



INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA

CARMEN ANGELA GUIMARÃES LEAL

RISCOS OCUPACIONAIS NA RADIOLOGIA MÉDICA

RIO DE JANEIRO

2012

Carmen Angela Guimarães Leal

## RISCOS OCUPACIONAIS NA RADIOLOGIA MÉDICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Proteção Radiológica e Segurança de Fontes Radioativas, no Instituto de Radioproteção e Dosimetria, da Comissão Nacional de Energia Nuclear, para obtenção do grau de Especialista em Radioproteção.

Orientador: M.Sc Paulo Roberto Rocha  
Ferreira

Rio de Janeiro

2012

615.8424

L435 Leal, Carmen Angela Guimarães.

Riscos ocupacionais na radiologia médica / Carmen Angela Guimarães Leal  
Rio de Janeiro, IRD, 2012.  
xi; 100 fl.; il; 29 cm.

Orientador: Paulo Roberto Rocha Ferreira  
Monografia (Especialização Lato Sensu) – Instituto de Radioproteção e  
Dosimetria, 2012.

Referências bibliográficas: f. 95-100.

1.Radiologia médica 2. Riscos ocupacionais 3.Saúde Ocupacional I. Instituto  
de Radioproteção e Dosimetria II. Título.

Carmen Angela Guimarães Leal

## RISCOS OCUPACIONAIS NA RADIOLOGIA MÉDICA

Rio de Janeiro, 1º de outubro de 2012

---

M.Sc Paulo Roberto Rocha Ferreira  
Divisão de Radioproteção - Instituto de Radioproteção e Dosimetria - CNEN

---

Dr. Daniel Alexandre Baptista Bonifácio  
Serviço de Física Médica - Instituto de Radioproteção e Dosimetria - CNEN

---

M.Sc Francelina Helena Alvarenga Lima e Silva  
Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Saúde - CDTS - FIOCRUZ

O presente trabalho foi desenvolvido no Instituto de Radioproteção e Dosimetria, da Comissão Nacional de Energia Nuclear, sob orientação do Prof. M.Sc. Paulo Roberto Rocha Ferreira.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao Pai Maior que, ao me proporcionar a vida, me traz a oportunidade de crescimento de variadas formas.

Ao meu Mentor e aos Amigos Espirituais que, ao me fortalecerem e ampararem, trazem a coragem e confiança para persistir sempre nos meus ideais.

Aos meus pais, Dora e Antônio que, a despeito de todas as dificuldades, sempre incentivaram o crescimento através do saber.

Ao meu marido, José Miguel, sempre companheiro, paciente e amigo, presente nas minhas caminhadas, mais uma vez...

Aos meus filhos, Gabriel e Júlia, pela compreensão do meu tempo dedicado ao curso e monografia.

À minha secretária Beth, amiga e companheira, que com paciência e dedicação, mais uma vez, me proporcionou tranquilidade ao administrar o meu lar.

Ao orientador Prof. Paulo Roberto Ferreira, pelo suporte e orientação no trabalho.

Aos participantes da Banca Examinadora Prof<sup>a</sup>. Francelina Helena Alvarenga Lima e Silva e Dr. Daniel Alexandre B. Bonifácio, por aceitarem a participação.

À prof<sup>a</sup>. Dra. Lídia de Sá Vasconcelos, pela ajuda na revisão do trabalho pertinente à sua área.

Aos professores do Curso de Especialização em Radioproteção e Segurança de Fontes Radioativas, por proporcionar o conhecimento da Radioproteção e suas aplicações.

Ao professor Dr. Aucyone, sempre companheiro e que, com solicitude, atendia aos alunos, participando ativamente do movimento da turma.

Aos colegas Wallace, Ramiro e Lucilene, pela ajuda com informação e dados para a pesquisa.

Aos meus colegas e companheiros de jornada no Curso de Pós-Graduação, pelos momentos de convivência, seja de sofrimento ou alegria... foi muito bom!

A todos os funcionários do IRD – biblioteca, administração, laboratórios, limpeza, entre outros do pessoal de apoio.

A todos os familiares, amigos e colegas que me auxiliaram de forma direta, através de informações e experiência, como àqueles, que indiretamente, com palavras de incentivo, contribuíram para o término do curso e monografia.

“Educação não transforma o mundo.

Educação muda pessoas.

Pessoas transformam o mundo.”

Paulo Freire

## RESUMO

A Radiologia Médica contempla os serviços de radiodiagnóstico, radioterapia e medicina nuclear. Diversos agentes de risco estão presentes nestes ambientes: biológicos, ergonômicos, químicos, mecânicos e físicos. A radiação ionizante é o agente de risco mais regular, possibilitando a ocorrência de agravos a médio e longo prazo, sendo a neoplasia a doença mais associada aos efeitos biológicos às exposições ocupacionais da radiação. Objetivando conhecer os riscos ocupacionais da Radiologia Médica e como são percebidos e prevenidos pelos trabalhadores da área, foi realizada uma revisão bibliográfica, gerando discussões, o que possibilitou trazer considerações quanto a prevenção dos riscos nestes ambientes. O conhecimento dos riscos deve ser o primeiro passo para a mudança de atitudes quanto a prevenção, e a saúde ocupacional deve estar presente nos ambientes, com uma consciência de saúde integral, em que deva existir uma participação multidisciplinar, com a contribuição de várias áreas do saber para criar ações de mudanças locais. O trabalhador deve perceber os diversos riscos como importantes para serem prevenidos, não somente por seus agravos, mas também devido ao acréscimo potencial do risco quando há interferência de outros agentes de risco em um mesmo ambiente. Vários programas podem ser implementados, tais como: a capacitação, o treinamento e a educação continuada em procedimentos de proteção e prevenção dos riscos, estabelecimento de planos de proteção radiológica, criação de programas de atenção à saúde através de exames periódicos, implementação de programa de garantia da qualidade, estímulo à participação dos trabalhadores, para se verem como atores responsáveis pelas mudanças no ambiente de trabalho, e muitos outros, visando sempre, e principalmente, o controle dos riscos e ação efetiva em saúde e qualidade de vida. Os responsáveis pelos setores, como o empregador, o coordenador e os supervisores de radioproteção (SR), entre outros, necessitam de compreender que somente através da educação, em todas as suas dimensões, é que o trabalhador poderá entender a dinâmica da prevenção.

**Palavras-chave:** 1. Radiologia médica; 2. Riscos ocupacionais; 3. Saúde ocupacional.

## ABSTRACT

Medical Radiology contemplates radiology, radiotherapy and nuclear medicine services. Several risk agents are present in these environments: biological, ergonomic, chemical, mechanical and physical ones. Ionizing radiation is the most regular risk agent, enabling the occurrence of aggravations in the medium and long term, with neoplasia as the disease most commonly associated with biological effects due to occupational exposures to radiation. Aiming to understand the occupational risks of Medical Radiology and how they are perceived and prevented by workers in the field, a literature review was conducted, generating discussions, which allowed the creation of considerations regarding prevention of hazards in these environments. The knowledge of the risks should be the first step towards changing attitude regarding prevention, and the occupational health should be present in the working environment, with a awareness of whole health, where there should be multidisciplinary participation, with contributions from several areas of knowledge to create actions local changes. The worker should recognize the importance of preventing the various risks, not only because of the aggravations they can cause, but also because of the increased risk potential when there is interference from many risk agents in the same environment. Several programs can be implemented, such as: qualification, training and continuing education in procedure on protection and risk prevention, establishment of plans for radiological protection, creation of programs for health care through periodic examinations, implementation of quality assurance programs, encouragement to the participation of workers, so they can see themselves as actors responsible for changes in the workplace and many others, always seeking, and mainly, the control of risks and effective action on health and quality of life. The heads of sectors, as the employer, the coordinator and radiation protection supervisors, among others, need to understand that only through education, in all its dimensions, can the worker understand the dynamics of prevention.

**Keywords:** 1. Medical radiology; 2. Occupational risks; 3. Occupational health.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Radiações eletromagnéticas	<b>27</b>
Figura 2. Princípio de formação de Raios X	<b>28</b>
Figura 3. Efeitos da radiação sobre o organismo	<b>31</b>
Figura 4. Tipos de blindagem conforme a radiação	<b>35</b>
Figura 5. Equipamentos de Proteção Individual na Radiologia	<b>36</b>
Figura 6. Teleterapia após o planejamento, com marcação das áreas a serem irradiadas	<b>45</b>
Figura 7. Distribuição das aplicações de Braquiterapia em tecidos e órgãos	<b>47</b>
Figura 8. Distribuição de radiofármacos em órgãos e sistemas em função da quimiotaxia	<b>50</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO - Associação Brasileira de Ergonomia

AIEA - Agência Internacional de Energia Atômica

ALARA - **A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CBR - Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPF – Cadastro de Pessoa Física

CT - Tomografia Computadorizada

DAS - Angiografia por Subtração Digital

DNA - Ácido Desoxirribonucleico

DORT - Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho

EPI - Equipamento de Proteção Individual

HDR - High Dose Rate

HIV - Human Immunodeficiency Virus (Vírus da Imunodeficiência Humana)

ICRP - International Commission on Radiation Protection

LDR - Low Dose Rate

LER - Lesões por Esforço Repetitivo

LET - Linear Energy Transfer

MS - Ministério da Saúde

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego

NR - Norma Regulamentadora

OIT - Organização Internacional do Trabalho

OMS - Organização Mundial de Saúde

OPAS - Organização Pan Americana da Saúde

PCMSO - Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional

PDR - Pulsed Dose Rate

PET - Positron Emission Tomography

POP - Procedimento Operacional Padrão

PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

RM - Ressonância Magnética

SEMST – Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho

SPECT - Single-Photon Emission Computed Tomography

SR - Supervisor de Radioproteção

TLD - Thermoluminescent Dosimeter

# SUMÁRIO

## LISTA DE FIGURAS

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>16</b>
4.1.	RISCO	16
4.1.1	<b>Percepção de Risco</b>	<b>18</b>
4.2	SAÚDE OCUPACIONAL	22
4.3	RADIAÇÃO	26
4.3.1	<b>Aspecto Conceitual</b>	<b>26</b>
4.3.2	<b>Efeitos Biológicos</b>	<b>29</b>
4.3.3	<b>Proteção à Radiação</b>	<b>32</b>
4.4	RADIOLOGIA MÉDICA	37
4.4.1	<b>Radiodiagnóstico</b>	<b>37</b>
4.4.1.1	Técnicas Diagnósticas com Radiação Ionizante	38
4.4.1.1.1	<i>Radiografia Convencional</i>	38
4.4.1.1.2	<i>Radiografia Odontológica</i>	38
4.4.1.1.3	<i>Mamografia</i>	39
4.4.1.1.4	<i>Fluoroscopia</i>	39
4.4.1.1.5	<i>Litotripsia</i>	40
4.4.1.1.6	<i>Radiografia Digital</i>	40
4.4.1.1.7	<i>Tomografia Computadorizada</i>	41
4.4.1.1.8	<i>Densitometria Óssea</i>	42

4.4.1.2	Técnicas Diagnósticas com Radiações Não Ionizantes	42
4.4.1.2.1	<i>Ressonância Magnética</i>	42
4.4.1.2.2	<i>Ultrassom</i>	42
<b>4.4.2</b>	<b>Radioterapia</b>	<b>43</b>
4.4.2.1	Teleterapia	44
4.4.2.2	Braquiterapia	46
<b>4.4.3</b>	<b>Medicina Nuclear</b>	<b>48</b>
4.5	LEGISLAÇÃO	52
4.6	RISCOS OCUPACIONAIS NA RADIOLOGIA MÉDICA	56
4.6.1	Riscos Químicos	56
4.6.2	Riscos Físicos	57
4.6.3	Riscos Biológicos	76
4.6.4	Riscos Ergonômicos	78
4.6.5	Riscos Mecânicos	81
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>83</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>91</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>95</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os serviços de saúde têm a seu favor as inovações tecnológicas que permitem que os processos e procedimentos possam responder às expectativas atuais da população quanto a exames de diagnóstico e tratamento nas diversas áreas da saúde. A Radiologia Médica, que se divide nas práticas de radiodiagnóstico, radioterapia e medicina nuclear, requer a utilização controlada de radiação ionizante (aparelhos de raios X odontológicos, tomógrafos, aceleradores lineares, por exemplo) e não ionizante (ressonância magnética e ultrassom), objetivando ganho em saúde, através de exames de diagnóstico e tratamentos. Estas subáreas da Radiologia Médica estão em setores especializados de hospitais, institutos e serviços de pronto socorro, clínicas especializadas e consultórios odontológicos.

Os riscos ocupacionais são os perigos que incidem sobre a saúde humana e o bem-estar dos trabalhadores associados a determinadas profissões. Os trabalhadores da Radiologia Médica estão sujeitos a diversos riscos, como os biológicos, químicos, físicos, ergonômicos e mecânicos, sendo que os riscos físicos da radiação são um dos mais presentes, pois são as radiações ionizantes que permite que exames e terapias sejam realizados, submetendo os profissionais aos riscos ocupacionais pela exposição à radiação.

A relação risco ocupacional e Radiologia Médica é estudada por autores como Gomes (2002), Fernandes *et al.* (2005) e Machado *et al.* (2011), citando alguns, que abordam as condições de trabalho e os riscos das exposições ocupacionais nestes ambientes. A situação quanto a proteção dos riscos na Radiologia Médica traz preocupações quanto a saúde ocupacional dos profissionais, pois existem muitas lacunas a respeito. São conhecidos que os trabalhadores podem sofrer agravos e doenças a curto, médio e longo prazos, se não houver medidas de proteção à segurança dos mesmos.

No Brasil, a norma brasileira de proteção radiológica da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) NN-3.01:2011, ao estabelecer parâmetros sobre a produção, armazenamento de materiais e a prática que envolve as radiações ionizantes, estabelece também requisitos básicos ao trabalho seguro dos profissionais, normatizando também as práticas da radioterapia e medicina nuclear; o radiodiagnóstico tem o respaldo do Ministério da Saúde, através da Portaria 453:1998 da Secretaria de Vigilância Sanitária, estabelecendo diretrizes específicas para esta área, também com garantias de segurança e proteção aos trabalhadores destas práticas.

Os trabalhadores da Radiologia Médica têm o suporte também de outras normas e resoluções, como as NRs (Normas Reguladoras) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), sendo uma das mais importantes a NR 32 - Portaria 458:2005 relacionado a serviços de saúde; as RDC's (Resolução da Diretoria Colegiada) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde, como a RDC 50, sobre os projetos de instalações dos serviços de saúde, entre outros decretos e legislações, objetivando a proteção e segurança nas instalações.

A Saúde Ocupacional é uma área da Saúde do Trabalhador com ações de controle de riscos nos ambientes ocupacionais, através de vários processos integrados, como capacitações e programas de educação continuada, com vistas à participação do trabalhador na prevenção dos riscos, pelo conhecimento e uso de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) e procedimentos durante as práticas; programa de exames periódicos dos trabalhadores; monitoração e controle de doses, relacionado à exposição ocupacional à radiação, entre outros sistemas de controle dos riscos, o que proporciona, portanto, melhores condições aos trabalhadores em seus ambientes laborais.

Ao se propor neste trabalho o conhecimento dos setores da Radiologia Médica, suas práticas, o conhecimento dos variados riscos, os métodos de prevenção e segurança, a legislação pertinente às práticas e serviços e, por fim, como esses processos são apresentados por pesquisadores e estudiosos no tema “Radiologia Médica e riscos ocupacionais”, permite surgir a colaboração ao discutir, a partir dos resultados avaliados dos riscos, como esses podem interferir na saúde e qualidade de vida dos trabalhadores, bem como possibilita contribuir para considerações mais amplas acerca dos riscos e possibilidades de atuação.

## **2 OBJETIVOS**

Descrever os variados riscos nos ambientes ocupacionais das práticas da Radiologia Médica encontrados na literatura pesquisada.

Discutir como estes riscos são abordados na literatura pelos autores.

Colaborar na discussão como os profissionais podem perceber os riscos nos seus ambientes de trabalho e se existe a prevenção a estes riscos.

Propor recomendações de atuação de prevenção dos riscos nos ambientes da Radiologia Médica.

### **3 METODOLOGIA**

A pesquisa científica é definida por Gil (2002) como o procedimento racional e sistemático que objetiva elaborar respostas para as questões que são propostas na organização dos processos investigativos ou quando não se dispõem informações suficientes para responder aos problemas de ordem prática ou cognitiva que se impõem.

O procedimento técnico adotado é a pesquisa descritiva, exploratória e bibliográfica, baseada nos pressupostos da revisão integrativa. A revisão foi elaborada a partir de materiais já publicados (artigos indexados, legislações e normas, teses, dissertações, livros e manuais).

A revisão integrativa é definida como aquela no qual pesquisas já publicadas são sintetizadas e geram conclusões sobre o tema de interesse. Souza, Silva e Carvalho (2010) informam que o método de pesquisa possibilita uma análise mais ampla e sistemática de estudos científicos, permitindo sua caracterização e análise das bases teóricas e tendências da produção relacionada, neste estudo, aos riscos ocupacionais na Radiologia Médica.

## 4 REVISÃO DA LITERATURA

### 4.1 RISCO

Segundo Freitas (2002), o termo risco tem sua origem na palavra italiana *riscare*, cujo significado original era navegar entre rochedos perigosos. O conceito de risco que se conhece atualmente provém da teoria das probabilidades, sistema axiomático oriundo da teoria dos jogos na França do século XVII, que pressupõe a possibilidade de prever determinadas situações ou eventos por meio do conhecimento - ou, pelo menos, possibilidade de conhecimento - dos parâmetros da distribuição de probabilidades de acontecimentos futuros por meio da computação das expectativas matemáticas. O conceito de risco está associado ao potencial de perdas e danos e de magnitude das consequências.

Em épocas mais recentes, a palavra “risco” adquiriu significados referidos a desenlaces negativos. No decorrer da Segunda Grande Guerra, no campo da engenharia, o tema recebeu forte impulso devido à necessidade de estimar danos decorrentes do manuseio de materiais perigosos (radiativos, explosivos, combustíveis). Na biomedicina, essas análises serviram para dimensionar os possíveis riscos na utilização de tecnologias e procedimentos médicos (CASTIEL; GUILAM; FERREIRA, 2010).

Admite-se que o risco é mensurável e dinâmico em situações indicadoras de existência potencial ou manifesta de fonte de risco e/ou perigo com probabilidade de ocorrência de acidente, causando danos (COSTA; COSTA, 2009). Os riscos considerados inerentes são aqueles que se encontram no ambiente e nas atividades humanas, que fazem parte da existência (McNAMEE, 2003 *apud* COSTA; COSTA, 2009). O conceito de risco mais amplamente utilizado se aproxima a um perigo mais ou menos definido (PERES, 2002 *apud* FONSECA *et al.*, 2007) ou a probabilidade de perigo, geralmente com ameaça física para o homem e/ou para o ambiente (FONSECA *et al.*, 2007).

Uma concepção abrangente de risco de interesse à saúde dos trabalhadores significa toda e qualquer possibilidade de que algum elemento ou circunstância existente num dado processo e ambiente de trabalho possa causar dano à saúde, seja através de acidentes, doenças ou do sofrimento dos trabalhadores, ou ainda através da poluição ambiental. Os riscos ocupacionais fazem parte dos riscos inerentes e a classificação dos principais riscos ocupacionais é agrupada conforme sua natureza (PORTO, 2000).

Os riscos no ambiente laboral podem ser classificados a partir de cinco tipos de agentes que atuam no ambiente. De acordo com a Portaria nº 3.214, do Ministério do Trabalho e Emprego, de 1978, que regulamenta a Lei 6.514, contém uma série de normas regulamentadoras que consolidam a legislação trabalhista, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. A classificação dos riscos se encontra na sua Norma Regulamentadora (NR) 09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, porém esta Norma foi alterada/atualizada através da Portaria nº 25 de 29 de dezembro de 1994 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2011), com a seguinte classificação:

1. Agentes Químicos: são considerados aqueles capazes de provocar riscos à saúde, como substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo, por exposição crônica ou acidental, pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases, vapores, substâncias, ou que pela natureza da atividade ou da exposição, possam ter contato ou serem absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão. Também incluem os riscos químicos desencadeantes de explosões e incêndios.

2. Agentes Físicos: são consideradas as diversas formas de energia capazes de provocar riscos à saúde como ruídos, vibrações, radiações ionizantes e não ionizantes, pressões anormais, temperaturas extremas (frio e calor), iluminação deficiente, umidade etc.

3. Agentes Biológicos: são os microrganismos que podem afetar a saúde do trabalhador, como os bacilos, protozoários, fungos, parasitas, bactérias, vírus (geneticamente modificados ou não), as culturas de células, as toxinas e os príons. Entram na classificação também os animais peçonhentos, como escorpiões, aranhas, insetos e ofídios peçonhentos, devido às toxinas contidas nos venenos.

Os agentes biológicos são classificados em quatro classes de 1 a 4 por ordem crescente de risco, classificados segundo os seguintes critérios: patogenicidade para o homem, virulência, modos de transmissão, disponibilidade de medidas profiláticas eficazes, disponibilidade de tratamento eficaz e endemicidade.

- Classe de risco 1: baixo risco individual para o trabalhador e para a coletividade, com baixa probabilidade de causar doença ao ser humano.

- Classe de risco 2: risco individual moderado para o trabalhador e com baixa probabilidade de disseminação para a coletividade. Podem causar doenças ao ser humano, para as quais existem meios eficazes de profilaxia ou tratamento.

- Classe de risco 3: risco individual elevado para o trabalhador e com probabilidade de disseminação para a coletividade. Podem causar doenças e infecções graves ao ser humano, para as quais nem sempre existem meios eficazes de profilaxia ou tratamento.

- Classe de risco 4: risco individual elevado para o trabalhador e com probabilidade elevada de disseminação para a coletividade. Apresenta grande poder de transmissibilidade de um indivíduo a outro. Podem causar doenças graves ao ser humano, para as quais não existem meios eficazes de profilaxia ou tratamento.

4. Agentes Ergonômicos: são aqueles caracterizados pela falta de adaptação das condições às características psicofisiológicas do trabalhador. Entre os mais comuns estão o trabalho físico pesado, posturas incorretas, posições incômodas, repetitividade, monotonia, ritmo excessivo, trabalho em turnos e trabalho noturno, jornada prolongada, entre outros.

5. Agentes Mecânicos (de Acidentes): qualquer fator que coloque o trabalhador em situação vulnerável e possa afetar sua integridade e seu bem estar físico e psíquico. Os arranjos físicos inadequados, máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas inadequadas ou defeituosas, iluminação inadequada, sinalização deficiente, eletricidade, probabilidade de incêndio ou explosão, armazenamento inadequado, transporte inadequado ou outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes.

#### 4.1.1 PERCEPÇÃO DE RISCO

Wiedemann (1993) *apud* Peres, Brani e Lucca (2005) define percepção de risco como a habilidade de interpretar uma situação de potencial dano à saúde ou à vida da pessoa ou de terceiros, baseada em experiências anteriores e sua extrapolação para um momento futuro, habilidade esta que varia de uma vaga opinião a uma firme convicção. Segundo o autor, tem base, principalmente, em imagens e crenças e tem raízes, em uma menor extensão, em alguma experiência anterior como, por exemplo, acidentes que um motorista já teve, o conhecimento de desastres anteriores e a relação com informações sobre a probabilidade de um desastre ocorrer.

Em termo mais geral, a percepção é a apreensão da realidade ou de uma situação objetiva pelo homem; a reação de um sujeito a um estímulo exterior, que se manifesta por fenômenos químicos, neurológicos, ao nível dos órgãos dos sentidos e do sistema nervoso central, e por diversos mecanismos psíquicos tendentes a adaptar esta reação a seu objeto, como a identificação do objeto percebido (ou seu reconhecimento), sua diferenciação por ligação aos outros objetos, entre outros (FERREIRA, 1986).

Em psicologia, neurociência e ciências cognitivas, percepção é a função cerebral que atribui significado a estímulos sensoriais, a partir de histórico de vivências passadas. Através da percepção, um indivíduo organiza e interpreta as suas impressões sensoriais, para atribuir significado ao seu meio. Do ponto de vista psicológico ou cognitivo, a percepção envolve também os processos mentais, a memória e outros aspectos que podem influenciar na interpretação dos dados percebidos (AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION, 2010).

A percepção é um dos campos mais antigos dos processos fisiológicos e cognitivos envolvidos. Os primeiros a estudar com profundidade a percepção foram Hermann von Helmholtz, Gustav Theodor Fechner e Ernst Heinrich Weber. A Lei de Weber-Fechner é uma das mais antigas relações quantitativas da psicologia experimental e quantifica a relação entre a magnitude do estímulo físico (mensurável por instrumentos) e o seu efeito percebido (relatado). Mais adiante, Wilhelm Wundt fundou o primeiro laboratório de psicologia experimental em Leipzig, em 1879 (AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION, 2010).

Pela filosofia, a percepção, primeiramente, é um modo da consciência relacionar-se com o mundo exterior pela mediação do corpo; segundo, é um certo modo da consciência relacionar-se com as coisas, quando as toma como realidades quantitativas (cor, sabor, odor, tamanho, forma, distâncias, agradáveis, desagradáveis, dotadas de fisionomia e de sentidos, belas, feias, diferentes uma das outras, partes de uma paisagem etc); terceiro, a percepção é uma vivência, que é uma forma de conhecimento dotada de estrutura: há o ato de perceber (pela consciência) e há o correlato percebido (a coisa externa) e a característica principal do percebido é a de oferecer-se por faces, por perfis ou perspectivas, como algo interminável, que os sentidos nunca podem apanhar de uma só vez e de modo total (CHAUI, 2000).

A concepção de risco mais fortemente aceita na literatura que trata dos problemas delimitados pelos campos da saúde, trabalho e ambiente é a composição de pelo menos dois

dos três seguintes componentes: potencial de perdas e danos, a incerteza da perda/dano e/ou a relevância da perda/dano (YATES; STONE, 1992 *apud* FONSECA *et al.*, 2007) porém, há um elemento comum a estes componentes: a distinção entre realidade e possibilidade.

Segundo Slovic (2000) *apud* Fonseca *et al.* (2007), não há risco real, ou seja, o risco não existe enquanto realidade independente de nossas mentes e culturas, sendo possível de ser observado e mensurado dentro de um contexto. O mais importante, então, não seria o risco em si, mas sim as percepções da situação de risco, as quais envolvem interpretações, avaliações e julgamentos em dois níveis, o subjetivo e o intersubjetivo.

Slovic (2000) *apud* Fonseca *et al.* (2007) estabelece uma distinção entre a probabilidade de risco e a percepção do risco, partindo do ponto de vista de que risco “real” e risco percebido são duas dimensões diferentes. Slovic (2000, *apud* FONSECA *et al.*, 2007) reconhece que a equação risco/resposta ao risco é mediada por valores, tornando claro que outros fatores, além de uma avaliação técnica do risco, são nitidamente importantes para a compreensão de como as pessoas percebem e respondem aos riscos.

Vários trabalhos que se apóiam nas tradições - hermenêutica (teoria da interpretação) e fenomenológica (estudo da consciência e dos objetos da consciência), mostram a influência dos universos social e cultural sobre a adoção de comportamentos de prevenção ou de risco. Nessa perspectiva, os comportamentos são associados às representações, as quais se formam na interação entre pessoas, diferindo de uma simples perspectiva cognitiva. Estas representações são mediadas por um complexo cultural que influencia a maneira pela qual os indivíduos percebem o risco, podendo levá-los a ações específicas, entre as quais a de ignorar sua probabilidade de ocorrência (FONSECA *et al.*, 2007).

