



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**Instituto de Biociências – Campus de Botucatu**

# **Aplicação dos princípios de radioproteção em Medicina Nuclear**

**Tamara Haramita**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Instituto  
de Biociências da Universidade  
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita  
Filho”, Campus de Botucatu, para a  
obtenção do título de Bacharel em  
Física Médica.

**Botucatu, 2011.**

# Tamara Haramita

## **Aplicação dos princípios de radioproteção em Medicina Nuclear**

Orientador: Msc Renato Dimenstein

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Instituto  
de Biociências da Universidade  
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita  
Filho”, Campus de Botucatu, para a  
obtenção do título de Bacharel em  
Física Médica.

Botucatu  
2011.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: *ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE*

Haramita, Tamara.

Aplicação dos princípios de radioproteção em medicina nuclear / Tamara  
Haramita. - Botucatu, 2011

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Física Médica) - Instituto de  
Biotecnologia de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2011

Orientador: Roberto Morato Fernandez

Capes: 10501061

1. Medicina nuclear. 2. Radiação – Medidas de segurança.

Palavras-chave: Físico Médico; Medicina Nuclear; Radioproteção.

## Avaliadores

Professor Doutor Roberto Morato Fernandez

Departamento de Física e Biofísica

Instituto de Biociências – UNESP – Campus de Botucatu

Msc Renato Dimenstein

Supervisor de radioproteção em Medicina Nuclear

Rad Dimenstein e Associados LTDA

## Agradecimentos

A Deus por me fazer acreditar que quando se tem força de vontade e perseverança tudo é possível.

Aos meus pais, Pedro e Sandra, que sempre estiveram ao meu lado fossem as derrotas ou conquistas. Agradeço pela dedicação, paciência, esforço, amor e por, principalmente, acreditarem em mim. Sem eles nada disto seria possível. Cada palavra de incentivo propiciou-me a concretização deste grande sonho.

A minha avó Olga por nos ajudar nos momentos mais difíceis.

As minhas queridas e saudosas Laura e Didi que tiveram a alegria de participar do meu ingresso na universidade, mas que infelizmente não estão presentes para vivenciar mais esta conquista. Agradeço por sempre torcerem por mim, de onde quer que estejam.

Ao meu namorado, Fernando Bongô, que me acompanhou desde o início e me fez forte quando precisei. Contar com alguém assim foi e é um presente, agradeço pelo companheirismo sem igual e principalmente pela compreensão, paciência e amor dedicados. Obrigada por ser para quem corri e corro quando preciso; ser meu porto seguro. Sem seu apoio e ajuda incondicional esta caminhada seria muito mais árdua.

Ao meu maior amigo e companheiro destes quatro anos: Eduardo Tachitsky, obrigada por simplesmente tudo, você foi e é um verdadeiro irmão para mim.

A minha república com todas suas moradoras, cada qual com sua particularidade. Regina, Natasha, Natália, Maria Júlia, Camila, Gabriela, Patrícia e Vanessa, sem vocês nada disto teria valido a pena. Agradeço pelos risos, choros, momentos de confissão e amizade. Sem esta família não conseguiria ter seguido em frente.

Aos meus fiéis amigos de São Paulo: Ana Paula, Cynthia, Mariana, Eiji, Leonardo e Pasqual pelo apoio de sempre e por não terem desistido de mim mesmo com minha ausência nestes anos.

A Degliane Brizzi pelos bons momentos de estudos e descontração durante um período da universidade e ajuda nesta fase final.

Ao professor José Ricardo de Arruda Miranda pelas conversas, conselhos e apoio desde os primeiros dias de universidade.

Ao professor Roberto Morato Fernandez pela orientação de sempre mesmo em experiências não seguidas posteriormente.

Ao Renato Dimenstein pela oportunidade, orientação e principalmente compreensão quanto às mudanças de planos. Agradeço também por ter me ensinado indiretamente como lidar com problemas que por vezes pareciam insolucionáveis.

Aos amigos da empresa Rad Dimenstein pelo ensino, experiências e vivências: Sarah, Vivian, Patrícia, Pedro, Daniel, Danielle, Fernanda e Miriam.

