

**UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FGA - FACULDADE GAMA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**CARTILHA DE ORIENTAÇÃO A PACIENTES E PROFISSIONAIS DE**  
**SAÚDE SOBRE FÍSICA DE RADIAÇÕES E EXAMES DE**  
**RADIODIAGNÓSTICOS (RAIO X E TOMOGRAFIA)**

**TRÍCIA ANITA ARRUDA DA MOTA**

**ORIENTADOR: Dr. RONNI GERALDO GOMES DE AMORIM.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**PUBLICAÇÃO: 100 A/2018**

**BRASÍLIA/DF: AGOSTO– 2018**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DO GAMA  
ENGENHARIA BIOMÉDICA**

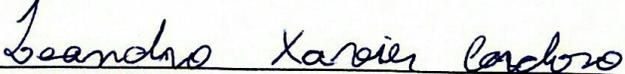
**"CARTILHA DE ORIENTAÇÃO A PACIENTES E PROFISSIONAIS DE  
SAÚDE SOBRE FÍSICA DE RADIAÇÕES E EXAMES DE  
RADIODIAGNÓSTICOS (RAIO X E TOMOGRAFIA)"**

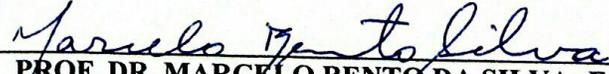
**TRICIA ANITA ARRUDA DA MOTA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE UNB GAMA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA  
A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.**

**APROVADA POR:**

  
\_\_\_\_\_  
**PROF. DR. RONNI GERALDO GOMES DE AMORIM; FGA / UNB  
(ORIENTADOR)**

  
\_\_\_\_\_  
**PROF. DR. LEANDRO XAVIER CARDOSO; FGA / UNB  
(EXAMINADOR INTERNO)**

  
\_\_\_\_\_  
**PROF. DR. MARCELO BENTO DA SILVA; FGA / UNB  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**BRASÍLIA, 28 DE AGOSTO DE 2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

NOME Trícia Anita Arruda da Mota

Cartilha de orientação a pacientes e profissionais de saúde sobre física de radiações e exames de radiodiagnósticos (raio x e tomografia), Distrito Federal, 2018.

No.p., 210 x 297 mm (FGA/UnB Gama, Mestre, Engenharia Biomédica, 2018). Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade Gama. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

1. *RAIO X*

2. *TOMOGRAFIA*

3. *CARTILHA*

I. FGA UnB Gama/ UnB. II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOTA, T. A. A. da (2018). Cartilha de orientação a pacientes e profissionais de saúde sobre física de radiações e exames de radiodiagnósticos (raio x e tomografia). Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação 100 A/2018, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, no.p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Trícia Anita Arruda da Mota.

TÍTULO: Cartilha de orientação a pacientes e profissionais de saúde sobre física de radiações e exames de radiodiagnósticos (raio x e tomografia).

GRAU: Mestre ANO: 2018.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Trícia Anita Arruda da Mota

ENDEREÇO. QS 05, rua 310

Condomínio residencial Bethoveem, ap 208 bloco D, AGUAS CLARAS

CEP 71.964-360 Brasília, DF – Brasil.



## DEDICATÓRIA

*Primeiramente a Deus, por ter me permitido viver a realização desse sonho. A minha família que é a base da minha vida. E ao professor Ronni Geraldo Gomes Amorim que em um momento de desespero meu me acolheu e ajudou na conclusão desse sonho.*

*Sentir profundamente qualquer injustiça cometida contra qualquer pessoa em qualquer parte do mundo é a qualidade mais bonita de um revolucionário.*

*Guevara, carta aos filhos.*



## **AGRADECIMENTOS**

Esta fase da minha vida é muito especial e não posso deixar de agradecer a Deus por toda força, ânimo e coragem que me ofereceu para ter alcançado minha meta que sem dúvidas era um sonho distante que aos poucos foi se tornando realidade. Não foi fácil essa trajetória e que muitas vezes pensei em desistir e se não fosse à calma, paciência e sabedoria do meu orientador Ronni Gerlado Gomes Amorim, sem sombra de dúvidas eu teria abortado essa missão.

Aos meus pais, meu muito obrigado por todo apoio, por terem confiado em mim o tempo todo e me mostrado que a vida vale a pena ser vivida. Ao meu sobrinho Luiz Ottávio que durante esse tempo de mestrado esteve presente em minha vida com seus carinhos o meu muito obrigada.