Os pesquisadores estudam as características do risco que poderiam ter maior influência na percepção, como o medo, o controle, a conscientização, a relação custo-benefício, a confiança, a memória de risco, efeitos na segurança pessoal e nos bens, entre outros, e observam que a percepção é um fator importante a ser considerado quando se comunicam riscos. A informação sobre a magnitude do risco é importante para que haja conscientização de riscos até então desconhecidos, enquanto que a informação sobre a susceptibilidade pessoal é importante na transição da conscientização à decisão de agir, entretanto, tomar a decisão de agir é diferente de passar à ação; porém quanto mais consciente se está de um risco, melhor é a percepção e maior a preocupação (OPAS, 2004).

Vários estudos situados nos campos da antropologia e da sociologia mostram que a percepção e a aceitação do risco têm suas raízes em fatores culturais e sociais (OPAS, 2004) e segundo Douglas (1982) *apud* Funari (2003), a percepção do risco é uma construção coletiva e os indivíduos tenderiam a fazer suas escolhas à luz de valores determinados pelas instituições às quais pertencem. Neves e Guilam (2007) observam que, em geral, as pessoas subestimam os riscos por acreditar que estão seguras e que são invulneráveis, não se sentindo, portanto, obrigadas a fazer algo a respeito.

O estudo sobre a percepção de risco indica que os especialistas geralmente definem o risco de uma forma técnica e limitada, enquanto que o público julga o risco a partir de uma série de fatores psicológicos, sociais, institucionais e culturais, portanto há diferenças entre as avaliações técnicas e as avaliações do público quanto à identificação dos riscos mais importantes. A percepção de risco inclui diferentes elementos a serem levados em consideração em conjunto para compreender como os indivíduos e os grupos sociais percebem tais riscos e, conhecer a percepção de um determinado problema ambiental em uma comunidade é fundamental para poder elaborar um plano de comunicação de risco eficaz (NEVES; GUILAM, 2007).

Porto (2000) propõe uma sistematização que auxilia o entendimento dos objetivos e ações desenvolvidas pelas diferentes disciplinas que estudam o risco, mostrando suas diversas abordagens. Através da psicologia, antropologia e sociologia, os estudos de percepção e comunicação de riscos visam analisar como populações diferentes percebem e reagem frente a determinados riscos; estas análises ajudam na formulação de programas de comunicação de riscos.

Gordon (2006 *apud* SILVA; FRANÇA, 2011) informa que a literatura não dispõe com riqueza de informações sobre como o risco é percebido pelo indivíduo, bem como tais percepções são influenciadas; e apesar do risco ser considerado uma combinação de probabilidade x severidade, geralmente reconhece-se que não é passível de medição física. Como não tem unidade, qualquer tentativa em amarrar um significado preciso da palavra pode rapidamente mostrar que a ideia de risco é intangível. Por não permitirem medidas - sentimentos, experiências, fatores socioculturais, antecedentes pessoais, tais como origem social, estilo de vida e cultura, inevitavelmente podem influenciar a maneira como o risco é percebido no processo de avaliação de risco, mesmo para o caso dos especialistas em segurança.

Em relação a percepção de riscos no ambiente ocupacional, Silva e França (2011) pontuam que a capacidade de perceber riscos das pessoas é influenciada pelo estado de saúde, da atenção, do estado emocional e o mapeamento da percepção de riscos dos trabalhadores permite de certa maneira, avaliar a importância que estes dão ao processo de gestão de segurança e saúde no trabalho. Muitas vezes, o trabalhador comete comportamentos inseguros por não conhecer de fato os riscos aos quais está exposto em seu ambiente de trabalho, as medidas de segurança, então, são instituídas pelos gestores do processo de gestão de segurança do setor estudado (por exemplo, o uso de cintos de segurança e capacete) e não foram tomadas em função do risco percebido.

De acordo com Porto (2000), o debate em torno dos riscos é um importante instrumento para a democratização dos locais de trabalho e da própria sociedade, colocando em discussão quem, como e com que critérios são definidos os riscos para as vidas dos trabalhadores, das pessoas em geral e do meio ambiente, se propondo a discutir, também, o tipo de sociedade que existe e a que se quer construir.

## **4.2 SAÚDE OCUPACIONAL**

As atividades laborais nasceram com o homem e por sua capacidade de raciocínio e instinto gregário, o homem conseguiu, através da história, criar condições que possibilitaram sua existência no planeta. Ao se realizar uma revisão histórica relacionada às atividades de trabalho, são notórias as descrições das primeiras observações quando é realizada a associação ofício e doença como consequência dos riscos impostos às atividades ocupacionais (PIZA, 1997).

Hipócrates, em seus escritos, que datam de quatro séculos antes de Cristo, mencionou a existência de moléstias entre mineiros e metalúrgicos. Plínio, O Velho, antes do advento da era Cristã, descreveu diversas moléstias do pulmão entre mineiros e envenenamento advindo do manuseio de compostos de enxofre e zinco. Galeno, no século II, fez várias referências a moléstias profissionais entre trabalhadores das ilhas do Mediterrâneo. Agrícola e Paracelso investigaram doenças ocupacionais nos séculos XV e XVI (PIZA, 1997).

Georgius Agrícola, em 1556, publicou o livro "De Re Metallica", onde estudou diversos problemas relacionados à extração de minerais argentíferos e auríferos, e à fundição

da prata e do ouro. Em 1697, surge a primeira monografia sobre as relações entre trabalho e doença de autoria de Paracelso: "Von Der Birgsucht Und Anderen Heiten", em que são numerosas as citações relacionando métodos de trabalho e substâncias manuseadas com doenças, destacando-se as primeiras associações de intoxicação por mercúrio como sintoma de doença profissional (PIZA, 1997).

Em 1700, foi publicado na Itália um livro que teve notável repercussão em todo o mundo - a obra "De Morbis Artificum Diatriba" de autoria do médico Bernardino Ramazzini, sendo com isso denominado o "Pai da Medicina do Trabalho". Nessa obra são descritas cerca de 100 profissões diversas e os riscos específicos de cada uma. Um fato importante é que muitas dessas descrições são baseadas nas próprias observações clínicas do autor, o qual nunca esquecia de perguntar ao seu paciente: "Qual a sua ocupação?" (PIZA, 1997).

Embora a relação trabalho e saúde tenha sido relatada desde a antiguidade, como o exposto acima, as primeiras abordagens formais tiveram início na Europa, no século XIX, com a criação da Medicina do trabalho e a implantação dos serviços médicos dentro das empresas. Eram estruturas centradas no médico que assumiam a responsabilidade pela prevenção dos acidentes e doenças, porém, o interesse principal não era promover a saúde dos trabalhadores, mas sim o bom funcionamento dos processos de trabalho (SILVA *et al.*, 2010).

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) criada em 1919, adotou, desde o início, normas preventivas que tratavam da limitação da jornada, desemprego, proteção à maternidade, trabalho noturno de menores e mulheres e idade mínima para admissão de crianças. Em 1953, a OIT, por meio da Recomendação 97, sobre a proteção à saúde dos trabalhadores, passou a estimular os países membros a formarem seus médicos do trabalho e a instalarem serviços de Medicina do Trabalho nas empresas (SILVA *et al.*, 2010).

O Comitê Misto da Organização Internacional do Trabalho (OIT) e Organização Mundial da Saúde (OMS), em 1950, já assegurava que a Saúde e Segurança no Trabalho relaciona-se com o respeito à promoção e manutenção do mais alto grau de desenvolvimento físico, mental e bem-estar social dos trabalhadores e à prevenção de agravos à saúde causados pelas condições de trabalho, além da relação com a proteção dos trabalhadores contra os riscos à saúde e à adaptação do ambiente de trabalho para as necessidades fisiológicas e psicológicas dos trabalhadores (SILVA *et al.*, 2010).

Nas décadas de 1980 e 1990, ao mesmo tempo em que os já conhecidos agravos ocupacionais, como mortes, mutilações, intoxicações por vários produtos químicos, perdas auditivas, pneumopatias, dermatoses, as afecções musculoesqueléticas – lesões por esforço repetitivo (LER) e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) passaram a invadir os consultórios. Diferentemente de outros agravos, esses ocorriam indistintamente entre trabalhadores da indústria, do comércio e de serviços (SILVA *et al.*, 2010).

Como estes agravos não faziam parte dos já conhecidos fatores de riscos tradicionais – físicos, químicos e biológicos, discutiu-se que o trabalho e suas repercussões sobre a saúde dos trabalhadores deveriam ser analisados não somente aos fatores de risco tradicionalmente abordados, mas também os seus aspectos organizacionais, ergonômicos e psicossociais (SILVA *et al.*, 2010).

A Saúde do Trabalhador tem como características básicas a busca da compreensão das relações (do nexo) entre o trabalho e a saúde-doença dos trabalhadores que se refletem sobre a atenção à saúde prestada e a possibilidade/necessidade de mudanças dos processos de trabalho – das condições e dos ambientes de trabalho – em direção à humanização do trabalho. Deve exercitar uma abordagem multidisciplinar e intersetorial das ações na perspectiva da totalidade, prevendo a participação dos trabalhadores, capazes de contribuir com seu conhecimento para o avanço da compreensão do impacto do trabalho sobre o processo saúde-doença e de intervir politicamente para transformar a realidade (DIAS, 1993 *apud* MENDES, 1995).

Como incrementos positivos neste foco, o documento “Estratégia Global de Saúde Ocupacional para Todos” da OMS (1996) trouxe políticas e propostas internacionais sobre Saúde do Trabalhador que, entre outras prioridades, salientou a importância de utilizar os locais de trabalho para influenciar os determinantes de saúde dos trabalhadores.

Podem ser citados vários exemplos de publicações relacionadas às condições no ambiente ocupacional, como “Trabalho Saudável” (Karasek & Theorel, 1990), “Organizações de Trabalho Saudáveis” (Cooper & Williams, 1994), “Organização Saudável” (Newell, 1995), “Enfoque do Trabalho Saudável” (OMS, 1997) e “Fábrica Saudável” (SESI/DN, 1999; SESI/SC, 2005). Outros documentos e estudos em que as condições no ambiente ocupacional influenciam na saúde humana, como “Ambientes Saudáveis” e “Ambientes Favoráveis à

Saúde” (Ottawa, 1986), “Cidades Saudáveis” (OMS, 1986) e “Edifícios Saudáveis” (Holdsworth & Sealey, 1992).

A Saúde do Trabalhador considera a explicação do processo saúde-doença diferenciado e tem sua base na organização da sociedade e no trabalho, enquanto seu eixo organizador, mas incorpora também conceitos, procedimentos e metodologias da Medicina do Trabalho, da Clínica, da Medicina Social, da Saúde Pública/Saúde Coletiva e mais recentemente, o enfoque ecológico-ambientalista; a relação apresentada é processo de trabalho x saúde (DOMINGOS; PIANTA, 2002).

A Saúde ocupacional tem conexão direta com a Saúde do Trabalhador, porém aquela apresenta um foco de atuação pontual, dentro do ambiente ocupacional. Mesmo atuando com os fatores psicossociais, decorrentes também de determinantes sociais, podendo ser externamente ao ambiente de trabalho, busca atuar diretamente nas questões relacionadas ao trabalho, como os agentes de risco, a organização, a dinâmica de trabalho, entre outros (DOMINGOS; PIANTA, 2002).

Com isto, a Saúde Ocupacional deve ser baseada na multicausalidade que reconhece a multiplicação ou interação de vários agentes físicos, ergonômicos, químicos, mecânicos e biológicos como causadores de acidentes e doenças. É centrada nas relações técnicas do trabalho e a intervenção baseia-se na diminuição da frequência e no nível de exposição; a relação apresentada é risco x doença (CASSIMIRO, 2007)

Promove condições laborais que garantam o mais elevado grau de qualidade de vida no trabalho, protegendo a saúde dos trabalhadores, promovendo o bem-estar físico, mental e social, prevenindo e controlando os acidentes e as doenças através da redução das condições de risco. Reconhece, avalia e controla os riscos provenientes do trabalho. Esses riscos são fatores decorrentes do ambiente ou dos processos produtivos utilizados que podem provocar acidentes afetar a saúde, o conforto ou a eficiência do trabalhador. Esses riscos classificam-se como processos produtivos, sendo eles operacionais ou ambientais (CASSIMIRO, 2007).

A Saúde Ocupacional engloba de forma única higiene, segurança e medicina do trabalho com monitoramento dos trabalhadores em sua ocupação, estabelecendo os métodos, a organização do ambiente de trabalho e a elaboração de programas que promovam a saúde dos trabalhadores. Tem uma abrangência multi e interdisciplinar com organização de equipe progressivamente multiprofissional (CASSIMIRO, 2007).

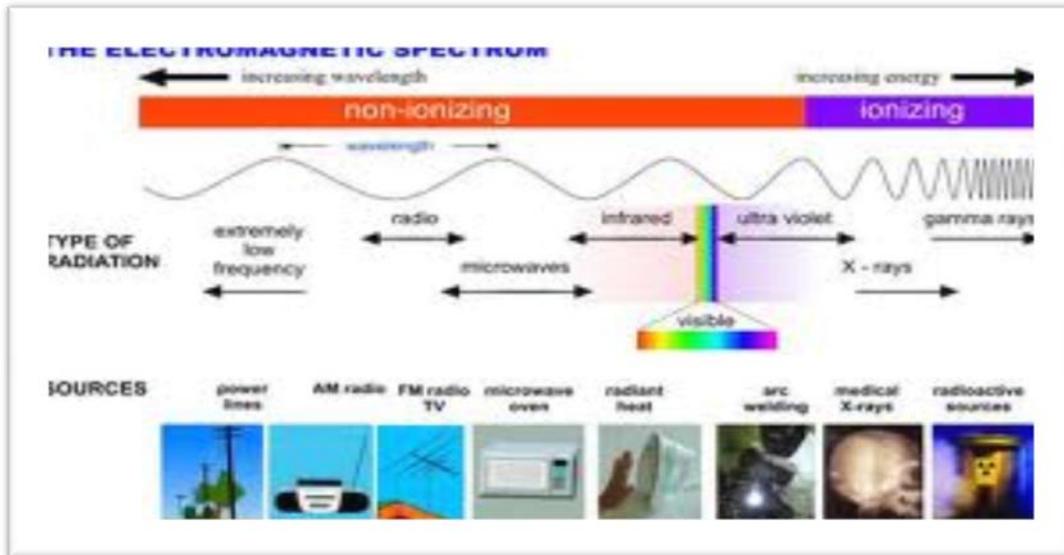
## 4.3 RADIAÇÃO

### 4.3.1. ASPECTO CONCEITUAL

A radiação é a propagação de energia através do espaço e da matéria ou vácuo. Existem dois grupos principais de radiações – partículas ou radiações corpusculares e ondas de energia, entre elas, as radiações eletromagnéticas. As partículas ou radiações corpusculares podem ser originárias de desintegrações nucleares, naturais (radioatividade natural) ou provocadas por meios artificiais (radioisótopos). Transmitem energia cinética por meio de suas pequenas massas, movimentando-se em altas velocidades. Radiações alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ) são exemplos de partículas e são caracterizadas por possuírem massa e carga elétrica (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004).

A radiação eletromagnética é a propagação de energia emitida e absorvida por partículas carregadas, através do espaço e com caráter ondulatório. São exemplos de radiação eletromagnética: luz visível, ondas de rádio e de radar, raios X, raios gama ( $\gamma$ ) e microondas. As radiações eletromagnéticas têm uma propriedade em comum, que é possuírem a mesma velocidade de propagação no vácuo, chamada de velocidade da luz (300.000 quilômetros por segundo). Apesar da velocidade no vácuo ser a mesma, os diferentes tipos de radiações eletromagnéticas apresentam propriedades diferentes quanto ao comprimento de onda (teoria ondulatória de Hüyghens), pois quanto menor o comprimento de onda, maior a frequência e maior o poder de penetração através da matéria (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004).

Pela teoria quântica, a transferência de energia das radiações eletromagnéticas se dá num fluxo de pequenas quantidades de energia chamadas fótons, em que cada fóton possui um *quantum* de energia na dependência de seu comprimento de onda e que, quanto menor o comprimento de onda, maior o *quantum* de energia. A energia dos fótons pode ser expressa em unidades de elétron-volt (eV) (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004). Na Figura 1 são apresentados os tipos de radiações eletromagnéticas e os diferentes comprimentos de onda.



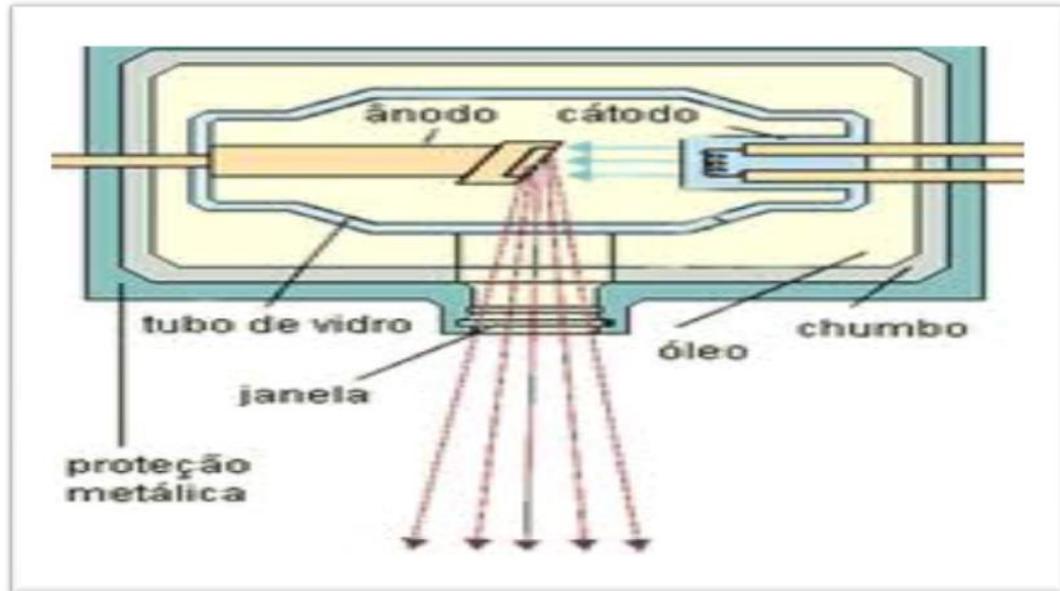
Fonte: [www.biomedicaltopics.net/radiacoes-parte-1-tipos-de-radiacao-radiacao-ionizante/](http://www.biomedicaltopics.net/radiacoes-parte-1-tipos-de-radiacao-radiacao-ionizante/)

**Figura 1 – Radiações eletromagnéticas**

As radiações de menor comprimento de onda são ditas ionizantes (raios X e gama), o que não ocorre com as de maior comprimento de onda. Ao interagirem com a matéria, desencadeiam uma série de ionizações, transferindo energia aos átomos e moléculas presentes no campo irradiado e promovendo, desta forma, alterações físico-químicas celulares (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004).

Os raios X é um tipo de radiação penetrante e invisível ao olho humano, que pode sensibilizar filmes radiográficos e penetrar corpos opacos. Podem ser produzidos ao bombardearem um alvo, como metal, com elétrons em alta energia. A capacidade de penetração permite aos raios X serem utilizados para geração de imagens do interior do corpo humano ou de estruturas internas de objetos, com uso na indústria, medicina e pesquisa científica (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004).

A produção de raios X ocorre por energia de conversão. Uma fonte geradora de elétrons ocorre a partir da diferença de potencial (tensão) do campo elétrico, que é obtido com aplicação de alta tensão entre o ânodo e o cátodo do tubo de raios X, que permite que os elétrons sejam acelerados e ganhem energia cinética: quando um elétron de alta energia cinética, proveniente do filamento de tungstênio aquecido (polo negativo) colide com o ânodo (alvo, polo positivo), perde energia e produz um fóton de raios X (Figura 2) (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004; TAUHATA *et al.*, 2011).



Fonte: [www.fisicamed-bio.blogspot.com.br/2012/04/producao-de-raios-x.html](http://www.fisicamed-bio.blogspot.com.br/2012/04/producao-de-raios-x.html)

**Figura 2 – Princípio de produção de raios X**

É importante ressaltar que a emissão dos raios X só ocorrerá se o aparelho estiver ligado à rede elétrica e, quanto maior tensão aplicada ao tubo, maior será a energia dos fótons de raios X gerados e maior também o seu poder de penetração; aumentando a corrente, aumenta-se a intensidade do feixe. As máquinas utilizadas para radiologia oral apresentam quilovoltagem na faixa de 50 a 90 kV, para diagnóstico, de 100 a 150 kV e as utilizadas em radiografia industrial, de 150 a 500 kV (TAUHATA *et al.*, 2011).

Os raios gama são produzidos durante o processo de decaimento dos núcleos dos átomos dos isótopos radioativos, assim como as radiações alfa e beta. A origem da radiação gama é nuclear, enquanto dos raios X é extranuclear. Da mesma forma que os raios X, os raios gama têm aplicação nas áreas industrial e médica, além da pesquisa científica (TAUHATA *et al.*, 2011).

A grande maioria das práticas com radiação ionizante envolve fótons provenientes de fontes de radiação gama ou geradores de raios X, como nas práticas da radioterapia e radiodiagnóstico. Os principais representantes que emitem feixes de partículas carregadas são os Aceleradores Lineares de elétrons e os Cíclotrons (TAUHATA *et al.*, 2011).

Os fótons de raios X e gama e os nêutrons são as radiações mais penetrantes e causam danos biológicos diferentes conforme a taxa de dose e a energia. A radiação beta proveniente

de radionuclídeos tem alcance de fração de milímetros no tecido humano. As radiações alfa são muito pouco penetrantes, mas doses absorvidas por inalação ou ingestão podem causar danos 20 vezes maior que iguais doses de radiação X, gama ou beta (TAUHATA *et al.*, 2011).

#### 4.3.2. EFEITOS BIOLÓGICOS

Os efeitos biológicos da radiação têm sua origem a nível celular, pois as células têm possibilidade de sofrer alterações, e estas podem ocorrer a partir de processos de ionização nos átomos das moléculas que constituem a célula. As alterações podem ser morfológicas, da fisiologia celular, na permeabilidade celular, efeitos na reprodução e aberrações cromossômicas (no núcleo) e desintegração de estruturas importantes no citoplasma da célula (mitocôndrias e aparelho de Golgi) (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004; TAUHATA *et al.*, 2011).

Quando a energia da radiação é transferida para o DNA (ácido desoxirribonucleico), modifica sua estrutura, caracterizando o efeito direto. Os efeitos indiretos ocorrem quando a energia é transferida para uma molécula intermediária (água, por exemplo), cuja radiólise acarreta a formação de produtos altamente reativos (radicais livres), íons e elétrons, e que também podem lesar o DNA, no núcleo. Dos danos celulares, os mais importantes são aqueles relacionados à molécula de DNA, podendo ocorrer mutações, modificação ou morte celular (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004; TAUHATA *et al.*, 2011).

Os efeitos da radiação dependem da dose, taxa de dose, do fracionamento, do tipo de radiação, do tipo de célula ou tecido e do indicador considerado e, tais alterações nem sempre são nocivas ao corpo humano. O efeito das radiações é maior nas células menos diferenciadas e em grande atividade reprodutora, ou seja, a radiosensibilidade é diretamente proporcional à atividade mitótica e inversamente proporcional ao grau de diferenciação (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004; TAUHATA *et al.*, 2011).

A radiosensibilidade das células é maior durante os períodos de maiores atividades metabólicas e mitóticas. A radiosensibilidade, em ordem decrescente, dos estágios embrionários celulares: linfócitos – eritroblastos – granulócitos – mieloblastos - células epiteliais - células endoteliais – células do tecido conjuntivo – células do tecido ósseo – células do tecido nervoso – células musculares (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004).

O efeito biológico é a resposta natural de um organismo ou parte dele a um agente agressor ou modificador. Os efeitos biológicos da radiação podem ser classificados em **determinísticos** e **estocásticos**, em função da dose e forma de resposta; em **imediatos** e **tardios**, em termos do tempo de manifestação e, **somáticos** e **genéticos (hereditários)** em função do nível do dano (TAUHATA *et al.*, 2011).

Os efeitos determinísticos são causados por irradiação total ou localizada de um tecido, causando um grau de morte celular não compensado pela reposição ou reparo, com visível prejuízo no funcionamento do tecido ou órgão. São produzidos por doses elevadas, acima do limiar, e a severidade ou gravidade do dano aumenta com a dose aplicada, sendo que a probabilidade do efeito determinístico acontecer é nula para valores de dose abaixo do limiar e 100% acima (TAUHATA *et al.*, 2011).

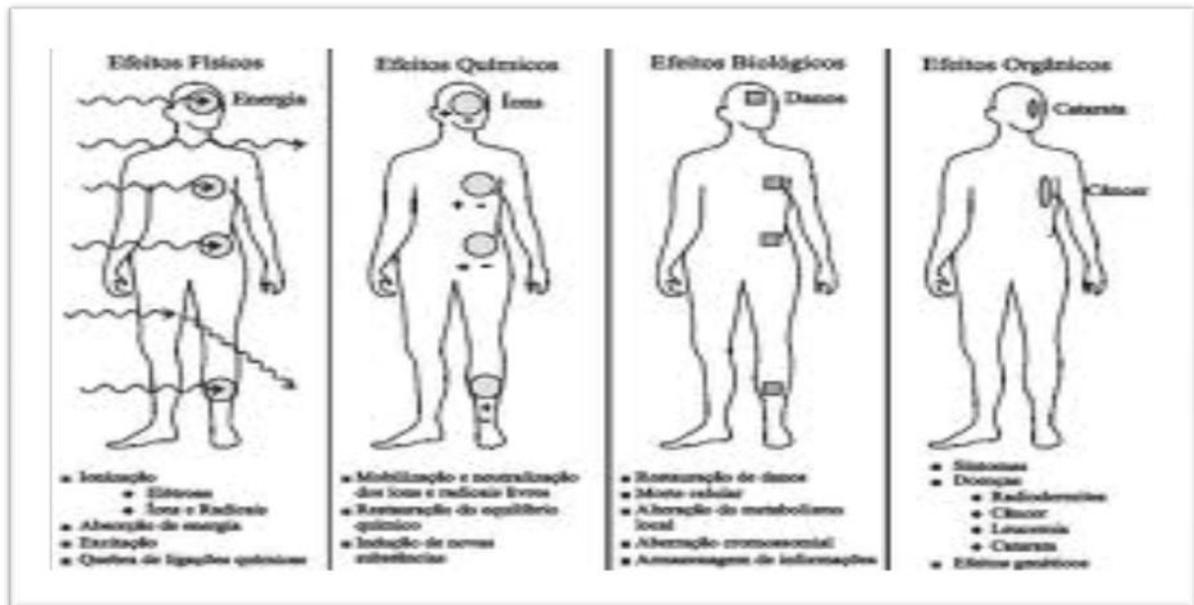
Exemplos de efeitos determinísticos podem ser o eritema e a descamação seca para dose entre 3 e 5 Gy, nos quais os sintomas aparecem após três semanas; descamação úmida para doses acima de 20 Gy, em que aparecem bolhas após quatro semanas; necrose para dose acima de 50 Gy, após três semanas. Outros exemplos são indução à catarata, epilação, indução à infertilidade e depressão do sistema hematopoiético (TAUHATA *et al.*, 2011).