Aos colegas de trabalho do Hospital Nossa Senhora de Lourdes pela colaboração, ajuda e momentos de descontração. Obrigada Geise, Leandro, Guilherme, Bia, Ana, Marília, Dr. Ricardo, Dr. Daniel, Dr. Renata e Dr. Mário pelos ensinamentos e confiança depositada.

Aos colegas de trabalho do Hospital Santa Paula por me mostrarem que é possível enxergar o mundo e as situações difíceis de outra forma, a forma de resolvê-las. Obrigada Penha, Marcos, Wallace, Poliana, Rita e Sônia por vivenciarem meu estágio e sempre me ajudarem quando fosse preciso, sou extremamente grata a vocês.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a concretização deste trabalho.

" Viver é como andar de bicicleta:  
é preciso avançar para não perder o equilíbrio"

**Albert Einstein**

## Resumo

A Medicina Nuclear é uma especialidade médica que utiliza diferentes radioisótopos para fins diagnósticos e terapêuticos. Os isótopos são elementos radioativos, os quais são administrados *in vivo* e apresentam distribuição para determinados órgãos ou tipos celulares. O conhecimento sobre a radioatividade e noções relativas às radiações ionizantes permitem contextualizar as medidas de proteção radiológica a serem adotadas na Medicina Nuclear. Com isto é possível minimizar exposições desnecessárias aos pacientes, ao público, aos indivíduos ocupacionalmente expostos e ao meio ambiente. Para tanto é necessário relacionar as bases físicas e tecnológicas aplicadas a esta modalidade com as normas preconizadas pelos órgãos regulamentadores, dentre eles a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) e a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Neste cenário, é importante que os conhecimentos teóricos respaldem as atividades que são periodicamente auditadas para averiguação da conformidade com as normas que objetivam a radioproteção. Um dos papéis do Físico Médico nestes serviços é, portanto, atuar como Supervisor de Radioproteção exercendo inúmeras atividades e garantindo o cumprimento destas normas. Neste contexto desenvolveu-se o estágio na área de Medicina Nuclear em diversos clientes da empresa Rad Dimenstein & Associados LTDA, dentre os quais os hospitais Israelita Albert Einstein (HIAE), Nossa Senhora de Lourdes (HNSL), Santa Paula (HSP), Cruz Azul (CRAZ), Grupo Fleury, entre outras clínicas. Acompanhando-se a rotina e posteriormente desempenhando diversas atividades pertinentes ao Físico Médico na área, percebeu-se que as medidas e ações adotadas são extremamente eficazes e fundamentais no que diz respeito à proteção radiológica.

Palavras chave: Medicina Nuclear – Radioproteção – Físico Médico

## Abstract

The Nuclear Medicine is a medical specialty which uses different radioisotopes for diagnostic and therapeutic purposes. The isotopes are radioactive elements which are administered *in vivo* and present distribution to specific organs or cell types. The knowledge of radioactivity and notions related to ionizing radiation allow to contextualize the radiological protection measures to be taken in Nuclear Medicine. So it is possible to minimize unnecessary exposure to patients, the public, and individuals occupationally exposed and the environmental. For this it is necessary to relate the physical and technological bases apply to this mode with the standards established by regulatory agencies, including the CNEN (National Nuclear Energy Commission) and ANVISA (National Agency for Sanitary Vigilance). In this scenario, it is important that the theoretical endorse the activities which are periodically audited for verification of compliance with the standards that aim to radioprotection. One role of the Medical Physicist in these services is, therefore, act as Radiation Protection Supervisor exerting numerous activities and ensuring compliance with these standards. In this context the stage in the area of Nuclear Medicine was developed in many customers of the enterprise Rad Dimenstein & Associados LTDA, among them the hospitals Israelita Albert Einstein (HIAE), Nossa Senhora de Lourdes (HNSL), Santa Paula (HSP), Cruz Azul (CRAZ), Grupo Fleury, among other clinics. Following the routine and then carrying out various activities pertaining to the Medical Physicist in the area, it was noted that the measures and actions are extremely effective and fundamental in terms of radiological protection.