Agradeço ao meu esposo meu grande amor por estar sempre ao meu lado nos momentos alegres e de tristezas, e que sempre me faz buscar a realização dos meus sonhos e me aguentou todos os dias mesmo quando o mau-humor imperava.

Um agradecimento mais que especial ao meu orientador, Ronni Geraldo Gomes Amorim, por ter me acolhido e ter acreditado em mim, ao senhor, o meu muito obrigada!

Enfim o meu muito obrigada a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse sonho. Aos meus colegas de mestrado, ficará a saudade de dias de alegrias e de tensão ao longo dessa nossa jornada.

## RESUMO

### **CARTILHA DE ORIENTAÇÃO A PACIENTES E PROFISSIONAIS DE SAÚDE SOBRE FÍSICA DE RADIAÇÕES E EXAMES DE RADIODIAGNÓSTICOS (RAIO X E TOMOGRAFIA).**

**Autor:** Trícia Anita Arruda da Mota

**Orientador:** Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica – Dissertação de Mestrado Brasília, 05 de Agosto de 2018.**

A elaboração de materiais educativos de orientação a pacientes e profissionais de saúde visa melhorar a qualidade da assistência prestada, pois se entende que, quando bem orientados sobre como lidar com o exame a que são submetidos, aumenta-se a adesão; as informações os tornam mais seguros e colabora-se para o sucesso do tratamento. O objetivo do estudo foi construir uma cartilha de orientação sobre física das radiações e exames de radiodiagnósticos (Raio x e Tomografia). Trata-se de uma pesquisa metodológica, que seguiu duas etapas para construção dos materiais para a educação em saúde: levantamento bibliográfico, construção do manual educativo. Após a escolha do conteúdo, procurou-se produzir um material educativo a fim de descontrair e incentivar a leitura, as imagens foram cuidadosamente selecionadas com a ajuda de um profissional de designer gráfico, buscando-se em todos os momentos adequar às orientações da literatura às características do instrumento idealizado. Acredita-se que a cartilha pode contribuir na melhoria das informações a essa clientela, amenizando os efeitos do desconhecimento da segurança ao realizar os exames, fomentando o diálogo, o esclarecimento de dúvidas e facilitando a prática educativa do profissional.

**Palavras-chaves:** Raio x, tomografia, cartilha.

## ABSTRACT

### **INFORMATION SHEET ON PHYSICS OF RADIATION AND RADIODYGNOSTICS (X-RAY AND TOMOGRAPHY) RADIATION TESTS TO THE PUBLIC IN GENERAL**

**Trícia Anita Arruda da Mota**

**Supervisor:** Dr. Ronni Geraldo Gomes Amorim

**Post-Graduation Program in Biomedical Engineering Brasília, 05 of August of 2018.**

The elaboration of educational materials aimed at the patient and health professionals aims to improve the quality of the assistance provided, since it is understood that, when well oriented on how to deal with the examination to which they are submitted, the adherence is increased; the information makes them safer and contributes to the success of the treatment. The objective of the study was to construct an orientation primer on radiation physics and radiodiagnostic (x-ray and tomography) examinations. It is a methodological research that followed two stages for the construction of materials for health education: bibliographic survey, construction of the educational manual. After choosing the content, we tried to produce an educational material in order to relax and encourage reading, the images were carefully selected with the help of a professional graphic designer, seeking at all times to conform to the literature guidelines at characteristics of the idealized instrument. It is believed that the booklet can contribute to improving information to this clientele, alleviating the effects of unfamiliarity with security when conducting examinations, fostering dialogue, clarifying doubts and facilitating the professional practice of the professional.

