - constante específica da radiação gama, expressa em $(R \cdot m^2) / (h \cdot Ci)$;

d – distância da fonte em m;

A_0 – atividade inicial, expressa em Ci;

X – taxa de exposição em R/h.

Com o resultado da atividade no momento da estocagem (A_0), utilizou-se a Equação 2 para determinar a atividade final dos rejeitos no momento que foram descartados (A).

$$A = \frac{A_0}{m} \cdot e^{-\left(\ln 2 \times \frac{t}{T_{1/2}}\right)} \quad (2)$$

Fonte: Adaptado de Andreucci, p.23, 2016.

Onde:

A – atividade final;

A_0 – atividade inicial;

m – massa do rejeito em kg;

t – tempo de estocagem;

$T_{1/2}$ - tempo de meia-vida física

Adotou-se a constante de taxa de exposição de uma Fonte Pontual ($\Gamma = \text{Iodo131} - 0,22 \text{ R.m}^2/\text{h.Ci}$) e tempo de estocagem (t) de 90 dias. Com análise do inventário dos rejeitos adquiriu-se a quantidade gerada, condição de taxa de radiação no armazenamento e descarte.

Para fazer o levantamento radiométrico das taxas de exposições foram utilizados os medidores de radiação, nos pontos 1 a 11 que se referem aos locais no interior do quarto da iodoterapia e em torno do depósito dos rejeitos conforme a Figura 3.

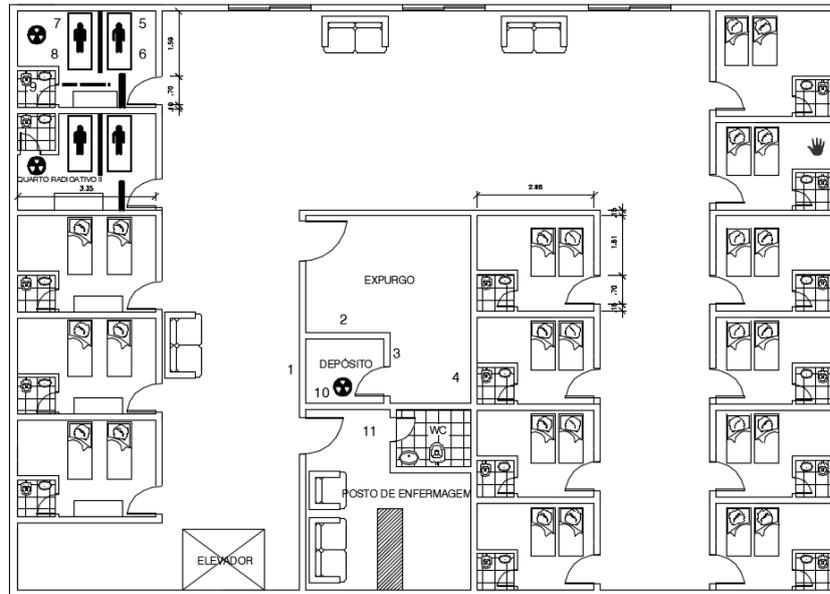


Figura 3. Planta baixa do andar dos leitos da iodoterapia e depósito de resíduo radioativo.

Fonte: Própria dos autores.

Para determinar a dose equivalente emitida pelo depósito de resíduos radioativos da iodoterapia - Figura 3 (item 10), ao público e trabalhadores devido sua localização fazer vizinhança com o Posto de Enfermagem (item 11), corredor (item 1) e expurgo nos pontos (item 1, 2, 3 e 4). Foi utilizado a Equação 3.

$$D = L \times U \times T \quad (3)$$

Fonte: Adaptado de Andreucci, p.15, 2016.

Onde:

D – dose equivalente;

L – leitura do equipamento em $\mu\text{Sv/h}$;

U – fator de uso;

T – fator tempo ocupacional.

As Doses Efetivas Acumuladas (DEA) dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE's), foram determinadas por análise documental dos dosímetros emitidos pela Empresa Tecnologia em Radioproteção LTDA (TEC-RAD) durante os anos de 2015 a 2017. As doses dos IOE's estão separadas por

suas áreas: Técnicos – T (técnicos e tecnólogos), Enfermeiros – EF, Físicos (F) e Médico Nuclear – MN.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gerenciamento de rejeito envolve as atividades de coleta, segregação, manuseio, tratamento, acondicionamento, transporte, armazenamento, controle e eliminação (XAVIER, 2012 p. 12). A Tabela 1 mostra como a equipe envolvida na internação de pacientes em tratamento da tireóide com I^{131} , faz o registro do rejeito radioativo que envolve desde do registro no livro denominado “inventário” as anotações do tipo de rejeito, a data que marca o início do decaimento do I^{131} , massa do rejeito, taxa de exposição e taxa de exposição quando liberado como lixo hospitalar comum.

Tabela 1. Resumo do levantamento de dados da liberação de rejeitos radioativos-Iodo 131 da iodoterapia no período de janeiro/16 à novembro/17.

Nº Lote do rejeito I^{131}	Data de Armazenamento	Massa (kg)	Exposição um metro (mR/h)	Atividade quando liberado (μ Ci/kg)
1	10/01/2016	4	0,65	0,31
2	10/01/2016	4	0,3	0,14
3	10/01/2016	4	0,35	0,16
4	10/01/2016	4	0,16	0,07
5	10/01/2016	4	0,36	0,17
6	10/01/2016	4	1,55	0,74
7	12/02/2016	4	1,66	0,8
8	12/02/2016	4	1,7	0,82
9	12/02/2016	4	1,45	0,7
10	12/02/2016	4	0,3	0,14
11	01/03/2016	4	0,68	0,31
12	01/03/2016	4	0,65	0,31
13	06/04/2016	4	0,22	0,1
14	06/04/2016	4	0,65	0,31
15	06/04/2016	4	0,3	0,14
16	22/06/2016	3,8	1,1	0,635
17	22/06/2016	3,3	2,45	0,2
18	22/06/2016	4	0,84	0,34
19	22/06/2016	2,6	1,3	1,2
20	13/07/2016	4,05	0,16	0,012
21	13/07/2016	3,8	0,22	0,024

Continuação				
Nº Lote do rejeito I ¹³¹	Data de Armazenamento	Massa (kg)	Exposição um metro (mR/h)	Atividade quando liberado (µCi/kg)
22	13/07/2016	3,5	1,72	1,63
23	13/07/2016	4	1,44	1
24	21/07/2016	1,5	0,5	0,322
25	21/07/2016	0,9	0,9	1,74
26	10/08/2016	2,8	0,85	0,49
27	18/08/2016	4	2,2	0,128
28	07/09/2016	1	0,16	0,049
29	07/09/2016	2	1,3	1,63
30	12/10/2016	3,8	1,4	0,99
31	27/10/2016	4	1,5	1,08
32	23/11/2016	4	2,4	2,7
33	24/11/2016	4	2,4	2,7
MÉDIA		3,55	1,01	0,66
DESVIO PADRÃO		0,92	0,73	0,71
Nº Lote do rejeito I ¹³¹	Data de Armazenamento	Massa (kg)	Exposição um metro (mR/h)	Atividade quando liberado (µCi/kg)
34	18/01/2017	1,9	1,4	1,99
35	25/01/2017	1,5	0,16	0,33
36	08/02/2017	4,2	1,16	0,6
37	23/02/2017	2,8	0,9	0,55
38	08/03/2017	1,8	0,5	0,26
39	22/03/2017	3,3	2,4	1,37
40	23/03/2017	3,1	1,5	1,4
41	05/04/2017	2,3	1,6	2,1
42	21/04/2017	3,8	0,21	0,022
43	10/05/2017	1,7	0,13	0,019
44	10/05/2017	2,25	0,14	0,01
45	07/06/2017	4,05	0,14	0,009
46	12/06/2017	2,2	1,2	0,55
47	20/06/2017	1,87	1,1	0,49
48	26/06/2017	2,87	2,33	0,12
49	03/07/2017	4	0,67	0,3
50	10/07/2017	3,2	2,5	0,3
51	16/07/2017	3,7	1,55	0,97
52	20/07/2017	4,1	1,66	0,82
53	02/08/2017	3,6	4,38	2,1
54	03/08/2017	2,8	0,65	0,29
55	09/08/2017	2,5	0,3	0,15
56	10/08/2017	4	0,35	0,17
57	16/08/2017	1,8	0,38	0,19
58	17/08/2017	4	0,86	1,65
59	23/08/2017	4	4	1,09

Os resultados obtidos na Tabela 1 mostraram que os quartos da iodoterapia durante o período de janeiro de 2016 à novembro de 2017 produziram uma média de 261 kg de rejeito, que as condições de armazenamento e valores da taxa de atividade para descarte do rejeito como lixo hospitalar urbano, foi liberado obedecendo a norma CNEN 6.05 Gerência de Rejeito Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (Resolução 167/2017) que estabelece o limite máximo para liberação de rejeitos como lixo urbano que é de 2 $\mu\text{Ci/Kg}$.

Na Tabela 2, observa-se que a média da quantidade de rejeito produzido por leito foi de $3,55 \pm 0,92$ kg e $3,34 \pm 0,84$ kg nos anos de 2016 e 2017, em comparação ao estudo realizado em Vitória (ES) para determinar a quantidade de resíduos infectantes gerada por leito, em hospitais de diferentes naturezas jurídicas e mostrou que, em um hospital privado, a geração de resíduos infectantes era de $2,17 \text{ kg leito}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (ADUAN *et al.*, 2014). A média de rejeito produzido por pacientes da iodoterapia se torna maior porque todos os utensílios usados nos leitos como suas vestimentas pessoais, lençóis, toalha, talher, pratos, copos e restos alimentares, são considerados rejeito radioativo. Ainda assim, é menor que o estudo feito por André *et al* (2016) sobre a geração de resíduos de saúde em hospitais em Ribeirão Preto (SP).

André *et al* (2016) mostraram que 3 (três) hospitais privados e, sendo um, além de ser privado, também é de ensino, e disponibiliza alguns leitos para o SUS. Esses hospitais apresentaram uma média de geração de RSS por leito ocupado por dia, similar aos hospitais de países desenvolvidos, com uma produção, respectivamente, de 7,24, 7,80 e 7,80 $\text{kg leito}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Destaca-se que nos EUA, os hospitais apresentavam em média uma geração de 7 a 10 $\text{kg.leito}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (WHO, 1999).

Por exemplo, os hospitais norte-americanos apresentam contexto econômico e cultural diferente dos hospitais brasileiros, logo os hospitais de Ribeirão Preto (SP) que apresentam uma grande geração RSS, podem estar relacionados à ocorrência de segregação inadequada (ANDRÉ *et al* 2016).

A avaliação feita nos quartos de internação da iodoterapia mostrou que o hospital atende os requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de Medicina Nuclear, norma CNEN 3.05 (Resolução 159/2013), sendo todos os

objetos cobertos com material plástico impermeável, paredes blindadas com barita, portas com lâminas de Chumbo de 3 mm, biombo fixo blindado com 4 cm de barita e vidro plumbífero para visualização do paciente, piso do quarto e banheiro é do tipo paviflex com cantos arredondados que facilita a descontaminação.

Segundo a Norma CNEN 3.05, os pacientes submetidos à terapia terão alta após sua taxa de exposição a 2 metros for inferior a 0,03 mSv/h (3 mR/h). Esse procedimento se justifica a fim de preservar os indivíduos do público.

A Tabela 3 mostra a média da taxa de exposição dos pacientes que foi submetido a dose de iodo para tratamento da tireóide após 24 h, medido a uma distância de 2 m.

Tabela 3. Mostra os valores médios da taxa de exposição após 24 h os pacientes terem ingerido o iodo.

Atividade administrada (mCi/MBq)	Nº Paciente	Tx da Exposição do paciente dentro do quarto (mR/h)	Tx da Exposição do paciente fora do quarto (mR/h)
100/3700	6	2,71 ± 0,43	2,00 ± 0,55
150/5550	6	2,82 ± 0,23	2,29 ± 0,47
200/7400	4	8,67 ± 0,70	7,23 ± 0,80

Os valores observados na Tabela 3 mostram que as taxas de exposição dos pacientes dentro dos quartos tiveram acréscimo devido a radiação de fundo conhecida como background (BG), por ocasião da contaminação do piso, lixo, plástico impermeável da mobília e outros objetos contaminados.