Keywords: Nuclear Medicine - Radiation Protection - Physician

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>..09</b>
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>20</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Medicina Nuclear é definida pela Organização Mundial da Saúde como uma especialidade que se ocupa do diagnóstico, tratamento e investigação médica mediante o uso de radioisótopos. Estes isótopos radioativos ou radioisótopos possuem a propriedade de emitir radiações, as quais podem atravessar a matéria ou serem absorvidas. Isto possibilita sua utilização para fins diagnósticos e terapêuticos, visto que esta radiação mesmo quando em quantidades cuja massa não pode ser determinada, pode ser detectada. Os radioisótopos usados em Medicina Nuclear no Brasil são, em grande parte, produzidos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, da CNEN, em São Paulo. <sup>1,2</sup>

Através de inúmeras experiências adquiriram-se conhecimentos capazes de garantir que a radiação ionizante, além dos incontáveis benefícios que propicia, é indubitavelmente perigosa e capaz de produzir no irradiado efeitos deletérios de natureza somática e genética irreversíveis. Em vista disto, necessitou-se regulamentar a exposição a estas radiações, bem como aprimorar as técnicas empregadas através do uso de blindagens para atenuação. Desta maneira, a partir de 1928 no Segundo Congresso Nacional de Radiologia houve amplo consenso quanto à necessidade de formular recomendações que serviriam como base para elaborar Normas de Radioproteção a diversos países. Foram adotadas espessuras mínimas de blindagens de chumbo para raios-x e fontes de rádio 226 (Ra-226), além de procedimentos relacionados às condições e locais de trabalho. Entretanto, apenas em 1934 a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (International Commission on Radiological Protection – ICRP) estabeleceu os limites de doses de radiação. <sup>3</sup>

O interesse pela energia nuclear em meados da Segunda Guerra Mundial acarretou muitos avanços na área de proteção radiológica, resultando na diminuição dos limites de dose estabelecidos em 1934.

No Brasil, as Normas Básicas de Proteção Radiológica (NBPR) foram aprovadas apenas 39 anos depois, em 1973, pela Comissão Nacional de Energia Nuclear que fixou os princípios básicos de proteção contra danos oriundos do uso das radiações e estabeleceu os limites de dose que vinham sendo recomendados internacionalmente.

A Norma “Diretrizes Básicas de Radioproteção” foi aprovada pela CNEN em 1988 substituindo a NBPR de 1973. Esta Norma fundamenta-se em um conceito

introduzido pela ICRP, que é a associação da probabilidade de ocorrência de danos por menor que seja a dose recebida, além de estabelecer os três princípios de radioproteção: justificação, otimização e limitação de dose.<sup>4</sup>

Em substituição às “Diretrizes Básicas de Radioproteção” de 1988, a CNEN aprovou, em 2005, a Norma NN-3.01 “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica”. Alguns novos conceitos foram introduzidos, como os de intervenção, prática e restrição de dose, sendo que os três princípios básicos de radioproteção passaram a ser denominados de: Requisito da Justificação, Requisito da Limitação de Dose Individual e Requisito da Otimização. Estes requisitos, descritos abaixo, contribuem para a proteção radiológica e, na prática, subsidiam os Supervisores de Radioproteção em Medicina Nuclear, como profissionais habilitados pela CNEN, a assumir a condução das tarefas relativas às ações de proteção radiológica.<sup>5</sup>

### **Requisito da Justificação**

Nenhuma prática ou fonte associada deve ser utilizada a não ser que estas produzam benefícios para os indivíduos expostos ou para a sociedade, suficientes para compensar o detrimento correspondente, tendo-se em conta fatores sociais e econômicos, assim como outros fatores pertinentes.<sup>5</sup>

### **Requisito da Limitação de Dose Individual**

A exposição normal dos indivíduos deve ser restringida de tal modo que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse excedam o limite de dose especificado na tabela a seguir, salvo em circunstâncias especiais autorizadas pela CNEN. Esses limites de dose não se aplicam às exposições médicas.

<b>Limites de Doses Anuais</b>			
<b>Grandeza</b>	<b>Órgão</b>	<b>Indivíduo ocupacionalmente exposto</b>	<b>Indivíduo do público</b>
<b>Dose efetiva</b>	Corpo inteiro	20mSv	1mSv
<b>Dose equivalente</b>	Cristalino	150mSv	15mSv
	Pele	500mSv	50mSv
	Mãos e pés	500mSv	-

Tabela 1: Limites de Dose Anuais<sup>5</sup>

A dose equivalente é a grandeza expressa pela multiplicação da dose absorvida média no órgão ou tecido e pelo fator de ponderação da radiação. A unidade no sistema internacional é o (J/Kg), denominada sievert (Sv). A dose efetiva é a soma das doses equivalentes ponderadas nos diversos órgãos e tecidos, com unidade também em sievert (Sv).