**Key-words:** X-ray, tomography, primer

## SUMÁRIO

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | INTRODUÇÃO.....                                    | 12 |
| 1.1   | Contextualização e Formulação do Problema .....    | 12 |
| 1.2   | Objetivos.....                                     | 15 |
| 1.2.1 | Objetivo geral .....                               | 15 |
| 1.2.2 | Objetivos específicos .....                        | 15 |
| 1.3   | Revisão da Literatura.....                         | 15 |
| 1.4   | Justificativa.....                                 | 16 |
| 1.5   | Métodos radiográficos.....                         | 17 |
| 1.6   | Organização do Trabalho.....                       | 18 |
| 2     | REVISÃO DA LITERATURA.....                         | 18 |
| 3     | LEGISLAÇÃO E NORMAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA.....   | 19 |
| 4     | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....                         | 20 |
| 4.1   | Física das radiações .....                         | 22 |
| 4.2   | As Radiações .....                                 | 23 |
| 4.3   | Interação da Radiação X ou gama com a matéria..... | 25 |
| 4.3.1 | O efeito Fotoelétrico.....                         | 25 |
| 4.3.2 | O efeito Compton.....                              | 26 |
| 4.3.3 | Produção de Pares.....                             | 27 |
| 4.4   | Raio X.....  | 28 |
| 4.5   | Exames radiodiagnósticos.....                      | 29 |
| 4.5.1 | Tomografia .....                                   | 29 |
| 4.5.2 | Raio X.....  | 30 |
| 4.6   | Proteção aos profissionais.....                    | 32 |
| 4.7   | Proteção aos pacientes.....                        | 33 |
| 4.8   | Gestantes.....                                     | 34 |
| 5     | METODOLOGIA.....                                   | 35 |
| 5.1   | Confecção da cartilha.....                         | 36 |
| 5.2   | Produto final.....                                 | 37 |
| 6     | DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....                         | 49 |
|       | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                    | 52 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Vestimenta de proteção individual.....  | 23 |
| Figura 2: Figura esquemática da fórmula para calcular a energia de uma onda.....                              | 23 |
| Figura 3: Representação da comparação entre o poder de penetração das diversas radiações.....                 | 24 |
| Figura 4: Figura esquemática da fórmula para calcular a energia na radiação eletromagnética.....              | 25 |
| Figura 5: Figura esquemática do efeito fotoelétrico.....  | 26 |
| Figura 6: Figura esquemática da equação que caracteriza a interação do fóton com o elétron da superfície..... | 26 |
| Figura 7: Representação do espalhamento Compton.....  | 27 |
| Figura 8: Esquema da equação que define o efeito Compton.....   | 27 |
| Figura 9: Figura esquemática da produção de pares.....  | 28 |
| Figura 10: Ilustração de aparelho de Tomografia ou Tomógrafo.....   | 30 |
| Figura 11: Ilustração de equipamento de Raio X.....   | 32 |
| Figura 12: Capa .....   | 37 |
| Figura 13: Apresentação .....   | 38 |
| Figura 14: As radiações .....   | 39 |
| Figura 15: Raio X .....   | 40 |
| Figura 16: Tomografia.....  | 41 |
| Figura 17: Proteção dos pacientes .....   | 42 |
| Figura 18: Proteção dos profissionais.....  | 43 |
| Figura 19: Proteção dos profissionais.....  | 44 |
| Figura 20: Portaria 453.....  | 45 |
| Figura 21: Referências Bibliográficas .....   | 46 |
| Figura 22: História em quadrinhos .....   | 47 |
| Figura 23: História em quadrinhos.....  | 48 |
| Figura 24: Contra capa. ....  | 49 |

## **LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES**

ABFM – Associação Brasileira de Física Médica  
ADA - American Dental Association  
AIS – Síndrome da Inumodeficiência Adquirida  
ANVISA - Agência nacional de vigilância sanitária  
CONASS – Conselho Nacional de Secretários de Saúde  
CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear  
EPI – Equipamento de Proteção Individual  
ESF – Estratégia em Saúde da Família  
EUA – Estados Unidos da América  
HIV – Vírus da imunodeficiência  
IRD - Instituto de Radioproteção e Dosimetria  
MS – Ministério da Saúde  
OMS – Organização Mundial de Saúde  
OPAS – Organização Pan-americana de Saúde  
RM - Ressonância Magnética  
TC – Tomografia Computadorizada  
USG – Ultrassonografia  
VIPs – Vestimentas de Proteção Individuais

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Com o final da Segunda Guerra Mundial, nos países desenvolvidos, os gastos com a saúde passaram a crescer de maneira significativa em decorrência do grande desenvolvimento tecnológico, o que aumentou a preocupação dos gestores dos serviços de saúde com a limitação de recursos (BRASIL, 2009).