Campos (2015) avaliou a contribuição da contaminação de superfícies do quarto terapêutico na medida da taxa de exposição de pacientes de radioiodoterapia. Pelos resultados obtidos, observou-se que, apesar de realmente as superfícies contaminadas próximas ao paciente não gerarem valores significativos para determinar se o paciente podia ou não ser liberado. No entanto, neste trabalho, ao medir a taxa de exposição dos pacientes para determinar sua liberação dentro e fora do quarto, também há um acréscimo por

influência da radiação de fundo vindo do banheiro (ponto 9, Figura 3) local que possui a maior taxa de exposição dentro do leito, e foi verificado que não houve influência significativa nos resultados para determinação da alta, porém nenhum dos pacientes usavam sonda ou fraldas, acredita-se que o background pode aumentar significativamente influenciando na taxa de exposição do paciente.

Na Tabela 3, os pacientes que ingeriram I^{131} com atividade de 100 e 150 mCi, após 24 h estavam emitindo uma taxa de exposição a 2m de distância de $2,71 \pm 0,43$ e $2,82 \pm 0,23$ mR/h sendo o recomendável para alta do quarto valores inferiores a 3 mR/h. Para os pacientes que receberam doses de 200 mCi, estes necessitaram de 36 a 48 h de internação, suas taxas de exposição a mesma distância foi $8,67 \pm 0,70$ mR/h. Uma interpretação similar foi encontrada no trabalho de Silva e Santos (2015), onde os pacientes entre doses de 250 e 400 mCi apresentaram maiores taxa de exposição após 24 h, com valores superiores a 3 mR/h.

A estimativa de dose à exposição da radiação produzida pela incorporação do I^{131} produzida por pacientes gera dificuldades para as autoridades normativas de diferentes países por causa da interpretação das recomendações da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) e Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP). Em 2006, a AIEA recomendou para liberação de paciente o nível a 1m seria 7 mR/h. A orientação da União Europeia (EU), para liberar os pacientes a exposição de radiação a 1 m deve ser menor que 2 mR/h (ZHANG *et al*,2014), no Brasil, a CNEN antes de 2013 adotava a distância 1 m exposição menor que 6,6 mR/h.

Zhang *et al* (2014) no seu estudo com chineses, encontraram que as doses de exposição dos pacientes após 24h com atividade de até 150 mCi/5550 MBq também estava abaixo dos limites para recebimento de alta, uma vez que a China adota que a distância de 1m a taxa de exposição deve ser de 7 mR/h. Porém Zhang *et al* (2014), ainda no seu trabalho chamaram a atenção que os pacientes chineses em relação aos pacientes do Reino Unido, diminuiriam mais rápido a dose de exposição, acreditando que a raça, tipo de corpo, hábitos alimentares, condições ambientais seja a causa principal. Ainda

não se tem uma pesquisa sobre os efeitos desses fatores à exposição da radiação.

Para o levantamento radiométrico nos quartos da iodoterapia (Figura 3) foi feito no período de internação dos pacientes submetido ao tratamento com I^{131} . Encontrou-se nesta pesquisa realizada com 16 pacientes, uma taxa de dose efetiva média de 0,1 mSv, o que mostrou que esses pacientes não ofereciam risco à saúde dos IOE e familiares, porém, o tempo de contato deve ser breve pelo menos nas primeiras 48 horas (limite de 5mSv para acompanhantes ou voluntários, é importante que para crianças esse valor não exceda 1 mSv - CNEN 3.01/2014). Os valores foram adquiridos pelos pontos 5 e 6 com distância de 1m da tireóide com I^{131} e pontos 7 e 8 a uma distância 2 m da tireóide.

Os rejeitos radioativos produzidos nos quartos da iodoterapia precisam ser armazenados no depósito, de acordo com a Figura 3 (item 10). Esse trajeto é feito pelos IOE's com taxa de exposição média de 1,95 mR/h e dose de 0,017 mSv, valor bem inferior aos limites permitido de 5 mSv. Durante o trajeto o trabalhador estava de avental plumbífero de 0,5 mm de chumbo. Essas observações também foram feitas por Silva e Santos (2015) em sua pesquisa de gerenciamento de rejeitos radioativos da iodoterapia que o avental de chumbo 0,5 mm protegia a região geniturinária a uma taxa de exposição de 3 mR/h no trajeto de 5 minutos da equipe para o depósito de rejeito.

A avaliação feita nos quartos de internação mostrou que o hospital atende os requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de Medicina Nuclear, norma CNEN 3.05 (Resolução 159/2013), sendo todos os objetos cobertos com material plástico impermeável, paredes blindadas com barita, portas com lâminas de chumbo de 3 mm, biombo fixo blindado com 4 cm de barita e vidro plumbífero para visualização do paciente, piso do quarto e banheiro é do tipo Paviflex com cantos arredondados que facilita a descontaminação.

Na área do depósito dos rejeitos considerada como fonte radioativa (Figura 3, item 10) a qual tem capacidade para 770 litros (1,40 x 1,10 x 0,80 m), em cujas vizinhanças tem um corredor que é chamado de área livre (1), expurgo (2) e recepção (3).

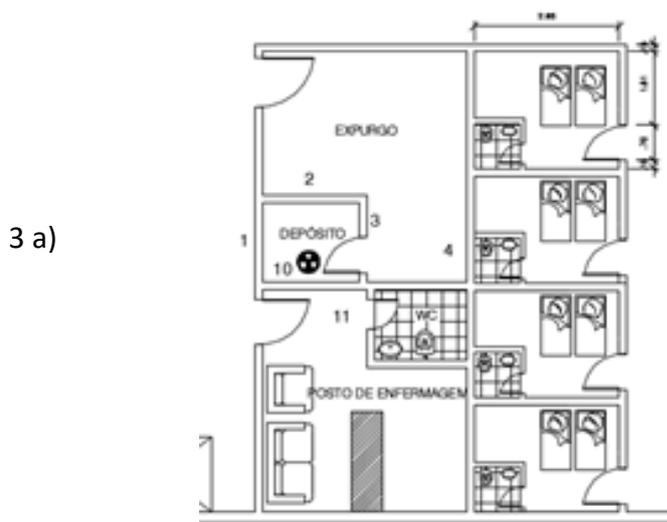


Figura: 3 a) Recorte da Figura 3 - Área circunvizinhas ao depósito de rejeito radioativo

Neste levantamento radiométrico para determinar a dose equivalente emitida pelo depósito utilizou-se a Equação 3, e adotou-se: fator de Uso (U) 1, fator ocupacional (T) 1/4 para o Posto de Enfermagem (item 1) e 1/20 para o corredor e expurgo (itens 1, 2, 3 e 4), considerando áreas de ocupação parcial de tráfego de pessoas. Encontrou-se na região de contorno da fonte a dose equivalente de 0,01 mSv/sem, ou seja, um trabalhador no Posto de Enfermagem da Figura 3 (item 11) trabalhando 40 horas semanais, estará recebendo uma dose mensal de 0,01 mSv. Em comparação a norma CNEN esse valor para trabalhadores ocupacionalmente expostos não poderá exceder 0,4 mSv/sem e para os indivíduos do público chegar a 0,02 mSv/sem (CNEN 3.01). Entretanto, apesar do depósito ter suas paredes circunvizinhas ao Posto de Enfermagem, isso mostra que sua blindagem faz uma boa atenuação à radiação oriunda dos rejeitos radioativos.

Para determinar as Doses Efetivas Acumuladas (DEA) dos trabalhadores ocupacionalmente expostos, os quais são responsáveis pela iodoterapia, esta pesquisa foi feita com análise documental dos registros de doses dos trabalhadores expostos à radiação ionizante referente aos anos de 2015 a 2017. As Figuras 4, 5 e 6 (a-b) representam a taxa de exposição desses profissionais por período em meses.

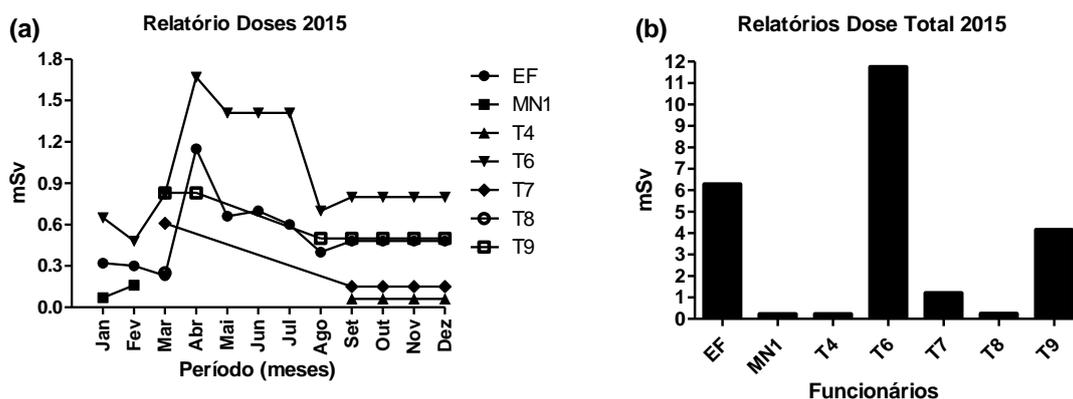


Figura 4. Dose efetiva acumulada (mSv) pelos IOE's em 2015. EF=Enfermeiros, MN 1= Médico Nuclear 1 e T = Técnicos.

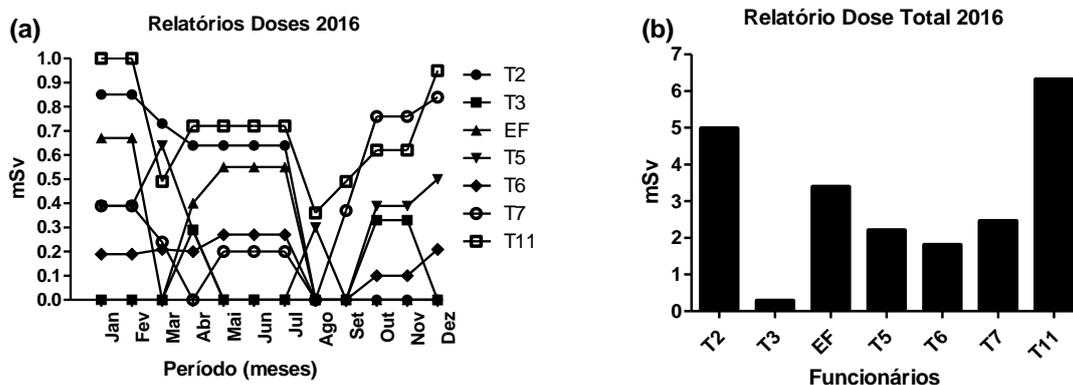


Figura 5. Dose efetiva acumulada (mSv) pelos IOE's na clínica em 2016. EF=Enfermeiros, T=Técnicos

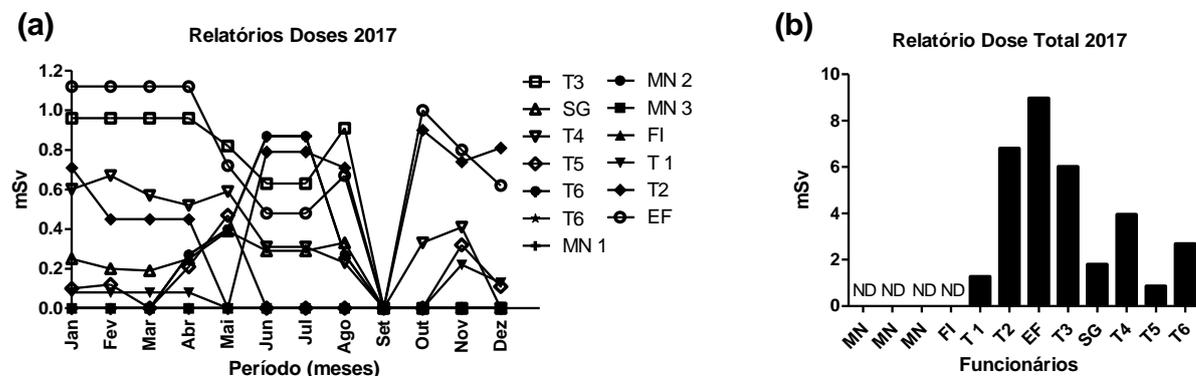


Figura 6. Dose efetiva acumulada (mSv) pelos IOE's em 2017. MN=Medicina Nuclear, FI=Físico, T=Técnico, EF=Enfermeiros, SG=Serviços Gerais, ND= Doses ≤ 0,20 mSv.