Indivíduos com idade inferior a 18 anos não podem estar sujeitos a exposições ocupacionais, oriundas de atividades laborais. A dose para crianças em visita a pacientes em que foram administrados materiais radioativos deve ser restrita de forma que seja improvável exceder a 1 mSv.<sup>5</sup>

### **Requisito de Otimização**

Em relação às exposições causadas por uma determinada fonte associada a uma prática, salvo no caso das exposições médicas, a proteção radiológica deve ser otimizada de forma que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de ocorrência de exposições mantenham-se tão baixas quanto possa ser razoavelmente exequíveis, considerando os fatores econômicos e sociais.<sup>5</sup>

Para a aplicação dos princípios de radioproteção em Medicina Nuclear são necessários equipamentos que detectem a radiação e, dependendo do tipo e da energia desta, empreguem técnicas distintas de detecção. Os detectores de radiação são classificados segundo o sensor utilizado para converter a energia da radiação em um sinal eletrônico que possa ser medido.<sup>6</sup>

Um dos detectores que é amplamente utilizado desde 1928 é o Geiger Muller (GM), que avalia os níveis de radiação ambiente e de superfície. Este detector foi inventado pelo alemão Johannes Wilhen Geiger que, posteriormente com Walther Müller, melhorou e aperfeiçoou o GM. Este equipamento possui alta sensibilidade e projeto eletrônico simplificado, portátil e de fácil manipulação, além de ser versátil na detecção de diferentes tipos de radiação. Entretanto, não permite a discriminação do tipo de radiação e nem da energia. Geralmente os GM's são utilizados para detecção de radiação  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . Um modelo de detector GM encontra-se representado na Figura 1.



Figura 1: Modelo de contador Geiger Muller. <sup>7</sup>

O GM se enquadra na categoria de detector gasoso, pois contém uma câmara com um gás nobre e uma fração de outro gás, cuja função é melhorar a eficiência do detector. Na câmara que contém a solução gasosa existe um fio central polarizado positivamente e uma carcaça polarizada negativamente. A radiação quando interage com o gás provoca ionizações no mesmo. Aplicando-se uma tensão nos eletrodos do detector, os íons formados migram para os respectivos pólos, gerando uma corrente elétrica. O circuito é composto por um capacitor e uma resistência que convertem o pulso de corrente em um pulso elétrico mensurável. Existe uma dependência entre a tensão aplicada e a quantidade de íons produzidos. Um exemplo de montagem de um contador GM segue na Figura 2 abaixo: <sup>8</sup>

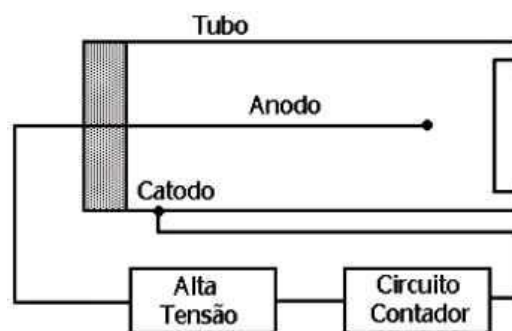


Figura 2: Esquema de Montagem de um contador Geiger Muller <sup>8</sup>

O detector GM é utilizado para estimar grandezas como dose e exposição, através de artifícios de instrumentação e metrologia. Estes detectores requerem certo tempo para recompor os íons formados, chamado de tempo morto. Quando se tem a incidência de radiação no interior da câmara os átomos necessitam deste tempo para se recompor da perda dos elétrons e enquanto isto um a nova radiação incidente não

pode ser detectada. As fontes de alta radioatividade produzem mais frequentemente este efeito, pois, neste caso, a incidência de novas radiações é alta na unidade de tempo.<sup>8</sup>