Os efeitos estocásticos podem ser severos e são aqueles em que a probabilidade de ocorrência é proporcional à dose de radiação recebida, sem a existência de limiar, ou seja, doses pequenas, abaixo dos limites estabelecidos por normas e recomendações de radioproteção possuem menor probabilidade de indução de tais efeitos. O câncer é um tipo de efeito estocástico e pode ser detectado em até quarenta anos após a exposição à radiação; a leucemia pode surgir de 5 a 7 anos após a exposição (TAUHATA *et al.*, 2011)

Os efeitos somáticos surgem a partir do dano nas células do corpo, contudo depende da dose absorvida, da taxa de absorção da energia da radiação, da região e da área do corpo irradiada. Os efeitos genéticos ou hereditários surgem nos descendentes do indivíduo irradiado, como resultado do dano produzido pela radiação em células reprodutivas; se caracteriza pelo acúmulo da dose e independe da taxa de absorção da dose (TAUHATA *et al.*, 2011).

Os efeitos imediatos são aqueles que ocorrem em um período de poucas horas a algumas semanas após a exposição, como as radiodermites; os efeitos que aparecem depois de alguns anos ou décadas são os efeitos retardados ou tardios, como o câncer. Se as doses

forem muito altas, predominam os efeitos imediatos, podendo ser severos ou até letais. Para doses intermediárias, predominam os efeitos imediatos e não necessariamente permanentes, todavia com probabilidade de lesões severas a longo prazo. Para doses baixas, não há efeitos imediatos, porém há possibilidade de lesões a longo prazo (TAUHATA *et al.*, 2011). Na Figura 3, observam-se os efeitos da radiação sobre o organismo humano.



Fonte: [www.biomedicaltopics.net/radiacoes-parte-2-efeitos-biologicos-da-radiacao/](http://www.biomedicaltopics.net/radiacoes-parte-2-efeitos-biologicos-da-radiacao/)

**Figura 3 – Efeitos da radiação sobre o organismo**

A **exposição externa** é resultante de fontes externas ao corpo, proveniente dos raios X ou fontes radioativas. A **exposição interna** resulta da entrada de material radioativo no organismo por inalação, ingestão, ferimentos ou absorção pela pele (TAUHATA *et al.*, 2011).

A reação de um indivíduo à exposição depende da quantidade total da radiação recebida; da quantidade total de radiação recebida anteriormente pelo organismo, que não teve recuperação; da textura orgânica individual e do dano físico recebido simultaneamente com a dose de radiação (queimadura, por exemplo) (TAUHATA *et al.*, 2011).

Quando a quantidade de efeitos biológicos é pequena e o organismo pode se recuperar, não constitui uma doença. Em uma exposição à radiação X ou gama, por exemplo, poderá ocorrer uma redução de leucócitos, hemácias e plaquetas, e após algumas semanas o sistema possibilita readquirir os níveis anteriores no sangue. Esta situação significa que houve a

irradiação, ocorreram efeitos biológicos sob forma de morte celular e, posteriormente, houve reposição dos elementos figurados do sangue por efeitos biológicos de reparação do sistema hematopoiético (TAUHATA *et al.*, 2011).

Se a quantidade ou a frequência de efeitos biológicos produzidos pela radiação começa a desequilibrar o organismo ou o funcionamento de um órgão, surgem sintomas clínicos que denunciam a incapacidade do organismo de superar ou reparar tais danos, que são as doenças. O aparecimento de um tumor cancerígeno radioinduzido, por exemplo, significa o quase final de uma história de danos, reparos e propagação celular de vários anos após o período de irradiação (TAUHATA *et al.*, 2011). Na Figura 3, os efeitos da radiação sobre o organismo.

#### 4.3.3 PROTEÇÃO À RADIAÇÃO

Os procedimentos e princípios de proteção radiológica ou radioproteção foram criados objetivando a proteção do ser humano dos efeitos nocivos das radiações ionizantes. As organizações nacionais e internacionais, através de estudos e pesquisas científicas, determinam normas de segurança e padrões de proteção radiológica, visando à segurança daqueles que trabalham com radiação e do público geral. A International Commission on Radiation Protection (ICRP) - Comissão Internacional de Proteção Radiológica, criada no início do século XX, é uma das mais importantes e, no Brasil, o órgão responsável pela regulamentação e padronização das normas é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

O sistema de proteção radiológica recomendado pela ICRP baseia-se nos princípios gerais da proteção radiológica, em que as práticas que utilizam radiações ionizantes sejam realizadas de forma que tragam benefícios à sociedade, considerando a proteção dos trabalhadores, dos pacientes, do público em geral e do meio ambiente. As normas e legislações atuais que tratam de proteção radiológica são baseadas em três princípios fundamentais: justificativa, otimização e limitação de dose.

**Princípio da justificativa:** Onde houver atividade com exposição à radiação ionizante, deve-se justificá-la, levando-se em conta os benefícios advindos. Do ponto de vista médico, esse princípio aplica-se de modo que todo exame radiológico deve ser justificado individualmente, avaliando a necessidade da exposição e as características particulares do indivíduo envolvido. É proibida a exposição que não possa ser justificada, incluindo a

exposição às radiações ionizantes com o objetivo único de demonstração, treinamento ou outros fins que contrariem o princípio da justificativa.

**Princípio da otimização:** Toda exposição deve manter o nível mais baixo possível de radiação ionizante. Deve-se planejar rigorosamente as atividades com radiação ionizante, analisando-se em detalhe o que se pretende fazer e como será feito. Nessa análise deve-se estabelecer medidas de proteção necessárias para alcançar o nível de exposição menor possível. A proteção radiológica é otimizada quando as exposições empregam a menor dose possível de radiação, sem que haja perda na qualidade da imagem.

**Princípio da limitação da dose:** As doses de radiação não devem ser superiores aos limites estabelecidos pelas normas de radioproteção de cada país. Esse princípio aplica-se para limitação de dose nos trabalhadores ocupacionalmente expostos à radiação ionizante e para o público em geral. O princípio da limitação da dose não se aplica aos pacientes, pois se considera que possíveis danos causados pelo emprego de radiações ionizantes sejam ultrapassados, em muito, pelo benefício proporcionado.

Estes limites são estabelecidos pela legislação de cada país, sendo que no Brasil é utilizado o valor de 20 mSv/ano para o trabalhador, podendo chegar a 50mSv em um único ano desde que a dose individual nos últimos cinco anos não ultrapasse 100 mSv. Para dose equivalente do trabalhador, o limite de dose no cristalino é 20 mSv/ano, pele de 500 mSv/ano e extremidades de 500 mSv/ano (CNEN, NN-3.01/2011).

A toda grandeza física está associada uma ou mais unidades e os valores das medidas muitas vezes são expressos com múltiplos e submúltiplos destas unidades. Há dois tipos de grandezas utilizadas na proteção radiológica: atividade e dose. A grandeza atividade (A) determina a quantidade de radiação emitida por uma determinada fonte radiativa. A unidade atual da grandeza atividade é o becquerel (Bq) e 1 Bq corresponde a uma desintegração por segundo. A unidade antiga, ainda empregada é o Curie (Ci), que corresponde a  $3,7 \times 10^{10}$  Bq desintegrações por segundo (TAUHATA *et al.*, 2011).

A grandeza dose descreve a quantidade de energia absorvida por um determinado material ou por um indivíduo. A dose de radiação recebida por um indivíduo pode ser avaliada por meio das grandezas exposição, dose absorvida, dose equivalente e dose equivalente efetiva (TAUHATA *et al.*, 2011).

A grandeza exposição (X) é uma medida da habilidade ou capacidade dos raios X e gama em produzir ionizações no ar. Mede a carga elétrica total produzida por raios X e gama em um quilograma de ar. A unidade atual é o Coulomb por quilograma (C/kg); a unidade antiga é o röntgen (R) que equivale a  $2,58 \times 10^{-4}$  C/kg (TAUHATA *et al.*, 2011).

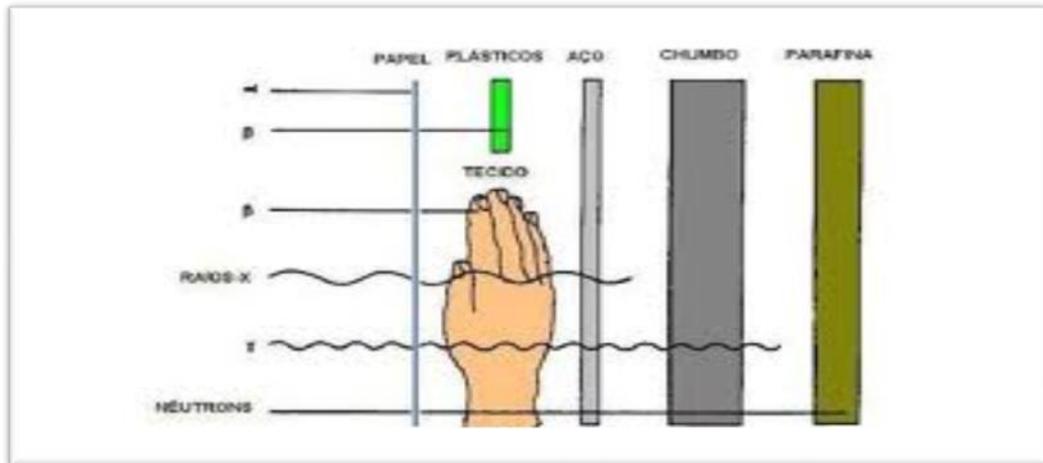
A grandeza dose absorvida (D) é a quantidade de energia depositada pela radiação ionizante na matéria, em um determinado volume conhecido; é válida para todos os tipos de radiação ionizante (X, gama, beta, alfa e nêutrons) e é válida para qualquer tipo de material absorvedor. A unidade atual é o gray (Gy) que equivale a 1 J/kg; a unidade antiga é o rad que equivale a  $10^{-2}$  J/kg, ou seja  $10^{-2}$  Gy. A medida de taxa de dose absorvida tem por definição a medida da dose absorvida por unidade de tempo Gy/h) (TAUHATA *et al.*, 2011).

A grandeza dose efetiva (E) é a soma ponderada das doses equivalentes em todos os tecidos e órgãos do corpo; é a grandeza que estima o risco total da indução de efeitos estocásticos provenientes de uma exposição à radiação. A grandeza dose equivalente (H) em um tecido ou órgão é a dose absorvida média nesse tecido ou órgão, multiplicada por um fator de ponderação relacionado ao tipo de radiação. Considera fatores como o tipo de radiação ionizante, a energia e a distribuição da radiação no tecido para se avaliar os possíveis danos biológicos. É numericamente igual ao produto da dose absorvida (D) pelos fatores de qualidade Q e N ( $H=D.Q.N$ ) (TAUHATA *et al.*, 2011).

A radioproteção consiste em evitar os efeitos determinísticos e, uma vez que existe um limiar de dose, deve-se manter as doses abaixo do limiar relevante e prevenir os efeitos estocásticos, fazendo uso de todos os recursos disponíveis de proteção radiológica. Para efeito de segurança em proteção radiológica, considera-se que os efeitos biológicos produzidos pelas radiações ionizantes sejam cumulativos (TAUHATA *et al.*, 2011).

O conhecimento que se deve ter sobre o comportamento da radiação ionizante fornece condições de elaborar formas de proteção dos indivíduos exposto a seus efeitos nocivos. As principais formas de radioproteção são distância, blindagem e tempo de exposição. Para as radiações X e gama, a intensidade da radiação em um determinado ponto é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre o ponto e a fonte, ou seja, um pequeno acréscimo de distância entre a fonte e o indivíduo exposto significa uma grande redução da intensidade de radiação e conseqüentemente, na dose (TAUHATA *et al.*, 2011).

A blindagem é o uso de barreiras de proteção instaladas entre a fonte e o indivíduo exposto. Qualquer material tem capacidade de atenuar a radiação ionizante, porém materiais de altas densidades e alto número atômico possuem, geralmente, a capacidade de atenuar de forma mais eficaz as radiações X e gama (TAUHATA *et al.*, 2011). Na Figura 4 são apresentados os tipos de blindagem conforme a radiação –  $\alpha$  (alfa),  $\beta$  (beta), raios X,  $\gamma$  (gama) e nêutrons.



Fonte: [www.pharmagirsl.wikispaces.com](http://www.pharmagirsl.wikispaces.com)

**Figura 4 - Tipos de blindagem conforme a radiação**

Por exemplo, em instalações em que são operados aparelhos emissores de radiação ionizante, são utilizados mantas de chumbo ou concreto adicionado de barita em quantidade calculada, o que não evita que a radiação atravesse paredes, mas diminui a intensidade de radiação (TAUHATA *et al.*, 2011). O trabalhador também pode fazer uso de EPIs como blindagem, sendo uma das principais formas de proteção à exposição: o avental plumbífero, protetores de tireoide, óculos de vidro ou acrílico plumbífero e luvas plumbíferas (TAUHATA *et al.*, 2011). Alguns EPIs, como avental plumbífero, protetores de tireoide e óculos plumbífero são apresentados na Figura 5.



Fonte: [www.brasilrad.com.br](http://www.brasilrad.com.br)

**Figura 5 – Equipamentos de Proteção Individual na Radiologia**

O tempo de exposição é uma maneira muito eficaz de redução de dose. O trabalhador deve estar sempre atento ao realizar os procedimentos, para evitar exposição à radiação e realizar suas tarefas durante o menor tempo possível (TAUHATA *et al.*, 2011).

A radiação em ambientes ocupacionais deve ser detectada através de dispositivos construídos e adaptados para diferentes radiações e finalidades específicas, podendo ser individual, de área e ambiental. Os tipos de monitores de área para ambientes com radiação ou materiais radioativos são os detectores Geiger-Müller, câmaras de ionização, detectores proporcionais e detectores à cintilação (TAUHATA *et al.*, 2011).

Para avaliar as doses de radiação em um determinado ambiente, são utilizados os monitores de área, que ficam em locais de fácil acesso e visualização, sendo acionados sempre que os níveis de radiação ultrapassem os limites de segurança. Para monitorar a contaminação de superfície em locais onde haja a manipulação de materiais radioativos, como em serviços de medicina nuclear ou laboratórios de pesquisa, são utilizados os monitores de superfície, como, por exemplo, as sondas Pancake (TAUHATA *et al.*, 2011).

Monitores individuais, que são detectores de radiação denominados dosímetros, têm o objetivo de identificar e quantificar as radiações, medir a taxa de exposição e indiretamente, medir a dose absorvida dos trabalhadores. Os dosímetros mais utilizados são o filme dosimétrico, o TLD (thermoluminescent dosimeter), de albedo e os eletrônicos. Os dosímetros

individuais são adaptados para serem utilizados pelos trabalhadores como de extremidades (pulseiras, anéis), como canetas ou películas, sendo posicionados na parte superior do tórax, posicionados sobre o avental de chumbo ou por cima de vestimentas de proteção. Alguns destes dispositivos podem apresentar alarmes para valores de taxa ou de dose acumulada, facilidade de leitura direta, possibilidade de transmissão de dados para um sistema ou estação de monitoração (TAUHATA *et al.*, 2011).

#### **4.4 A RADIOLOGIA MÉDICA**

A Radiologia Médica é uma das áreas especializadas da saúde que utiliza as radiações ionizantes e não ionizantes para estudo de órgãos e sistema, objetivando o diagnóstico e, em tratamentos, atuando em patologias. A Radiologia Médica pode ser dividida em radiodiagnóstico, radioterapia e medicina nuclear, que serão apresentadas a seguir.

##### **4.4.1 RADIOAGNÓSTICO**

O estudo anatômico do corpo humano é necessário para os variados ramos da medicina, abrangendo desde a descoberta de estruturas e sistemas até a observação do comportamento dos mesmos. O objetivo do radiodiagnóstico é conseguir, de forma menos invasiva possível, uma imagem nítida do interior do corpo, para uma análise posterior.

O radiodiagnóstico utiliza as radiações ionizantes e não ionizantes para obtenção de diagnóstico, em que aparelhos são empregados para obtenção de imagens. As técnicas associadas a essa área utilizam tubos de raios X como fontes de radiação, filmes para o registro das informações, sistemas de monitoração por televisão e equipamentos que digitalizam as imagens utilizando computadores.

Entre as técnicas mais comumente utilizadas através da radiação ionizante, têm-se a radiografia convencional, mamografia, tomografia computadorizada, radiologia intervencionista e densitometria óssea. As técnicas de radiodiagnóstico que não utilizam radiação ionizante são a ultrassonografia e a ressonância magnética.

Para garantir o bom desempenho das técnicas de radiodiagnóstico, as imagens obtidas devem ter alta qualidade e, para tanto, são necessários equipamentos adequados, técnicas

radiológicas corretas, conhecimento, prática, capacitação, treinamento e dedicação dos profissionais envolvidos (AIEA, 2011).

Os profissionais que atuam no radiodiagnóstico, de forma geral, são os técnicos e tecnólogos em radiologia, supervisor de radioproteção (SR), médicos radiologistas e enfermeiros. Na radiologia odontológica, os dentistas, auxiliares, técnicos e tecnólogos. Alguns outros profissionais poderão atuar indiretamente com o emprego de radiação ionizante, conforme a especialidade que necessita de imagens para tratamento e planejamento, como os médicos cirurgiões, ortopedistas, angiologistas, cardiologistas, pediatras, urologistas, gastroenterologistas, neurocirurgiões, entre outros.

Esta subárea da Radiologia Médica possui legislação específica – a Portaria 453:1998 da SVS, do Ministério da Saúde, que aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios X diagnósticos em todo o território brasileiro e dá outras providências.

#### **4.4.1.1 Técnicas Diagnósticas com Radiação Ionizantes**

##### 4.4.1.1.1. Radiografia Convencional

A imagem radiográfica é produzida pelos raios X, que interage com filme após atravessar o corpo humano, é atenuado e chega com energias diferentes, de acordo com o tecido que interagiu, configurando e produzindo o contraste radiográfico na imagem. A imagem contém uma escala de cinza onde o tecido de maior absorção, como o osso, apresenta tonalidade clara e tecidos de baixa absorção como o ar se comportam na tonalidade mais escura. O contraste e a resolução dependem da técnica aplicada pelos parâmetros de quilovoltagem (kV) e miliamperagem (mA) em função do tempo. Outros fatores como controle de qualidade também podem interferir na qualidade da imagem. Exemplo de parâmetros para uma radiografia de tórax: 100 kV e 2 mAs (TAUHATA *et al.*, 2011).

##### 4.4.1.1.2 Radiografia Odontológica

Na Odontologia, o radiodiagnóstico é realizado por aparelhos convencionais de raios X e aparelhos digitais. A radiologia odontológica é utilizada com alta frequência,

representando, aproximadamente, 25% todos os exames, porém é uma técnica que possui doses de radiação baixas, variando de 0,5 a 150 mGy, contribuindo com 1% da dose coletiva de diagnósticos médicos (AIEA, 2011).

As radiografias odontológicas são divididas em dois grupos principais, para avaliação de dentes, maxilares e crânio: intraoral e extraoral. Nas radiografias intraorais, o filme é colocado no interior da cavidade bucal – radiografias periapicais, interproximais e oclusais. Nas radiografias extraorais, o filme é posicionado fora da cavidade bucal – radiografias laterais oblíquas, radiografias de crânio e radiografias panorâmicas (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004).

#### 4.4.1.1.3 Mamografia

A mamografia é um exame de diagnóstico que utiliza raios X de baixa energia (25 KVp), maximizando o contraste entre as estruturas da mama, formando as imagens para visualização de possíveis lesões benignas e malignas. É um exame muito realizado com especificidade de 90% ou mais para detecção precoce de câncer de mama. É um exame para homens e mulheres, porém com indicação especial para mulheres, principalmente a partir de 40 anos, fazendo parte dos exames preventivos de câncer (AIEA, 2011).

#### 4.4.1.1.4 Fluoroscopia

A fluoroscopia é uma técnica de radiodiagnóstico em que os feixes externos dos raios X são transmitidos através do paciente e atinge a tela fluorescente de um intensificador de imagem. É utilizado um agente radiopaco (contraste) que pode ser ingerido ou injetado, para formar contraste na imagem e auxiliar no diagnóstico. O intensificador de imagem é acoplado a uma câmera de televisão e o médico radiologista pode observar as imagens em tempo real no monitor de TV, sendo que as imagens também podem ser registradas.

A técnica de fluoroscopia é muito utilizada para diagnóstico de patologias no trato digestivo, além de visualização por contraste de estruturas vasculares para diagnóstico e como exame auxiliar, visualizando e direcionando os procedimentos em terapias invasivas.

A angiografia é uma técnica de radiodiagnóstico fluoroscópico, com procedimentos invasivos em uma veia ou artéria. O material radiopaco injetado bloqueia a ação dos raios X, formando imagens sombreadas nos vasos injetados, revelando a forma destes, permitindo diagnosticar obstruções, estreitamentos (estenoses), entre outras patologias.

A Angiografia por Subtração Digital (DAS) é uma técnica que utiliza aparelho digital para formação de imagens digitais, baseado em procedimentos de imagem fluoroscópica. Este recurso tecnológico permite manipulação das imagens, como subtração, no qual remove estruturas não essenciais, formação de duas imagens com diferentes algoritmos de cálculo e combinação matemática de imagens antes e após o contraste. A imagem formada é ruidosa, porém melhora a visibilidade de estruturas importantes e não necessita alta resolução espacial (AIEA, 2011).

#### 4.4.1.1.5 Litotripsia

Na litotripsia, é utilizado um sistema duplo – raios X e ultrassom, inteiramente computadorizado, em que o paciente permanece deitado em uma cama que se move em todas as direções. Os cálculos renais são localizados pelas imagens de raios X, com absoluta precisão e passam a ser atingidos pelas ondas de choque eletro-hidráulicas do aparelho de ultrassom, até a sua completa destruição. Geralmente não há necessidade de anestesia; porém, eventualmente, pode ocorrer com analgesia, em situações especiais. Os cálculos pulverizados são eliminados pelas vias naturais, em curto espaço de tempo (AIEA, 2011).

#### 4.4.1.1.6 Radiografia Digital

A técnica da Radiografia Digital é uma tecnologia que vem substituindo, recentemente, os aparelhos que utilizam as técnicas convencionais de radiografia. Os aparelhos digitais estão presentes em várias técnicas radiodiagnósticas, como a mamografia, a radiologia médica e odontológica e a fluoroscopia. Da mesma forma, são utilizados os raios X para produção de imagens, porém, o sistema é equipado com um receptor digital e um computador, não sendo utilizado o filme cassete para gravação da imagem.

Enquanto na radiologia convencional, o filme é analisado pelo radiologista em um aparelho de negatoscópio, na radiografia digital, a imagem é capturada por um detector

eletrônico especial de raios X que converte a imagem numa foto digital e pode ser revisada no monitor do computador.

O radiologista pode alterar a magnificação, orientação, brilho e contraste através do computador para verificar melhor as áreas de interesse. Esta tecnologia permite o arquivamento e o envio das imagens via internet para qualquer parte. Apresenta a desvantagem do aumento potencial de doses dos pacientes devido à tendência de realizar mais imagens do que o necessário, com o intuito de produzir imagens com maior qualidade do que a requerida para o propósito clínico (AIEA, 2011).

#### 4.4.1.1.7 Tomografia Computadorizada

A Tomografia Computadorizada (CT) foi introduzida na prática clínica em 1972 e é uma das técnicas mais utilizadas em radiodiagnóstico, por proporcionar imagens de qualidade, reproduzindo seções transversais do corpo, ou seja, geração de imagens transversais no plano axial. A Tomografia Computadorizada substitui a Tomografia Linear, que é uma técnica tomográfica convencional, em que o corte (slice) é feito em apenas um plano, não permitindo muita definição de imagem.

Na Tomografia Computadorizada não ocorrem a sobreposição de sombras nas imagens, como ocorre em projeções convencionais. A fonte de raios X e os detectores fazem movimento rotacional simultaneamente em torno do paciente (terceira geração), distribuindo as doses em quantidade diferente durante o exame. Os dados de aquisição são coletados em múltiplos ângulos dos cortes ou “slices” e o computador os processa, para formar as imagens.

As imagens são reconstruídas e apresentadas no monitor, oferecendo uma melhor resolução de baixo contraste para melhor visualização de tecidos moles, mas com alta dose de radiação absorvida. Os exames de CT envolvem doses mais altas que os exames convencionais; um exame de tórax é 400 vezes maior que um exame de radiografia convencional.

Atualmente, a tecnologia dispõe de terceira e quarta gerações de Tomógrafos Computadorizados, nos quais vários recursos estão disponíveis, como aquisição de cortes em menor espessura e em menor tempo, maior filtração dos feixes, melhor colimação, permitindo redução dos raios secundários, redução de doses no paciente e definição da espessura do

corte, entre muitos outros recursos. A Tomografia Computadorizada Helicoidal ou Espiral possui tecnologia dos anéis deslizantes, que permite a rotação contínua, novos meios de obtenção de imagens como a fluoroscopia, múltiplos cortes coletados simultaneamente (multicortes), imagens 3-D e endoscopia (AIEA, 2011).

#### 4.4.1.1.8 Densitometria Óssea

As densitometrias ósseas consistem em exames que são realizados por aparelhos que utilizam doses mínimas de raios X para identificar a densidade mineral óssea. Atualmente, é o exame mais fiel e mais rápido de se avaliar a massa óssea. Nesta técnica, o feixe de radiação é bem colimado e a radiação espalhada é quase nula. Embora utilize baixas doses de radiação, é necessário um treinamento de um profissional devidamente registrado em órgão de classe (AIEA, 2011).

### **4.4.1.2 Técnicas de Diagnóstico com Radiação Não-Ionizante**

#### 4.4.1.2.1 Ressonância Magnética

A Ressonância Magnética (RM) é um método de diagnóstico por imagem que utiliza radiação não ionizante na faixa de radiofrequência que excita os prótons de hidrogênio, alinhados por um forte campo magnético estático na ordem de 1,5 Tesla. Após receber o pulso, o próton de hidrogênio emite um sinal que será captado pela bobina de RF. O sistema de RM possui um conjunto de bobinas de gradiente que alteram a potência do campo permitindo assim uma localização espacial exata e detalhada (CBR, 2011).

#### 4.4.1.2.2 Ultrassom

A ultrassonografia ou ecografia é um método diagnóstico que aproveita o eco produzido pelo som para visualizar, em tempo real, as sombras produzidas pelas estruturas e órgãos do organismo. Os aparelhos de ultrassom, em geral, utilizam uma frequência próxima de 1 MHz, emitindo através de uma fonte de cristal pizeoelétrico, que fica em contato com a pele e recebendo os ecos gerados, são interpretados através da computação gráfica. Conforme a densidade e composição das estruturas, a atenuação e mudança de fase dos sinais emitidos

variam, sendo possível a tradução em uma escala de cinza, que formará a imagem dos órgãos internos (CBR, 2011).