Em seguida analisaram-se as doses dos IOE, que estão de acordo com os níveis de dose aceitável pela norma NN 3.01 da CNEN.

Nos estudos de Tomasina *et al* (2010), os autores mostraram que os setores que recebiam maiores doses em ordem decrescente são: radioterapia oncológica, medicina nuclear, hemodinâmica e radiodiagnóstico. Nesse mesmo trabalho que analisou os dosímetros dos trabalhadores de 2003 a 2006, mostrou que os trabalhadores de Medicina Nuclear também não superaram os limites anuais de referências, mas o desejável seria que os trabalhadores dessa área não fossem expostos a valores de radiação. Sabe-se que mesmo valores de pequenas doses ao longo dos anos podem induzir também os efeitos biológicos como é o caso do efeito estocástico gerado pela radiação ionizante.

No presente trabalho, a Figura 4 (a-b) mostra que as maiores DEA de 2015 foram dos funcionários Técnico -T6 de $11,75 \pm 0,10$ mSv e Enfermeiro - EF $6,28 \pm 0,11$ mSv. Nesse ano também percebeu-se que em alguns meses dosímetros registraram valores mensais acima de 1,20 mSv considerado como índice de investigação. Para valores inferiores a 0,20 mSv, a empresa responsável pela leitura dos dosímetros utiliza-se da sigla BG (background), considerando baixa dose de radiação.

O procedimento adotado pela equipe de Medicina Nuclear para proteger os trabalhadores que atingiram o nível de investigação, foi mudar de setor e rotina de serviço. E percebeu-se que nos anos posteriores nenhum IOE estava com dose efetiva elevada no decorrer do mês.

Para o ano de 2016, a Figura 5 (a-b) mostra que o maior DEA foi para o funcionário Técnico - T11 de $6,32 \pm 0,03$ mSv e no ano 2017 na Figura 06 (a-b), esse parâmetro foi avaliado para o Enfermeiro - EF e Técnico - T3 com $6,83 \pm 0,50$ mSv. Em todos os anos, observou-se que havia técnicos com dosimetria elevada em relação aos demais profissionais, mas, isso não significa que seus valores atingiram o limite acima tolerável pela CNEN que é de 20 mSv, ou seja, o limite de dose anual para indivíduo ocupacionalmente exposto.

No trabalho de Budecheski (2016), o qual foi realizado em duas clínicas de Curitiba (PR), os técnicos também apresentaram maiores DEA em relação aos demais membros da equipe, com valores 16,8 mSv.

Um dos motivos para justificar porque esse profissional recebeu maiores dose de radiação é o fato do mesmo fazer a maior parte de rotina na clínica com uso de fontes não seladas, tais como: eluição do gerador de ^{99m}Tc , preparação dos kits radiofármacos, ou seja, juntar o fármaco com o material radioativo para serem administrados aos pacientes, posicionamento do paciente já administrado com material radioativo para geração da imagem, tempo de permanência na sala de preparo conhecida como sala quente, também tende a aumentar a dose acumulada, devido essa sala ser um dos locais de maiores níveis radiométricos, conforme estudo realizado por Oliveira *et al* (2016).

Nos anos de 2015 a 2017, as Figuras 4 e 5 (a-b) mostram que os profissionais da Enfermagem (EF) apresentaram doses anuais de $6,28 \pm 0,11$ mSv e $6,83 \pm 0,50$ mSv, respectivamente. Uma das justificativas pode ser que além destes serem responsáveis da administração intravenosa dos radiofármacos nos pacientes, também administraram a dose de iodo-131 em pacientes para tratar metástases do carcinoma diferenciado da tireóide, com atividade acima de 30 mCi.

Para o grupo dos médicos nucleares, somente o ano de 2015 houve registro de incidência, conforme ilustrado na Figura 4b. A dose maior encontrada foi de $0,23 \pm 0,04$ mSv, do Médico Nuclear - MN1. Segundo Budescheski (2016), os Médicos Nucleares possuíam doses bem abaixo da equipe Técnica e Enfermagem, o que é justificado pelo fato dos médicos não permanecerem na administração dos radiofármacos aos pacientes, e o tempo maior de exposição desses profissionais é às vezes durante os testes ergométricos dos pacientes para realização de exames de miocárdio.

Entre os físicos, não houve nenhum registro nos últimos 3 anos. De fato, esses profissionais não atuam de forma rotineira na sala quente, conforme relato por Oliveira *et al* (2016) em sua pesquisa a qual mostrou que quanto maior a permanência IOE's, maior será a dose recebida de radiação, sendo está o maior fator de contribuição na dose acumulada.

4. CONCLUSÕES

O gerenciamento de rejeitos radioativos é composto de várias etapas, abrangendo a geração até o destino do depósito, levando em considerando a coleta, segregação dos diversos tipos, transporte, caracterização, tratamento, armazenamento, decaimento e despacho final.

Observou-se que o hospital em estudo obedece às exigências da norma CNEN-6.05 e que as condições de armazenamento e descarte foram satisfatórias. Apesar de falha no inventário por falta de alguns dados não estarem preenchidos nos formulários de controle, mas com uso das equações aqui apresentadas, pode-se encontrar que a taxa de exposição do descarte foi inferior ao permissível de 2 $\mu\text{Ci}/\text{kg}$ e com a quantidade de rejeito radioativo produzido atendendo às recomendações normativas.

Para pacientes com doses maiores que 200 mCi percebeu-se que os pacientes necessitaram de 36 a 48 horas para receberem alta da internação. Nesses pacientes às taxas de exposição foram maiores que o limite máximo tolerável de 3 mR/h. O estudo pode nos mostrar que, o local escolhido para medir a taxa de exposição emitida pelo paciente dentro do quarto houve uma variação média de 20% maior em relação quando medida fora do quarto, mas não é significativa para definir se o paciente pode ou não ser liberado.

Pelo levantamento radiométrico nos mostra que o tratamento pode ser realizado fora do ambiente ambulatorial, os pacientes não emitem radiação que possa colocar em risco a saúde dos IOE's e familiares. Esses pacientes poderiam tomar a dose de I^{131} em casa, tendo cuidado com o tempo de contato com as pessoas serem breve pelo menos nas primeiras 48 horas, os rejeitos produzidos por eles o tempo de 90 dias é suficiente para o decaimento radioativo não provocando impacto ao meio ambiente.

Com relação à eliminação dos rejeitos líquidos, apesar de não ter sido possível verificar as concentrações dos mesmos no momento de lançamento no esgoto, estima-se que o tempo de percurso do esgoto do hospital até a estação de tratamento que é aproximadamente de 4km seja suficiente para atingir o valor permitido de 9,3 Bq/m^3 anualmente (CNEN 6.05/2014), mas esse será a próxima investigação para verificação se está ocorrendo impactos ambientais e danos à saúde pública.

5.REFERÊNCIAS

ADUAN, S. A.; BRAGA, F. S.; ZANDONADE, E.; SALLES, D. C.; NOIL, A. M.; LANGE, L. C. Avaliação dos resíduos de serviços de saúde do Grupo A em hospitais de Vitória (ES), Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 413-420, 2014.

ANDRÉ, S. C. S.; VEIGA, T. B; TAKAYANAGUI, A. M. Geração de resíduos de serviços de saúde em hospitais do município de Ribeirão Preto (SP), Brasil. Engenharia Sanitária Ambiental, v.21 n.1, p.123-130, 2016.

ANDREUCCI, R. Proteção Radiológica Aspectos Industriais. ABENDI, SP ed jan 2016.

ANVISA; Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada da ANVISA – RDC 306. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0306_07_12_2004.pdf/95eac678-d441-4033-a5ab-f0276d56aaa6, 2014.

BERERHI, C. A. R. Radiation exposure levels in relatives of patients after radioiodine therapy. SQU Journal for Scientific Reseach, Medical Sciences, College of Medicine. Sultan Qaboos University, n. 2, p. 87-90, 2000.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.

BUDESCESKI, S. O; SILVA, F. L; BADELLI, J. C. Avaliação dosimétrica de indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) em Medicina Nuclear. Revista Technoeng, v. 1, n°13, p. 92-111, 2016.

CAMPOS, Rafael Ferreira. Avaliação da contribuição da contaminação de superfícies do quarto terapêutico na medida da taxa de exposição de pacientes de radioiodoterapia. TCC (Pós Graduação em Proteção Radiológica e Segurança de Fontes Radioativas) – Instituto de Radioproteção e Dosimetria – CNEN. Rio de Janeiro, p.33. 2015.

CHANG, J. C. M; MOREIRA, J. P. Tratamiento con yodo radiactivo en hipertiroidismo. Revista Hosp Clin Univ Chile, v. 25, p. 285 – 90, 2014.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação. Norma CNEN NN 6.05, Resolução CNEN 167/14.

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

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviço de Medicina Nuclear CNEN-NN-3.05; resolução 2013.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 358, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm.codlegi=462>.

COOPER, D. S; Doherty, G. M; HAUGEN, B. R; KLOOS, R. T; LEE, S. L; MANDEL, S. J; MAZZAFERRI, E. L; MCIVER, B. SHERMAN, S. I, TUTTLE, R. M. Management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. *Thyroid*. n. 16, p. 1-33, 2006.

CORONHO, V.; PETROIAANU, A.; SANTANA, E. M.; PIMENTA, L. G. Tratado de endocrinologia e cirurgia endócrina. 1º edição; Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001; p. 466-77.

DIAS GL; SARTURI F; CAMPONOGARA S; *et al.* Análise da taxa de geração de resíduos de serviços de saúde em um hospital universitário. *Rev Fund Care Online*. 2017, v. 9, n. 1, p. 92-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.9789/2175-5361.2017.v9i1.92-98>

GUERRA, Sidney. Resíduos sólidos: comentários à Lei 12.305/2010. Rio de Janeiro: Forense, 2012.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY,IAEA. Nuclear Medicine Resources Manual; International Atomic Energy Agency: Vienna, Austria, 2006.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. ICRP Publication 94, Release of Patients after Therapy with Unsealed Radionuclides; Pergamon Press: Oxford, UK, 2004.

KRAWCZYK, E.; PIÑERO-GARCÍA, F.; FERRO-GARCÍA, M. A. Discharges of nuclear medicine radioisotopes in Spanish hospitals. *Journal of environmental radioactivity*, v. 116, p. 93-98, 2013.

LIRA, R. F. *et al.* Verificação do uso de dosímetros individuais em serviço de medicina nuclear de Pernambuco nos anos de 2002 a 2010. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, p. 26-29, 2015.

MENDES, A. A.; VEIGA, T, B; *et al.* Resíduos de serviços de saúde em serviço de atendimento pré-hospitalar móvel. *Revista Brasileira de Enfermagem REBEN*, v. 68; n. 6; p. 1122-9, 2015.

MENDONÇA, K. M. C. Avaliação dosimétrica de familiares e ambientes domiciliar de pacientes com hipertireoidismo submetidos à radioiodoterapia ambulatorial. Tese (Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco). UFPE. Recife. 2016. P.12.

OLIVEIRA *et al.*, Modelo quantitativo de avaliação da contribuição de cada fonte radioativa na dose individual externa Hx em trabalhador de serviço de medicina nuclear. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, 2016; v. 4, n. 2, p.01-06.

PACINI F, SCHLUMBERGER, M.; DRALLE, H.; ELISEI, R. SMIT, J.W. A.; WIERSINGA, W. M.; and the European Thyroid Cancer Taskforce 2006 Consensus Statement. European consensus for the management of patients with differentiated thyroid carcinoma of the follicular epithelium. *Eur J Endocrinol*. 154:787- 803.

RISSATO, Maria Lúcia Iodoterapia: avaliação crítica de procedimentos de precaução e manuseio dos rejeitos radioativos gerados em unidade de internação hospitalar. Dissertação mestrado UNIARA - Araraquara, 2007;129p.

SILVA R M, SANTOS H C. Gerenciamento de Rejeitos Radioativos da Iodoterapia. Brazilian Journal of Radiation Sciences. 2015; p 5.