Por fim, para a avaliação das medidas de radioproteção adotadas tem-se um controle e avaliação de doses de exposição de todos os colaboradores. Este controle é executado através de monitores individuais que possuem o dispositivo de detecção TLD, termoluminescentes. Estes monitores são denominados dosímetros, que medem uma grandeza radiológica ou operacional, mas que relacionam os resultados ao corpo inteiro, órgão ou tecido humano. Tais dosímetros são utilizados em forma de crachá na lapela e em forma de pulseira.<sup>9</sup>

O leitor TLD é um instrumento utilizado para avaliar a dose em função da luz emitida. É composto de um sistema que faz um aquecimento controlado, de uma válvula fotomultiplicadora que transforma o sinal luminoso em elétrico amplificado e de um sistema de processamento e apresentação do sinal.<sup>10</sup>

O programa de monitoração adota os valores de exposição ocupacional descritos na Tabela 1: Limites de Dose Anual.

Em complementação as medidas de taxa de exposição com detector Geiger Muller periodicamente são instalados dosímetros nos laboratórios e nas suas vizinhanças para indicação dos valores de área controlada e livre e estabelecimento de medidas de referência para o laboratório de radioisótopos, sala de comando, entre outros.

Os dosímetros ambientais são guardados junto ao medidor padrão em área livre, onde a dose é inferior a 1,0mSv ao ano. Ao final de cada mês estes monitores, tanto ambientais quando individuais, são enviados para a leitura de dose junto ao laboratório credenciado, que emite um relatório de dose mensal devidamente acompanhado e interpretado pelo Supervisor de Radioproteção.

## **2. METODOLOGIA**

O estágio em medicina nuclear com vista à aplicação dos princípios de radioproteção foi realizado na empresa Rad Dimenstein Associados LTDA, em São Paulo. Esta empresa presta serviços na área de radiodiagnóstico e Medicina Nuclear em diversas instituições, dentre as quais: Hospital Israelita Albert Einstein (HIAE), Hospital

Nossa Senhora de Lourdes (HNSL), Hospital Santa Paula (HSP), Hospital Cruz Azul (CRAZ), Grupo Fleury, entre outras clínicas.

Durante nove meses de estágio acompanhou-se a rotina do Físico Médico em serviços de Medicina Nuclear desempenhando diversas atividades fundamentais para o desenvolvimento de habilidades técnicas e científicas específicas para a área. Dentre elas: execução de técnicas de rotina, manuseio de equipamentos, interpretação e análise crítica de resultados, além de todo embasamento teórico previsto em forma de cronograma pelo orientador Renato Dimenstein. Segue abaixo um descritivo das técnicas de rotina.

Diariamente eram realizados levantamentos radiométricos (LR) de contaminação com o equipamento Geiger Muller e sua sonda *pancake*. A metodologia para realizar estas medições de contaminação era: realizava-se o teste de checagem de bateria, que consistia em observar se o ponteiro atingia o nível mínimo necessário para medição de radiação (em caso negativo substituía-se esta bateria por outra). Em sequência realizava-se as medições em: bancadas, piso, sala de rejeitos, ergometria, mãos dos colaboradores, pias, entre outros. O critério para avaliação de áreas contaminadas era analisar se a medida, realizada em contagens por minuto (cpm), era três vezes maior que o *background* (BG), a radiação de fundo, em caso afirmativo a área encontrava-se contaminada e medidas de descontaminação eram adotadas como será descrito posteriormente. Após a realização destes procedimentos anotava-se em um caderno de registros da Medicina Nuclear os valores encontrados bem como acidentes radioativos, caso houvesse.

Estes levantamentos visavam à detecção de contaminações para que, se possível, a descontaminação fosse realizada e então se minimizasse o BG e, por conseqüência, a exposição das pessoas envolvidas.

Além do LR de contaminação, quinzenalmente eram realizados LR de exposição também com o equipamento Geiger Muller, porém com sua sonda de exposição. Neste LR também se verificava a indicação de bateria, tal como já descrito nos procedimentos para LR de contaminação. Eram então realizadas as medidas ambientais de acordo com uma planilha especificada no livro de registros. Dentre as áreas obrigatoriamente monitoradas nos serviços pode-se apontar: BG interno, BG externo, capela de manipulação, geradores e rejeitos. Após realizadas monitorações eram anotados os valores no livro de registros e comparados com a planilha de cálculo presente no plano de radioproteção vigente em cada instalação.