#### 4.4.2 RADIOTERAPIA

A radioterapia é uma modalidade de tratamento que emprega radiação ionizante de alta energia de fótons ou partículas, objetivando atingir células tumorais em órgãos ou áreas do corpo para destruição de tumores malignos, com o menor risco possível para as células normais. A radioterapia pode ser utilizada também para redução de tumores antes de cirurgias, além de reduzir o risco de o tumor retornar. Também tem indicação antes, durante e após quimioterapia. Tem função curativa e paliativa, objetivando a remissão dos sintomas, como alívio de dores, diminuir a compressão de órgãos e o estaque de hemorragias (AIEA, 2011).

Ocasionalmente, a radioterapia pode ser utilizada para condições não malignas. De 50 a 60% dos pacientes com câncer têm tratamento com radioterapia em alguma etapa que apresentam especial benefício quando procedimentos cirúrgicos não podem remover um tumor inteiro, sem danificar a função de órgãos vizinhos. O princípio básico da radioterapia é que uma dose máxima deve ser “entregue” ao tumor, com dose mínima, ou nenhuma, às estruturas normais (AIEA, 2011).

A radiação produz pares de íons que, ao interagirem com os tecidos, ionizam o meio e geram radicais livres; quebram ligações químicas, como a hidrólise da água (ação direta) ou o fóton ejeta um elétron que produz um dano biológico, com ruptura das cadeias do DNA, danificando o material genético, impossibilitando estas células de continuarem a crescer (ação indireta) (TAUHATA *et al.*, 2011).

A ação da radioterapia objetiva a morte das células tumorais pela inativação de sistemas vitais a incapacidade de reprodução, pois estas são mais sensíveis à radiação que as células normais, já que têm sua multiplicação muito mais rápida e o tratamento tem base justamente na fase de multiplicação celular. A radiação pode também danificar as células saudáveis, porém como estas têm capacidade de autorreparação, podem voltar ao funcionamento de forma adequada. Devido a isto, a radiação deve estar confinada, na medida do possível, à região específica do tumor (AIEA, 2011).

A resposta dos tecidos depende de diversos fatores, como a sensibilidade do tumor à radiação, sua localização e oxigenação, assim como a qualidade e quantidade da radiação. Assim, o tratamento é planejado em função de alguns aspectos, como tipo de tumor, estágio da doença e idade do paciente. Após a avaliação do paciente com a indicação para o tratamento, o médico radioterapeuta faz o planejamento da dose a ser administrada e periodicidade do tratamento e, com uma equipe de físicos médicos, é realizado o planejamento em um programa de computador através de delineamento das estruturas de interesse, com colimação dos órgãos de risco, ângulos de incidência do feixe, entre outros (AIEA, 2011).

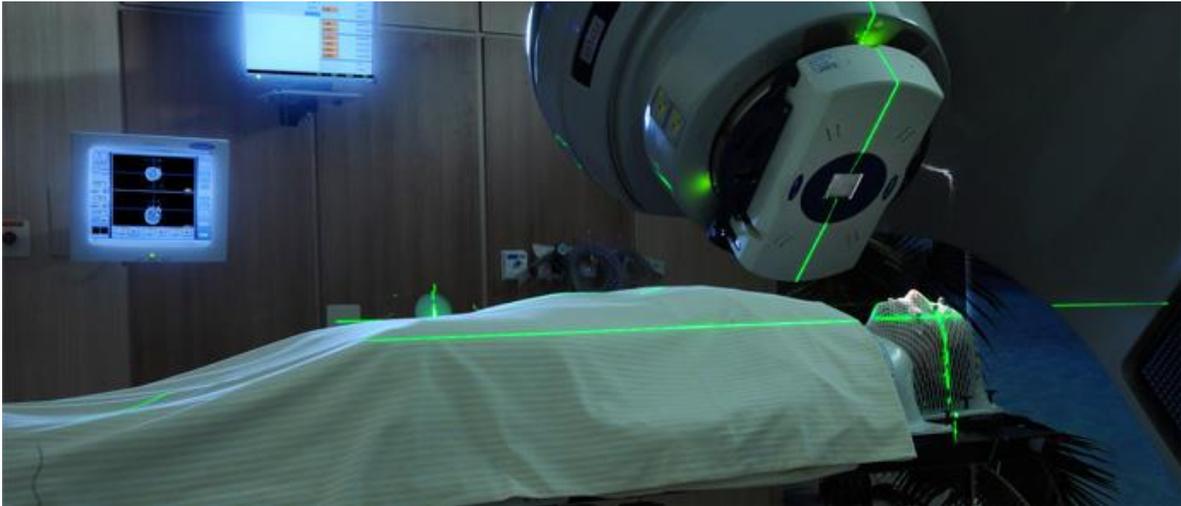
A equipe de profissionais que devem atuar na radioterapia são médicos radioterapeutas (que prescrevem a dose), os físicos médicos (que executam o planejamento), enfermeiros, técnicos e tecnólogos em radiologia e o SR, que atua acompanhando os procedimentos relacionados à radioproteção (AIEA, 2011).

A radioterapia pode ser externa, Teleterapia, com a fonte de radiação colocada a uma distância do paciente de 80 a 100 cm. Na radioterapia interna, a Braquiterapia, as fontes radioativas seladas e emisoras de radiação gama e/ou beta são inseridas dentro de cavidades naturais do corpo ou implantadas no tecido (AIEA, 2011).

#### **4.4.2.1 Teleterapia**

As radiações ionizantes utilizadas em Teleterapia podem ser os raios X de baixa energia, raios X de alta energia provenientes de Aceleradores Lineares, ou, ainda, raios gama de isótopos radioativos (Cobalto-60 e Césio-137) (AIEA, 2011).

Na Teleterapia, o tratamento é avaliado, primeiramente, através de imagens de Tomografia Computadorizada para visualização da área a ser irradiada. Essa imagem é introduzida no sistema de planejamento para realizar a simulação do tratamento, objetivando o cálculo das curvas de isodose e delimitação dos volumes de tratamento. Podem ser marcados no corpo do paciente os chamados “campos de radiação”, para orientação das futuras aplicações, para a máxima precisão e efetividade do tratamento, além de dispositivos individuais de posicionamento de membros e de regiões do corpo (AIEA, 2011), conforme Figura 6.



Fonte: <http://www.einstein.br/Hospital/oncologia/nossos-servicos/radioterapia/tecnicas-e-equipamentos-disponiveis/Paginas/radioterapia-com-intensidade-modulada-imrt.aspx>

**Figura 6 – Teleterapia após o planejamento, com marcação das áreas a serem irradiadas**

A Teleterapia superficial utiliza energias mais baixas, com aparelhos de raios X de 20 a 150 KVp, com baixa penetração e é limitada a lesões de pele tratadas com feixe único. São utilizadas para tratamentos de até 5mm de profundidade, em tamanhos pequenos de campo e são utilizados aplicadores para colimar o feixe sobre a pele do paciente (AIEA, 2011).

Na Ortovoltagem é empregado o tubo de raios X convencional, com faixa de energia de 150 a 400 kVp, porém são aplicados, principalmente, em uma faixa de 250 a 300 kVp. São utilizadas para tratamento de tumores em torno de 20 mm, porém são utilizados aplicadores quando de terapia superficial; possui penetração suficiente para tratamento paliativo de lesões ósseas próximas às superfícies (costela, espinha dorsal). As desvantagens da terapia profunda é que ocorre maior dose no osso, pela absorção fotoelétrica e dose máxima na superfície, com maior dose na pele (AIEA, 2011).

A Teleterapia também utiliza grandes atividades de radiação gama, através de fontes de Cobalto-60 nas unidades de Telecobalto. A unidade de Telecobalto (Cobaltoterapia) é a unidade de tratamento mais comum nos países subdesenvolvidos. O cabeçote de uma unidade de cobalto suporta uma fonte selada de 10.000 Ci, no qual as cápsulas do radioisótopo têm de 1,5 a 2 cm de diâmetro, no interior de uma blindagem de chumbo ou urânio exaurido, encapsulado por aço. No cabeçote existe uma “janela” de saída do feixe de radiação gama,

com colimadores para estabelecer o tamanho do campo e um sistema de abertura e fechamento, acionado de forma pneumática ou elétrica (AIEA, 2011).

A radiação de fuga está sempre presente na sala onde o aparelho está instalado. A fonte emite fótons de energia, em média, de 1,25 MeV e meia vida de 5,27 anos, o que leva à necessidade de troca da fonte a cada 4-5 anos. A Cobaltoterapia possui poder de grande penetração, porém produz grande penumbra, com relativa uniformidade da absorção da dose, sendo que a dose máxima se encontra a 5mm de profundidade (TAUHATA *et al.*, 2011).

Os Aceleradores não possuem fontes radioativas e produzem feixes de raios X de alta energia, sendo que o mais comum é o Acelerador Linear, no qual disponibiliza energia única (4 ou 6 MV) ou duas energias (6 e 15 ou 18 MV - baixa e alta energia), além de poder utilizar a energia de feixe de elétrons de 4 a 25 MeV. Os feixes de elétrons produzem feixes de radiação de freamento ou Bremsstrahlung (raios X de alta energia), com espectro contínuo e grande penetração, conforme a energia (AIEA, 2011; TAUHATA *et al.*, 2011).

O Acelerador produz pequena penumbra, com absorção uniforme da dose, sendo que a dose máxima se encontra em profundidades maiores que 5 mm. Os feixes de elétrons são adequados para lesões de pele e superficiais, e a dose decai acentuadamente, preservando os tecidos sadios abaixo do tumor. Neste tipo de teleterapia, a radiação de fuga está presente apenas quando o aparelho está ligado à rede elétrica (AIEA, 2011).

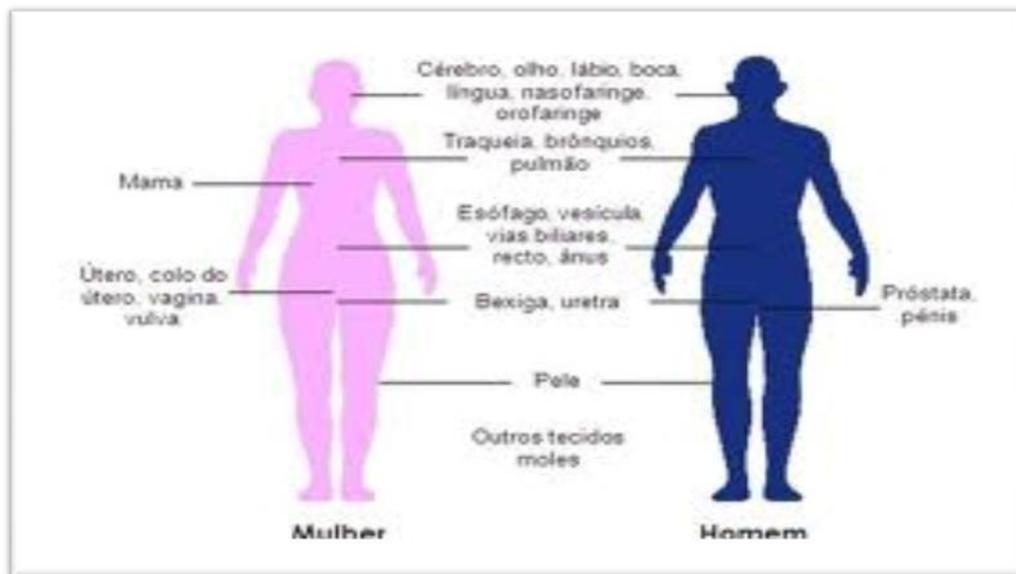
#### **4.4.2.2 Braquiterapia**

A Braquiterapia é uma forma de radioterapia em que fontes radioativas encapsuladas (seladas) são inseridas nas proximidades do tumor e o material radioativo pode ser implantado de forma temporária ou permanente. A proximidade permite que altas doses de radiação possam atacar o tumor e a energia fica restrita à região, com menor risco a órgãos sensíveis à radiação próximos a região a ser tratada (AIEA, 2011).

A Braquiterapia pode ser de alta ou de baixa taxa de dose, sendo a mais comum a de alta taxa de dose, como o Irídio-192. A Braquiterapia permite aplicação de altas doses, em tempos pequenos e volumes restritos. Esse método se diferencia pela taxa de dose de aplicação e pelo local. Na Braquiterapia com alta taxa de dose, o material radioativo permanece por poucos minutos no interior do organismo; quando são utilizadas baixas doses,

a fonte de radiação é mantida no interior do corpo durante um período mais prolongado (dias) ou definitivamente (AIEA, 2011).

A aplicação do material radioativo pode ser no interior do corpo - em cavidades (intracavitária), para tratamento de tumores de útero; endoluminal (dentro da luz), em órgãos tubulares, como brônquio pulmonar ou esôfago; e intersticial (dentro do tecido), como na implantação de sementes em tumores de próstata, língua e tórax; sua aplicação também pode ser sobre a superfície externa de órgãos (por moldes de superfície), para tratamento de lesões de superfície de pele ou mucosas (AIEA, 2011). As aplicações da Braquiterapia, em função dos órgãos e tecidos humanos são apresentadas na Figura 7.



Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

**Figura 7 – Distribuição das aplicações de Braquiterapia em tecidos e órgãos**

Os métodos utilizados para a aplicação das fontes são o pré-carregamento e o pós-carregamento. No pré-carregamento, os aplicadores são colocados no paciente com as fontes ativas; no pós-carregamento, as agulhas, tubos, cateteres ou outros aplicadores são inseridos primeiro e a fonte é inserida depois. Os equipamentos utilizados no pós-carregamento remoto são LDR (Low-Dose Rate) - baixa taxa de dose, HDR (High-Dose Rate) - alta taxa de dose e PDR (Pulsed-Dose Rate) - taxa de dose pulsada (AIEA, 2011).

No carregamento remoto, os aplicadores são mantidos no paciente e as fontes radioativas são colocadas no aplicador via controle remoto da unidade, sendo que a

localização e o tempo de parada da fonte são planejados, possibilitando tratamentos com alta taxa de dose (AIEA, 2011).

A meia-vida da fonte ideal de Braquiterapia deve ser relativamente longa, de alguns meses a alguns anos para implantes temporários, para não requerer substituição frequente da fonte; a meia-vida deve ser pequena (alguns dias ou meses) para implantes permanentes. A fonte ideal da prática deve ter a energia média do fóton alta o suficiente para tratar o alvo com doses homogêneas, e baixas o suficiente para evitar os tecidos saudáveis e reduzir os requisitos de blindagem. A atividade específica deve ser alta e estar contida em um pequeno tamanho de fonte, variando de 37 a 370 GBq (1 a 10 Ci) (AIEA, 2011).

São fontes de Braquiterapia para implantes temporários o Césio-137, Irídio-192 e o Cobalto-60: os dois primeiros devido suas médias energia e meia-vida e o último tem energia alta e grande atividade específica. O Iodo-125, Ouro-198 e Paládio-103 são fontes utilizadas para implantes permanentes devido a baixas energias e meia-vida curta. O Estrôncio-90, emissor beta, é utilizado para tratamento braquiterápico como aplicador oftálmico. Os isótopos mais utilizados são Césio-137, Cobalto-60, Estrôncio-90 e Irídio-192 (AIEA, 2011).

#### 4.4.3 MEDICINA NUCLEAR

A medicina nuclear é uma especialidade médica que utiliza materiais radioativos (radiofármacos) na forma de fontes não seladas, permitindo o diagnóstico e terapia através do estudo e averiguação da morfologia e do funcionamento dos órgãos humanos, além de realizar tratamentos terapêuticos em determinadas doenças. As imagens produzidas na medicina nuclear apresentam a função dos órgãos no corpo humano, não a estrutura anatômica, sendo que este objetivo é alcançado com as técnicas de raios X, como CT ou Ressonância Magnética, que complementam as imagens de medicina nuclear, através da técnica híbrida (AIEA, 2011).

O radiofármaco é uma substância formada pela marcação de um elemento radioativo (radionuclídeo) a um composto orgânico ou inorgânico, e que cumpre uma determinada função em um meio biológico. São administrados oralmente, por inalação ou via intravenosa – método *in vivo* - para procedimentos terapêuticos ou de diagnóstico; ou adicionados em amostras extraídas do paciente (por exemplo, sangue, urina ou tecidos do corpo) – método *in*

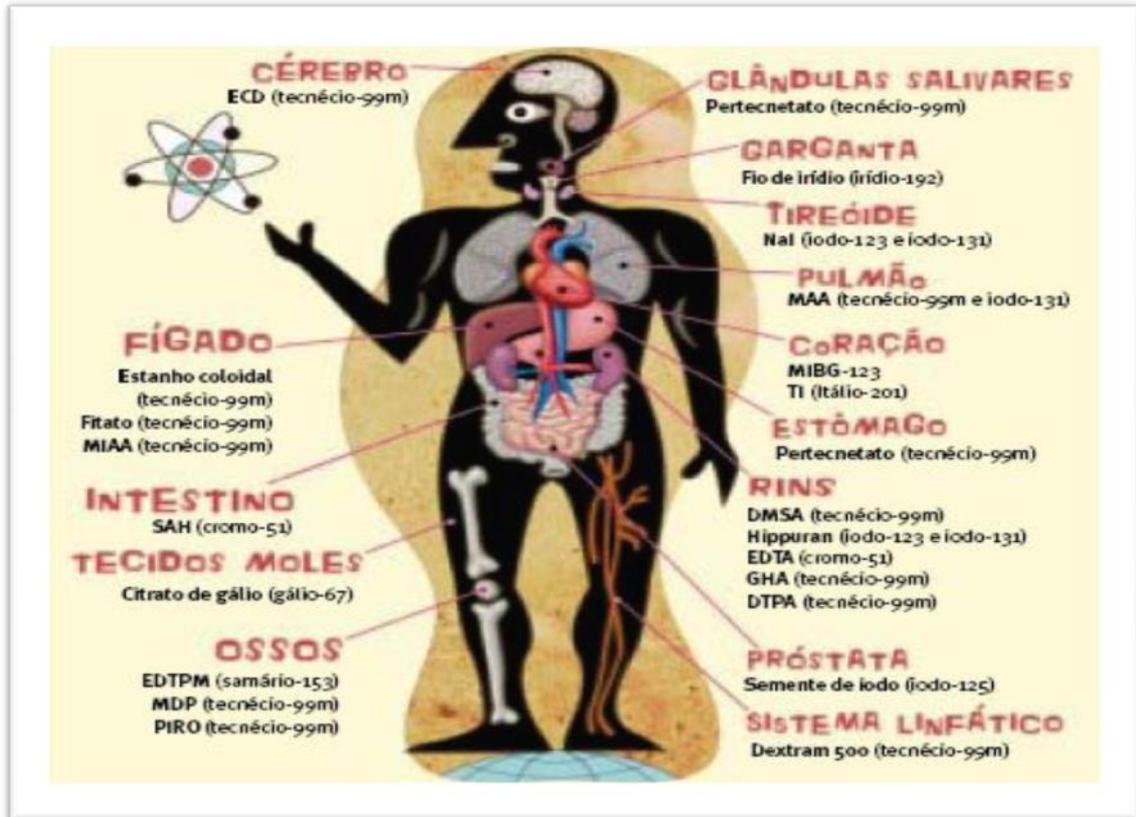
*vitro* - para procedimentos de diagnóstico. O método *in vivo* é mais comum para diagnóstico, por permitir estudo funcional do órgão ou tecido de interesse em tempo real (AIEA, 2011).

O radiofármaco, como composto radioativo, quando administrado para propósitos de diagnóstico ou terapia, não induz resposta fisiológica no paciente, não se observando, normalmente, reações adversas após sua administração. A elaboração desses compostos baseia-se na função fisiológica do órgão ou sistema alvo e a imagem externa obtida com um radiofármaco depende da densidade do órgão alvo, espalhamento da radiação, atenuação no tecido, entre outros (MENDES, 2003).

A distribuição da radioatividade em órgãos e tecidos é medida através da detecção de fótons emitidos do corpo durante o decaimento radioativo, que agem como traçadores e, através do uso de detectores contadores de cintilação, os aparelhos gamacâmaras - Positron Emission Tomography (PET) e Single-Photon Emission Computed Tomography (SPECT), em conjunto a programas computacionais (softwares), formam imagens que fornecem as informações e dados sobre órgãos e áreas do corpo que são objetos do estudo (AIEA, 2011).

Para o diagnóstico, os radiofármacos devem ser “entregues” em mínimas doses possíveis para o paciente, porém garantindo exatidão no diagnóstico. Na terapia, os radiofármacos devem ser “entregues” em máximas doses possíveis aos órgãos ou tecido-alvo, minimizando a dose nos tecidos não alvo (AIEA, 2011).

Atualmente, nos serviços de medicina nuclear, existem muitos procedimentos de aquisição de imagens com as finalidades de diagnóstico e tratamento de hipertireoidismo, testes de estresse cardíaco para análise da função cardíaca, varreduras ósseas para crescimento metastático, varreduras pulmonares e coágulos sanguíneos, procedimentos para rins, fígado e vesícula biliar para diagnóstico de função anormal ou bloqueios, entre muitos outros (AIEA, 2011). A distribuição dos radiofármacos no corpo humano em função da quimiotaxia é apresentada na Figura 8.



Fonte: <http://www.biodieselbr.com/energia/nuclear/energia-nuclear-saude.htm>

**Figura 8 – Distribuição de radiofármacos em órgãos e sistemas em função da quimiotaxia**

Além dos radiofármacos, existem outros materiais radioativos nos serviços de medicina nuclear, como as fontes seladas para calibração e testes dos instrumentos e os rejeitos gerados nestes serviços. As fontes seladas utilizadas para calibração e controle de qualidade de equipamentos do serviço, cuja faixa de atividade está entre 1 kBq a 1GBq, são Sódio-22, Manganês-54, Cobalto-57, Cobalto-60, Césio-137 e Bário-133. O Cobalto-57 e Ouro-195 são fontes pontuais e marcadores anatômicos (AIEA, 2011).

Nos ciclotrons são produzidos alguns radioisótopos emissores de pósitrons importantes para a medicina nuclear, como o Carbono-11, Nitrogênio-13, Oxigênio-15 e o Flúor-18, sendo este um dos mais utilizados. Estes radioisótopos possuem meia-vida muito curta, limitando seu uso a serviços de medicina nuclear próximos ao local onde se encontra instalado o ciclotron. Os radioisótopos emissores gama Gálio-67, Índio-111, Iodo-123 e

Tálio-201 também são produzidos por ciclotron, porém possuem meias-vidas razoavelmente mais longas, sendo por isso, transportados para outras localidades (MENDES, 2003).

Os radiofármacos podem ser produzidos por reatores, aceleradores de partículas ou ciclotrons e geradores. Têm-se como exemplo de radionuclídeos produzidos por reatores, o Iodo-131, o Molibdênio-99 e o Cromo-51. Os geradores de radionuclídeos são um sistema autocontido com uma mistura pai/filho em equilíbrio, montado de tal maneira que produza o filho separado do pai para ser usado em diferentes objetivos. O Tecnécio-99m é um radioisótopo produzido por gerador a partir do Molibdênio-99 (MENDES, 2003).

A principal utilidade do gerador é produzir radioisótopos no local em que, devido a sua meia-vida curta não pode ser abastecido pelos meios convencionais existentes. Para ser útil, a meia-vida do pai deve ser suficientemente longa quando comparada com o tempo de viagem requerido para o transporte do gerador até o seu local de uso (MENDES, 2003).

O radionuclídeo mais utilizado em procedimentos terapêuticos é o Iodo-131 e o Tecnécio-99m é um dos radionuclídeos mais utilizados para procedimentos de diagnóstico. O Tecnécio-99m emite fótons de 140 keV, tem meia-vida de seis horas e ausência de radiação beta, por isso tem características físicas e de radiação muito favoráveis para uso em diagnóstico em vários órgãos, permitindo a administração de atividades da ordem de GBq, não propiciando risco de dose significativa para o paciente (AIEA, 2011).

Os radiofármacos são classificados como prontos para o uso, kits instantâneos para preparação dos produtos, kits que requerem aquecimento e produtos que requerem manipulação significativa. Ao serem administrados, têm a incorporação preferencial em órgão(s) em função do tipo de composto químico (quimiotaxia), propiciando imagens para diagnóstico e na terapêutica (AIEA, 2011).

Na medicina nuclear diagnóstica, os radiofármacos utilizados juntos com os equipamentos SPECT para processamento das imagens com tratamento dos dados são os emissores gama, com energia de 100 a 250 keV, que tem como exemplo: Tecnécio-99m, Iodo-123 e Tálio-201. Para o aparelho PET são utilizados os emissores beta +: Carbono-11, Nitrogênio-13, Oxigênio-15, Flúor-18, Kriptônio-38, Selênio-73, Bromo-75, Estrôncio-82 (Rubídio-82). Na medicina nuclear terapêutica são utilizados os emissores beta - : Cobre-67, Ítrio-90, Iodo-131, Samário-153 e Lutécio-177; os emissores Alfa: Bismuto-212 e Astató-211; os emissores de elétron Auger: Cromo-51, Selênio-75, Bromo-77 e Iodo-125 (AIEA, 2011).

Os radiofármacos são destinados à administração humana e a fabricação deve ter procedimentos rigorosos de controle de qualidade, que envolvem vários testes, como os físico-químicos e biológicos, e medidas específicas que assegurem pureza, identidade do produto, segurança biológica e eficácia do radiofármaco (AIEA, 2011).

O medidor de atividade, conhecido como Curiômetro ou calibrador de dose, desempenha papel importante ao ser utilizado para especificar a quantidade de material radioativo administrado no paciente. O seu desempenho adequado possibilita a padronização e uniformização de técnicas, contribuindo de forma significativa para a otimização da imagem cintilográfica, com alta qualidade diagnóstica para diferentes radionuclídeos. Os calibradores de dose são câmaras de ionização do tipo poço que fazem leitura diretamente em submúltiplos do Curie ou Becquerel (MENDES, 2003).

Os profissionais da saúde que atuam na medicina nuclear são responsáveis pelos procedimentos que serão realizados para o diagnóstico e tratamento de diversas doenças, de acordo com orientações médicas, sendo que suas atividades são desenvolvidas de forma autônoma, mas integrada numa equipe que reúne profissionais de diferentes formações. Devem fazer parte da equipe os técnicos em radiofarmácia, radiofarmacêuticos, enfermeiros, médicos, físicos médicos e o SR, sendo este o responsável por todas as questões relacionadas à radioproteção dos profissionais e do público (AIEA, 2011).

#### **4.5 LEGISLAÇÃO**

A International Commission Radiology Protection (ICRP) - Comissão Internacional de Proteção Radiológica, desde 1928 têm desenvolvido, mantido e elaborado o Sistema Internacional de Proteção Radiológica, usado em todo o mundo como a base comum para as normas de proteção radiológica, legislação, diretrizes, programas e práticas. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é um organismo nacional, que objetiva colaborar na formulação da Política Nacional de Energia Nuclear; executar ações de pesquisa, desenvolvimento, promoção e prestação de serviços na área de tecnologia nuclear e suas aplicações para fins pacíficos; regular, licenciar, autorizar, controlar e fiscalizar essa utilização.

A norma brasileira de proteção radiológica da CNEN além de definir parâmetros sobre a produção, o armazenamento, o transporte de materiais e a prática que envolve as radiações ionizantes, também estabelece requisitos básicos ao trabalho seguro de profissionais. Entre outras recomendações, um dos princípios prescritos na Norma CNEN NN-3.01:2011 “*Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica*” refere-se às doses (quantidades de radiação) individuais de trabalhadores que utilizam materiais radioativos, os quais não devem exceder os limites estabelecidos. Nesta norma são preconizados procedimentos básicos de radioproteção e controle também no campo das aplicações médicas da medicina nuclear e radioterapia, além da monitoração individual.