Teixeira MV, Echevarría-Guanilo ME, Knuth FG, *et al.* Avaliação da Gestão dos Resíduos em Unidades Básicas de Saúde de um Município Sul-Brasileiro. Rev Fund Care Online. 2018 jul./set.; 10(3):824-831. DOI: <http://dx.doi.org/10.9789/2175-5361.2018.v10i3.824-831>

TOMASINA, F *et al*, Vigilancia de la exposición a radiaciones ionizantes em el personal universitario de la salud. Revista Cubana de Salud Pública, v. 36, n. 1, p. 119-127, 2010.

WORLD ORGANIZATION HEALTH (WHO). Safe management of wastes from health-care activities. Geneva: WHO, 1999.

XAVIER, AM. Gerência de rejeitos radioativos. Rio de Janeiro: CNEN, 2012. Disponível em: <<http://www.ilea.ufrgs.br/radioisotopos/Aula%2025%20Julho%20arquivo%203.pdf>>

ZHANG, H; JIAO, L; CUI, S; *et al.* The study of external dose rate and retained body activity of patients receiving ¹³¹I therapy for differentiated thyroid carcinoma. Int. J. Environ. Res. Public. Health, v. 11, 10991-11003, 2014.

Atividades Desenvolvidas no Período





ANEXO A: Normas para submissão na Revista

1 Introduction

Nonononononon nonononon nonononononononono, nonononn, nononono, nnnn, nonono nononononononon ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoonono nonoon nono non non onon nono non

Ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoonono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoonono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono.

1.1 Subsection Example

Nonononononon nonononon nononononono nonono (NONO-NONO, 2007) nono nonn, nononono, nnnn, nonono nononononononon ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoonono nonoon nono non non onon nono non.

1.1.1 Subsubsection Example

Nonononononon nonononon nononononono nonono (NONO-NONO, 2007) nono nonn, nononono, nnnn, nonono nononononononon ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoonono nonoon nono non non onon nono non.

2 How to Include Figures

The figures should preferably be in PDF or TIFF format. You can include pictures in your work. For example, see Figure 1.

Note that you can include figures in the two-column format respecting the edges of the article, as in Figure 2. You can also include and reference subfigures, such as Figure 2 (a) and Figure 2 (b).



Figure 1 - Figure caption model

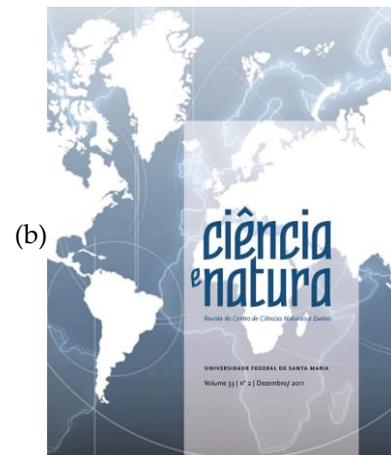
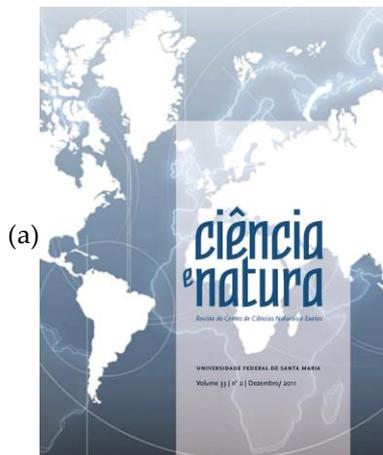


Figure 2 – Figure 2(a) and figure 2(b)

Nonononononon nonononon nonononononononono, nonononn, nononono,
 nnnn, nonono nononononononon ononono n onononono nono no nonon ononon
 nononono onnonoononoonononono nonoon nono non non onon nono non

Ononono n onononono nono no nonon ononon nononono
 onnonoononoonononono nonoon nono non non onon nono o nonon ononon nononono
 onnononononononononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono
 nono.

3 Examples of Tables and Equations

Exemple Table 1

Table 1 – Example table 1

Name	Score	Name	Score
Richard	11,999	Paul	19,566
John	12,333	Doe	23,333
Richard	12,323	Miles	48,989

Exemple Table 2

Table 2 – Exemple table 2

	Latitude (°)	Longitude (°)
P ₁	25°25'25,000000"	-25°25'25,000000"
P ₂	-25°25'25,000000"	120°25'25,000000"
P ₃	00°00'0,003240"	89°59'59,996760"
P ₄	00°00'0,003240"	179°59'59,996760"

An example of a numbered equation can be found in (1).

$$d(F_2P) = \sqrt{Z_p^2 + (c - Y_p)^2} \quad (1)$$

Only equations referenced in the text should be numbered.

4 Examples of citations

Nonoo nono no no no Castro et al. (2001) nono nono nono. Silva e Andrade (2002) nonononon nonon no n, nonono, nononon nonoo (FANTUCCI, 2001; SILVA; ANDRADE, 2002) nonon nnon ono non n o nono nonono no noo, nnon o, nononono, nononon nono o onononon o onononn. Nonon nnon ono non n o nono nonono no noo, nnon o, nononono, nononon nono o onononon o onononn.

Nonon nnon ono non n o nono nonono no noo, nnon o, nononono, nononon nono o onononon o onononn. Nonon nnon ono non n o nono nonono no noo, nnon o, nononono, nononon nono o onononon o onononn.

Nonon nnon ono non n o nono nonono no noo, nnon o, nononono, nononon nono o onononon o onononn. Nonon nnon ono non n o nono nonono no noo, nnon o,

nononono, nononon nono o onononon o onononn. Nonon nnon ono non n o nono
nonono no noo, nnon o, nononono, nononon nono o onononon o onononn.

Nonon nnon ono non n o nono nonono no noo, nnon o, nononono, nononon
nono o onononon o onononn.

Nonono, nonono, nonononononononn nono no on nonono nonon o nono nono no
nonon ono nonono, nonono, nonononononononn nono no on nonono nonon o nono
nono no nonon ono non ono nnon nn on o non onono non o onnon nono no, n o n on
on onon ono non nonono nono nono nonon on non no nonono,
nonono,nonononononononn nono no on nonono nonon o nono nono no nonon ono non
ono nnon nn on o non onono non o onnon n, no no, n o n on on onon ono non nonono
nono nono nonon on non no nononononono nno non ononon. (ANDRADE, 2002,
p.10)

5 Conclusions

Include your conclusions here. Include your conclusions here. Include your
conclusions here. Include your conclusions here. Nonono, nonono, nonononononononn
nono no on nonono nonon o nono nono no nonon ono nonono, nonono,
nonononononononn nono no on nonono nonon o nono nono no nonon ono nonono,
nonono, nonononononononn nono no on nonono nonon o nono nono no nonon ono
nonono, nonono, nonononononononn nono no on nonono nonon o nono nono no
nonon ono nonono, nonono, nonononononononn nono no on nonono nonon o nono
nono no nonon ono nonono, nonono, nonononononononn nono no on nonono nonon o
nono nono no nonon ono.

Nonono, nonono, nonononononononn nono no on nonono nonon o nono nono
no nonon ono nonono, nonono, nonononononononn nono no on nonono nonon o nono
nono no nonon ono nonono, nonono, nonononononononn nono no on nonono nonon o
nono nono no nonon ono nonono, nonono,nonononononononn nono no on nonono
nonon o nono nono no nonon ono nonono, nonono, nonononononononn nono no on
nonono nonon o nono nonono, nonono, nonononononononn nono no on nonono
nonon o nono nono no nonon ono nonono, nonono, nonononononononn nono no on
nonono nonon o nono nono no nonon ono nonono, nonono, nonononononononn nono no on
nonono nonon o nono nono no nonon ono.

Acknowledgment

Thanks to reviewers, collaborators and development agencies.

This part may be placed after the article is approved, so as not to compromise the blind review.

References

GERAUD G, SPIERINGS EL, KEYWOOD C. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. *Headache*. 2002;42 Suppl 2:S93-9.

Examples of Articles in Periodicals

Structure:

Authors. Title of the paper. Title of the periodical. Year of publication; Volume(number):Page numbers.

Observations:

- After the publication year, do NOT use spacing.
- Official abbreviations for the title of the periodicals must be used. For national journals that are members of SciELO, this information may be attained on the journal's website, on the "About Us" section. Concerning the abbreviation of international periodicals, the "Index Medicus - abbreviations of journal titles" (<http://www2.bg.am.poznan.pl/czasopisma/medicus.php?lang=eng>) must be consulted.
- When listing papers with more than six (06) authors, the expression "et al" must be used after the sixth author.

• Standard paper

VU RL, HELMESTE D, AL, REIST C. Rapid determination of venlafaxine and Odesmethylvenlafaxine in human plasma by high-performance liquid chromatography with fluorimetric detection. *J. Chromatogr. B*. 1997;703(1-2):195–201.

• Volume with supplement

GERAUD G, SPIERINGS EL, KEYWOOD C. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. *Headache*. 2002;42 Suppl 2:S93-9.

• Number with supplement

GLAUSER TA. Integrating clinical trial data into clinical practice. *Neurology*. 2002;58(12 Suppl 7):S6-12.

• Number without volume

BANIT DM, KAUFER H, HARTFORD JM. Intraoperative frozen section analysis in revision total joint arthroplasty. *Clin Orthop*. 2002;(401):230-8.

• No volume and no number

Outreach: bringing HIV-positive individuals into care. *HRSA Careaction*. 2002:1-6

• Paper in a language that is not portuguese, english nor spanish

HIRAYAMA T, KOBAYASHI T, FUJITA T, FUJINO O. [A case of severe mental retardation with blepharophimosis, ptosis, microphthalmia, microcephalus, hypogonadism and short stature-the difference from Ohdo blepharophimosis syndrome]. *No To Hattatsu*. 2004;36(3):253-7. Japanese.

• **Paper without authors data**

21st century heart solution may have a sting in the tail. *BMJ*. 2002;325(7357):184.

• **Paper in electronic periodical**

SANTANA RF, SANTOS I. Transcender com a natureza: a espiritualidade para os idosos. *Rev. Eletr. Enf.* [Internet]. 2005 [cited 2006 jan 12];7(2):148-58. Available from: http://www.fen.ufg.br/revista/revista7_2/original_02.htm.

• **Paper accepted for publication, available online**

SANTANA FR, NAKATANI AYK, FREITAS RAMM, SOUZA ACS, BACHION MM. Integralidade do cuidado: concepções e práticas de docentes de graduação em enfermagem do estado de Goiás. *Ciênc. saúde coletiva* [internet]. Forthcoming. [cited 2009 mar 09]. Author's manuscript available at: http://www.abrasco.org.br/cienciaesaudecoletiva/artigos/artigo_int.php?id_artigo=2494.

Books

• **With a single author**

DEMO P. *Auto-ajuda: uma sociologia da ingenuidade como condição humana*. 1st ed. Petrópolis: Vozes; 2005.

• **Organizer, editor or compiler as author**

BRIGTH MA, editor. *Holistic nursing and healing*. Philadelphia: FA Davis Company; 2002.

• **Book chapter**

MEDEIROS M, MUNARI DB, BEZERRA ALQ, ALVES MA. Pesquisa qualitativa em saúde: implicações éticas. In: GHILHEM D, ZICKER F, editors. *Ética na pesquisa em saúde: avanços e desafios*. Brasília: Letras Livres UnB; 2007. p. 99-118.

• **Institution as author**

SECRETARIA EXECUTIVA, Ministério da Saúde. *Sistema Único de Saúde (SUS): princípios e conquista*. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde, 2000. 44 p.

• **Book with translator**

STEIN E. *Anorectal and colon diseases: textbook and color atlas of proctology*. 1st Engl. ed. Burgdorf WH, translator. Berlin: Springer; c2003. 522 p.

• **Book available online**

SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INSUMOS ESTRATÉGICOS; Ministério da Saúde. *Por que pesquisa em saúde? Série B. Textos Básicos de Saúde. Série Pesquisa para Saúde: Textos para Tomada de Decisão* [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2007 [cited 2009 Mar 09]. Available from: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/pq_pesquisa_em_saude.pdf.

Monography, Dissertation and Thesis

• **Monography**

TONON FL, SILVA JMC. *O processo de enfermagem e a teoria do autocuidado de Orem no atendimento ao paciente submetido à cirurgia de próstata: implementação de um plano de cuidados individualizado no preparo para a alta hospitalar* [monography]. São Carlos: Departamento de Enfermagem/UFSCar; 2005.