Estes levantamentos visavam o controle ambiental das áreas pertinentes à Medicina Nuclear e seus anexos, garantindo que estas não recebiam radiação desnecessariamente e que as blindagens eram suficientes para a quantidade de material radioativo manipulado. Como descrito anteriormente em caso de contaminações, medidas de descontaminação eram adotadas, fossem estas de quaisquer níveis, a exemplo: superfícies, quaisquer derramamentos e pessoais.

Abaixo, seguem os procedimentos adotados e as descrições das possíveis situações de emergência:

Em caso de contaminação de superfícies que são pequenos derramamentos de material radioativo, calçava-se pro pés e luvas a fim de não se contaminar; sinalizava-se a área; informava-se o ocorrido a todas as pessoas que trabalhavam e transitavam o local; demarcava-se e confinava-se a área, de forma a evitar o espalhamento da contaminação e monitorava-se com o Geiger Muller a fim da área contaminada ser identificava com precisão. Em caso de respingos líquidos removia-os utilizando métodos a seco, tal como um papel absorvente que posteriormente era tratado como rejeito radioativo. Media-se novamente a área contaminada e caso a contaminação permanecesse repetia-se o processo descrito para contaminações de superfície. Medições consecutivas eram realizadas até o momento em que este processo não era mais efetivo, ou seja, notava-se que a área não poderia ser mais descontaminada realizando este procedimento.

Neste caso adotavam-se os métodos semi-úmidos: utilizava-se um algodão ou pano umedecido com solução de EDTA 10%, que eram tratados posteriormente como rejeitos radioativos; fazia-se novamente a leitura da contaminação e se esta fosse inferior a 3 vezes o valor do BG considerava-se a área descontaminada.

Caso após a realização de todos os processos descritos por três vezes a contaminação persistisse, colocava-se uma placa de chumbo com espessura de aproximadamente 2mm visando não expor as pessoas que tivessem contato com a área e um plástico ou papéis próprios para forração (parte externa impermeável e interna absorvente), a fim de não se contaminar a placa. Afixava-se então um aviso de área contaminada com a data, valor da contaminação e radioisótopo. Por fim monitorava-se o pessoal envolvido na descontaminação e limpeza para se certificar de que ninguém havia se contaminado. Fazia-se o registro de acidente radioativo no livro de registros da Medicina Nuclear e se comunicava o Supervisor de Radioproteção da instalação.

Passadas 24 horas uma nova medida era realizada e se retirava a proteção de chumbo quando o valor da medição era inferior a três vezes o BG, caso contrário esta proteção permanecia até este valor ser atingido, garantido que a área estaria descontaminada.

Em caso de contaminação pessoal que é a detecção de material radioativo em mãos, partes do corpo, pés, entre outros, lavava-se a área detectada com água corrente, utilizando sabão neutro acrescido de EDTA 1%; escovava-se com escova macia, cuidando para não ferir a pele pelo excesso de escovação; monitorava-se a área afetada com o Geiger Muller e se caso a leitura fosse inferior a três vezes o BG, considerava-se que o local estava descontaminado, em caso negativo repetia-se o procedimento de lavagem e escovação.

Em caso de contaminação nas mãos e insucesso de descontaminação pelos métodos e procedimentos descritos acima utilizava-se luvas para provocar a sudorese e conseqüente eliminação do material radioativo ali presente.

Em caso de contaminação de diversas partes do corpo realizava-se a lavagem do corpo inteiro no chuveiro próprio que cada instalação possuía para este fim; utilizava-se bastante água fria para a lavagem e uma escova macia; as monitorações eram então realizadas por outra pessoa, a fim de que não ocasionasse a contaminação no detector Geiger Muller.

Em caso de contaminação de narinas ou ouvidos utilizavam-se hastes flexíveis na remoção do material radioativo; todos os utensílios utilizados no processo de descontaminação eram devidamente tratados como rejeitos radioativos.