Sendo assim, o financiamento em saúde tem despertado interesses e preocupações nos mais diversos setores da sociedade brasileira, decorrente de sua participação cada vez maior na economia e também do impacto nas contas públicas e orçamentos familiares. O Conselho Nacional de Secretários de Saúde (CONASS) (BRASIL, 2011) afirma que nos últimos anos, a saúde tem-se mantido como o problema mais importante enfrentado no cotidiano pela população.

Ainda segundo o CONASS (2011), a saúde, devido a sua importância, se torna um tema intersetorial, multidisciplinar e interprofissional e amplia sua dimensão para engenheiros, economistas, advogados, administradores, etc.

Este trabalho está inserido em uma linha de pesquisa da física médica não clínica que é uma área afim da Engenharia Biomédica que tem como objetivo de estudo a aplicação de técnicas de pesquisa (desenvolvimento e aprimoramento), ensino (conhecimento) de física experimental e teórica para aplicações terapêuticas e diagnósticas. Onde, a física médica, uma área interdisciplinar, suas principais subáreas são: Radiagnóstico (controle de qualidade), Radioterapia (segurança) e Medicina Nuclear (imagens médicas) (ABFM, 2017).

A modalidade de ensino de física médica possui fundamentalmente dois objetivos específicos, que seriam: estudar as teorias e os fenômenos físicos envolvidos em aplicações da física no radiodiagnóstico médico e analisar e desenvolver estratégias, recursos computacionais, procedimentos e equipamentos que possam ser aplicados no ensino de física médica e que facilitem o aprendizado, bem como melhorem a formação e o aprimoramento de alunos e profissionais que atuem no campo da física médica (ABFM, 2017).

O princípio básico de formação da imagem em radiodiagnóstico consiste na utilização de Raios X para induzir mudanças em detectores químicos e elétricos, após passar pelo corpo humano. A quantidade de Raios X que atravessa o corpo humano depende da constituição da região ou do órgão radiografado (OMS, 2001).

No final da década de 1960 e início da década de 1970, a introdução de mais duas tecnologias contribuiu para consolidar o radiodiagnóstico como uma das ferramentas de suporte à diagnose mais

poderosa à disposição da medicina (FELDMAN, 1989). Em 1966, foi desenvolvido o primeiro equipamento de Raios X dedicado à mamografia e em 1971, foi instalado, na Inglaterra, o primeiro equipamento de tomografia computadorizada. Essa nova técnica revolucionou a radiologia convencional e completou o radiodiagnóstico, com suas quatro técnicas (radiografia, fluoroscopia, mamografia e tomografia) que produzem informações morfológicas ou fisiológicas de pacientes, de forma não invasiva (OPAS, 1997).

A medicina transformou-se após ter acesso a uma das ferramentas mais poderosas do diagnóstico médico e de estudos sobre o interior do corpo humano (ARIAS, 2006). Poucas descobertas causaram tamanho impacto na medicina, de forma que continua por mais de um século, sendo uma das principais fontes de informação para os diagnósticos médicos e, conseqüentemente, de fundamental importância para a atenção à saúde humana (MOULD, 1995). Contudo, essa nova tecnologia não trouxe consigo apenas benefícios. Tão rápidos quanto a sua utilização foram os danos causados em pesquisadores, médicos, pacientes e outros indivíduos expostos a esse tipo de radiação (PERIAGO, 2006).

Por outro lado, os possíveis danos causados por essas tecnologias não estão relacionados, apenas, aos efeitos nocivos das radiações ionizantes. Entre esses possíveis danos os mais importantes são aqueles relacionados aos erros em diagnóstico. RENCORET (2003) estima que o custo nacional por eventos médicos adversos, lucro cessante e outros, nos Estados Unidos da América (EUA) em 2001, foi de U\$ 40.000.000,00, ou seja, os diversos atores implicados no processo de realização dos exames diagnósticos estão sendo responsabilizados legalmente por eventuais falhas. Conforme GRABER (2005), os erros em radiodiagnóstico, nos EUA, contribuem com 10 a 15% dos erros em medicina, quando comparados com os resultados de necropsias. Os trabalhos de ROBINSON (1997) e WILLIAMS et al., (2000) e RENCORET (2003) chamam a atenção para outra dimensão dos erros em radiodiagnóstico: os custos para o sistema de saúde e para os profissionais ou instituições envolvidas em processos indenizatórios. Por outro lado, os aspectos econômicos relacionados a esse tema não podem ser negligenciados.