• **Dissertation**

COELHO MA. Planejamento e execução de atividades de enfermagem em hospital de rede pública de assistência, em Goiânia/GO [dissertation]. Goiânia: Faculdade de Enfermagem/UFG; 2007. 119 p.

- **Thesis**

SOUZA ACS. Risco biológico e biossegurança no cotidiano de enfermeiros e auxiliares de enfermagem [thesis]. Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem/USP; 2001. 65 p.

Examples of Works in Scientific Events

- **Conference proceedings**

MUNARI DB, MEDEIROS M, BEZERRA ALQ, ROSSO, CFW. The group facilitating interpersonal competence development: a brazilian experience of mental health teaching. In: Proceedings of the 16th International Congress of Group Psychotherapy [CD-ROM]; 2006 jul 17-21; São Paulo, Brasil. p. 135-6.

RICE AS, FARQUHAR-SMITH WP, BRIDGES D, BROOKS JW. Canabinoids and pain. In: DOSTOROVSKY JO, CARR DB, KOLTZENBURG M, editors. Proceedings of the 10th World Congress on Pain; 2002 Aug 17-22; San Diego, CA. Seattle (WA): IASP Press; c2003. p. 437-68.

- **Conference Proceedings available online**

CENTA ML, OBERHOFER PR, CHAMMAS J. A comunicação entre a puérpera e o profissional de saúde. In: Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Comunicação em Enfermagem [Internet]; 2002 Maio 02-03; São Paulo, Brasil. 2002 [cited 2008 dec 31]. Available from: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/sibracen/n8v1/v1a060.pdf>.

- **Work presented on scientific event**

ROBAZZI MLCC, CARVALHO EC, MARZIALE MHP. Nursing care and attention for children victims of occupational accident. Conference and Exhibition Guide of the 3rd International Conference of the Global Network of WHO Collaborating Centers for Nursing & Midwifery; 2000 July 25-28; Manchester; UK. Geneva: WHO; 2000.

Other Publications

- **Journals**

SOUZA H, PEREIRA JLP. O orçamento da criança. Folha de São Paulo. 1995 maio 02; Opinião: 1º Caderno.

- **Paper form internet Journal**

DEUS J. Pacto visa o fortalecimento do SUS em todo estado de Mato Grosso. Diário de Cuiabá [Internet]. 2006 Apr 25 [cited 2009 feb 16]. Saúde. Available from: <http://www.diariodecuiaba.com.br/detalhe.php?cod=251738>.

- **Laws/ordinances**

MINISTÉRIO DA SAÚDE; Conselho Nacional de Saúde. Resolução N° 196/96 – Normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde; 1996. Conselho Federal de Enfermagem. Resolução COFEN-311/2007. Aprova a Reformulação do Código de Ética dos Profissionais de Enfermagem. Rio de Janeiro (Brasil): COFEN; 2007.

- **Online database**

SHAH PS, ALIWALAS LI, SHAH V. Breastfeeding or breast milk for procedural pain in neonates. 2006 Jul 19 [cited 2009 mar 02]. In: The Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Ltd. c1999 – . Available from: <http://www.mrw.interscience.wiley.com/cochrane/clsystrev/articles/CD004950/frame.html> Record No.: CD004950.

- **Text from a website**

Carvalho G. Pactos do SUS – 2005 – Comentários Preliminares [Internet]. Campinas: Instituto de Direito Sanitário Aplicado; 2005 Nov 15 [cited 2009 mar 11]. Available from: http://www.idisa.org.br/site/artigos/visualiza_conteudo1.php?id=1638

- **Publication on the Union Official Diary**

Lei N. 8.842 de 4 de janeiro de 1994. Dispõe sobre a Política Nacional do Idoso, cria o Conselho Nacional do Idoso e dá outras providências. Diário Oficial da União (Brasília). 1994 Jan 05.

- **Internet Homepage**

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [Internet]. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (BR) [cited 2009 feb 27]. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Síntese de Indicadores 2005. Available from:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2005/default.shtm>

DATASUS [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde (BR) [cited 2006 oct 20]. Departamento de Informática do SUS – DATASUS. Available from: <http://w3.datasus.gov.br/datasus/datasus.php>.

For more information on references access International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Sample References:

(http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html), or see the website Citing Medicine

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=citmed.TOC&depth=2>).

ANEXO B: Normas para submissão na Revista

Radiometric survey and management of radioactive waste produced by patients on ¹³¹I treatment

Elsom José Gomes Santos¹, Alessandra Sampaio Couto¹, Higor Leonardo Gomes Santos Martins¹, Leticia Stella Gomes Santos Martins¹ and Wolia Costa Gomes¹

¹Ceuma University - Masters in Environmental, São Luís - MA, Brazil
elsom.jose@ceuma.br

¹Ceuma University - Masters in Environmental, São Luís - MA, Brazil
alessandra.sampaio@ceuma.br

¹Ceuma University - Masters in Environmental, São Luís - MA, Brazil
enghigorleonardo@outlook.com.

¹Ceuma University - Masters in Environmental, São Luís - MA, Brazil
leticiastella@gmail.com

¹Ceuma University - Masters in Environmental, São Luís - MA, Brazil
woliacg@gmail.com

Abstract

The objective of this study was to perform a radiometric survey of exposures to Occupationally Exposed Individuals (IOE's) and to evaluate the management of radioactive waste produced by patients treated with Iodine-131 (¹³¹I) in a Hospital in the Municipality of São Luís / MA, Brazil. Measurements of the radiometric levels were carried out with radiation measuring devices at strategic points in the hospital bed and the areas surrounding the tailings deposit. During 4 months, the team of professionals and the use of equations of exposure rate, activity and equivalent dose were analyzed the management of the waste disposal and the exposure received by IOE's. It was concluded that the discarded waste had a level lower than 2 $\mu\text{Ci} / \text{kg}$ complying with CNEN 6.05 standard, patients who were given ¹³¹I with activity of 100 and 150 mCi, needed to be hospitalized for only 24 hours, while those with 200 mCi activity required from 36 to 48 hours of hospitalization. The exposure rate emitted by the wastes in the iodine rooms was 1.95 mR / h and in the area near the deposit the IOE's would be receiving an equivalent dose of 0.01 mSv per week, values below the maximum limit allowed by CNEN 3.01 / 2014.

Keywords: nuclear medicine. radioactive waste. Iodine therapy

1 Introduction

The lack of waste management produced by the various human activities can result in several problems that affect the health of the population, among them, the contamination of water, soil, atmosphere among others, irreversibly (MENDES, 2015).

The environmental concern is present in the Brazilian Legislation. The 23rd Article of the Federal Constitution of 1988 provides, as a common competence of the Union, the States, the Federal District and Municipalities, the protection of the environment and the struggle against pollution in any of its forms.

Another example is art. 225 which gives all Brazilian citizens the right to an ecologically balanced environment, a common use of the people and essential to a healthy quality of life, and it is also the responsibility of the population to defend and preserve it for present and future generations (BRASIL,2006).

In Brazil, in order to standardize actions related to solid health waste management (HWM), the National Environmental Council (CONAMA 358/2005) and the National Health Surveillance Agency (ANVISA 306/2004) regulate and establish guidelines for the management of this waste. Among the guidelines, the main one foresees the elaboration of the Plan of Management of Waste of the Health Service (PMWHS) by the health establishments. (DIAS GL et al 2017)

The PMWHS is a document that describes in detail all actions related to the management of HWM in some establishments that operate in the area of Nuclear Medicine is called the Radiation Protection Plan (RPD) and must follow all the steps of Figure 1 (DIAS GL et al 2017).

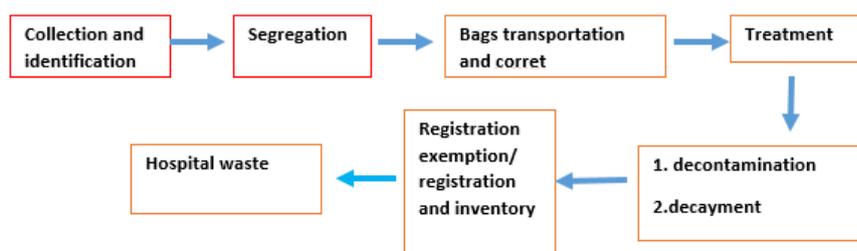


Figure 1: Radioactive Rejects Management - adaptation by author CNEN-8.01, 2014.

This management or control is of supreme importance due to the Nuclear Medicine (NM), which performs both diagnosis and therapeutic treatment. Handling, production, possession and use of sources, as well as the transportation, storage and segregation of radioactive waste are used. To this end, it is necessary to guarantee the safety of Occupationally Exposed Individuals (OEI) working with ionizing radiation, as defined by the CNEN (National Commission for Nuclear Energy) (CNEN 3.01 / 2014) Basic Directive on Radiological Protection.

In the therapeutic treatment is used the radioisotope Iodine -131, for the therapy of hyperthyroidism or treatment of thyroid metastases, because it has a half-life of 8.04 days and energy level of gamma rays 364 keV and 0,61 MeV beta. Gamma rays by their energy cause higher irradiation and beta rays are used for therapeutic purposes (CHANG; MOREIRA, 2014). This technique represents approximately 90% of all nuclear medical therapies (KRAWCZYK et al. 2013).

After the post-operative period of total or partial thyroid thyroidectomy, the patient is submitted to an ablated dose with I131, in order to reduce the recurrence and mortality of differentiated thyroid cancer in the long term (COOPER et al., 2006 and PACINI et al., 2006).

Doses in patients receiving I 131 therapy are given orally in liquid form or by capsule. The advantages of radioactive iodine are easy administration, efficacy, low cost and absence of pain. When

administered orally in sodium iodide solution (NaI), iodine is rapidly absorbed by the thyroid, concentrated and incorporated by the thyroid into storage follicles (MENDONÇA, 2016).

A comparative study on the cost of treatment with thyroid drugs, radioiodine or surgery performed in Brazil, showed that the treatment with I131 presents a lower cost, better cost-effectiveness, cost / effectiveness and reduction of glandular volume (Coronho et al.2001).

According to CNEN (2013), for treatment after thyroid surgery, with a dose above 1850 Megabecquerel (Mbcq), that is, 50 milicurie (50 mCi), the patient should remain hospitalized in a hospital unit in accommodations that meet NE -3.05 / 2013, Resolution 159/13. In the period of hospitalization, the patient is assisted by a qualified team regarding the knowledge and applicability of radiation protection standards. Some centers recommend repeated low doses (30 mCi), in these cases, hospital admission is not necessary (BERERHI, 2000 apud RISSATO, 2007).

In the State of Maranhão, the hospital admission procedure is adopted for doses above 30 mCi, these doses are administered in a bed characterized as a fourth of the iodine therapy, aiming to protect the family members, the individuals of the public and the environment against possible exposures or radioactive contaminations (CNEN / 2013).

1.1 Basic Principle of Radiological Protection

For Silva and Santos (2015) when the patient undergoes to an iodine dose, much of the elimination of iodine from the body occurs through urine, sweat and saliva. Despite the small amount of radioactivity found in this elimination, these are sufficient to contaminate the environment and unnecessarily expose people to radiation, inflicting one of the principles of radiation protection called Justification, which describes that no practice involving radiation exposure can be accepted , unless radiation produces benefits for exposed individuals or society (CNEN 3.01 / 2014)

Therefore, it becomes necessary to use personal protective equipment for professionals who work directly with the patient, in addition to all the objects used during the period of hospitalization: personal clothing, bedding and bath, glass, cutlery and food debris are considered as contaminated materials and should be treated as radioactive waste (SILVA and SANTOS, 2015). These rejects will be segregated in the same place that was generated and only released when the rate of their exposure is below 1 mR / h, only then the wastes become common hospital waste and can be sent to landfills (SILVA and SANTOS , 2015).

Workers in direct contact with the wastes and patients on iodine treatment are more susceptible to radiological exposure (OLIVEIRA et al, 2016). For this reason, it became necessary to quantify the doses in order to control the exposure of this professional to the radiation. Individual monitoring should be performed through dosimeters placed on the body (LIRA et al., 2015). Dosimeters are instruments that indicate the exposure or absorbed dose to which an individual has been subjected (LIRA et al., 2015).

With the use of the dosimeter, you can have control of the amount of radiation received by professionals and compare with what is established by the Anvisa (secretary of health of sanitary

surveillance municipality) nº 453/98, within the regulations of CNEN 3.01 / 2014 and 3.05 / 2013, that the Cumulative Effective Dose (CED) can not exceed 20 mSv per year and 4 mSv in any month. In the crystalline region 20 mSv per year, hands and feet is 500 mSv per year or 40 mSv in any month. If it exceeds this limit, it is necessary to notify the CNEN, justifying the event, describing the event and the dose rate that was submitted to the OEI. (CNEN-NN-3.05.2013).