A CNEN, desde a década de 1980, já havia elaborado várias Normas objetivando a normatização, que inclui os serviços e práticas da Radiologia Médica, como:

- NE-6.05:1985: “Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas”;
- NE-3.02:1988: “Serviços de Radioproteção” - estabelece requisitos de implantação e ao funcionamento de Serviços de Radioproteção, com aplicação às Instalações Nucleares e Instalações Radiativas;
- NE-5.01:1988: “Transporte de Materiais Radioativos”;
- NN-3.06:1990: "Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia" - estabelece os requisitos de radioproteção e segurança relativos ao uso da radiação ionizante para fins terapêuticos, mediante fontes de radiação seladas em Serviços de Radioterapia;
- NN-3.05:1996: “Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear”;
- NN-6.01:1997: “Requisitos para o Registro de Pessoas Físicas para o Preparo, Uso e Manuseio de Fontes Radioativas”;
- NN-6.09:2002: “Critérios de Aceitação para Deposição de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação”.

Normas e Resoluções mais recentes são preconizadas pela CNEN, que têm relação direta com a radioproteção nos serviços de Radiologia Médica.

- Resolução CNEN 112:2011: Licenciamento de Instalações Radiativas que utilizam fontes seladas, fontes não seladas, equipamentos geradores de radiação ionizante e instalações radiativas para produção de radioisótopos; substitui a NE 6.02 de 1998;

- Resolução CNEN 130:2012: Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Radioterapia;
- Resolução CNEN 114/2011: Dispõe sobre a alteração 5.4.2.1 da Norma NN 3.01 “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica”.

Em 1998, a Secretaria de Vigilância Sanitária (SVS), do Ministério da Saúde, publicou a Portaria 453 aprovando um Regulamento Técnico que levou em consideração as principais recomendações das organizações internacionais (OMS, OPAS, ICRP e IAEA) e estabeleceu as normas técnicas para o radiodiagnóstico no Brasil. As “*Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico*” têm seu conteúdo dividido nos seguintes itens: I- Disposições Gerais; II – Sistema de Proteção Radiológica; III – Requisitos Operacionais; IV – Requisitos para Radiodiagnóstico Médico; V – Requisitos para Radiologia Odontológica; VI – Disposições.

Em 2005, a ANVISA publicou o Guia “*Radiodiagnóstico Médico – Desempenho de Equipamentos e Segurança*”, que propõe testes de controle de qualidade e segurança radiológica, com metodologias de cálculo, periodicidade dos testes e limites de tolerância, porém não possui caráter regulador.

Além das contribuições citadas para a Radiologia Médica, com as diretrizes para o Radiodiagnóstico Médico e Odontológico, o Ministério da Saúde participa de regulamentações para os serviços de saúde que utilizam radiações ionizantes com as Resoluções RDC da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). O Ministério do Meio Ambiente, através da Comissão Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) também atua, orientando ações nestes serviços.

- RDC 50:2002: dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde;
- RDC 306:2004: dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde;
- RDC 20:2006: estabelece o Regulamento Técnico para o funcionamento de serviços de radioterapia, visando a defesa da saúde dos pacientes, dos profissionais envolvidos e do público em geral;
- RDC 38:2008: dispõe sobre a instalação e o funcionamento de Serviços de Medicina Nuclear “in vivo”;

- RDC 63:2011: dispõe sobre os requisitos de boas práticas de funcionamento para os serviços de saúde; estabelece fundamentos na qualificação, humanização da atenção e gestão, e na redução e controle de riscos aos usuários e ao meio ambiente;
- Resolução 358:2005 CONAMA: dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

O Ministério do Trabalho e Emprego participa ativamente na legislação através da Portaria 3.214, de 8 de junho de 1978 que aprovou as NRs relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. Todas as normas regulamentadoras visam promover a segurança e o bem estar de trabalhadores. Cada norma, no total de 34, destina-se a um setor específico, tendo como prioridade regulamentar, estabelecer e oferecer orientações sobre os procedimentos obrigatórios atrelados à segurança e à medicina do trabalho no Brasil. Várias normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego estão relacionadas aos trabalhadores quanto às atividades e ambientes ocupacionais que utilizam radiações ionizantes na Radiologia Médica. São elas:

- NR 05: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes;
- NR 06: Equipamentos de Proteção Individual;
- NR 07: Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO);
- NR 09: Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA);
- NR 12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos;
- NR 15: Atividades e Operações Insalubres;
- NR 16: Atividades e Operações Perigosas (Anexo 5: Radiações Ionizantes);
- NR 17: Ergonomia;
- NR 24: Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho;
- NR 26: Sinalização de Segurança;
- NR 28: Fiscalização e Penalidades;
- NR 32: Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde.

A NR 32 é uma das normas regulamentadoras mais importantes que contribui para a proteção e saúde dos trabalhadores na Radiologia Médica. Foi instituída pelo Ministério do Trabalho e Emprego por meio da Portaria 485, de 11 de novembro de 2005. Tem por finalidade estabelecer as diretrizes básicas para a implementação de medidas de proteção à segurança e à saúde dos trabalhadores dos serviços de saúde, bem como daqueles que exercem atividades de promoção e assistência à saúde em geral.

## **4.6 RISCOS OCUPACIONAIS NA RADIOLOGIA MÉDICA**

Os riscos ocupacionais são aqueles que incidem sobre a saúde humana e o bem estar de trabalhadores associados a determinadas profissões. Os fatores de riscos ocupacionais, de acordo com a Organização Panamericana de Saúde (OPAS) são classificados em químicos, biológicos, ergonômicos, psicossociais, mecânicos, de acidentes e físicos. A Radiologia Médica contempla vários riscos associados às suas práticas – radiodiagnóstico, radioterapia e medicina nuclear.

Os riscos ocupacionais serão listados conforme os agentes de riscos ambientais relacionados na NR 09 do Ministério do Trabalho e Emprego, atualizada pela Portaria SIT N° 23:2001.

### **4.6.1 RISCOS QUÍMICOS**

Os riscos químicos são provocados por gases, vapores e névoas, que podem causar efeitos irritantes (nas vias aéreas superiores), asfixiantes (dores de cabeça, náuseas, sonolência, convulsões, coma e até morte), anestésicos (ação depressiva sobre o sistema nervoso central, provocando danos à diversos órgãos). Os aerodispersóides ficam em suspensão no ar em ambientes de trabalho, como as poeiras minerais, as vegetais, as alcalinas, as incômodas e os fumos metálicos.

Na Radiologia Médica, os riscos químicos estão presentes principalmente no radiodiagnóstico e medicina nuclear, conforme Ramos (2010) que observa que nestes serviços os riscos químicos estão presentes pelo uso de radiofármacos.

Nos centros de radiodiagnóstico médicos e odontológicos, as soluções processadoras de imagens radiográficas (revelador e fixador) são agentes químicos, constituindo riscos nestes ambientes ocupacionais. As soluções podem causar dermatites, ao contato da pele, devido a quantidade de substâncias químicas que compõe as soluções, com alta toxicidade, corrosividade e pH ácido.

Os gases emanados das soluções podem ser inalados, se ambiente não permitir boa exaustão e/ou ventilação para adequada renovação do ar, razão que faz com que o ambiente no interior de câmaras escuras se torne inadequado, pois se não houver admissão de ar limpo, rico em oxigênio, passa então a existir duas fontes de poluição: a própria processadora,

emanando gases tóxicos das soluções químicas e a presença de funcionários, que absorve oxigênio e elimina gás carbônico, em processo natural de respiração.

O processo de revelação de filmes, no qual há manuseio de produtos químicos, exige uso de EPIs específicos como luvas, máscaras e aventais de látex nitrílico, como recomenda a Portaria 485/2005 (NR 32 MTE). Fernandes, Carvalho e Almeida (2005) encontraram que a preparação e manuseio de soluções tóxicas são realizados sem utilização de EPI, situação esta também apresentada no estudo investigativo de Neves e Gomide (2006). Contudo, Santos *et al.* (2009) observaram que, apesar do hospital disponibilizar tais equipamentos, os trabalhadores, em geral, optam por não utilizá-los.

A insalubridade gerada pela presença de agentes químicos tóxicos onde os técnicos exercem suas funções é observada por Fernandes, Carvalho e Azevedo (2005), Neves e Gomide (2006), Carvalho *et al.* (2007) e Santos *et al.* (2009) em centros de diagnóstico por imagem. Gomes (2002) relata, ainda, que a câmara escura apresentava irregularidades quanto à dimensão da sala e o funcionamento do sistema de exaustão, gerando vapores por inalação no ambiente ocupacional.

Gomes, em pesquisa investigativa em serviço de radiodiagnóstico de um hospital público, em 2002, avaliou que o risco químico estava presente ao observar que o material químico é estocado ao lado da reveladora automática, o que está em desacordo com a Portaria 453/1998 da SVS/MS, pois o armazenamento das soluções deve ser externo à câmara escura.

#### 4.6.2 RISCOS FÍSICOS

Os agentes físicos como ruídos causam problemas de cansaço, irritação, dores de cabeça, diminuição da audição (temporária e/ou permanente), entre outros; as vibrações causam cansaço, irritação, dores nos membros, dores na coluna, artrite, lesões ósseas, entre outros; calor ou frio extremo podem causar taquicardia, aumento da pulsação, cansaço, irritação, fadiga térmica, hipertensão, entre outros; radiações ionizantes podem causar fadiga, alterações celulares, alterações visuais, câncer, entre outros.

Na Radiologia Médica, os principais agentes físicos que podem causar riscos ocupacionais são as radiações ionizantes, provenientes de práticas de diagnóstico e tratamento. As radiações ionizantes necessitam de procedimentos de proteção ao trabalhador

que atuam nestas áreas, pois além dos equipamentos que emitem radiação, como os aparelhos radiográficos convencionais e os tomógrafos, existem aqueles que possuem fontes radioativas seladas, como os aparelhos de Telecobalto, Braquiterapia e fontes para aferição dos aparelhos.

Nos serviços de medicina nuclear, os trabalhadores manipulam fontes radioativas não seladas, denominadas radiofármacos, as utilizadas para controle de qualidade, os próprios pacientes que se tornam fontes de radiação, além dos rejeitos radioativos produzidos tanto pela radiofarmácia quanto pelos pacientes. Todos estes processos necessitam de controle preventivo com vista à proteção da saúde do trabalhador

Segundo o Manual de Procedimentos para os Serviços de Saúde – Doenças Relacionadas ao Trabalho, do Ministério da Saúde (2001), as doenças relacionadas ao trabalho decorrente de radiações ionizantes são as neoplasias, síndromes mielodisplásicas, anemia aplástica, púrpura e outras manifestações hemorrágicas, agranulocitose e outros transtornos especificados dos glóbulos brancos; polineuropatia induzida pela radiação; blefarite, conjuntivite, catarata, pneumonites, fibrose pulmonar, gastroenterite e colite tóxica, radiodermatite e outras afecções da pele e do tecido conjuntivo, infertilidade masculina, entre outras.

Após muitos estudos e trabalhos científicos, a proteção à radiação foi planejada e desenvolvida de forma a prevenir os riscos das radiações ionizantes com os quais o trabalhador lida em seus ambientes laborais. O radiodiagnóstico é legislado pela Portaria 453 de 1998, SVS/MS que estabelece diretrizes específicas relacionadas aos aspectos de biossegurança e saúde ocupacional. Os serviços de radioterapia e medicina nuclear têm regulamentação das Normas 3.01, 3.05, 3.06 e 6.01 da CNEN e RDCs 20 e 38 ANVISA/MS, entre outros.

Quanto mais distante da fonte de radiação, menor a intensidade do feixe; a intensidade de radiação é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre o ponto e a fonte. Por exemplo, se a taxa de dose a um metro da fonte for 100  $\mu\text{Sv/h}$ , a dois metros será 25  $\mu\text{Sv/h}$ , além do que a taxa de dose espalhada diminui ao aumentar a distância em relação ao paciente (CBR, 2012).

A radioproteção concedida pela distância é apresentada no trabalho de Santos e Maia (2010), que postulam que procedimentos de radiografias de tórax realizados nos leitos de unidade de terapia semi-intensiva e no pronto socorro do hospital estudado são seguros, desde

que o técnico permaneça distante mais de 1,0 m do paciente e use o avental de chumbo. Foi também avaliado que a distância média durante a realização dos exames é de 3,0 m, o que confirma que as práticas estão sendo realizadas de forma segura, sob o ponto de vista da exposição ocupacional.

A redução do tempo de exposição ao mínimo necessário, para uma determinada técnica de exames, é a maneira mais prática para se reduzir a exposição à radiação ionizante. Como exemplo desta assertiva: uma área onde a taxa de dose é 100  $\mu\text{Sv/h}$ , as doses recebidas em 15 minutos são 25  $\mu\text{Sv}$ , em 30 minutos – 50  $\mu\text{Sv}$ , em uma hora – 100  $\mu\text{Sv}$  e duas horas – 200  $\mu\text{Sv}$  (CBR, 2012).

Dose e taxa de dose são conceitos diferentes. A dose é a quantidade total de radiação ionizante recebida em um período de tempo; por exemplo, em um relatório de dosimetria mensal é apresentado a dose recebida. A taxa de dose é a quantidade de radiação ionizante que um indivíduo receberá se permanecer em um determinado local por certo tempo; por exemplo, uma taxa de dose de 0,3 mSv/h significa que para um indivíduo receba a dose total de 0,15 mSv, terá que permanecer no local por 30 minutos sem se mover (Bolus, 2008).

A blindagem pode ser individual ou de áreas. A blindagem individual são os EPIs e são obrigatórios o seu uso nos serviços de radiologia, segundo as legislações que regem os serviços de radiodiagnóstico, radioterapia e medicina nuclear (Portaria 453/1998 SVS/MS, RDC 20 ANVISA/MS e NN 3.01, 3.05, 3.06, 6.01 CNEN).

Conforme as práticas e necessidades, os EPIs a serem utilizados são as vestimentas de segurança (saíote, avental, poncho, entre outros) confeccionados com lâminas de chumbo internamente ou borracha enriquecida com chumbo, variando sua espessura (0,25 a 0,5 mm), e tamanho em função da necessidade de proteção radiológica; óculos de acrílico ou vidro plumbífero; protetor de tireoide; protetor de gônadas; e luvas plumbíferas. Existem luvas especiais que atenuam o feixe de raios X e são fabricadas com outros materiais absorvedores, diferentes do chumbo e que não diminuem a sensibilidade das mãos, o que é necessário nas práticas da fluoroscopia.

Quando os EPIs não estiverem em uso, devem ser guardados de forma a não perder a integridade da proteção: o avental deve ser pendurado em um cabide ou suporte próprio, os demais equipamentos (luvas, protetor de tireoide) devem ser dispostos em prateleiras, armazenados sem dobras. Os EPIs devem ser submetidos a testes de integridade, utilizando

raios X, se não houver o recurso da fluoroscopia, para verificação quanto a defeitos na manta de proteção; se houver defeitos, deve ser feita a substituição, pois houve perda da blindagem concedida pelo chumbo (CBR, 2012).

Conforme a Portaria 453/1998 SVS/MS, os serviços de radiodiagnóstico devem possuir avental com a espessura definida de chumbo adequado aos procedimentos, porém no trabalho investigativo de Gomes (2002) encontrou que a maioria dos aventais existentes em 176 hospitais de São Paulo não havia a identificação da espessura de chumbo. Se o equipamento opera abaixo de 100 kV, o avental deve ter espessura de, no mínimo, 0,25mm; se opera acima de 100 kV, o avental deve ter espessura de 0,35 mm (AIEA, 2011).

A blindagem das áreas expostas às radiações são as barreiras de proteção radiológica, que devem ser calculadas inicialmente para a exposição primária do feixe de radiação, de radiação espalhada e da radiação de fuga. As salas de raios X devem ser blindadas com chumbo ou equivalente em barita. Os pisos e tetos em concreto podem ser considerados como blindagens, dependendo da espessura da laje, o tipo (concreto, vazado ou não), a distância da fonte, a geometria do feixe e o fator de ocupação das áreas acima e abaixo da sala de raios X. Outros tipos de blindagem são os vidros plumbíferos dos comandos dos equipamentos para o trabalhador, os biombos de chumbo para radiodiagnóstico, biombos fluoroscópicos com vidro plumbífero de 2 mm de espessura, telas e cortinas plumbíferas para fluoroscopia e biombos odontológicos (AIEA, 2011).

Quando investigadas as blindagens de área, alguns estudos trazem essa informação, como os trabalhos de Neves e Gomide (2006), Poletto *et al.* (2007) e de Navarro, Costa e Drexler (2010) que ao avaliarem a radioproteção relacionada aos serviços de radiodiagnóstico, encontraram não conformidades graves e de risco potencial, que é a inexistência de biombos para o comando de equipamentos, além da altura inadequada de biombos e revestimento plumbífero interno das paredes, em desacordo com a Portaria 453/1998 SVS/MS, que preconiza a altura mínima de 2,10 m.

O estudo de Santos *et al.* (2009) no setor de radiodiagnóstico de um hospital apresentou que existem recursos de blindagem, porém as portas das salas de raios X e sala de registro (interior à primeira) não possuem travas e a blindagem não ocorre de forma efetiva, o que pode provocar espalhamento da radiação para outros ambientes.

Nos ambientes de trabalho com radiação ou material radioativo para diagnóstico e tratamento existem áreas livres, supervisionadas e controladas. As áreas livres são onde as pessoas não ocupacionalmente expostas podem acessar. As áreas supervisionadas também requerem adoção de medidas específicas de proteção e segurança e devem ser feitas reavaliações regulares das condições de exposições ocupacionais, objetivando determinar se a classificação continua adequada, como por exemplo, sala de comando dos aparelhos (Oliveira, 2005).

As áreas controladas são aquelas em que a segurança no ambiente está sujeita a monitoração e os profissionais são monitorados individualmente. Segundo a AIEA (1999), a monitoração individual externa em áreas controladas é obrigatória, e em áreas supervisionadas não é obrigatória, porém é considerada boa prática. Segundo a NN-3.01/004:201 CNEN, o sistema de classificação de áreas é proposto para auxiliar o controle das exposições ocupacionais e considera a designação dos locais de trabalho em dois tipos de áreas – áreas controladas e áreas supervisionadas.

A definição dessas áreas deve levar em conta o discernimento e a experiência operacional. Em locais onde a possibilidade de contaminação por materiais radioativos é remota, as áreas podem ser, algumas vezes, definidas em termos de taxa de dose em seus contornos; o uso de fontes móveis demanda alguma flexibilidade na definição dessas áreas (NN-3.01/004:2011 CNEN).

Muitos estudos investigam as questões relacionadas à radioproteção do trabalhador nos serviços da Radiologia Médica e encontram dificuldades quanto ao uso de EPI. Em 2005, Fernandes, Carvalho e Azevedo observaram que o uso de EPIs constituía um dos principais aspectos negligenciados em serviços de diagnósticos por imagem estudados, pois os trabalhadores não faziam uso destes pelo estado desgastado ou ausência dos mesmos. Gomes (2002) encontrou ausência de vários tipos de EPIs nas 463 salas de radiodiagnóstico de 176 hospitais investigados em São Paulo, sendo que quanto ao uso do avental, a maioria dos técnicos e estagiários “às vezes” o utilizava.

Neves e Gomide (2006) identificaram também o não uso do EPI em setor de diagnóstico por imagem, devido existir apenas um avental de chumbo para todos os técnicos e radiologistas, além de que o avental utilizado para técnico ou acompanhante não havia proteção para tireóide. Poletto *et al.* (2007) encontraram em um setor de radiodiagnóstico de

um hospital público federal o não uso de EPIs pelos técnicos, e estes justificaram ser devido ao estado de conservação precário dos mesmos.

Segundo a Portaria atualizada SIT 292/2011 (NR 06 MTE) a empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPI adequado ao risco e em perfeito estado de conservação e funcionamento em circunstâncias como a realização de raios X, onde “as medidas de proteção coletiva não oferecem completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho e/ou de doenças profissionais e do trabalho”.

No ambiente ocupacional que utiliza radiação ionizante, a empresa deve fornecer óculos e luvas de proteção, calçados e vestimentas especiais de proteção (avental, protetor de gônadas e saiotas) todos estes revestidos com chumbo, além de dosímetro individual. A utilização de EPI por parte dos trabalhadores é também obrigatória de acordo com a Portaria MTE 485:2005 (NR 32 MTE), a fim de minimizar os riscos decorrentes da exposição à radiação ionizante.

Quanto ao uso de EPI, o Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (CBR, 2012), recomenda que a enfermagem utilize a proteção de tireoide durante a administração do contraste em exames tomográficos de múltiplos cortes.

Soares, Pereira e Flôr (2011) fizeram um estudo para avaliarem a efetividade da proteção das vestimentas plumbíferas e encontraram que houve grande redução da exposição das mãos do médico cirurgião, sendo esta redução de 75%; outro local analisado foram as extremidades baixas, com redução de 64% da dose absorvida, concluindo a necessidade do uso destes equipamentos para minimizar exposições ocupacionais.

No estudo de Brand, Fontana e Santos (2011) com funcionários de três centros de radiodiagnóstico no noroeste do Rio Grande do Sul, os autores observaram que embora todos os participantes reconhecessem a importância do uso do EPI, 75% referiram não saber usar adequadamente de acordo com a especificidade e/ou o tipo de procedimento e 12,5% referiram não fazer uso constante dos mesmos.

Uma prática que necessita da proximidade ao paciente e ao tubo de raios X são os procedimentos de fluoroscopia, no qual o tempo da exposição geralmente é maior que nos procedimentos convencionais, sendo que as doses encontradas são uma das mais altas na radiologia médica – o kV e mA são selecionados automaticamente, somente o tempo de exposição pode ser controlado pelo operador (AIEA, 2011). Oliveira, Azevedo e Carvalho

(2002) confirmam as doses altas na fluoroscopia, ao postularem que no setor de Hemodinâmica de um hospital universitário, a dose média mensal foi de 88% maior que o somatório dos outros serviços de radiologia médica.

Devido as doses serem mais altas nas práticas fluoroscópicas, têm sido identificados em médicos intervencionistas os efeitos determinísticos da radiação como catarata e epilação de extremidades (ICRP 85, 2000). Para diminuição da exposição devem ser utilizados anteparos móveis entre o médico e o paciente, além do uso de EPIs completos (ICRP 60, 1991). Para diminuir a taxa de dose nos olhos do operador, é orientado o posicionamento do tubo sob a mesa onde está o paciente (AIEA, 2011).

Lourenço, Silva e Silva Filho (2007), em estudo para avaliação de dose em médicos, identificaram que, quando do não uso de protetores de tireóide, a dose de entrada da radiação no pescoço durante procedimentos fluoroscópicos atingem valores superiores a 0,6 mSv, dependendo da carga de trabalho e distância da fonte; com a proteção do protetor de tireóide, o valor é menor que 0,1 mSv.

Silva *et al.* (2008) avaliaram as doses recebidas por profissionais nos procedimentos intervencionistas em três salas de hemodinâmica de um hospital-escola da cidade do Rio de Janeiro durante exames de angioplastia coronária e coronariografia. Monitoraram vários pontos importantes e encontraram os maiores valores de equivalente de dose obtidos quando o profissional não usava o protetor de tireoide (2,9 mSv contra 0,3 mSv quando do uso) e a dose recebida, atenuada pelo avental de chumbo, foi de 0,24 mSv.

Os autores observaram que os profissionais que realizavam os procedimentos por via braquial recebiam maiores doses do que aqueles que realizavam por via femoral, pois os primeiros necessitam maior proximidade ao tubo de raios X. E os equivalentes de doses no modo contínuo em mãos, olhos e joelhos foram maiores que no modo pulsado, necessitando o uso de óculos, luvas e vestimenta adequada (avental e saíote de chumbo).

Quanto à radioproteção em práticas intervencionistas, Graça (2009) informa que em profissionais que ocupam posições mais afastadas do feixe, como os anestesistas, são verificadas doses de radiação mais reduzidas, embora estas possam ainda ser importantes ao nível das gônadas na zona de topo da mesa, como os procedimentos de anestesia.

Conforme a regulamentação da CNEN, o monitoramento ocupacional é realizado através de dosímetros individuais e os mais utilizados são os dosímetros de filme, o TLD e o dosímetro eletrônico. São posicionados na altura do tórax, entre os ombros e a cintura, sobre o avental, porém, em determinadas situações, também posicionado sob o avental. Devem ser verificados mensalmente, quando são registradas as doses recebidas pelos trabalhadores, sendo que estes monitores devem ser guardados quando não estiverem em uso, em quadros, fora do ambiente ocupacional, em área livre de radiação. É guardado junto um dosímetro de controle, para avaliar a radiação de fundo (radiação natural no ambiente) (AIEA, 2011).

Os dosímetros de bolso e o eletrônico são câmaras de ionização do tamanho de uma caneta com escala de leitura direta das exposições, podendo ser de dois tipos: sensível a radiação beta-gama e sensível a radiação beta-gama e nêutrons. Estes dosímetros são usados sempre que os níveis de radiação forem tão altos que uma leitura imediata da exposição recebida seja desejável para prevenir superexposição e também sempre que uma pessoa é temporariamente exposta a radiação e precisa ser monitorada alguns poucos dias (AIEA, 2011).

A Portaria 453:1998 SVS/MS e a CNEN preconizam que a dosimetria é a maneira mais eficaz de verificar a exposição do trabalhador às radiações ionizantes, desde que seja feito com equipamentos confiáveis e utilizado de forma correta. Com essa assertiva, Oliveira, Azevedo e Carvalho (2002) implantaram um Programa de Monitoração Ocupacional em um hospital universitário nos variados setores de radiologia médica com o objetivo de correção de problemas quanto a monitoração dos trabalhadores.

O problema quanto ao controle da monitoração dos trabalhadores é citado por Gomes (2002), que devido ao número de trabalhadores usuários de dosímetros, o serviço tem dificuldade em acompanhar e supervisionar o uso destes nos variados setores, sendo que a situação mais crítica é atribuída aos médicos que não usam dosímetros, apesar de serem alertados para as situações potenciais de exposição. Outra situação quanto a irregularidade na monitoração das doses dos trabalhadores é apresentada por Neves e Gomide (2006) ao informar que os dosímetros do setor de radiodiagnóstico eram trocados semestralmente e não mensalmente, para controle de doses.

A monitoração do local de trabalho também deve seguir os padrões da CNEN e tem o objetivo de demonstrar que as condições de trabalho são satisfatórias ou para alertar sobre qualquer deterioração, além de fornecer informações que facilitem a estimativa da exposição à

radiação. Tal monitoração pode ser subdividida em três tipos: a monitoração de rotina, a monitoração operacional e a monitoração especial (OLIVEIRA; AZEVEDO; CARVALHO, 2002).

Segundo o Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (CBR, 2012), os procedimentos de radiologia intervencionista, exames de hemodinâmica e oncológicos com aparelhos PET/CT são os que apresentam maiores valores de exposição à radiação. Entretanto, para estes profissionais, considerando-se os limites de doses inferiores a 20 mSv ao ano, é baixo o risco de doenças associadas a radiação.