Para AZEVEDO (2012), em última análise, ressalta o compromisso e a responsabilidade que os órgãos fiscalizadores como Vigilâncias Sanitárias, das três esferas do governo, devem assumir perante a sociedade brasileira, onde o foco deve ser profissional que estão diretamente expostos à radiação ionizante como auxiliares e técnicos de radiodiagnóstico, que segundo dados do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), 80% dos trabalhadores que lidam diretamente com fontes emissoras de radiação ionizante pertencem ao setor de saúde.

Vale salientar que o crescente número de aparelhagens radiológicas que têm se instalado, principalmente, nos grandes centros urbanos e que nem sempre absorvem profissionais com a

qualificação desejada para o desempenho de suas funções e, merece toda atenção das autoridades competentes. Deve-se ressaltar a necessidade de uma formação adequada e continuada por parte dos profissionais que atuam na área, o que, sem dúvida, contribuirá para uma melhoria da qualidade desse tipo de prestação de serviço à população (AZEVEDO, 2012).

O crescente uso da radiologia médica e odontológica faz com que a sua utilização seja profundamente estudada devido à necessidade de se reduzirem as radiações recebidas pelos pacientes e profissionais (técnicos de Raio X, médicos radiologistas, cirurgiões dentistas e auxiliares), uma vez que estes recebem uma quantidade significativa de radiação fornecida em exames radiográficos (SANTOS et al., 2007).

Apesar de apresentar diversos estudos sobre os malefícios, a utilização destes tipos de radiações ionizantes para o diagnóstico e terapia de pacientes de um modo geral, tornou-se uma prática comum e seus benefícios, diversos. No entanto, mesmo que se justifique plenamente a sua utilidade na prática médica, em razão dos benefícios que trarão aos pacientes, não deve se esquecer de que o uso indiscriminado dessa técnica pode trazer outras consequências ao paciente (TRAVASSOS, 2009).

Os efeitos ocorrem quando um número de células é submetido a um nível elevado de radiação, onde seu efeito biológico vai depender do tipo de radiação e o tipo de tecido irradiado. A quantidade de células alteradas pode variar, portanto, um grande número de células atingidas pode causar o mau funcionamento do órgão atingido, mas se abranger um pequeno número de células os efeitos poderão ser imperceptíveis (OKUNO, 2013).

As doses de radiação utilizadas nos exames diagnósticos não têm o potencial de provocar morte celular, mas poderiam, eventualmente, gerar alterações genéticas com potencial para desenvolver câncer ou doenças congênitas na prole. Acredita-se que esses efeitos são dependentes das doses recebida ao longo da vida. É o que chamamos de efeito cumulativo (DAMBER et al, 2002). Exames como a tomografia computadorizada, especialmente as mais modernas, com várias fileiras de detectores, submetem o paciente a doses maiores de radiação e devem ter sua indicação limitada a situações mais específicas (SEMELKA, 2007).

Os médicos radiologistas, tecnólogos e técnicos são treinados para limitar a exposição do paciente à menor dose de radiação necessária para o diagnóstico correto. São três os princípios básicos da proteção radiológica: justificação, limitação da dose e otimização. O princípio da justificação diz respeito à indicação do exame. Somente se deve indicar um exame que exponha o paciente à radiação ionizante, se os benefícios potenciais trazidos pelos resultados dos exames superem os riscos envolvidos. A limitação da dose é estabelecida na legislação. No Brasil, o órgão responsável pela regulamentação das doses de radiação é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária

(Anvisa). A otimização quer dizer que devem ser utilizadas doses tão baixas quanto razoavelmente exequíveis, considerando os fatores econômicos e sociais (PRASAD et al, 2004).

Contudo, para que os radiodiagnósticos possam contribuir para salvar vidas e/ou aumentar a expectativa de vida, é necessário que sejam realizados de forma adequada. Se as condições não forem satisfeitas, essa potente ferramenta de diagnóstico e prevenção deixa de ser uma solução para o sistema de saúde pública e passa a ser um problema (OMS, 2001; OPAS, 1997).

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

Confeccionar cartilha de orientação a pacientes e profissionais de saúde sobre física de radiações e exames de radiodiagnósticos (Raio x e Tomografia).