According to the presented scenario, it was analyzed the management of wastes produced by hospitalized patients after the submission of Iodine-131 in a Hospital in the Municipality of São Luís / MA. Residues such as cleaning papers, toilet paper, tissues, towels, sheets, cutlery, plates, sharp objects and punctures, which can not be considered as common urban hospital waste, if these were being segregated until reaching an activity of $7,4 \cdot 10^4$ Bq / kg ($2 \mu\text{Ci} / \text{kg}$) for later disposal as urban hospital waste (6.05 CNEN resolution 167/2014).

In this context, the objective of this study was to analyze the management of radioactive waste produced by patients on Iodine-131 treatment, to describe the radiometric survey of the patient's exposures during treatment, an effective way to evaluate the exposure of IOE ' s are submitted and discuss radioprotection practices.

2 Materials and methods

This study was developed in a hospital in the metropolitan area of São Luís (MA) that presents bed for iodine therapy. Two radiation metering apparatuses according to Figure 2 (ab), which have an ionization camera, were used: a) Manufacturer Victoreen, model 470A - SI series 95671 and certified by METROBRAS under No. 17-0615 and b) Inspector Alert Nuclear Radiation Monitor, series 34885, calibrated by METROBRAS and by certification number 17.0640.

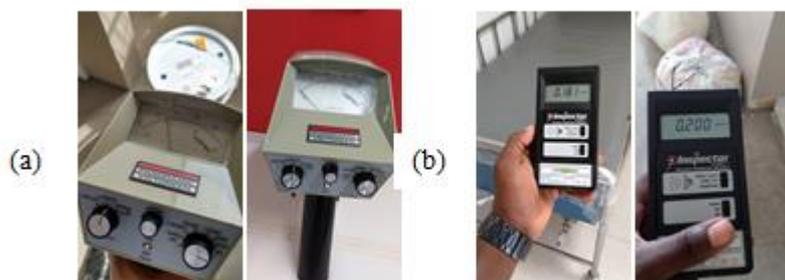


Figure 2. a) Victoreen apparatus and b) Inspector Alert Nuclear Radiation Monitor

Source: Authors' own

To evaluate the management of segregation, waste collection and treatment according to CNEN-NN 6.05, for 4 months, the team of professionals who collected all material used by the patient during a 24-hour stay in 2 beds of iodine therapy were followed up. The standard tailing procedure

produced by patients should be placed in a container labeled with the International Radiation Symbol, labeled with some basic information such as exposure rate of the time and date possible to be released as common waste.

However, from the registration and inventory analysis it was observed that from January 2016 to November 2017, some containers were not filled in their labels at the rate of waste activity when released as common waste in the hospital system. For this reason the need to use two equations. Equation 1 determines the rate of exposure.

$$X = \frac{\Gamma \cdot A_0}{d^2} \quad (1)$$

At where:

Γ - specific constant of the gamma radiation, expressed in (R.m²) / (h.Ci);

d - distance from source in m;

A₀ - initial activity, expressed in Ci;

X - Exposure rate in R / h.

With the result of the activity at the time of storage (T), Equation 2 was used to determine the final activity of the wastes at the time they were discarded (A).

$$A = \frac{A_0}{m} e^{-(\ln 2 \times \frac{t}{T_{1/2}})} \quad (2)$$

At where:

A - final activity;

A₀ - initial activity;

m - mass of the tailings in kg;

t - storage time;

$T_{1/2}$ - physical half-life time

The exposure rate constant of a Point Source ($\Gamma = \text{Iodo131} - 0.22 \text{ R.m}^2 / \text{h.Ci}$) and storage time (t) of 90 days was adopted. With analysis of the inventory of the tailings, the quantity generated was obtained, condition of radiation rate in storage and disposal.

In order to do the radiometric survey of the exposure rates, the radiation meters were used, in points 1 to 11, which refer to the locations inside the iodine room and around the waste deposit according to Figure 3.

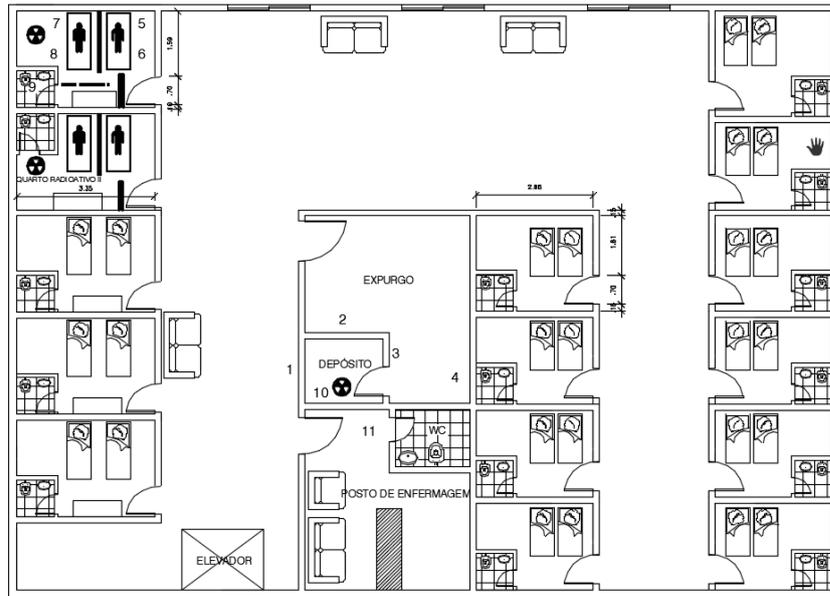


Figure 3. Iodine beds low plant floor and radioactive waste deposit.

Source: Authors' own

To determine the equivalent dose emitted by the radioactive waste from iodine therapy Figure 3 (item 10), the public and workers due to their location emit ionizing radiation leaving the surrounding areas Nursing Post (item 11), corridor (item 1) and purge (items 1,2,3 and 4) more vulnerable to radiation. The reading of the radiation measuring apparatus was used in the points of each area at a distance of 1 m from the wall. Equation 3 was used to obtain the equivalent dose.

$$D = L x U x T \quad (3)$$

At where:

D - equivalent dose;

L - reading of the equipment in $\mu\text{Sv} / \text{h}$;

T - occupational time factor.

U - usage factor

The Accumulated Effective Doses (AED) of Occupationally Exposed Individuals (IEO's) were determined by documentary analysis of dosimeters emitted by the Company Technology in Radioprotection LTDA (TEC-RAD) during the years of 2015 to 2017. The doses of IOE's are separated by their areas: Technicians - T (technicians and technologists), Nurses - N, Physicists (P) and Nuclear Doctor-ND.

3 Results and discussion

Waste management involves collection, segregation, handling, treatment, packaging, transportation, storage, control and disposal activities (XAVIER, 2012, p.12). Table 1 shows how

the team involved in the hospitalization of patients undergoing thyroid treatment with Iodine-131 (I131) does the storage activity of this radioactive waste, which involves describing in the register book called inventory the type of waste, the date that marks the start of I131 decay, wastes mass, exposure rate and exposure rate when released as common hospital waste.

Table 1. Summary of the data collection of the release of radioactive waste-Iodine 131 from iodine therapy from January / 16 to November / 17

N ° Reject lot I¹³¹	Storage Date	Mass (kg)	Exposure meter (mR / h)	one	Activity when released (μCi / kg)
1	10/01/2016	4	0,65		0,31
2	10/01/2016	4	0,3		0,14
3	10/01/2016	4	0,35		0,16
4	10/01/2016	4	0,16		0,07
5	10/01/2016	4	0,36		0,17
6	10/01/2016	4	1,55		0,74
7	12/02/2016	4	1,66		0,8
8	12/02/2016	4	1,7		0,82
9	12/02/2016	4	1,45		0,7
10	12/02/2016	4	0,3		0,14
11	01/03/2016	4	0,68		0,31
12	01/03/2016	4	0,65		0,31
13	06/04/2016	4	0,22		0,1
14	06/04/2016	4	0,65		0,31
15	06/04/2016	4	0,3		0,14
16	22/06/2016	3,8	1,1		0,635
17	22/06/2016	3.3	2,45		0,2
18	22/06/2016	4	0,84		0,34
19	22/06/2016	2,6	1.3		1,2
20	13/07/2016	4,05	0,16		0,012
21	13/07/2016	3,8	0,22		0,024
22	13/07/2016	3,5	1,72		1,63
23	13/07/2016	4	1,44		1
24	21/07/2016	1,5	0,5		0,322
25	21/07/2016	0,9	0,9		1,74
26	10/08/2016	2,8	0,85		0,49
27	18/08/2016	4	2,2		0,128
28	07/09/2016	1	0,16		0,049
29	07/09/2016	2	1,3		1,63
30	12/10/2016	3,8	1,4		0,99
31	27/10/2016	4	1,5		1,08
32	23/11/2016	4	2,4		2,7

33	24/11/2016	4	2,4	2,7
AVERAGE		3,55	1,01	0,66
standard deviation		0,92	0,73	0,71
N ° Reject lot I¹³¹	Storage date	Mass (kg)	Exposure one meter (mR / h)	Activity when released (μCi / kg)
34	18/01/2017	1,9	1,4	1,99
35	25/01/2017	1,5	0,16	0,33
36	08/02/2017	4,2	1,16	0,6
37	23/02/2017	2,8	0,9	0,55
38	08/03/2017	1,8	0,5	0,26
39	22/03/2017	3,3	2,4	1,37
40	23/03/2017	3,1	1,5	1,4
41	05/04/2017	2,3	1,6	2,1
42	21/04/2017	3,8	0,21	0,022
43	10/05/2017	1,7	0,13	0,019
44	10/05/2017	2,25	0,14	0,01
45	07/06/2017	4,05	0,14	0,009
46	12/06/2017	2,2	1,2	0,55
47	20/06/2017	1,87	1,1	0,49
48	26/06/2017	2,87	2,33	0,12
49	03/07/2017	4	0,67	0,3
50	10/07/2017	3,2	2,5	0,3
51	16/07/2017	3,7	1,55	0,97
52	20/07/2017	4,1	1,66	0,82
53	02/08/2017	3,6	4,38	2,1
54	03/08/2017	2,8	0,65	0,29
55	09/08/2017	2,5	0,3	0,15
56	10/08/2017	4	0,35	0,17
57	16/08/2017	1,8	0,38	0,19
58	17/08/2017	4	0,86	1,65
59	23/08/2017	4	4	1,09
60	30/08/2017	4	3,8	1,8
61	06/09/2017	4	1,3	1,1
62	13/09/2017	4	4,38	2
63	21/09/2017	3,8	1,5	0,78
64	28/09/2017	3,3	0,16	0,05
65	04/10/2017	4	1,6	0,79
66	04/10/2017	4	0,6	0,31
67	11/10/2017	4	0,43	0,12
68	18/10/2017	3,3	0,45	0,17
69	18/10/2017	4	0,85	0,36
70	25/10/2017	4	4,3	2
71	26/10/2017	3,8	0,45	0,16

N ° Reject lot I ¹³¹	Storage date	Mass (kg)	Exposure meter (mR / h)	one	Activity when released (μCi / kg)
72	01/11/2017	4	1,3		1,18
73	02/11/2017	4	0,9		1,78
74	08/11/2017	3,8	2,4		1,7
75	15/11/2017	4	1,5		1
76	22/11/2017	4	1,6		1,45
77	22/11/2017	4	1,9		1,82
AVERAGE		3,34	1,39		0,80
standard deviation		0,84	1,21		0,69

Table 2 shows the mean annual activity of the tailings when placed as common waste is $0.66 \pm 0.71 \mu\text{Ci} / \text{kg}$ in 2016 and $0.87 \pm 0.83 \mu\text{Ci} / \text{kg}$ in 2017, which shows that they are lower to the maximum limit established by the CNEN in accordance with a normative recommendation.