Em caso de acidentes com o radioisótopo Iodo 131 (I-131), bloqueava-se a tireóide pela ingestão de xaropes ou soluções iodadas, após tal procedimento fazia-se um exame de captação de tireóide. Relatava-se o acidente ao Supervisor de Radioproteção que estimava a dose efetiva, que caso ultrapassasse 50mSv a pessoa envolvida era encaminhada ao médico do trabalho e ao IPEN, São Paulo, para avaliação de corpo inteiro. Por fim, fazia-se o registro da ocorrência no livro de registros da medicina nuclear.

Como as atividades realizadas pelos Físicos Médicos na área de Medicina Nuclear visam à minimização das doses recebidas pelos indivíduos ocupacionalmente expostos, mensalmente era realizado o controle destas através dos dosímetros termoluminescentes, que ao final do mês eram enviados às empresas contratadas por

cada serviço para realização da leitura. Na devolução da leitura do dosímetro as empresas emitiam um relatório de doses mensal de cada colaborador.

O limite anual estabelecido pela CNEN é de 20mSv/ano, o que resultaria uma dose de 1,6mSv/mês, entretanto a fim de se ter um maior controle quanto as exposições e doses recebidas pelos colaboradores estabeleceu-se que à partir de 1,0mSv/mês seriam realizados relatórios de nível de investigação, que possuem o propósito de investigar o porquê desta dose, visto que as ações e medidas de radioproteção visam minimizar estes valores. Este relatório é composto de diversas questões tal como se o colaborador lembrava-se de ter esquecido seu dosímetro em alguma área suscetível a radiação ou se no período de utilização havia ocorrido algum acidente com material radioativo no qual ele estivesse envolvido; e em caso afirmativo se estava registrado no caderno de registros da medicina nuclear.<sup>5</sup>

No caso das situações onde os valores de dose ultrapassassem os limites mensais de 1,6mSv, além da investigação, relatórios específicos eram enviados a CNEN, bem como comunicados a segurança do trabalho as medidas corretivas.<sup>5</sup>

Caso os funcionários apresentassem valores recorrentes superior ao nível de investigação era aplicado um treinamento específico para a melhoria das condições de proteção radiológica dos trabalhadores.

Nas situações onde a dose mensal ultrapassasse o limite de 50 mSv era realizado exames específicos de aberração cromossômica, e ou medidas de corpo inteiro.<sup>5</sup>

Como grande parte das ações corretivas e medidas tomadas com vista à minimização das doses recebidas aos colaboradores e freqüentadores das áreas de Medicina Nuclear utilizavam-se o detector Geiger Muller, era necessário garantir que este equipamento estivesse funcionando adequadamente e reprodutível, ou seja, que houvesse concordância entre os resultados de medições sucessivas de uma mesma grandeza, executadas pelo mesmo método, mesmo laboratório, mesmos instrumentos, mesmo observador, mesmas condições e em intervalos de tempo relativamente pequenos. Tais testes de controle de qualidade visavam não só o manuseio do equipamento como também a análise de resultados com interpretações baseadas na norma 3.05 da CNEN que trata a respeito dos Requisitos de Radioproteção e Segurança para os Serviços de Medicina Nuclear.<sup>9</sup>

Eram realizados mensalmente testes de reprodutibilidade destes detectores, conforme seguinte descrição: utilizava-se uma fonte selada de Cs-137 e se colocava a sonda do aparelho a uma distância de 5 cm da fonte; realizavam-se dez medidas com

intervalos de 5s entre cada medida; anotavam-se os valores encontrados. Repetia-se este procedimento com a sonda pancake do Geiger Muller. Feito isto eram realizados cálculos para se obter a média das medições e o desvio padrão, então se este se encontrasse com no mínimo, 25% de incerteza permitida pela CNEN-NN- 3.05, o equipamento encontrava-se em condições de uso, estava reprodutível, portanto. Em caso negativo o aparelho deveria ser enviado para calibração.<sup>9</sup>

Independentemente do resultado da reprodutibilidade do detector ao longo do ano, este devia ser bianualmente calibrado, também segundo a NN-3.05. A calibração é definida como um conjunto de operações destinadas a fazer com que as indicações de um instrumento correspondam a valores pré estabelecidos das grandezas a medir.<sup>9</sup>

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Em linhas gerais as medidas e ações adotadas por um Supervisor de Radioproteção em um serviço de Medicina Nuclear são extremamente eficazes e úteis na diminuição das doses recebidas pelos colaboradores, ou seja, na proteção radiológica.