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar qual o melhor material gráfico (lúdico) para a população geral;
- Informar no material as formas de segurança na hora de realizar um exame de radiodiagnóstico;
- Apontar medidas de segurança na hora da escolha entre o Raio X e a Tomografia.

## 1.3 REVISÃO DA LITERATURA

A pesquisa da base bibliográfica utilizada neste trabalho considerou a busca por livros, teses, monografias, portarias do Ministério da Saúde do Brasil, Guias de Vigilância Epidemiológica, Relatórios de Comitês Especialistas da Organização Mundial de Saúde e artigos na fonte especializada PubMed, CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Para incluir e excluir artigos pesquisados, foram utilizados alguns critérios. Para inclusão, foram selecionados artigos: que abordaram a segurança nos exames, publicados em periódicos nacionais; que continham texto completo disponível e, para exclusão: artigos científicos que não abordavam a temática em estudo e que não disponibilizavam textos completos, e artigos internacionais devido a legislação brasileira ser diferente dos demais países acerca do uso da

radiação.

No site da Pubmed foram realizadas buscas com os descritores: (“lúdico”[MeSH Terms] OR “saúde”[All Fields]) AND (“quadrinhos”[MeSH Terms]); (“radiação” OR “tomografia” AND Raio X); (“radiation”). De 1000 registros, 12 foram selecionados para análise e, 1 descartado por falta do artigo completo. Os artigos e bases consultadas, serviram como base para o início da dissertação.

Dentre os artigos selecionados, o com o título “O Impacto da Exposição à Radiação nos Exames de Imagem para o Paciente - Revisão de literatura”, trouxe uma contribuição significativa na escrita e, abriu os pensamentos sobre grande parte dos efeitos biológicos causados pela radiação que aparecem devido exposição prolongada à mesma. No estudo, relata que o efeito da radiação ionizante aos tecidos depende do tipo de radiação e do tecido a ser infiltrado. Os efeitos por exemplo, vão desde o dano ao sistema hematopoiético que podem cursar com anemia até o dano cerebral que pode resultar em morte por colapso. Cada método de imagem emite uma quantidade diferente de radiação, dessa forma, médicos radiologistas e técnicos na área são treinados para limitar a exposição do paciente a uma dose segura para realizar o diagnóstico correto. Caso a radiação seja utilizada de forma indiscriminada, a exposição em excesso à radiação pode ter um efeito carcinogênico e principalmente teratogênico em gestantes. Independente dos males causados pela exposição à radiação, seus benefícios são importantes para o diagnóstico de inúmeras patologias e para o avanço da Medicina se usado de forma consciente e dentro das normas regulamentadoras.

Outro estudo analisado que despertou um grande interesse foi o: “Radioproteção em Serviços de Saúde” onde, segundo dados do estudo, 80% dos trabalhadores que lidam diretamente com fontes emissoras de radiação ionizante pertencem ao setor saúde. Esse dado, ressalta o compromisso e a responsabilidade que as Vigilâncias Sanitárias, das três esferas de governo, devem assumir perante a sociedade brasileira, orientando o usuário de materiais e de fontes radioativas a desenvolver uma cultura baseada nos princípios da radioproteção e na prevenção de acidentes iminentes e/ou potenciais. O conhecimento dos equipamentos e as suas aplicações, dos processos de trabalho e os insumos utilizados, são ferramentas indispensáveis na identificação dos riscos das instalações radioativas além do crescente número de instalações radiológicas que têm se instalado, principalmente, nos grandes urbanos e que nem sempre absorvem profissionais com a qualificação desejada para o desempenho de suas funções.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

A criação de uma cartilha para a população em geral e para profissionais que atuam na saúde, nos exames de radiodiagnóstico, que contemplese conteúdos essenciais sobre a importância de se

proteger corretamente durante a realização de exames de Raio X e tomografia.

A proteção radiológica é necessária em qualquer aplicação da radiação na medicina; porém, uma atenção maior deve ser dada, em procedimentos guiados por imagens fluoroscópicas, aos demais profissionais que permanecem na sala de exame como técnicos, anestesistas, enfermeiros, etc (World Health Organization, 2000).