Table 2. Mean of the data collection of the release of radioactive waste-I131 from iodine therapy from January / 16 to November / 17

Annual average repository storage I ¹³¹	Mass average (kg)	Exposure average 1m (mR/h)	Activity average when released (μCi/kg)
2016	3,5±0,92	1,01±0,73	0,66±0,71
2017	3,34±0,84	1,39±1,21	0,80±0,69

The results obtained in Table 1 show that the rooms of iodine therapy during the period from January 2016 to November 2017 produced an average of 261 kg of waste, that the storage conditions and values of the activity rate for discarding the waste as hospital waste was released in accordance with the CNEN 6.05 Low and Medium Level Radioactive Waste Management Directive (Resolution 167/2017), which establishes the maximum limit for the release of waste as urban waste, which is $2 \mu\text{Ci} / \text{kg}$.

In Table 2, it can be observed that the average amount of tailings produced per bed was $3.5 \pm 0.92 \text{ kg}$ and $3.34 \pm 0.84 \text{ kg}$ in the years 2016 and 2017, compared to the study conducted in Vitória (ES) to determine the amount of infectious waste generated per bed in hospitals of different legal natures showed that in a private hospital the generation of infectious residues was 2.17 kg , (2014). The average amount of waste produced by iodine patients is greater because all the utensils used in the beds, such as personal clothing, sheets, towels, cutlery, plates, cups and food debris, are considered as radioactive waste. Nevertheless, it is smaller than the study done by André et al (2016) on the generation of health waste in hospitals in Ribeirão Preto (SP).

André et al. (2016) show that 3 (Three) private hospitals, and one being, besides being private, is also teaching, and provides some beds for SUS. These hospitals had an average generation of HWM per bed occupied per day similar to hospitals in developed countries, with a

production of 7.24, 7.80 and 7.80 kg respectively. In the USA, hospitals had on average a generation of 7 to 10 kg. 1 day 1 (WHO, 1999).

US hospitals have a different economic and cultural context than Brazilian hospitals, so hospitals in Ribeirão Preto (SP) that present a large RSS generation may be related to the occurrence of inadequate segregation (ANDRÉ et al., 2016).

The evaluation performed in the admission rooms of the iodotherapy showed that the hospital meets the requirements of safety and radiological protection for Nuclear Medicine services, norm CNEN 3.05 (Resolution 159/2013), all objects being covered with waterproof plastic material, walls barite, doors with 3 mm lead plates, armored fixed screen with 4 cm barite and leaded glass for patient visualization, bedroom floor and bathroom is paviflex type with rounded corners that facilitates decontamination.

According to CNEN Standard 3.05, patients submitted to therapy will be discharged after their exposure rate at 2 meters is less than 0.03 mSv / h (3 mR / h). This procedure is justified in order to preserve individuals from the public.

Table 3 shows the mean exposure rate of patients who underwent iodine dose for thyroid treatment after 24 hours, measured at a distance of 2 m.

Table 3. Shows the mean values of the exposure rate after 24 h the patients have ingested iodine I131.

Managed activity (mCi / MBq)	N ° Patient	Patient Exposure Rate within the Room (mR / h)	Out-of-room patient exposure rate (mR / h)
100/3700	6	2,71 ± 0,43	2,00 ± 0,55
150/5550	6	2,82 ± 0,23	2,29 ± 0,47
200/7400	4	8,67 ± 0,70	7,23 ± 0,80

The values observed in Table 3 show that the exposure rates of patients within the rooms were increased due to background radiation known as background (BG), due to the contamination of the floor, garbage, impermeable plastic of the furniture and other contaminated objects.

Campos (2015) evaluated the contribution of the surfaces contamination of the therapeutic room to the extent of the exposure rate of radioiodine patients. From the results obtained, it was concluded that, although the contaminated surfaces close to the patient did not generate significant values to determine whether or not the patient could be released. However, in this study, when measuring the exposure rate of patients to determine their release in and out of the room, there is also an increase by the influence of background radiation from the bathroom (point 9 Figure 2), which has the highest exposure rate within the bed, and it was found that there

was no significant influence on the results for determination of discharge, but none of the patients used probe or diaper, it is believed that the background can increase significantly influencing the patient's exposure rate.

In Table 3, patients who ingested I131 with activity of 100 and 150 mCi after 24 h were giving an exposure rate at 2 m distance of 2.71 ± 0.43 and 2.82 ± 0.23 mR /h being the recommended for high of the fourth values lower than 3 mR /h. For patients who received 200 mCi, they required 36 to 48 h of hospitalization, their exposure rates at the same distance were 8.67 ± 0.70 mR /h. A similar interpretation was found in the study by Silva and Santos (2015), where patients between doses of 250 and 400 mCi had a higher exposure rate after 24 h, with values higher than 3 mR /h.

Dose estimation of exposure to radiation produced by the incorporation of I131 produced by patients creates difficulties for regulatory authorities in different countries because of the interpretation of the recommendations of the International Atomic Energy Agency (IAEA) and International Commission on Radiological Protection (ICRP). In 2006, the IAEA recommended for patient release the level at 1 m would be 7 mR / h. The orientation of the European Union (EU) to release patients exposure to 1m radiation should be less than 2 mR / h (ZHANG et al, 2014), in Brazil the CNEN before 2013 adopted the distance 1m exposure lower than 6 , 6 mR /hr.

Zhang et al. (2014) in their study with Chinese found that exposure doses of patients after 24 h with activity up to 150 mCi / 5550 MBq were also below the thresholds for receiving discharge, since China adopts that distance 1 m exposure rate should be 7 mR / h. However, Zhang et al. (2014) still draw attention to the fact that Chinese patients compared to patients in the United Kingdom, decreased the dose of exposure faster, believing that race, body type, eating habits, environmental conditions the main cause. The effects of these factors on radiation exposure are not investigated yet.

For the radiometric survey in the rooms of iodine therapy (Figure 2) it was done in the period of hospitalization of patients submitted to treatment with I131. An effective mean dose rate of 0.1 mSv was found in 16 patients, which shows that these patients did not present a risk to the health of the IOE and their relatives, however, the contact time should be brief at least in the the first 48 hours (limit of 5mSv for companions or volunteers it is important that for children this value does not exceed 1 mSv - CNEN 3.01 / 2014) the values were acquired by points 5 and 6 with distance of 1m of the thyroid with I131 and points 7 and 8 at a distance of 2m from the thyroid.

The radioactive waste produced in the rooms of iodine therapy must be stored in the reservoir, according to Figure 3 (item 10), this route is made by IEO's with an average exposure rate of 1.95 mR / h and a dose of 0.017 mSv, a very bellow limit allowed of 5 mSv, in which the worker was wearing a lead plume of 0.5 mm lead. These observations were also made by Silva and Santos (2015) in their research of radioactive waste management of iodine therapy that the 0.5

mm lead apron protected the genitourinary region at an exposure rate of 3 mR /h on the 5-minute path from the team to the tailings deposit.

The evaluation carried out in the hospitalization rooms showed that the hospital meets the requirements of safety and radiological protection for Nuclear Medicine services, CNEN 3.05 (Resolution 159/2013), all objects covered with waterproof plastic material, barite-shielded walls, doors with 3 mm lead slides, armored fixed screen with 4 cm barite and lead glass for patient visualization, bedroom floor and bathroom is of the Paviflex type with rounded corners that facilitates decontamination.

In the area of the tailings deposit considered as a radioactive source (Figure 3 item 10) which has a capacity of 770 liters (1.40 x 1.10 x 0.80) m, and in the vicinity there is a corridor that is called a free area (1), purge (2) and reception (3). In this radiometric survey to determine the equivalent dose emitted by the deposit was used Equation 3, and adopted: Usage factor (U) 1, occupational factor (T) 1/4 for the Nursing Post (item 1) and 1 / 20 for the corridor and purge (items 1,2,3 and 4) considering areas of partial occupancy of people traffic, the equivalent dose of 0.01 mSv / week was found in the contour region of the source, a worker at the Nursing Post of Figure 3 (item 11) working 40 weekly hours, will be receiving a monthly dose of 0.01 mSv. In comparison to the CNEN standard, this value for occupationally exposed workers can not exceed 0.4 mSv / wt and for individuals of the public reach 0,02 mSv / wt (CNEN 3.01). However, although the deposit has its walls surrounding the Nursing Post shows that its shielding makes a good attenuation to the radiation coming from the radioactive waste.

To determine the Accumulated Effective Doses (AEDs) of the occupationally exposed workers, who are responsible for iodine therapy, this research was based on documentary analysis of the dose records of workers exposed to ionizing radiation for the years 2015 to 2017. Figures 4, 5 and 6 (ab) represent the exposure rate of these professionals per period in months.

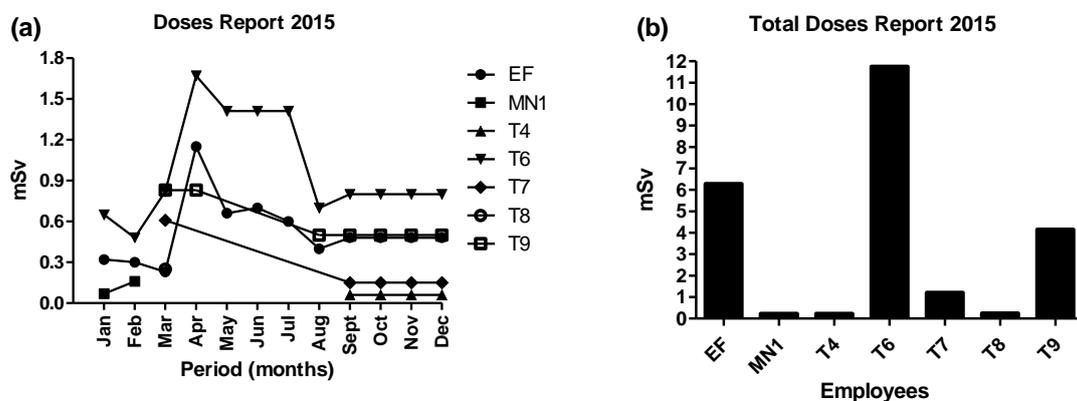


Figure 4. Cumulative effective dose (mSv) by EOI's in 2015. EF = Nurses, MN 1 = Nuclear Physician 1 and T = Technicians.

Source: Prepared by the authors

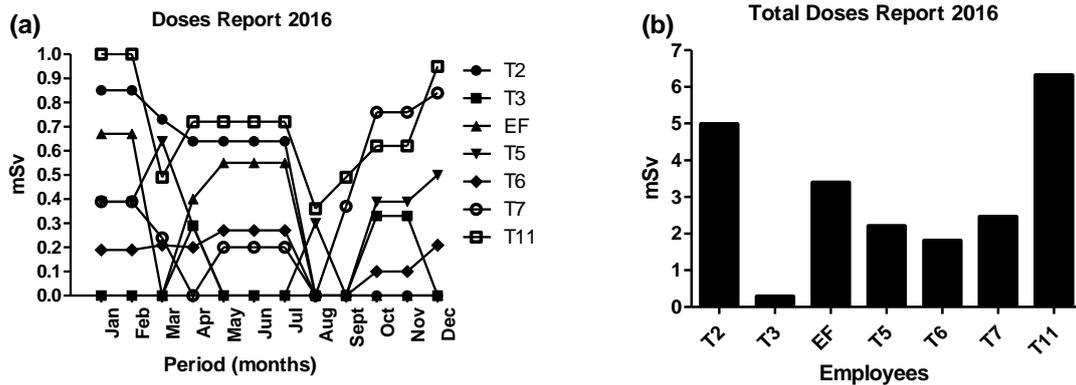


Figure 5. Cumulative effective dose (mSv) by EOI's in the clinic in 2016. EF = Nurses, T = Technicians

Source: Prepared by the authors

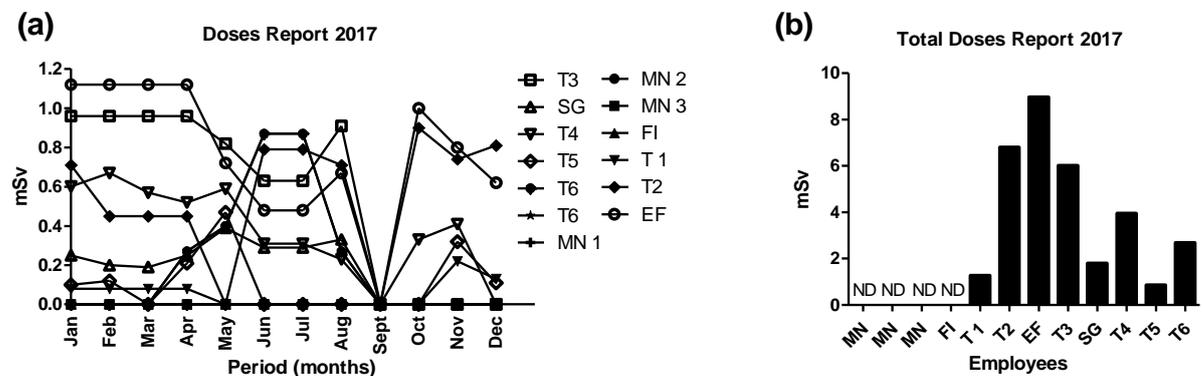


Figure 6. Cumulative effective dose (mSv) pelos EOI's em 2017. NM=Nuclear Medicine, P=Phisician, T=Technicians, N=Nurses, GS=General Services, ND= Doses $\leq 0,20$ mSv.