Um exemplo da prática aprendida que contribuía para a diminuição da exposição dos colaboradores, e conseqüentemente as doses recebidas, era a realização dos LR's de contaminação, nos quais diversas vezes foram encontradas pequenas contaminações que eram facilmente removidas com os procedimentos de descontaminação. Caso não houvesse um Físico responsável por fazer estes LR's, as contaminações permaneceriam expondo os colaboradores, acarretando altas doses ao final do mês.

O relatório de investigação que era realizado para a determinação das causas que levaram o trabalhador a receber uma exposição além do prevista, exemplificava a eficiência dos LR's, visto que em todos relatórios realizados os colaboradores no período haviam ou se envolvido em algum acidente radioativo ou se encontraram, por inúmeras vezes, com as mãos contaminadas. Isto prova não só que as altas doses recebidas por estes colaboradores não são devidas aos métodos ineficazes de radioproteção mas pelo contato direto com contaminações, como também prova que se fazem necessários a aplicação dos princípios de radioproteção, pois, como acompanhado, apenas os colaboradores que possuíam algum tipo de registro no caderno vinham ao final do mês com os dosímetros acima dos limites de dose estabelecidos pela CNEN.

Embora durante o período de estágio os principais órgãos regulamentadores, como a CNEN e ANVISA, não tenham realizado auditorias, os hospitais passaram por outras auditorias nas quais os Supervisores de Radioproteção apresentavam a rotina e o cumprimento das normas, dentre elas: a Joint Commission e a ONA (Organização Nacional de Organização). Em ambas notou-se que as ações e procedimentos são muito eficazes, bem implantados, e portanto os serviços não apresentaram não conformidades na área de Medicina Nuclear no quesito de radioproteção.

Este é um resultado direto de todas as ações que são tomadas e do conjunto de procedimentos utilizados na proteção radiológica.

#### 4. CONCLUSÃO

O estágio além de permitir o desenvolvimento de habilidades técnicas e científicas específicas para a área de Medicina Nuclear também permitiu a vivência e conhecimento do papel de um Físico Médico como Supervisor de Radioproteção. Além disto, aprendeu-se a manusear equipamentos indispensáveis na rotina de um serviço que utiliza radioisótopos bem como a realização de testes de controle de qualidade com posterior interpretação e análise crítica dos resultados. Foi de fundamental importância para a formação profissional estas análises, visto que esta prática necessitava do respaldo dos conceitos teóricos abordados durante a graduação em Física Médica e aprofundados nos estudos orientados no cronograma proposto.

Pode-se concluir que todo o estágio teórico e prático propiciou a correta e fundamentada preparação de um estudante para o ingresso no mercado de trabalho na área. Cumpriu seu propósito então.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Cardoso, E. M. **Apostila Educativa: Aplicações da Energia Nuclear** [s.l.:s.n.]
- [2] Safety Series No 115, **International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources**, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1996.
- [3] Rocha. A. F.G., **Text Book of Nuclear Medicine Basic Science**. Lia & Sebigier, New Jersey, 1978 *In*: Xavier, A.M. et al. **Princípios de Segurança e Proteção Radiológica**, Terceira Edição Revisada e Ampliada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2010.

- [4] ICRP Publication 26. **Recommendations of the International Commission on Radiological Protection**, Pergamon Press, New York, 1977.
- [5] Norma CNEN-NN-3.01, **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**, 2005.
- [6] Mesquita, C. H. **Metodologia E Aplicações de Radioisótopos**. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/LinkAula/My-Files/Detectores.htm>>. Acesso em 08 jun. 2011.
- [7] **Aztec Research**. Disponível em: <<http://www.aztecresearch.net/geiger.htm>>. Acesso em 06 jun. 2011.
- [8] **Radiotividade – Portal São Francisco**. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-energia-nuclear/radioatividade-8.php>>. Acesso em 09 jun. 2011.
- [9] Norma CNEN-NN- 3.05, **Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear**, 1996.
- [10] Tauhata, L. et al. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos**. Rio de Janeiro, 5ª revisão. IRD/CNEN, 2003.