Oliveira (2005), afirma que devem ser realizados estudos retrospectivos dos níveis de investigação para exposição ocupacional qualitativamente, observando os procedimentos de trabalho e quantitativamente, quando os resultados da monitoração excedem as doses esperadas para trabalhos rotineiros.

No Brasil, segundo a Norma 3.01 da CNEN e a Portaria 453:1998 da ANVISA, o valor considerado para “nível de registro” deve ser igual ou superior a 0,20 mSv, apesar que abaixo deste valor também deve ser registrado. A classificação de um trabalhador constando no “nível de investigação” significa que a sua dose efetiva em qualquer mês é de 1 mSv ou 6 mSv ao ano para o trabalhador de serviços de radioterapia e medicina nuclear (NN-3.01 CNEN), porém a Portaria 453:1998 SVS/MS preconiza o “nível de investigação” quando ocorrerem doses de trabalhadores, em serviços de radiodiagnóstico, igual ou acima de 1,5 mSv. Nesses casos, são realizadas investigações locais para averiguar o ocorrido, sendo necessária a justificativa de procedimentos do trabalhador durante o mês de referência (PORTARIA 453:1998 SVS/MS; NN-3.01 CNEN).

A classificação “nível de intervenção” é quando os valores de dose mensais atingem o valor acima de 4,0 mSv, visando a redução de doses mensais. É considerada a justificativa da intervenção com dose superior a 50 mSv/ano. Nestas condições, as autoridades competentes são comunicadas do ocorrido, podendo a instituição ser vistoriada por órgão de fiscalização, e o funcionário, dependendo da gravidade da exposição, vir a ser suspenso de qualquer tipo de atividade que utilize radiações ionizantes (PORTARIA 453:1998 SVS/MS; NN-3.01 CNEN).

Santos *et al.* (2009) identificaram irregularidades quanto a monitoração individual em um setor de radiodiagnóstico de um hospital, nos quais os estagiários não utilizavam dosímetros, somente os técnicos funcionários, porém há recomendação da Portaria 485:2005

(NR 32 MTE) que todos os trabalhadores na área de radiodiagnóstico estejam sob monitoração individual de dose de radiação ionizante.

Nesta mesma Portaria reguladora, os estudantes e estagiários, em serviços de saúde que fazem uso de radiação ionizante estão sujeitos aos limites para trabalhadores ocupacionalmente expostos, devendo ser monitorados da mesma forma que os técnicos. Gomes (2002) e Neves e Gomide (2006) encontraram irregularidades quanto ao monitoramento de estagiários, pois não estava sendo realizado nos ambientes de trabalho pesquisados.

O trabalhador deve utilizar o dosímetro individual de tórax colocado sobre o avental, na parte mais exposta do tórax. Ao ser dividido o valor de sua medição por um fator de correção igual a 10 – quando subtrai da blindagem do avental de chumbo, estima-se a dose efetiva. O valor de sua medição deve ser interpretado como a dose equivalente nas regiões não blindadas do corpo (AIEA, 2011).

Nos procedimentos intervencionistas, no caso das extremidades e/ou olhos estarem sujeitos a doses significativamente maiores do que as leituras de dosímetros de tórax, dosímetros adicionais devem ser usados (SILVA *et al.*, 2008). E Oliveira (2005) observa que monitores eletrônicos, constituídos por detectores semicondutores na sua grande maioria, podem fornecer, de imediato, o valor de dose de um trabalhador após qualquer procedimento e, por isso, são de especial interesse em radiologia intervencionista.

Em todos os serviços de Radiologia Médica deve existir um Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), programa preconizado pela NR 07, objetivando, principalmente, a prevenção, o rastreamento e o diagnóstico de danos à saúde relacionados ao trabalho. Devem ser realizados exames pré-ocupacionais, antes do início da ocupação. São realizados os exames periódicos, nos quais são recomendados para os técnicos em radiologia os exames de sangue, com contagem de plaquetas, repetidos a cada seis meses e exames bianuais de dosagem dos hormônios tireoidianos. Para os funcionários e profissionais que lidam próximo aos ambientes com radiação, como médicos radiologistas e secretárias, deve ter periodicidade anual. Em caso de acidentes, são realizados os exames especiais e no término do vínculo empregatício, o exame pós-ocupacional (PORTARIA 236:2011 MTE).

Gomes (2002) encontrou que, apesar da grande maioria dos 70 técnicos pesquisados realizassem exames periódicos semestralmente, muito poucos realizavam outros exames,

como os de tireóide e plaquetas. Enquanto em outro serviço de radiodiagnóstico (NEVES; GOMIDE, 2006), não havia qualquer avaliação rotineira da saúde através de exames dos funcionários.

Burigo e Burigo (2007) avaliaram que, embora a dosimetria esteja em conformidade com a Portaria 453:1998 SVS/MS, não existia um controle ocupacional através de exames médicos no serviço de radiodiagnóstico pesquisado. Situação encontrada também por Poletto *et al.* (2007), indicando que a falta de um controle médico ocupacional periódico dos funcionários no setor de radiodiagnóstico investigado contradiz o que estabelece a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e a NR 7, pois os exames de saúde periódicos são obrigatórios para todos.

Os estagiários e estudantes entre 16 a 18 anos não devem receber doses superiores a 3/10 de dose limite para trabalhador; o treinamento destes deve ocorrer somente em áreas supervisionadas (NN-3.01 CNEN). É proibido o trabalho nestas áreas para menores de 16 anos (ICRP 75, 1997; IAEA, 1999) e, no Brasil, para menores de 18 anos (NN-3.01 CNEN, 2011).

A trabalhadora grávida tem a primeira responsabilidade ao notificar o empregador de sua gravidez e, após declaração da mesma, o empregador deve garantir que a dose para o embrião/feto não exceda 1 mSv durante o resto do período da gravidez. A notificação da gravidez não deve ser considerada um motivo para excluir a mulher ocupacionalmente exposta do trabalho com radiação, porém o titular ou empregador, nesse caso, deve tomar as medidas necessárias para assegurar a proteção do embrião ou feto, evitando que receba uma dose efetiva superior a 1 mSv. Neste caso, deve ser usado um dosímetro na altura do ventre sobre o avental, para registro da dose do feto ou embrião (ICRP 75, 1997; NN 3.01 CNEN, 2011).

A radioproteção relacionada à Odontologia também é legislada pela Portaria 453:1998 SVS/MS. Apesar da tensão no tubo de aparelhos de raios X odontológico ser menor que no radiodiagnóstico médico e a miliamperagem fixa, a quantidade de raios X é controlada pelo tempo de exposição. A radioproteção de profissionais e funcionários deve ser orientada, pois há um aumento considerável da realização de radiografias em consultórios odontológicas e/ou clínicas radiológicas, podendo gerar também um aumento da exposição ocupacional nestes ambientes, se não houver os cuidados necessários.

Da mesma forma que no radiodiagnóstico médico, a distância adequada do operador de pelo menos dois metros do tubo de raios X e do paciente durante a exposição é razoavelmente eficaz para conseguir proteção na Odontologia. Se a carga de trabalho for superior a 30 mA.min/semana, o operador deve manter-se atrás de uma barreira protetora com uma espessura de pelo menos 0,5 mm equivalente ao chumbo; uso de dosímetro se carga de trabalho for superior a 4 mA.min/semana (PORTARIA 453:1998 SVS/MS).

No estudo de Melo e Melo (2008), muito poucos dos dentistas pesquisados (10%) utilizavam o biombo e alguns mais (27%) se protegiam atrás da parede de alvenaria, saindo da sala durante o exame. Esta forma de proteção também foi a mais citada por profissionais no trabalho de Silveira, Silva e Brito (2005). Porém é uma forma de proteção que é contraindicada, conforme a Portaria 453:1998, que orienta que o operador deve observar e ouvir o paciente durante as exposições, contudo Mota (1994 *apud* ZENÓBIO; SILVA, 2002) informa que o ideal é que o profissional fique fora da sala durante as exposições.

Melo e Melo (2008) ainda apresentam que 32% dos profissionais faziam uso do avental plumbífero, pois o tamanho da sala não permite o distanciamento do tubo; 33% afirmaram utilizar o distanciamento; 38% informaram não fazer nada, já que o tamanho dos consultórios não permitia o distanciamento de mais de dois metros. A utilização de monitoração pessoal foi realizada por quase 9% dos profissionais, apesar de quase 10% não soubessem o que é monitoração de dose. Trabalho de Neves *et al.* (2010) informou que 64% dos profissionais se afastam; 20% ficam atrás da parede e 16% não tem medida de proteção alguma; a grande maioria (71%) segurava o filme para o paciente.

Zenóbio e Silva (2002) postularam que os procedimentos considerados para proteção do paciente estão indiretamente restringindo o excesso de exposição à radiação do profissional e equipe. Orientam nunca segurar o filme na boca do paciente durante a exposição e o profissional nunca deve segurar ou tentar estabilizar a cabeça do aparelho ou localizador durante a exposição dos raios X. A sala de raios X deve ser grande o bastante para prover acomodação segura ao trabalhador durante a exposição (a 2 m de distância do tubo de raios X).

Deve ser estabelecido um programa de monitoração individual e não é permitida a instalação de mais de um equipamento de raios X, por sala. Durante as exposições, devem permanecer apenas pessoas cuja presença seja essencial durante o exame. É de

responsabilidade do profissional prover informações aos membros da equipe envolvidos em atividades com radiação ionizante quanto aos riscos radiológicos e treinamentos quanto aos procedimentos corretos de proteção radiológica, com processos de controle de qualidade das imagens (ZENÓBIO; SILVA, 2002).

Os procedimentos de radioterapia, na Radiologia Médica, são seguros se os métodos de segurança estão instalados e são seguidos, além de que, se a equipe estiver bem treinada e seguirem todos os procedimentos, a dose ocupacional será 1 mSv/ano ou menos, mesma dose para indivíduo do público; porém as doses podem ser muito elevadas, se ocorrerem acidentes (CBR, 2012).

Para radioterapia com feixe externo, é utilizada a defesa em profundidade, em diversos níveis. Se há falha em um determinado nível, a proteção ainda estará sendo fornecida em outro: uma sala provida de blindagem adequada; existência de labirinto junto à entrada da sala de tratamento; pontos de acesso com intertravamento; sinalização luminosa de fonte em operação; botões de emergência para desligamento da fonte na sala de tratamento e no painel de controle do irradiador (CBR, 2012).

A radioterapia com aceleradores de elétrons que produzem feixes de fótons com energia igual ou superior a 10 MeV geram nêutrons indesejáveis. Os nêutrons rápidos produzidos são atenuados de forma eficiente por materiais altamente hidrogenados, sendo que a espessura das paredes possui concreto que contém uma percentagem relativa de hidrogênio. Como o problema da proteção radiológica deve ficar restrito à porta da sala do equipamento, é utilizado o boro incorporado ao polietileno, este com alto teor de hidrogênio para nêutrons rápidos e o primeiro, para nêutrons lentos. A captura de nêutrons lentos pelo boro produz radiação gama, com energia relativamente baixa. Uma blindagem metálica leve serve para atenuar os fótons produzidos pelos raios gama (FACURE *et al.*, 2008).

Na Braquiterapia, deve-se monitorar o paciente e a área de tratamento; após o tratamento de cada paciente devem ser utilizados monitores de área para verificar se a fonte está totalmente blindada e se a exposição está terminada. As fontes de Braquiterapia não devem ser manipuladas diretamente com as mãos, devendo ser utilizadas pinças longas para este propósito (CBR, 2012).

A Braquiterapia que utiliza fontes de alta taxa de dose deve ser executada em ambientes nos quais a equipe de profissionais deve permanecer fora da sala de tratamento

durante o mesmo; as salas devem ser providas com portas com intertravamento e avisos de presença de radiação. O paciente deve ser supervisionado através de vidros blindados ou sistemas de circuito fechado de televisão; um monitor capaz de indicar a presença de radiação espalhada deve existir na sala de tratamento, de modo a indicar que a fonte de radiação está em uso (CBR, 2012).

Os dosímetros, nas práticas de Braquiterapia, devem ser utilizados entre os ombros e o quadril. Pequenos dosímetros nos dedos monitoram as doses nas mãos. As fontes de radiação devem ser armazenadas em recipiente seguro, blindado e identificado; identificadas com o nome do radionuclídeo, sua atividade e número de série. Deverá ter a verificação diariamente e, quando uma fonte for movimentada, deverá ser mantido um registro dessas verificações (CBR, 2012).

Na Braquiterapia, as unidades HDR e LDR de pós-carregamento remoto têm a vantagem de reduzir a exposição à radiação aos trabalhadores, podendo ser interrompido o tratamento enquanto a enfermagem atende o paciente. Todos os trabalhos com fontes devem ser planejados com antecedência (AIEA, 2011).

Nos serviços de medicina nuclear, há particularidades quanto à radiação, devido às variadas formas de exposição ocupacional. O projeto das instalações nestes setores devem conter o planejamento de blindagens, iluminação, ventilação e armazenamento de materiais tóxicos e rejeitos radioativos (OLIVEIRA, 2005). Devem ser avaliados, também, quais as categorias de risco dos radionuclídeos que serão manipulados, para planejamento de toda a instalação, conforme as necessidades, em função dos riscos apresentados (NN-3.05 CNEN, 1996).

Nos procedimentos com manipulação de radionuclídeos, há necessidade de capela de exaustão para as categorias de radionuclídeos de médio e alto risco; não necessitando para baixo risco. Ter ventilação normal para baixo risco, boa ventilação para médio risco e pode necessitar de ventilação forçada para alto risco. O encanamento padrão são para as categorias de risco baixo e médio; sendo que para categoria de alto risco, pode necessitar de tubulação especial para o encanamento. Para as situações de emergência, para o baixo risco, é necessário lavagem para descontaminação. Para médio e alto risco, lavagem e descontaminação específica para o radionuclídeo (MACHADO *et al.*, 2011).

A instalação deve possuir alguns ambientes exclusivos aos pacientes, como sala de espera, sanitário exclusivo e quarto de internação de pacientes com sanitário privativo; sala de exames e sala de administração de radiofármacos; local para armazenamento de rejeitos radioativos, laboratório de manipulação e armazenamento de fontes em uso (CBR, 2012).

No local onde são manipuladas as fontes não seladas, devem ser forradas as bancadas com material impermeável e papel absorvente, para facilitar em caso de derramamento de material radioativo. Os pisos e paredes devem ser revestidos de material liso, impermeável e de fácil limpeza e desinfecção. O laboratório de manipulação e armazenamento de fontes em uso deve ter pisos e paredes com cantos arredondados, bancada lisa, tanque com 40 cm de profundidade, no mínimo, e torneiras sem controle manual (NN-3.05 CNEN, 1996).

Em todos os recipientes e ambientes com armazenagem de material, instrumental, rejeitos, guarda de fontes, entre outros, devem ser sinalizados, com etiquetas e realizados os registros de controle. As fontes seladas utilizadas para calibração dos equipamentos devem ser armazenadas em locais e blindagem específicas, sempre com boas práticas de radioproteção. Em caso de fontes voláteis, como Iodo-131 ou de serviços que realizem estudos de ventilação pulmonar, é necessário um sistema de extração do ar; uso de capelas, com filtros e exaustão adequada para manipulação dos radioisótopos voláteis (NN-3.05 CNEN, 1996; MACHADO *et al.*, 2011).

Nos serviços de medicina nuclear há somente áreas supervisionada e controlada. A radiofarmácia, a sala de injeção e a sala de gamacâmara podem ser classificadas como áreas controladas e as demais como supervisionadas, porém esta classificação é pouco útil, porque a maioria dos trabalhadores operam em ambas as áreas. A classificação de áreas deve ser definida pelo SR e pela coordenação do setor (OLIVEIRA, 2005).

De acordo com a ICRP 75 (1997), deve haver monitoração das áreas dos serviços de medicina nuclear com monitoração eventual para confirmação da classificação das áreas de trabalho; monitoração de rotina, com periodicidade prévia definida no plano de trabalho e monitoração especial quando de investigação de doses (ICRP 75, 1997).

O uso do EPI é fundamental para a radioproteção, como o avental de chumbo, transportador de seringas, protetor de seringas, castelo para eluição dos geradores de Molibdênio e Tecnécio, luvas, guarda-pó e pinças; vestimentas de proteção, ferramentas de

manipulação remota de material radioativo, monitores de taxa de dose com alarme, monitor de contaminação e kit de descontaminação (NN 3.05 CNEN, 1996).

Machado *et al.* (2011) observam que a maioria dos aventais plumbíferos comerciais tem espessura de 0,25 mm e 0,5 mm, oferecendo proteção satisfatória para isótopos de baixas energias (Tecnécio-99m, Tálcio-201), mas possui eficiência questionável para isótopos de altas energias (Iodo-131, Flúor-18).

O uso de luvas é obrigatório sempre quando for manipular material radioativo, devendo ser desprezada logo após esta tarefa. Ao transportar o material manipulado, deve ser calçadas luvas novas, evitando que uma possível contaminação seja espalhada por outras áreas do setor (CBR, 2012). O lavatório deve ser localizado em área adjacente à área de trabalho, em local de pouco movimento. As torneiras não podem ter o contato direto das mãos e toalhas e secadores de ar quente devem estar disponíveis. Deve haver um lava-olhos de emergência localizado próximo ao lavatório e um chuveiro de emergência no laboratório ou próximo a este (NN-3.05 CNEN, 1996).

Cuidados devem ser seguidos quanto ao descarte de rejeitos radioativos, seja na radiofarmácia, na sala de administração de radiofármacos ou mesmo nos quartos e sanitários dos pacientes. Uso de lixeiras blindadas na radiofarmácia e sala de administração de radiofármacos; uso de tijolos de chumbo para serem posicionados ao redor dos radioisótopos, blindando-os (NN-3.05 CNEN, 1996).

Na eluição do gerador de Molibdênio-99 deve ser feita a blindagem com vidro plumbífero, para prevenção da exposição externa; manipulação do Iodo-131 em capela ou fluxo laminar para prevenção de exposição externa e interna. Para o armazenamento de rejeitos e injeção de radiofármacos, o uso de avental e luvas para prevenção da exposição e contaminação externa. Na operação da gamacâmara, o uso do biombo protetor para prevenir a exposição externa; no atendimento ao paciente, deve ser usado avental e luvas para prevenir a exposição e contaminação externa (OLIVEIRA, 2005).

A distância tem um forte efeito na redução da dose, pois a taxa de dose é inversamente proporcional ao quadrado da distância. Para tanto, é importante o uso de pinças para o manuseio de frascos. O projeto da sala de exames deve permitir o acompanhamento do paciente a distâncias razoáveis (2 m). É recomendado orientar o paciente sempre antes da

injeção do radiofármaco, visto que depois de injetado, o paciente fica radioativo e o trabalhador deve evitar contato desnecessário (BOLUS, 2008).

O controle dosimétrico é obrigatório, durante toda a jornada de trabalho, posicionando-o na região mais exposta do tronco, colocado sobre o avental plumbífero. Quando a dose de extremidade superar em 10 vezes a dose para corpo inteiro, devem ser usados um ou mais dosímetros para extremidades, na região do corpo onde são esperadas as maiores doses (AIEA, 1999).

Devem ser realizadas monitorações periódicas para assegurar que as rotinas estejam sendo executadas de forma satisfatória. Devem ser realizadas medidas de levantamento radiométrico nas áreas restritas quinzenalmente, e medida de contaminação de superfície ao término da jornada de trabalho ou sempre que houver suspeita de contaminação (BOLUS, 2008, NN-3.05 CNEN, 1996).

Embora alguns tipos de radiação tenham baixa capacidade de penetração, podendo ser barrados por papel, tecido ou pele humana, elas têm alto LET (Linear Energy Transfer) – Transferência Linear de Energia, o que resulta em grande potencial de danos celulares quando há contaminação interna, que pode ser de três formas: absorção pela pele, ingestão e inalação. As diretrizes básicas no laboratório quanto às orientações de não comer, beber, fumar ou aplicar cosméticos são para minimizar a contaminação interna por ingestão ou absorção. A orientação quanto ao uso de EPIs como luvas e jalecos, entre outros, são concebidos para minimizar ou eliminar a absorção de materiais radioativos através da pele intacta (BOLUS, 2008).

Cortes e abrasões podem aumentar a probabilidade de absorção e não se deve nunca tentar a descontaminação da pele com o uso de escovas abrasivas, esponjas ou produtos químicos cáusticos, com o risco de aumentar a possibilidade de contaminação através da absorção. O melhor método para descontaminação da pele é lavar com detergente neutro ou sabão de lavar louça (BOLUS, 2008).

Quando de contaminação, Guimarães (2005) orienta que os métodos secos são preferíveis aos úmidos para não aumentar o risco de contaminação do ar, cuidando para gerar o menor número possível de rejeito e usar os métodos suaves antes dos mais rigorosos, que podem prejudicar a superfície. Se o radionuclídeo contaminante tiver meia-vida curta, isolar o local para decaimento natural; deve ser realizada a descontaminação o mais rápido possível e

em caso de líquidos perto de ralos, deve-se atirar algo absorvente para que o líquido radioativo não escorra pelo ralo.

Para descontaminação de roupas e aventais, são colocados em sacos para não disseminar a contaminação. Lavar com detergentes e muita água ou ácido cítrico e carbonato de sódio. A água deve ser verificada e tratada como rejeito (GUIMARÃES, 2005).

Quando do uso de materiais e utensílios, devem ser lavados muito bem com detergente e água corrente, sendo que para os vidros são utilizados os ácidos minerais e o citrato de amônio, para os plásticos, o citrato de amônio, solventes orgânicos ou ácido diluído. Verificar se vale a pena ser descontaminado ou substituído, descartando como rejeito radioativo. No caso de equipamentos, deve-se deixar cair a atividade do radionuclídeo (GUIMARÃES, 2005).

Thompson (2001 *apud* RISSATO, 2009) ressalta a importância do treinamento dos profissionais envolvidos nas atividades de radiação, alertando que instruções que garantam segurança para a equipe de enfermagem que trabalha na terapêutica com Iodo-131 é determinante na contaminação resultante desta terapia. Rissato *et al.* (2009) complementam, observando que as investigações sobre os procedimentos de precaução e manipulação dos rejeitos radioativos, gerados na iodoterapia, são muito pouco discutidas na literatura.

Rissato *et al.* (2009) pontuam que a equipe de enfermagem desempenha papel fundamental no tratamento do paciente submetido à iodoterapia, por estar em contato com o paciente, desde a administração do radiofármaco aos cuidados posteriores. Com isso, é um trabalhador que tem muita probabilidade de contaminação, se não houver conhecimento e treinamento para radioproteção.

A profissional grávida que opera no setor de Medicina Nuclear não deve auxiliar pacientes com radionuclídeos incorporados (ICRP 84, 2000). Para trabalhadoras em período de aleitamento, se a dose para o bebê exceder 1 mSv, o período de interrupção do aleitamento é calculado com base na atividade incorporada e na meia-vida efetiva (ICRP 84, 2000)

Ao manipular radionuclídeos emissores de radiação  $\beta$  é requerido cuidado para não utilizar blindagens com material de alto número atômico, como o chumbo, pois nestes casos pode haver formação de radiação de freamento, o que não ocorre em materiais como plástico e vidro. Por isso, quando um trabalhador fizer uso de Iodo-131 (emissor  $\beta$  e  $\gamma$ ), uma primeira

blindagem de plástico ou vidro deve ser usada para blindar a radiação  $\beta$ , e uma segunda blindagem de chumbo é necessária para blindar a radiação  $\gamma$ . O material de blindagem deve ser apropriado ao tipo de radiação - por exemplo, plástico de 1 cm blindar radiação beta; chumbo e concreto blindam radiação gama e X (BOLUS, 2008).

Qualquer material resultante de atividades com radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista, é considerado rejeito radioativo. Os rejeitos devem ser segregados de acordo com suas características físicas, químicas, biológicas e radiológicas, de modo a facilitar o gerenciamento. Após a segregação e acondicionamento em recipientes adequados, em containers, os rejeitos devem ser identificados e, após eliminados, devem ser registrados em formulário próprio, para controle (OLIVEIRA, 2005; RDC 306:2004 ANVISA; NN-6.05 CNEN, 1985).

O rejeito é gerado em forma de sobras de radionuclídeos em seringas, luvas, papéis, algodão, vidros, água usada para descontaminação, entre outros. Deve-se separar os rejeitos e, se possível, separar os radionuclídeos em função do tempo de meia-vida. As caixas com rejeitos radioativos devem ser corretamente fechadas e datadas. O trabalhador deve levá-las para a sala de rejeitos, devidamente paramentado com EPI completo (avental, protetor de tireoide e óculos plumbífero) e agir de forma mais rápida possível (GUIMARÃES, 2005).

Guimarães (2005) orienta que o SR deve monitorar cada caixa de rejeito e verificar a ausência de contagens (radiação de fundo); deve ser então, acondicionada em sacos brancos, de resíduos de serviços de saúde para descarte como resíduo biológico contaminado, se for o caso. As caixas devem ser conservadas pelo período necessário para completa extinção do radionuclídeo.

Na ocorrência de contaminação com material radioativo é necessário isolar o local, informar o SR e os demais membros e executar o procedimento de descontaminação, conforme descrito no Plano de Radioproteção. Todo trabalhador envolvido com o uso de material radioativo deve participar de treinamentos periódicos, realizado pelo SR, para assegurar que os procedimentos sejam executados conforme as melhores práticas (BOLUS, 2008).

#### 4.6.3 RISCOS BIOLÓGICOS

Os agentes de risco biológico podem ser a causa de muitas doenças agudas e crônicas. As forma de prevenção para este grupo de risco são as imunizações, desinfecção e esterilização, higiene pessoal, uso de EPI, ventilação, controle médico e controle de pragas.

Nos procedimentos da Radiologia Médica diagnóstica e terapêutica, em função de lidar com diversas pessoas, seja em clínicas para diagnóstico, seja em ambientes hospitalares e consultórios odontológicos, os riscos biológicos estão diretamente relacionados às praticas diárias realizadas nestes ambientes ocupacionais.

Fernandes, Carvalho e Azevedo (2005) observam que os profissionais do setor de radiodiagnóstico lidam diretamente com os agentes biológicos ao lidar diariamente com pacientes para auxílio nos exames; informa ainda que aproximadamente 50% das crianças atendidas no setor de radiodiagnóstico do hospital estudado são portadoras de HIV (Human Immunodeficiency Vírus) – vírus da imunodeficiência humana - ou de doenças pulmonares contagiosas, e os trabalhadores permanecem junto aos pacientes, que têm uma média de quatro exames ao dia.

A Portaria 485:2005 MTE estabelece que a todos os trabalhadores de serviços de saúde deve ser fornecido, gratuitamente, o programa de imunização ativa contra tétano, difteria, hepatite B e outras doenças infectocontagiosas, quando for necessário. Contudo, Santos *et al.* (2009) observaram que, em seu estudo, apenas os técnicos foram imunizados e os estagiários não tiveram a vacinação contra os agentes de risco biológico.

Quanto a desinfecção da mesa de exame do pronto socorro do hospital pesquisado por Gomes (2002), 61% de 70 técnicos disseram realizar após os exames; 9% responderam não realizar e 30% responderam que “às vezes”, sendo que a limpeza só ocorre quando há pacientes com fraturas expostas, sangramento, secreção ou alguma sujeira. A grande maioria dos técnicos (73%) utiliza luvas quando posiciona pacientes com fratura exposta e dos estagiários, 100% do grupo utiliza a luva, evitando o contato com o sangue do paciente.