Source: Prepared by the authors

Then, they analyzed the doses of the EOI, which are in accordance with the levels of the dose acceptable to the norm NN 3.01 of CNEN.

In the studies by Tomasina et al (2010), the authors showed that the sectors receiving the highest doses in descending order are: radiation oncology, nuclear medicine, hemodynamics and radiodiagnosis. In the same study that analyzes dosimeters of workers from 2003 to 2006 shows that the workers of Nuclear Medicine also did not exceed the annual limits of references, but the desirable one would be that the workers of that area were not exposed to values of radiation, it is known that even values of small doses over the years can also induce biological effects such as the stochastic effect generated by ionizing radiation.

In the present study, Figure 4 (ab) shows that the greatest CED of 2015 were Technical-T6 employees of 11.75 ± 0.10 mSv and Nurse-N 6.28 ± 0.11 mSv, this year it was also noticed that in some months their dosimeters registered monthly values above 1.20 mSv considered as index of investigation.

For values lower than 0.20 mSv the company responsible for reading the dosimeters uses the acronym BG (background), considering low dose of radiation.

The procedure adopted, that is, by the Nuclear Medicine team to protect the workers who reached the level of investigation, was to change the sector and routine of service. It was noted that in the years afterwards, no EOI had a high effective dose during the month.

For the year 2016, Figure 5 (ab) shows that the largest DEA was for the Technical - T11 employee of 6.32 ± 0.03 mSv and in 2017 in Figure 6 (ab), this parameter was evaluated for the Nurse - N and Technical - T3 with 6.83 ± 0.50 mSv. In all years, it was observed that there were technicians with high dosimeter compared to other professionals, but this does not mean that their values reached the limit tolerable by CNEN that is 20 mSv, that is, the annual dose limit for occupationally exposed individual.

In Budescheski's work (2016), which was carried out in two clinics in Curitiba (PR), the technicians also presented higher AEDs in relation to the other members of the team, with values of 16.8 mSv.

One of the reasons to justify why this professional received the highest dose of radiation is the fact that he does most of the routine in the clinic with the use of unsealed sources, such as: elution of the ^{99m}Tc generator, preparation of the radiopharmaceutical kits, to add the drug to the radioactive material to be administered to the patients, the positioning of the patient already administered with radioactive material for image generation, the length of time in the preparation room known as the hot room, also tends to increase the accumulated dose, since this room is one of the sites with the highest radiometric levels according to a study by Oliveira (2016).

In the years 2015 to 2017, Figures 4 and 5 (a-b) show that nursing professionals presented annual doses of 6.28 ± 0.11 mSv and 6.83 ± 0.50 mSv, respectively. One of the justifications may be that in addition to being responsible for the intravenous administration of radiopharmaceuticals in patients, they also administer the dose of iodine-131 in patients to treat metastases of differentiated thyroid carcinoma, with activity above 30 mCi.

For the group of nuclear physicians, only the year 2015 was recorded incidence, as shown in Figure 4b. The largest dose found was 0.23 ± 0.04 mSv, from Nuclear Physician - MN1. According to Budescheski (2016), Nuclear Physicians had doses well below the Technical and Nursing team, which is justified by the fact that physicians do not remain in the administration of radiopharmaceuticals to patients, and the patients to undergo myocardial examinations.

Among physicists, there has been no record in the last 3 years. In fact, these professionals do not routinely act in the hot room, as reported by Oliveira (2016) in their research, which shows that the longer the stay, the higher the radiation dose received, which is the largest dose contribution factor accumulated.

4 Conclusions

The management of radioactive waste consists of several steps, covering the generation to the destination of the deposit, taking into consideration the collection, segregation of the various types, transport, characterization, treatment, storage, decay and final dispatch.

It was concluded that the hospital under study meets the requirements of the CNEN-6.05 standard and that the conditions of storage and disposal were satisfactory. Despite the failure of the inventory due to the lack of some data, but with the use of the equations it can be found that at the rate of exposure of the discard was lower than the allowable of $2 \mu\text{Ci} / \text{kg}$ and with the amount of radioactive waste produced the 90 days is sufficient for the decay of I131, in compliance with normative recommendations.

For patients with doses higher than 200mCi, it was observed that patients required 36 to 48 hours to be discharged from hospital, at those patients the exposure rates were higher than the tolerable upper limit of $3\text{mR} / \text{h}$, although some doubts were raised contaminated surfaces influenced the monitoring result, it was observed that there is indeed influence, but it is not significant to define whether or not the patient can be released. This study suggests that the place where such release occurs is not determinant for release of patient discharge.

The study also demonstrated that exposure rates through radiometric survey, as well as providing useful information on the issue of radiation protection and exposure of workers and future contact with family members, serve as further corroborating evidence that such treatment can be performed outside of the outpatient setting.

With the radiometric survey it can be seen that the temporary storage site of the waste / deposit has shielding and this is able to attenuate all area around the hospital mediations.

This study demonstrated that exposure rates through radiometric survey and management of radioactive waste produced by patients under treatment with iodine-131 are being safely done. When an effective dose is found in an employee, rotation among professionals in each area should be adopted to minimize the AED received.

With regard to the disposal of liquid wastes, although it was not possible to verify their concentrations at the time of sewage, it is estimated that the time from the sewage from the hospital to the treatment plant that is approximately 4 km is sufficient to reach the permitted value of $9.3 \text{Bq} / \text{m}^3$ annually (CNEN 6.05 / 2014), but this will be the next investigation to verify whether there are environmental impacts and damage to public health

Acknowledgment

The authors thank the members of the hospital Jorge Moisés and Cledson Camilo Souza Silva Physicists specialized in Radiotherapy, Simone Baldez de Oliveira Nurse and the CEUMA University.

References

- ADUAN, S. A.; BRAGA, F. S.; ZANDONADE, E.; SALLES, D. C.; NOIL, A. M.; LANGE, L. C. Avaliação dos resíduos de serviços de saúde do Grupo A em hospitais de Vitória (ES), Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 413-420, 2014.
- ANDRÉ, S. C. S.; VEIGA, T. B; TAKAYANAGUI, A. M. Geração de resíduos de serviços de saúde em hospitais do município de Ribeirão Preto (SP), Brasil. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v.21 n.1, p.123-130, 2016.
- ANVISA; Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada da ANVISA – RDC 306. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0306_07_12_2004.pdf/95eac678-d441-4033-a5ab-f0276d56aaa6, 2014.
- BERERHI, C. A. R. Radiation exposure levels in relatives of patients after radioiodine therapy. *SQU Journal for Scientific Reseach, Medical Sciences, College of Medicine. Sultan Qaboos University*, n. 2, p. 87-90, 2000.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.
- BUDESCESKI, S. O; SILVA, F. L; BADELLI, J. C. Avaliação dosimétrica de indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) em Medicina Nuclear. *Revista Technoeng*, v. 1, n°13, p. 92-111, 2016.
- CAMPOS, Rafael Ferreira. Avaliação da contribuição da contaminação de superfícies do quarto terapêutico na medida da taxa de exposição de pacientes de radioiodoterapia. TCC (Pós Graduação em Proteção Radiológica e Segurança de Fontes Radioativas) – Instituto de Radioproteção e Dosimetria – CNEN. Rio de Janeiro, p.33. 2015.
- CHANG, J. C. M; MOREIRA, J. P. Tratamiento con yodo radiactivo en hipertiroidismo. *Revista Hosp Clin Univ Chile*, v. 25, p. 285 – 90, 2014.
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação. Norma CNEN NN 6.05, Resolução CNEN 167/14.
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Diretrizes Básicas de Radioproteção. CNEN-NN-3.01; resolução 2014.
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviço de Medicina Nuclear CNEN-NN-3.05; resolução 2013.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 358, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm.codlegi=462>.
- COOPER, D. S; Doherty, G. M; HAUGEN, B. R; KLOOS, R. T; LEE, S. L; MANDEL, S. J; MAZZAFERRI, E. L; MCIVER, B. SHERMAN, S. I, TUTTLE, R. M. Management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. *Thyroid*. n. 16, p. 1-33, 2006.

CORONHO, V.; PETROIAANU, A.; SANTANA, E. M.; PIMENTA, L. G. Tratado de endocrinologia e cirurgia endócrina. 1ª edição; Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001; p. 466-77.

DIAS GL; SARTURI F; CAMPONOGARA S; et al. Análise da taxa de geração de resíduos de serviços de saúde em um hospital universitário. Rev Fund Care Online. 2017, v. 9, n. 1, p. 92-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.9789/2175-5361.2017.v9i1.92-98>

International Atomic Energy Agency. Nuclear Medicine Resources Manual; International Atomic Energy Agency: Vienna, Austria, 2006.

International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 94, Release of Patients after Therapy with Unsealed Radionuclides; Pergamon Press: Oxford, UK, 2004.

KRAWCZYK, E.; PIÑERO-GARCÍA, F.; FERRO-GARCÍA, M. A. Discharges of nuclear medicine radioisotopes in Spanish hospitals. Journal of environmental radioactivity, v. 116, p. 93-98, 2013.

LIRA, R. F. et. al. Verificação do uso de dosímetros individuais em serviço de medicina nuclear de Pernambuco nos anos de 2002 a 2010. Brazilian Journal of Radiation Sciences, p. 26-29, 2015.

MENDES, A. A.; VEIGA, T, B; et al. Resíduos de serviços de saúde em serviço de atendimento pré-hospitalar móvel. Revista Brasileira de Enfermagem REBEN, v. 68; n. 6; p. 1122-9, 2015.

MENDONÇA, K. M. C. Avaliação dosimétrica de familiares e ambientes domiciliar de pacientes com hipertireoidismo submetidos à radioiodoterapia ambulatorial. Tese (Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco). UFPE. Recife. 2016. P.12.

OLIVEIRA et al., Modelo quantitativo de avaliação da contribuição de cada fonte radioativa na dose individual externa Hx em trabalhador de serviço de medicina nuclear. Brazilian Journal of Radiation Sciences, 2016; v. 4, n. 2, p.01-06.

PACINI F, SCHLUMBERGER, M.; DRALLE, H.; ELISEI, R. SMIT, J.W. A.; WIERSINGA, W. M.; and the European Thyroid Cancer Taskforce 2006 Consensus Statement. European consensus for the management of patients with differentiated thyroid carcinoma of the follicular epithelium. Eur J Endocrinol. 154:787- 803.

RISSATO, Maria Lúcia Iodoterapia: avaliação crítica de procedimentos de precaução e manuseio dos rejeitos radioativos gerados em unidade de internação hospitalar. Dissertação mestrado UNIARA - Araraquara, 2007;129p.

SILVA R M, SANTOS H C. Gerenciamento de Rejeitos Radioativos da Iodoterapia. Brazilian Journal of Radiation Sciences. 2015; p 5.

TOMASINA, F et al, Vigilancia de la exposición a radiaciones ionizantes em el personal universitario de la salud. Revista Cubana de Salud Pública, v. 36, n. 1, p. 119-127, 2010.

WORLD ORGANIZATION HEALTH (WHO). Safe management of wastes from health-care activities. Geneva: WHO,1999.

XAVIER, AM. Gerência de rejeitos radioativos. Rio de Janeiro: CNEN, 2012. Disponível em: <<http://www.ilea.ufrgs.br/radioisotopos/Aula%2025%20Julho%20arquivo%203.pdf>>

ZHANG, H; JIAO, L; CUI, S; et al. The study of external dose rate and retained body activity of patients receiving ^{131}I therapy for differentiated thyroid carcinoma. Int.J. Environ. Res. Public Health, v. 11, 10991-11003, 2014.