A educação em saúde e a participação dos usuários são elementos essenciais para que as mudanças pessoais e estruturais ocorram nas ações de promoção da saúde. O poder e controle das pessoas sobre o seu destino permite produzir ações concretas e efetivas na tomada de decisão para o atendimento, na definição de estratégias e na sua implementação, visando a melhoria das condições de saúde, de forma que os indivíduos possam enfrentar as diversas fases da existência e as enfermidades que podem ocorrer (ARAÚJO; ASSUNÇÃO, 2004).

De modo geral, a participação da clientela nas ações educativas é passiva e as sessões são conduzidas pela mera transmissão de informações ditas por quem sabe (os profissionais de saúde) para quem não sabe (o cliente) (SILVA et al., 2001). Essa forma de agir no processo educativo tem distanciado as pessoas da oportunidade de identificar seus problemas, refletir criticamente sobre suas causas e descobrir estratégias, superando os obstáculos na direção da promoção da saúde através de mudanças na própria vida (WALLERSTEIN; BERNSTEIN).

A Educação em Saúde deve contribuir para a conscientização individual e coletiva das responsabilidades e dos direitos da população, estimulando a participação de todos (CATRIB, 2003). Nesse sentido, destaca-se que são extremamente bem-vindas estratégias educativas em que se encontram a comunidade com a ESF, ambas descobrindo e valorizando seu potencial, e de outros parceiros existentes no município, na troca de experiências e saberes (VALLA , 2000).

## 1.5 MÉTODOS RADIOGRÁFICOS

A portaria 453 de 1988 estabelece que na realização de procedimentos radiológicos, somente o paciente a ser examinado e à equipe necessária ao procedimento podem permanecer na sala de Raio X. A legislação prevê ainda que as dependências onde estão localizados tais equipamentos devem manter sinalização visível, contendo o símbolo de radiação e informações em relação à área restrita e/ou entrada proibida para pessoas não autorizadas. As portas das salas de exame devem ser providas de sistema de sinalização luminosas indicadoras do acionamento do feixe de Raio X, e as paredes; piso; teto e portas com blindagens que traga proteção radiológica às áreas adjacentes (BRASIL, 1988).

Segundo SANTOS (2010), para a realização do exame de radiodiagnóstico, é necessário o posicionamento do paciente na máquina de acordo com o local do corpo a ser examinado. O examinado deve respirar fundo e prender a respiração e/ou mantenha uma determinada posição por alguns segundos, para que seja possível ter o melhor registro da imagem. Os Raios X emitidos pela máquina não causa lesões, devido possuir o poder de atravessar (ou não) o nosso corpo. É obrigação de o profissional fornecer ao usuário todas as VPIs, e que, não interfiram na formação da imagem.

Para a realização do exame, necessita apenas de cuidados antialérgicos aos pacientes que forem tomar contraste para realçar as imagens. O procedimento dura cerca de 20 minutos e o paciente deve ficar deitado na unidade de escaneamento onde se encontram a mesa na qual será posicionado o paciente, a fonte de Raio X e os detectores. O único desconforto que o paciente sentirá é o de dever permanecer imóvel durante a realização do procedimento, e o contraste injetado (se for o caso) pode provocar transitoriamente um gosto metálico na boca e uma sensação de calor (PANEGALLI, 2013).

Existem poucos relatos referentes à legislação acerca da proteção radiológica em serviços de radiodiagnóstico. Atualmente, estudos mostram a preocupação com os perigos da radiação em seres humanos (HUHN, 2014).

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está organizado em seis capítulos, incluindo este. No capítulo dois, é apresentada uma revisão da literatura, objetivando a compreensão sobre as campanhas midiáticas na área da saúde.. No capítulo três foi detalhado a legislação e normas de proteção radiológica. No capítulo quatro, foi descrita a importância das vestimentas de proteção individual, Física das Radiações, radiações, interação da radiação X ou gama com a matéria, Raio X, tomografia, proteção aos profissionais, proteção aos pacientes. No quinto capítulo está a metodologia, as etapas para a confecção da cartilha e o resultado. E no sexto capítulo a conclusão do trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A relação entre comunicação e saúde se iniciou, de maneira estratégica, num contexto em que as ações na área da saúde pública geravam muita polêmica pelo modo como eram realizadas. O governo brasileiro reconheceu, desde o princípio, a necessidades de ações de comunicação para responder efetivamente à expansão de epidemias no Brasil.