Neves e Gomide (2006) observaram que não havia assepsia nem uso de toalhas descartáveis para cobrir os equipamentos entre a realização dos exames, o que contribui para a transmissão de microrganismos entre os pacientes e entre o paciente e o técnico responsável pelo exame. Com relação a exames em pacientes que devem ter precauções de contato, foi

informado que não há proteção para esses casos e raramente há máscaras para proteção contra o bacilo da tuberculose.

Santos *et al.* (2009) observaram que durante os intervalos de exames de pacientes, é comum o uso da sala de registro para refeições, sendo que são realizadas no interior da sala de raios X, separada por uma porta que permanece a maioria do tempo aberta e na sala de exame é grande o fluxo de pacientes com diversos tipos de patologias. Situação parecida encontrada por Gomes (2002), no serviço de pronto socorro, dentro da sala de exame de raios X, a área de comando é utilizada para guarda de produtos perecíveis/alimentos (pães, biscoitos, margarina, entre outros), local inclusive que os técnicos tomam café. Pela Portaria 485:2005 MTE é estabelecido que, devido a sala de raios X caracterizar local com riscos biológicos, deve ser vedado o consumo de alimentos ou bebidas nos locais de trabalho.

Os profissionais das técnicas radiológicas estão expostos aos riscos biológicos ocasionados por doenças respiratórias em exames do trato respiratório no setor de diagnóstico por imagem, pois as doenças respiratórias transmitem agentes infecciosos por via aérea, além do contato direto com o paciente, o que possibilita o adoecimento dos profissionais. Com o exposto, o trabalho investigativo de Vieira (2010) com profissionais do radiodiagnóstico de um hospital de Santa Catarina apresentou que os profissionais adotam parcialmente as medidas de prevenção a estes riscos e que não ocorre aplicação das mesmas em exames do trato respiratório em exames de radiodiagnóstico.

Na Odontologia, devido às técnicas radiográficas intrabucais, existe uma possibilidade muito grande de contaminação por microrganismos potencialmente infecciosos, pelo contato direto com sangue e saliva de pacientes, seja em clínicas especializadas, seja em consultórios que fazem tomadas radiográficas nos pacientes.

De acordo com observações da prática clínica e de pesquisas na literatura, Silva *et al.* (2008) informam que as superfícies com maior potencial de contaminação em radiologia odontológica incluem as mãos do operador e os locais por ele tocados, entre os quais o cabeçote do aparelho de raios X, o cilindro localizador, o painel de controle, o botão disparador, a câmara escura, as soluções para o processamento radiográfico, os aventais de proteção e os equipamentos periféricos.

Silva *et al.* (2008) avaliaram 17 equipamentos radiográficos odontológicos em procedimentos rotineiros e encontraram que, de 325 amostras coletadas, metade estavam

contaminados por microrganismos de classes diferentes de riscos biológicos, com contaminação maior por *Staphylococcus*, seguido por leveduras (*Candida albicans*), *Streptococcus mutans* e bacilos Gram negativos.

Santos *et al.* (2011) também encontraram espécies fúngicas isoladas nas superfícies de aparelhos radiográficos odontológicos e explicam que, sendo potencialmente patogênicos, podem servir de reservatórios ou vetores de fungos representando um risco de aquisição de infecção cruzada para os pacientes, assim como para a equipe odontológica.

Medidas de prevenção devem ser efetuadas como utilização de sobreluvas na revelação das radiografias, proteção dos filmes radiográficos em embalagens plásticas, desinfecção dos equipamentos, proteção dos mesmos nos locais de maior manuseio com filmes plásticos de PVC ou papel alumínio, utilização de processadoras automáticas, entre outras medidas de biossegurança atuando para prevenção da infecção cruzada (SILVA *et al.*, 2008)

Os meios de transmissão de doenças por agentes biológicos que estariam associados aos serviços de medicina nuclear incluem transmissão de vetores pelo contato ou pelo ar. As principais defesas são o uso de EPIs, como luvas, jalecos de mangas compridas na altura do joelho, máscaras, óculos de proteção, toucas para proteção dos cabelos. Além de todas as precauções que devem ser seguidas, como o uso de EPI, o ato de lavar as mãos com frequência depois de cada situação de contato com o paciente, como a administração de doses ou de transferência de um paciente, a transmissão de doenças podem ser minimizadas ou eliminadas (BOLUS, 2008).

#### 4.6.4 RISCOS ERGONÔMICOS

O Ministério da Saúde (2001) define os riscos ergonômicos e psicossociais como aqueles fatores de risco ligados às atividades motrizes responsáveis pela ocorrência da fadiga no ser humano, gerada pelo esforço das estruturas musculares e esqueléticas próprias da ação, uso e gasto, no trabalho, respectivamente dos movimentos, da força e da energia do corpo ou de seus segmentos, sendo o caso das condições de trabalho em geral, do trabalho noturno e da exigência de posturas inadequadas.

São considerados riscos ergonômicos, então, o esforço físico, o levantamento de peso, a postura inadequada, o controle rígido de produtividade, as situações de estresse, os trabalhos em período noturno, a jornada de trabalho prolongada, a monotonia e a repetitividade, a imposição de rotina intensa. São os fatores que podem afetar a integridade física ou mental do trabalhador, proporcionando-lhe desconforto ou doença.

Os riscos ergonômicos podem gerar distúrbios psicológicos e fisiológicos e provocar sérios danos à saúde do trabalhador porque produzem alterações no organismo e estado emocional comprometendo sua produtividade, saúde e segurança, tais como LER ou como atualmente é denominado - DORT. Os sintomas destes riscos são cansaço físico, dores musculares, problemas de coluna, dores nos pulsos, antebraços, cotovelos, pescoço ou costas, seguido de desconforto, dor ou formigamento, coceira ou dor nos olhos, perda de cor nas regiões afetadas, visão borrada ou dupla, cólicas, dormência ou sensação de queimação nas mãos, redução da força nas mãos, inchaço ou rigidez nas articulações do pulso, redução da amplitude de movimento dos ombros, pescoço ou costas, fraqueza, hipertensão arterial, alteração do sono, diabetes, doenças nervosas, taquicardia, doenças do aparelho digestivo (gastrite e úlceras), tensão, ansiedade, dores de cabeça por tensão e estresse com doenças relacionadas, entre outros (ODA *et al.*, 1998).

Nas práticas da Radiologia Médica, os riscos ergonômicos estão muito presentes na radioterapia, na medicina nuclear e no radiodiagnóstico, pela função exercida pelos funcionários que atuam diretamente com os pacientes, sejam os técnicos, tecnólogos ou enfermeiros no auxílio àqueles, que frequentemente, apresentam-se debilitados, pacientes obesos e/ou idosos, na contenção de crianças e pacientes com problemas mentais e/ou nervosos, gerando esforço físico e, em algumas situações, tensão psicológica nos profissionais. Contudo, geralmente, os serviços de radiodiagnóstico demandam maior quantidade, sendo estes distribuídos em centros de diagnóstico, clínicas, consultórios e serviços de pronto socorro em hospitais.

Os riscos ergonômicos impostos pela posição de trabalho nas câmaras escuras e claras orientam para alturas padronizadas de trabalho de 0,90 a 0,99 m, altura baseada em estudo criterioso da altura média dos profissionais (1,62 a 1,78), sendo que Fernandes, Carvalho e Azevedo (2005) encontraram alturas de bancadas de trabalho fixas de 1,12 a 1,25 m, podendo ser causa de dores lombares, dorsais, nos ombros e no pescoço, e podendo gerar, a longo prazo, deformações da coluna vertebral e problemas articulares.

Outros problemas também relacionados à ergonomia são analisados em trabalho de Poletto *et al.* (2007), que realizaram um estudo investigativo para avaliar as condições de trabalho dos funcionários do setor de radiodiagnóstico e os resultados foram que os equipamentos são antigos, pesados e com pouca qualidade radiológica, portas pesadas que enroscam nos trilhos, além de deslocamentos excessivos por atendimento. Neste estudo, os funcionários informaram queixas de dores álgicas em membros superiores e inferiores e em outras partes do corpo.

No radiodiagnóstico intervencionista, o peso dos aventais utilizados pelos médicos pode variar de 2,5 a 7,0 kg, o que pode levar a dores aos profissionais que os utilizam por longos períodos; sendo aconselhado, então, o uso de cintos para distribuição do peso do avental (BIASOLI, 2006 *apud* LOURENÇO; SILVA; SILVA FILHO, 2007).

A ergonomia, enquanto ciência, surge como uma proposta de abordagem técnico-científica que visa à adaptação do trabalho ao homem. Segundo a ABERGO (Associação Brasileira de Ergonomia, 1999) a ergonomia objetiva, essencialmente, modificar o processo de trabalho no sentido de adaptar as atividades de trabalho às capacidades, características e limitação das pessoas, através de projetos de correção, remanejamento ou de concepção de sistemas de trabalho que possibilitem o desempenho profissional de forma eficiente, confortável e segura.

Nesta perspectiva, Gomes *et al.* (2005) avaliam os processos de trabalho em um serviço de medicina nuclear, no qual os autores investigam a ergonomia neste setor. Como exemplos, a necessidade de um degrau para acesso à capela, devido à estatura pequena do técnico de enfermagem; luz interna da capela inadequada, o que dificulta a visualização das substâncias manipuladas; o encaixe de mãos para manipulação das substâncias, bem como a posição do usuário para manipulação das substâncias inadequados, ao considerar a variação de estatura dos funcionários do setor que têm esta função.

Bolus (2008) afirma que os profissionais da medicina nuclear apresentam DORTs como mialgias (dores musculares) tendinites (inflamação de tendão muscular) e epicondilites (inflamação e dores na região do cotovelo), artrites (inflamação das articulações) síndrome do túnel do carpo (compressão no nervo mediano túnel do carpo, na mão), que são lesões atribuídas aos esforços repetitivos relacionados às atividades na radiofarmácia, como funções repetitivas, levantamento de pesos dos castelos de chumbo, entre outros. O autor afirma que a

síndrome do túnel do carpo seja a lesão mais provável que um técnico da medicina nuclear possa desenvolver.

As dores lombares associadas ao trabalho na medicina nuclear poderia ser atribuída ao sobreuso contínuo dos músculos costais dos profissionais diretamente relacionados à assistência, devido aos movimentos no auxílio a pacientes e ao posicioná-los nas macas e aparelhos, sendo realizados de maneira inadequada (BOLUS, 2008).

#### 4.6.5 RISCOS MECÂNICOS (DE ACIDENTE)

Conforme esta classificação de risco, qualquer fator que coloque o trabalhador em situação vulnerável e possa afetar sua integridade e seu bem estar físico e psíquico. Exemplos deste risco são os arranjos físicos inadequados, máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas inadequadas ou defeituosas, iluminação inadequada, eletricidade, probabilidade de incêndio ou explosão, armazenamento inadequado, animais peçonhentos, ou outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes.

Nos serviços de diagnóstico por imagens são encontrados riscos de acidentes devidos a equipamentos com defeitos ou mal calibrados em operação, e salas com móveis, equipamentos e acessórios localizados inconvenientemente à segurança do trabalhador (FERNANDES; CARVALHO; AZEVEDO, 2005).

Como nestes ambientes os equipamentos são elétricos, há risco de curto circuito, por alguma sobrecarga de tensão ou mesmo um fio desencapado e devem estar presentes extintores de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para conter incêndio que possa ser gerado por eletricidade. Fernandes, Carvalho e Azevedo (2005) não encontraram em seu trabalho de pesquisa extintores de incêndio de CO<sub>2</sub> na sala equipada com aparelhagem de radiodiagnóstico. No estudo em questão, os extintores estavam a 16 metros do local, contrariando NR 23 MTE, atualizada pela Portaria SIT 221:2011, que estabelece que a distância de extintores de incêndio deva ser de, no máximo, a dez metros do local onde um eventual incêndio possa ocorrer.

Outros riscos mecânicos são a tubulações e fios elétricos inadequados encontrados em um setor de radiodiagnóstico por Neves e Gomide (2006) que observaram que fios e

tubulações elétricas e hidráulicas estavam expostos, tanto no teto, como nas paredes; valas no meio das salas de exame, algumas com tampo de madeira, com desnível com o restante do piso, algumas abertas, conferindo risco de acidentes para os funcionários e pacientes. Os autores informam que, neste caso, a fiação elétrica em péssimo estado, com muitos fios desencapados, favorece a ocorrência de choques elétricos e outros acidentes, como queima de equipamentos e mesmo incêndios.

Burigo e Burigo (2007) observaram em trabalho investigativo de um centro de diagnóstico por imagem, na sala escura, onde é realizado o processamento das imagens, a necessidade de piso antiderrapante, pelo risco de acidentes, devido a umidade constante no piso em função dos procedimentos com líquidos.

## 5 DISCUSSÃO

O propósito primário da proteção radiológica é fornecer um padrão apropriado de proteção sem limitar os benefícios da prática. Devem ser atendidos, dessa forma, os princípios da radioproteção: justificação, a otimização e a limitação da dose individual. O princípio da justificação preconiza que não pode haver exposição à radiação ionizante sem que esta prática traga algum benefício; o princípio da otimização estabelece que deve existir planejamento envolvendo as práticas, de forma que as doses sejam tão baixas quanto razoavelmente exequíveis (ALARA – “As Low As Reasonably Achievable”), levando-se em conta fatores sociais e econômicos, além das restrições de dose aplicáveis; o princípio da limitação de dose estabelece que a exposição resultante das práticas que utilizam radiação ionizante deve estar sujeita a limites de doses. Estes limites são estabelecidos pela legislação de cada país, sendo que no Brasil são utilizados os limites estabelecidos pela norma da CNEN NN-3.01:2011.

A exposição à radiação sem os devidos cuidados de segurança nos ambientes da Radiologia Médica pode evoluir para danos, principalmente a médio e longo prazo, e os efeitos das radiações ionizantes no organismo podem ser determinísticos ou estocásticos, sendo que nos trabalhadores, a probabilidade maior de ocorrência é dos efeitos estocásticos, nos quais são induzidos por doses pequenas, abaixo dos limites estabelecidos pelas normas e recomendações de radioproteção. Um dos efeitos é o desenvolvimento de neoplasias, sendo este o efeito mais importante da exposição às radiações ionizantes (TAUHATA *et al.*, 2011).

Os agravos podem estar relacionados a estas ocupações laborais que surgem a médio e longo prazo e que, segundo Rapparini e Cardo (2004), levam a subnotificação de acidentes e doenças. Os autores observam que a evolução demorada e silenciosa das doenças dificulta a percepção donexo causal entre o trabalho e o agravo, além do despreparo e a falta de informação dos profissionais da saúde em reconhecer e relacionar as atividades laborais aos riscos ocupacionais aos quais estão expostos.

Uma forma de controle de dose ocupacional é o uso de dosímetro individual. Oliveira, Azevedo e Carvalho (2002) pontuam que os benefícios provenientes de um programa de monitoração ocupacional demonstram a adequação da supervisão, do treinamento e dos padrões de segurança do local de trabalho e avaliam e desenvolvem práticas com radiação, por intermédio das monitorações realizadas, tanto para indivíduos como para grupos, além de

que motivam os trabalhadores a reduzir suas exposições, como resultados das informações que lhe são fornecidas.

A Portaria 453:1998 SVS MS e NN-3.01 CNEN, 2011 dispõem sobre a monitoração através do uso de dosímetros individuais e quanto ao uso em um único ambiente com exposição à radiação, sendo vetado o acúmulo de funções no ambiente que fazem uso de radiações ionizantes. A questão da exposição à radiação do trabalhador em mais de um emprego é apresentado por Gomes (2002) e Neves e Gomide (2006).

O método de acompanhamento da exposição por dosímetros, no qual o medidor está vinculado ao local de trabalho, não leva em consideração o duplo emprego. Outra forma de monitoramento poderia ser pensada: o trabalhador poderia executar a mesma tarefa em locais distintos, sendo exposto a doses que não estão vinculadas ao mesmo dosímetro. Como solução encontrada por Neves e Gomide (2006) a vinculação do dosímetro ao Cadastro de Pessoa Física (CPF), como uma maneira de eliminar as duplicações de medidores.

Conforme a Lei 7.394:1985 que regulamenta a profissão de Técnico em Radiologia, a jornada de trabalho é especial, com duração de 24 horas semanais, com criação adicional de remuneração de 40% sobre piso salarial profissional, a título de risco de vida e insalubridade. A questão da redução de jornada de trabalho na radiologia tem observação do Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (2012) que pontua a necessidade de reavaliar a jornada da categoria, pois era justificada à época que foi criada, quando as condições de segurança eram precárias, não havia controle de qualidade, dentre outros.

A situação de proteção radiológica, atualmente é outra e deve ser revista, pois há inúmeros trabalhadores que executam suas atividades profissionais em diversas instituições, expondo-se aos riscos. Netto (2009) traz a sua contribuição ao observar que, se a jornada de trabalho é reduzida, a prorrogação do tempo, quando há um duplo ou triplo emprego, teoricamente aumentaria os riscos para o trabalhador.

A maioria dos trabalhos pesquisados está relacionada com a prática do radiodiagnóstico; nas áreas da radioterapia e medicina nuclear não existem muitos dados a respeito, sendo que na medicina nuclear, ainda é encontrado alguma referência a riscos ocupacionais. São serviços especializados e em menor número que os de radiodiagnóstico. Devido a possivelmente estar relacionados a instituições maiores, como institutos e hospitais de grande porte ou clínicas especializadas, necessitam de processos muito elaborados:

instalações, equipamentos, recursos tecnológicos, pessoal especializado, segurança em profundidade, entre outros, e, com isso, participam de uma gestão mais organizada quanto a proteção dos riscos, principalmente em relação ao risco físico da radiação.

Alguns estudos investigam os riscos ocupacionais da Radiologia Médica, sendo que destes, os riscos físicos da radiação são em maior número; os outros riscos – biológicos, ergonômicos, químicos e de acidentes, de forma geral, são menos estudados e divulgados e, talvez, por isto, menos “visíveis” aos profissionais da Radiologia Médica. Contudo, também merecem atenção, a medida que podem gerar danos e agravos, interferindo na segurança e saúde dos trabalhadores.

Os ambientes de saúde permitem o contato com diversas pessoas e propiciam contaminações por microrganismos; os riscos químicos estão presentes principalmente no processamento radiográfico dos centros de radiodiagnóstico; os agentes mecânicos (ou de acidentes) em circunstâncias diversas; os agentes de risco ergonômicos presentes nas condições desfavoráveis físicas e emocionais. Os fatores psicossociais fazem parte do grupo de riscos ergonômicos e apresentam-se no contexto de várias situações habituais, interferindo, sobremaneira, na qualidade de vida laboral e social, com possíveis consequências para o trabalhador.

Fernandes, Carvalho e Azevedo (2005) afirmam que os fatores psicossociais são considerados como um dos principais causadores de acidentes de trabalho ou doenças ocupacionais, pois propiciam maior exposição aos demais e cooperam com o não cumprimento das regras básicas de segurança. E, de acordo com a NR 04 MTE - Portaria 17:2007, riscos ocupacionais são todas as situações de trabalho que podem romper o equilíbrio físico, mental e social das pessoas, e não somente as situações que originem acidentes e doenças.

Como na maioria dos ambientes de trabalho, mais de um risco está presente; ocorre que, geralmente, um agente de risco tem mais visibilidade no sentido de preocupação e prevenção, em detrimento de outros. Com certeza, a “visibilidade” de um determinado risco está associada a quantidade de resultados de estudos epidemiológicos de doenças e agravos relacionados àqueles que têm relação direta com a ocupação. Entretanto, os danos de agentes de riscos considerados de menor importância podem interferir nas práticas, possibilitando o aumento da exposição aos riscos que são mais evidentes.

As dores osteomusculares de técnicos que atuam em radiodiagnóstico e são proporcionadas por esforços ao posicionar pacientes ou fechar portas pesadas podem desestimular o técnico, abdicando do uso de avental plumbífero, que também é pesado, intervindo na sua proteção. O peso dos castelos de chumbo e outras blindagens que protegem os radiofármacos possibilitam a origem de dores em ombros, braços e mãos dos trabalhadores dos serviços de medicina nuclear, interferindo nos movimentos cautelosos e precisos da manipulação de materiais radioativos. É necessário, portanto, o conhecimento da presença de outros agentes de risco no ambiente ocupacional, direcionando para um trabalho de educação quanto a prevenção também destes riscos.

Percepções alteradas de riscos podem existir a partir de circunstâncias tão habituais no meio ocupacional que para os profissionais não são considerados riscos, pois são percebidas como normal ou cogitadas como um risco menor, fazendo parte do ambiente e da situação. Gomes (2002) confirma esta assertiva, observando que a maioria dos profissionais entrevistados no setor de radiodiagnóstico acreditava que o ambiente de trabalho apresentava um risco regular ou baixo risco.

Muitas pesquisas são realizadas sobre a percepção dos riscos pelos trabalhadores nos seus ambientes ocupacionais, sendo que no setor ocupacional da saúde, devido a inúmeras condições patológicas associadas à esta área e que surgem nos profissionais que ali atuam, a quantidade de trabalhos investigativos são numerosos.

Dejours (1993 *apud* SILVA; FRANÇA, 2011) acredita que determinadas categorias profissionais usam a ideologia defensiva de negação de riscos reais e concretos com o objetivo de mascarar, conter e ocultar a ansiedade particularmente grave, como um mecanismo de defesa funcional e vital elaborado pelo grupo de trabalhadores. Esta ideologia defensiva leva muitas vezes à resistência no uso de medidas de controle de higiene e segurança no trabalho e comportamento de enfrentamento exagerado dos riscos.

Guivant (1994 *apud* SILVA; FRANÇA, 2011) postula que o comportamento coletivo dos trabalhadores faz com que não se sintam em perigo, dando-lhes a sensação de proteção, por meio de um mecanismo de adaptação coletiva ao risco, o que lhes permite continuar executando seu trabalho, sem colocar em discussão sua permanência na atividade e, portanto, seu próprio emprego.

Várias circunstâncias podem trazer a desmotivação e/ou um “olhar” habitual dos profissionais aos riscos: os conceitos erroneamente repassados; muito tempo de serviço e/ou proximidade da aposentadoria; inexistência de capacitações, treinamentos e reciclagem de conhecimentos; comunicado antigo da situação, sem retorno de melhoria; procedimentos rotineiros; sobrecarga de trabalho; medo de desemprego; entre muitos outros fatores. Duarte Filho, Oliveira e Lima (2005) confirmam estas observações, sustentando que, em alguns casos, as condições de risco existem e são mantidas porque o convívio frequente com elas, ao longo do tempo, incorporam-nas à normalidades das tarefas. Ao se acostumar à situação errada onde há um fator de risco não controlado, quando houver avaliação do todo, esta situação não será considerada e muito menos solucionada.

Confirmando esta observação, Neves e Gomide (2006) analisam que a acomodação com a rotina de trabalho, na qual há um relaxamento de normas, guias e procedimentos de proteção, como a execução dos exames com as portas abertas e a falta de perspectiva quanto à implementação de medidas de atenção à saúde ocupacional no setor, parece impedi-los de solicitarem maior proteção. Neste contexto de desmotivação, os autores ainda sustentam o desconhecimento da maioria quanto à legislação que regula a proteção na radiologia e a deficiência no uso de EPI, indicando a necessidade de educação permanente em saúde.

Aerosa (2011) informa que as atitudes e os comportamentos dos trabalhadores perante os riscos laborais podem variar, conforme o indivíduo e conforme a situação. As percepções dos riscos podem influenciar os comportamentos e atitudes; sendo que quanto maior for o conhecimento e as percepções de riscos dos trabalhadores, melhor poderá ser o desempenho na prevenção de riscos, prevenindo acidentes de trabalho e/ou doenças.

As ações de prevenção dos riscos devem vir de ações de Biossegurança. Segundo a Comissão de Biossegurança em Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010), a Biossegurança é a condição de segurança alcançada por um conjunto de ações destinadas a prevenir, controlar, reduzir ou eliminar riscos inerentes às atividades que possam comprometer a saúde humana, animal e vegetal e o meio ambiente. Com isso, deve ser compreendida de forma mais ampla, nos variados ambientes onde existem riscos, objetivando a prevenção dos agravos à saúde. Deve abranger e abordar um caráter educativo nas diversas formações: nível técnico, graduação e pós-graduação, devendo ser reforçadas suas ações na educação continuada.

A Biossegurança, como conceito, surgiu primeiramente como uma proposta de prevenção e segurança em laboratórios, devido a manipulação de agentes patogênicos, nos

anos 70. Tem relação, na origem, com os agentes de riscos biológicos, porém, com o tempo, o seu conceito foi desenvolvido, abrangendo outros agentes de riscos. A associação da Biossegurança e risco biológico é muito presente, ainda hoje, para a população em geral, e principalmente, nos ambientes de serviços de saúde. Esta associação é acentuada pela simbologia (representando as três objetivas de um microscópio quando olhadas em perspectiva) pertencer a ambas – risco biológico e Biossegurança. Contudo, sua abordagem educativa e o implementar de ações de prevenção aos riscos deve ser desenvolvida em todas as áreas, independente do risco biológico estar presente.

Muitas situações apresentadas informam uma gestão organizacional deficiente ou ausente nas variadas instituições, no qual não há o SR, inexistência de programas de capacitação e treinamento profissional, falhas no controle de monitoração individual e dos programas de monitoração, inexistência de controle médico, inexistência de mapa de risco, entre outros. A organização dos setores é primordial para um controle efetivo dos riscos, sendo que a inexistência do SR é um grave problema, pois a função destes é atuar diretamente na segurança de todos os envolvidos, não só em relação ao trabalhador, como paciente e público.

Nos setores onde existe um programa de capacitação e treinamento realizados de forma periódica, além de trazer as atualizações na área, permite ao trabalhador se habituar a reciclagens, recebendo as informações sem relutância a novos saberes. A resistência a novos conhecimentos por alguns profissionais é apresentada por Neves e Gomide (2006) que, ao serem questionados sobre a importância de treinamentos periódicos e programas de educação continuada, estes responderam não ser importante devido as aparelhagens serem muito antigas e eles não necessitarem de novas técnicas e conhecimentos, sendo que programas de reciclagem profissional ministrados aos técnicos de nível médio com carga horária mínima de 40 horas é previsto pela Resolução N<sup>o</sup> 6 do Conselho Nacional de Saúde, de 1988.

A ausência de mapa de risco nos ambientes ocupacionais são citados por Gomes (2002), Neves e Gomide (2006) e Santos *et al.* (2009). O mapa de risco é uma importante ferramenta de informação e comunicação dos riscos, não somente aos trabalhadores, como também aos pacientes e público. Neste documento estão informações dos agentes de riscos associados aos vários ambientes do setor, de forma que quem está circulando pelos corredores externos à área controlada, se torna ciente quanto à presença e quais os agentes de riscos no local. A presença de um mapa de risco em instalações onde se faça uso de radiação é

obrigatória de acordo com a Portaria 25:1994 (NR 5 MTE) que considera as radiações ionizantes e não ionizantes como agentes físicos.

É conhecida a existência de centros de radiodiagnóstico que apresentam equipamentos antigos, com os recursos tecnológicos defasados, comparados aos equipamentos com tecnologia mais atual. Os profissionais que atuam nestes ambientes podem até permitirem resistência de treinamento quanto à operação das máquinas, porém, certamente, novas informações ao reforço da proteção, do autocuidado, o uso de equipamentos de proteção individual e coletiva devem ser conhecidos e praticados.

Santos *et al.* (2009) observam que, ao não existir treinamento específico em radioproteção para os técnicos, foi determinante a influência nos estagiários, que mesmo tendo disciplinas específicas para radioproteção, ignoravam o conhecimento, agindo de forma semelhante aos técnicos quando ingressavam no estágio. Esta situação mostra a importância de programas de educação continuada àqueles trabalhadores estão já há algum tempo na profissão.

A Portaria 485:2005 - NR 32 MTE estabelece que o empregador de operadores de radiodiagnóstico deve oferecer capacitação inicial e contínua para seus funcionários. Os procedimentos equivocados de segurança radiológica podem interferir na segurança não somente dos que já trabalham, como também na formação de outros que estão iniciando. A ausência de um acompanhamento direto do SR do setor de radiodiagnóstico e de supervisão efetiva dos alunos que estão em estágio, contribui para que os mesmos acabem por reproduzir procedimentos inadequados adotados pelos operadores mais experientes, que, muitas vezes, são decorrentes de situações normais ou imprevistas na tentativa de cumprir as demandas de exames, por desconhecimento ou falta de conscientização.

Se as questões de segurança são postas de lado, ignoradas pela chefia e pelos trabalhadores que as vivenciam cotidianamente, fica claro o quanto elas são desconsideradas nas relações de trabalho. As políticas internas das unidades de saúde precisam pensar na saúde de seus próprios funcionários, devendo não atuar somente com ações preventivas e de tratamento, mas também treinamento e educação para garantir a integralidade da atenção aos que cuidam da saúde dos cidadãos.

Segundo Paim e Nunes (1992 *apud* NEVES; GOMIDE, 2006) a concepção de que o processo educacional se dá de forma gradual e complementar é fundamental para estabelecer

níveis crescentes de capacitação, que podem iniciar numa proposta mais generalista. A formação, nesse caso, é dada ao longo da vida profissional, alimentando-se das inovações tecnológicas e da recriação das práticas, cujos conteúdos próprios seriam também gerados desse processo contínuo.

## 6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Muitos agentes de risco são encontrados nos ambientes ocupacionais das práticas da Radiologia Médica. Nos serviços de radiodiagnóstico, radioterapia e medicina nuclear, alguns riscos estão presentes de forma mais efetiva, outros riscos são menos frequentes e podem ter origem a partir da gestão organizacional dos serviços, contudo o agente físico - radiação ionizante – ocorre regularmente e, devido a essa circunstância, deve ser permanente a prevenção a este risco, devido aos possíveis efeitos biológicos como consequência das exposições ocupacionais.

O desconhecimento das normas e recomendações de radioproteção nos serviços de radiologia pode constituir uma causa importante de doenças profissionais, por isso, a manutenção da saúde deve ser o principal foco do profissional. Contudo, é importante a percepção de que outros riscos também existem e que são necessárias as intervenções para minimizar e/ou controlar, prevenindo-os. Também pode existir a interferência de um risco sobre o outro, o que possibilita o impedimento do uso de meios de proteção e segurança. Além dos treinamentos e educação continuada relacionadas com a importância da prevenção dos riscos da radiação, devem também existir orientações, reforçando a necessidade do conhecimento dos outros riscos que atuam nestes ambientes ocupacionais.

Deve-se trazer o conhecimento aos profissionais sobre os agentes biológicos de risco e as formas de proteção, enfatizando a necessidade do uso dos EPIs, orientação da necessidade da troca de luvas a cada paciente, lavagem de mãos frequentemente, a especificação do uso de máscara adequada para o atendimento aos pacientes, imunização através de vacinação, entre muitos outros procedimentos de prevenção dos riscos biológicos. A prevenção dos riscos químicos são os cuidados na manipulação, com uso adequado do EPI relacionado ao risco, orientação da correta exaustão da câmara, descarte correto como resíduo químico, entre outras orientações.

Os riscos mecânicos ou de acidentes dependem, principalmente, da gestão administrativa do setor e/ou instituição para que ocorra a remoção/controle do risco. São situações que os trabalhadores não devem se acostumar com o problema, para que não ocorra um acidente grave envolvendo funcionários e pacientes, como falta de manutenção e/ou calibração de equipamentos; o não conserto de portas, armários, cadeiras, fios elétricos soltos

e tubulações à mostra, ausência de extintores de incêndio e/ou carga fora da validade, entre muitos outros.

Atuação nos agentes ergonômicos, através da reeducação de posturas ergonômicas, orientando a distribuição do peso quando do esforço físico necessário, mudança de altura de bancadas, reorganização de horários, observação das demandas quanto aos turnos de trabalho, avaliação do estresse físico e emocional, avaliação dos fatores psicossociais e outros.

O SR deve ter, também, o conhecimento necessário de quais outros riscos podem estar presentes nos ambientes que utilizam a radiação como fonte de trabalho, que podem interferir na radioproteção do trabalhador. Ao se deparar com estas circunstâncias, em que haja intervenção de algum agente de risco, seja pela observação ou pela queixa dos trabalhadores, o SR deve encaminhar o problema aos coordenadores do setor para discutirem de que forma a questão possa ser resolvida o mais rapidamente possível.

Deve ser organizado um Programa de Saúde Ocupacional nos setores de Radiologia Médica, com equipe multidisciplinar, nos quais os diversos olhares e percepções podem contribuir para atuar na prevenção dos riscos, com mudanças nos processos de trabalho, com ação integradora de atuações interdisciplinares e intersetoriais, preconizando práticas adequadas e alicerçadas pelas legislações que regulamentam a área. Deve ser conduzido pelo SEMST (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho), de preferência, pelo conhecimento relacionado aos riscos e formas de atuação.

A capacitação e o treinamento devem direcionar o conhecimento para uma formação mais ampla, conhecedora dos riscos a que estão expostos nos ambientes de trabalho, para trazer a discussão de como podem ser trabalhadas a segurança relacionada a estes. As capacitações, treinamentos e educação continuada devem ser planejados e implementados, com frequência trimestral, semestral ou anual, conforme as necessidades dos setores. Todos os quesitos devem ser trabalhados através da educação, em todas as suas dimensões. Deve-se buscar união das diversas áreas: medicina, enfermagem, técnica, tecnólogo, entre outras, para o conhecimento dos riscos, métodos de prevenção aos agentes de risco (procedimentos, uso de EPIs), as legislações pertinentes ao serviço - Normas, Portarias, Resoluções, Normas Reguladoras do Ministério do Trabalho e Emprego, entre outras, informando os direitos e deveres do trabalhador frente ao seu trabalho e à saúde de todos os envolvidos.

Organizações no setor devem implantar o Procedimento Operacional Padrão (POP) relacionado às condutas a serem seguidas em cada área, de cada setor. São descrições

detalhadas de todas as operações necessárias para realização de uma atividade, como um roteiro padronizado a ser seguido. É uma metodologia de trabalho que objetiva melhorar a comunicação, padronizando os processos e procedimentos, visando a qualidade nas práticas. Para ter efetividade, necessita comprometimento do grupo, com vistas à saúde ocupacional de forma integral com proteção dos riscos no ambiente de trabalho.

Deve ser elaborado um plano de auditorias internas, objetivando avaliações: se os procedimentos estão sendo seguidos, se os EPIs estão sendo colocados à disposição dos trabalhadores e se os mesmos estão sendo utilizados adequadamente bem como a conservação destes; deve ser avaliada também a participação efetiva do SR nas ações de segurança. Deve ser incentivada a participação dos trabalhadores na orientação das melhores práticas aos outros trabalhadores, as lições aprendidas devem ser utilizadas como exemplos para sanar as deficiências na execução dos procedimentos de rotina.

A fiscalização pelos órgãos reguladores deve ocorrer para estimular a melhoria nos ambientes quanto à prevenção dos diversos riscos avaliando, por exemplo, se existe EPI relacionado aos riscos (físico (radiação), biológico, químico), estado de conservação, padronização de altura de biombos e bancadas, se há sistema de exaustão nas salas escuras, condições do piso, entre muito outros. As fiscalizações podem ter um objetivo mais educacional que punitivo, desde que os empregadores, administradores, coordenadores, SR e trabalhadores dividam nesta situação a oportunidade de melhoria e a importância de rever as não conformidades encontradas nestas fiscalizações, análises de causa e implementações de ações corretivas pertinentes.

Para todos os processos que envolvem as variadas áreas profissionais, a Biossegurança é um importante instrumento de controle que favorece a elaboração dos parâmetros de qualidade, que se reflete na saúde do trabalhador, do ambiente, dos produtos e dos serviços. A observância dos procedimentos estimula a dinâmica de conhecimentos e informações, gerando melhores processos, serviços, equipamentos e materiais para a prevenção dos riscos nos ambientes ocupacionais. Dessa forma, a Biossegurança deve ser percebida de forma mais integral pelos profissionais, inclusive por aqueles que trazem a formação profissional em cursos técnicos e de graduação superior.

O radiodiagnóstico é a prática da Radiologia Médica com maior representatividade quanto a investigação dos riscos. Isto se deve, possivelmente, pela demanda maior desse setor de serviços, que se faz presente em hospitais, institutos, clínicas, consultórios, entre outros,

possuindo, com isto, maior quantidade de dados a serem analisados nas investigações. Seria interessante realizar averiguações de como os conhecimentos são transmitidos na formação dos profissionais, seja nível técnico ou superior. O diagnóstico da situação poderia permitir possíveis intervenções, com vistas à melhoria na formação de base desses profissionais.

Existem poucos dados quanto aos riscos ocupacionais na medicina nuclear e radioterapia. Pesquisas investigativas devem ser realizadas com o intuito de avaliar os riscos nestes ambientes, pois, apesar de menos numerosos e, possivelmente, menos problemas relacionados à gestão e organização quando comparado aos serviços de radiodiagnóstico, os riscos existem e devem ser conhecidas as suas particularidades para intervir, através da prevenção, objetivando a saúde e segurança ocupacional dos trabalhadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS<sup>1</sup>

Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA. Módulos do Curso Lato Sensu Proteção Radiológica e Segurança de Fontes Radioativas. Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD. Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN. 2011.

American Psychological Association. [homepage na internet]. Definition of perception. [acesso em: 27 ago 2011] Disponível em: <http://search.apa.org/search?query=perception&facet=&offset=2&sort=>.

Aerosa J. Riscos ocupacionais da imagiologia. Estudo de caso num hospital português. Tempo Social. 2011; 23(2): 297-318.

Bolus NE. Review of Common Occupational Hazards and Safety Concerns for Nuclear medicine Technologists. Journal of Nuclear Medicine Technology. 2008; 36(1): 11-17.

Cassimiro, PR. Higiene no Trabalho. [acesso em: 20 de set de 2012] Disponível em: <http://www.infoescola.com/trabalho/higiene-no-trabalho/>.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. NN-3.01, de 06 de janeiro de 2005. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Algumas alterações na Resolução 114:2011 em 01 de setembro de 2011. Diário Oficial da União set 2011.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. NE-3.02, de agosto de 1988. Serviços de Radioproteção. Diário Oficial da União ago 1988; Seção 1.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. NN-3.03, de agosto de 1995. Certificação da Qualificação de Supervisores de Radioproteção. Diário Oficial da União ago 1995; Seção 1.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. NE-3.04, de agosto de 1995. Autorização para o funcionamento dos laboratórios de serviços de monitoração individual. Diário Oficial da União ago 1995; Seção 1.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. NN-3.05, de março de 1990. Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia. Diário Oficial da União mar 1990; Seção 1.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. NE-5.01, de agosto de 1988. Transporte de Materiais Radioativos. Diário Oficial da União ago de 1988; Seção 1.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. NE-6.02, de dezembro de 1984. Licenciamento de Instalações Radiativas. Diário Oficial da União dez de 1984; Seção 1.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. NE-6.05, de dezembro de 1985. Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radioativas. Diário Oficial da União dez de 1985; Seção 1.

---

<sup>1</sup>De acordo com a sexta edição das normas do Grupo de Vancouver, de 2010, e abreviatura dos títulos de periódicos em conformidade com o Index Medicus

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. NN-3.06, de abril de 1996. Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear. Diário Oficial da União abr 1988; Seção 1.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. NE-6.05, de dezembro de 1985. Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas. Diário Oficial da União dez 1985; Seção 1.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria 453, de 01 de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Diário Oficial da União jun 1998; Seção 1.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 38, de 21 de março de 2001. Dispõe sobre a instalação e o funcionamento de Serviços de Medicina Nuclear “in vivo”. Diário Oficial da União mar 2001; Seção 1.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Diário Oficial da União fev 2002; Seção 1.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 306, de 07 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviço de saúde. Diário Oficial da União dez 2004; Seção 1.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 20, de 02 de fevereiro de 2006. Estabelece o Regulamento Técnico para o funcionamento de serviços de radioterapia, visando a defesa da saúde dos pacientes, dos profissionais envolvidos e do público em geral. Diário Oficial da União fev 2006; Seção 1.

Brasil. Ministério da Saúde. Doenças relacionadas ao trabalho. Manual de Procedimentos para os Serviços de Saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2001 (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e disposição final dos resíduos de serviço de saúde e dá outras providências. Diário Oficial da União abr 2005; Seção 1.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. Diário Oficial da União jun 1978; Seção 1.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. Portaria SIT nº 247, de 12 de julho de 2011: algumas alterações na Portaria GM nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Diário Oficial da União jun 2011; Seção 1.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 6 – Equipamento de Proteção Individual. Portaria SIT n.º 292, de 08 de dezembro de 2011: algumas alterações na Portaria GM nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Diário Oficial da União dez 2011; Seção 1.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 7 – Programa de Controle médico de Saúde Ocupacional. Portaria SIT nº 236 de 10 de junho de 2011: algumas alterações na Portaria GM nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Diário Oficial da União jun 2011; Seção 1.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Portaria SSST nº 25 de 29 de dezembro de 1994: algumas alterações na Portaria GM nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Diário Oficial da União dez 1994; Seção 1.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 23 – Proteção Contra Incêndios. Portaria SIT nº 221 de 06 de maio de 2011: algumas alterações na Portaria GM nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Diário Oficial da União mai 2011; Seção 1.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 32 – Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde. Portaria GM n.º 1.748, de 30 de setembro de 2011: algumas alterações na Portaria GM nº 485, de 11 de novembro de 2005. Diário Oficial da União set 2011; Seção 1.

Brand CI, Fontana RT, Santos AV. A saúde do trabalhador em radiologia: algumas considerações. *Texto e Contexto Enfermagem*. 2011; 20(1): 68-75.

Burigo RL, Burigo VV. Avaliação dos requisitos de proteção radiológica em clínica de radiodiagnóstico. Monografia [Especialização] - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Engenharia de Segurança do Trabalho; 2007.

Carvalho CB, Barbosa AKS, Carvalho RJM, Santos MAP. Aspectos da ergonomia, da qualidade e da segurança do trabalho envolvidos em um processo radiológico hospitalar. *In: Anais do 2. Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica*, 2007. João Pessoa – Paraíba, 2007.

Castiel L, Guilam MCR, Ferreira MS. Correndo o risco: uma introdução aos riscos em saúde. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2010. (Coleção Temas em Saúde).

Chauí M. Convite à filosofia. São Paulo: Editora Ática; 2000.

Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem. Proteção Radiológica. [acesso em: 23 de ago de 2012] Disponível em <http://www.unimagem-net.com.br/cbrportal/publico/?protecao-radiologica>.

Costa MAF, Costa MFB. Biossegurança de A a Z. 2 ed. Rio de Janeiro: Publit; 2009.

Danda MM, Tipple AFV, Silva MAG, Oliveira RCG. Avaliação das medidas para o controle de infecção em clínicas de radiologia. *Rev Odontol Bras Central*. 2005; 14(38): 56-64.

Domingos L, Pianta F. Saúde e Trabalho: conceitos gerais. [acesso em: 24 set 2012] Disponível em: [www.itcilo.org/actrav/english/calendar/2002/.../01\\_Conceitos.doc](http://www.itcilo.org/actrav/english/calendar/2002/.../01_Conceitos.doc).

Duarte Filho E, Oliveira JC, Lima DA. A redução e eliminação da nocividade do trabalho pela gestão integrada de saúde, meio ambiente e qualidade. *In: Mendes R, organizador. Patologia do trabalho*. v. 2. São Paulo: Editora Atheneu; 2005. p. 1806-15.

Facure A, Silva AX, Rosa LA, Cardoso SC, Rezende GF. On the production of neutrons in laminated barriers for 10 MV medical accelerator rooms. *Medical Physics*. 2008; 35(7): 3285-3292.

Fernandes GS, Carvalho ACP, Azevedo ACP. Avaliação dos riscos ocupacionais de trabalhadores de serviços de radiologia. *Radiol. Bras*. 2005; 38(4): 279-281.

Freitas A, Rosa JE, Souza, IF. Radiologia Odontológica. 6 ed. São Paulo: Artes Médicas, 2004.

Freitas CM. Avaliação de Riscos como Ferramenta para a Vigilância Ambiental em Saúde. *Inf Epidemiol SUS*. 2002; 11(3/4): 227-39.

Funari S. A percepção de risco nas práticas de sexo bucal frente à epidemia do HIV. São Paulo. Dissertação [Mestrado] – Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, Coordenação dos Institutos de Pesquisa; 2003.

Gil, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4 ed. São Paulo: Atlas; 2002.

Gomes LBC, Santos IL, Pellini MP, Rebelo AM, Fonseca ACC. Análise ergonômica do processo de preparo de amostras de radiofármacos. *In: Anais da International Nuclear Atlantic Conference – INAC, 2005. Associação Brasileira de Energia Nuclear – ABEN. Santos – Brasil, 2005*

Gomes. RS. Condições do meio ambiente de trabalho e riscos da exposição aos raios X no serviço de radiodiagnóstico de um hospital público. Fundacentro. Ministério do Trabalho e Emprego. 2002. [acesso em: 11 de ago de 2012] Disponível em: [http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/AcervoDigital/dissert.Robson-Raios\\_X.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/AcervoDigital/dissert.Robson-Raios_X.pdf).

Graça L. Risco radiológico ocupacional no bloco operário. *Nursing*. 2009; n.249. [acesso em: 25 de ago de 2012] Disponível em: [http://www.forumenfermagem.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3544:risco-radiologico-ocupacional-no-bloco-operatorio&catid=210:novembro-a-dezembro-2009](http://www.forumenfermagem.org/index.php?option=com_content&view=article&id=3544:risco-radiologico-ocupacional-no-bloco-operatorio&catid=210:novembro-a-dezembro-2009).

Guimarães MICC. Proteção Radiológica em Medicina Nuclear. Centro de Medicina Nuclear, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo [acesso em: 10 de ago de 2012] Disponível em: <http://www.abfm.org.br/c2005/palestras/palestra107.pdf>.

ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann. ICRP* 21 (1-3).

ICRP, 1997. General Principles for the Radiation Protection of Workers. ICRP Publication 75. *Ann. ICRP* 27 (1).

ICRP, 2000. Pregnancy and Medical Radiation. ICRP Publication 84. *Ann. ICRP* 30 (1).

ICRP, 2000. Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. ICRP Publication 85. *Ann. ICRP* 30 (2).

Lourenço SR, Silva TAF, Silva Filho SC. Estudo sobre as condições de risco a que os profissionais da área de radiologia médica estão sujeitos. *Exacta*. 2007; 5(2): 283-290.

Machado MAD, Menezes VO, Queiroz CC, Silva DC, Sampaio L JL, Almeida A. Revisão: radioproteção aplicada á Medicina Nuclear. *Revista Brasileira de Física Médica*. 2011; 4(3): 47-52.

Machado RR, Flôr RC, Gelbcke FL. Educação permanente: uma estratégia para dar visibilidade aos riscos físicos e biológicos. *Rev. Saúde Públ*. 2009; 2(1): 30-40.

Melo MFB, Melo SLS. Condições de radioproteção dos consultórios odontológicos. *Ciência e Saúde Coletiva*. 2008; 13(2): 2163-2170.

Mendes R. Patologia do Trabalho. Atheneu: São Paulo, 1995.

Mendes LCG. Proposta de método de inspeção de radioproteção aplicada em instalações de medicina nuclear. Tese [Doutorado] - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Radiologia; 2003.

Navarro MVT, Costa EA, Drexler GG. Controle de riscos em radiodiagnóstico: uma abordagem da vigilância sanitária. *Ciência e Saúde Coletiva*. 2010; 15(3): 3477-3486.

Netto AL. Radiações ionizantes – aspectos de periculosidade e insalubridade. Sociedade Brasileira de Engenharia de Segurança. [acesso em: 10 de set de 2012] Disponível em <http://sobes.org.br/site/wp-content/uploads/2009/08/radioion.pdf>

Neves EB, Gomide M. O risco ocupacional no setor de raios X diagnóstico de um hospital universitário. *Cadernos Saúde Coletiva*. 2006; 14(4): 557-558.

Neves FS, Vasconcelos TV, Bastos LC, Góes LA, Freitas DQ. Atitudes dos cirurgiões-dentistas em relação à proteção radiológica, de acordo com a lei brasileira. *Rev. Odontol. Bras. Central*. 2010; 19 (51): 301-305.

Neves TP, Guilam MCR. Diminuindo riscos, promovendo vida saudável: o conceito de risco na promoção da saúde. *Salusvita*. 2007; 27(3): 283-99.

Oda, L *et al.* Biossegurança em Laboratórios de Saúde Pública. Brasília. Ministério da Saúde, 1998.

Oliveira SR, Azevedo ACP, Carvalho ACP. Elaboração de um programa de monitoração ocupacional em radiologia para o Hospital Universitário Clementino Fraga Filho. *In: Anais do 10. Congresso Brasileiro de Física Médica, 2005. Salvador – Bahia; 2005.*

Oliveira SMV. Exposições ocupacionais. [acesso em: 11 de set de 2012] Disponível em: <http://www.higieneocupacional.com.br/download/radioatividade-silvia.pdf>.

Organização Pan-Americana da Saúde. Percepção de Risco [acesso em 23 ago. 2012] Disponível em: [http://www.opas.org.br/ambiente/risco/tutorial6/p/pdf/tema\\_04.pdf](http://www.opas.org.br/ambiente/risco/tutorial6/p/pdf/tema_04.pdf).

Peres F, Brani R, De Lucca SR. Percepção de riscos no trabalho rural em uma região agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: agrotóxicos, saúde e ambiente. *Cad. Saúde Pública*. 2005; 21(6): 1836-44.

Piza, FT. Histórico da Saúde e Segurança no Trabalho, no Brasil e no Mundo. CIPA: São Paulo, 1997. [acesso em 15 de set de 2012] Disponível em: <http://portal.abs.org.br/estudos/conceitos-gerais-sobre-seguranca-no-trabalho.htm>.

Poletto AR, Vilagra JM, Esteves AC, Gontijo LA, Silvestre MV. Riscos ocupacionais no posto de trabalho do técnico em radiologia de um hospital público federal. *In: Anais do 27. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007. Foz do Iguaçu – Paraná, 2007.*

Porto MFS. Análise de riscos nos locais de trabalho: conhecer para transformar. São Paulo: São Paulo: Kingraf; 2000.

Rissato ML, Ribeiro, ML, Castro, NRPS, Castro MCAA, Oliveira, LC. Iodoterapia: avaliação crítica de procedimento de precaução e manuseio dos rejeitos radioativos. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*. 2009; 68(2): 220-229.

Santos H, Santos M, Oliveira L, Saldanha M. Fatores de risco no serviço de radiodiagnóstico e descumprimento das normas de radioproteção. *In: Anais do 4 Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica*; 2009. Belém – Pará; 2009. [acesso em 18 de set de 2012] Disponível em: [http://connepi2009.ifpa.edu.br/connepi-anais/artigos/52\\_3181\\_1376.pdf](http://connepi2009.ifpa.edu.br/connepi-anais/artigos/52_3181_1376.pdf).

Santos Júnior BJ, Hinrichsen SL, Lira C, Vilella TAS. Riscos ocupacionais em centros de radiodiagnóstico. *Rev. Enferm. UERJ*. 2010; 18(3): 365-370.

Santos KO, Mobin M, Borba, CM, Noleto IMS. Isolamento de fungos de equipamentos radiográficos odontológicos. *Rev. Gaúcha Odontol*. 2011; 59(3): 411-416.

Santos WS, Maia AF. Riscos associados ao uso de equipamento móvel de radiação X pelos técnicos de radiologia durante exames de tórax em pronto socorro e em UTI semi-intensiva: estudo de caso em um hospital público de Sergipe. *Scientia Plena*. 2010; 6(3): 2-6.

Seligmann-Silva E, Bernardo MH, Maeno M, Kato M. Saúde do trabalhador no início do século XXI. *Rev. Bras. Saúde Ocup*. 2010; 35(122): 185-186.

Silva BF, França SLB. Análise da percepção do trabalhador sobre os riscos no ambiente de trabalho: estudo de caso em unidade de operação de empresa de energia brasileira. *In: Anais do 7. Congresso Nacional de Excelência em Gestão*; 2011. Rio de Janeiro – RJ; 2011.

Silva FC, Antoniazzi MCC, Rosa LP, Jorge AOC. Estudo da contaminação microbiológica em equipamentos radiográficos. *Rev. Biociênc*. 2003; 9 (2): 35-43.

Silva LP, Maurício CLP, Canevaro LV, Oliveira OS. Avaliação da exposição dos médicos à radiação em procedimentos hemodinâmicos intervencionistas. *Radiol Bras*. 2008; 41(5): 319-323.

Silveira MMF, Monteiro IS, Brito SA. Avaliação da utilização dos meios de radioproteção em consultórios odontológicos em Olinda/PE. *Odontol. Clin.Cient*. 2005; 4(1): 43-48.

Soares FAP, Pereira AG, Flôr RC. Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura. *Radiol Bras*. 2011; 21(6): 97-103.

Souza MT Silva MD, Carvalho R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. [acesso em: 12 de set 2012] Disponível em [http://apps.einstein.br/revista/arquivos/PDF/1134-Einsteinv8n1\\_p102-106\\_port.pdf](http://apps.einstein.br/revista/arquivos/PDF/1134-Einsteinv8n1_p102-106_port.pdf).

Tauhata L, Salati IPA, Di Prinzio R, Di Prinzio A. Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos. 8. ed. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2011.

Vieira, GC. Risco biológico ocasionado por doenças respiratórias em exames de trato respiratório em radiologia convencional no setor de diagnóstico por imagem. *Incubadora de Periódicos. Ciência e Tecnologia Radiológica*. Instituto Federal Santa Catarina. 2010. [acesso em: 14 de set de 2012] Disponível em: <http://incubadora.periodicos.ifsc.edu.br/index.php/CTR/thesis/view/30>.

Zenóbio MAF, Silva, TA. Requisitos de proteção radiológica em clínicas odontológicas. Centro de Desenvolvimento e Tecnologia Nuclear – CDTN/CNEN [acesso em: 12 de ago de 2012] Disponível em: [www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/2002/ENAN/E01/E01\\_739.PDF](http://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/2002/ENAN/E01/E01_739.PDF).