A partir de 1987, o governo iniciou as campanhas oficiais de prevenção contra a Síndrome da Imunodeficiência Adquirida - AIDS (CHEQUER, 2005). Em fevereiro de 1988, foi veiculada em campanha publicitária de amplitude nacional com slogan “Quem vê cara, não vê AIDS. Previna – se

“, e se dirigia principalmente aos turistas brasileiros e estrangeiros (PAZ, 2000).

Além dos cartazes impressos, sempre utilizados nessas ações de comunicação, o Ministério da Saúde também lança mão de diversos outros meios como filmes publicitários para TV, spots de rádio e cartilhas estão entre aqueles que nunca faltam.

A partir da análise dos programas preventivos desenvolvidos em várias partes do mundo, o Ministério da Saúde identificou três elementos essenciais ao êxito das ações de prevenção ao Vírus da Imunodeficiência - HIV: informação e educação, serviços sociais e de saúde e ambiente social adequado (BRASIL, 1998).

Por serem utilizadas como recursos isolados, as peças das campanhas publicitárias podem acabar funcionando apenas como “próteses comunicativas” cujo objetivo é promover “alinhamentos comportamentais” a partir da transmissão pura e simples de informações, em substituição à escuta e ao diálogo. Tais recursos poderiam ser utilizados de outra forma, como ferramentas facilitadoras do diálogo e da troca de saberes entre profissionais e usuários (VASCONCELLOS-SILVA et al., 2003).

Seguindo as premissas da promoção da saúde, ações intersetoriais e inovação das estratégias comunicacionais podem constituir alternativas nessa direção. Além disso, iniciativas observadas em outras regiões podem contribuir com a elevação na qualidade das experiências desenvolvidas no Brasil. Ações intersetoriais podem ser importantes na medida que o conceito ampliado de saúde passa a ser entendido, transcendendo a ausência de doença e buscando entender o contexto de inserção dos sujeitos (MAFFACCIOLLI et al., 2015).

### **3 LEGISLAÇÃO E NORMAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA**

A Lei n.4.118 em 1962, criou a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), a que é a responsável pela legislação e normatização do uso da radiação e em 1998 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) do Ministério da Saúde publicou a Portaria SVS/MS 453/98 (BRASIL, 1998) que estabelece requisitos de proteção radiológica e controle de qualidade para a radiologia médica, odontológica e intervencionista.

A Portaria 453 estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico e procura garantir a qualidade e segurança nos procedimentos prestados à população que devem ser adotadas em todo o território nacional pelas pessoas jurídicas e físicas, de direito privado e público, envolvidas com a produção e comercialização de equipamentos emissores de radiação X, bem como a prestação de serviços que implicam na utilização de Raios X para fins médicos e odontológicos e nas atividades de pesquisa biomédica e de ensino (HUNH, 2014).

A Portaria 453 preconiza que a falta de vestimentas de proteção individual e a ausência de um controle periódico são alguns dos exemplos que demonstram a desatenção dada as radiações ionizantes no Brasil, o que condiz com a necessidade de programas específicos de qualificação dos profissionais envolvidos nessas atividades, a fim, inclusive, de se garantir uma boa qualidade técnica do exame. O sistema de proteção radiológica deve se empenhar em manter a exposição ocupacional abaixo do limiar recomendado, evitando-se, assim, os efeitos estocásticos, já que os efeitos biológicos produzidos pela radiação são cumulativos. Para isso, é indispensável o uso das Vestimentas de Proteções Individuais (VPIs) adequados e a formação continuada dos profissionais inseridos nessa modalidade de trabalho (AZEVEDO, 2012).

Em 2005, foi aprovada a Norma Regulamentadora NR-32 de Segurança de Trabalho nos estabelecimentos de saúde, veio para mudar o cenário levantado pelo Ministério da Previdência Social o qual indica que os problemas enfrentados pelos profissionais da saúde acarretam altos índices de acidentes. Ela é definida como a norma que cuida da saúde dos profissionais da área da saúde, bem como daqueles que exercem atividades de promoção e assistência à saúde em geral.

A necessidade de treinamento específico e periódico dos profissionais de radiodiagnóstico em proteção radiológica a radiações ionizantes está explícita, conforme recomenda a Portaria Federal 453 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no item 3.38

Os titulares devem implementar um programa de treinamento anual, integrante do programa de proteção radiológica, contemplando, pelo menos, os seguintes tópicos:

- a) Procedimentos de operação dos equipamentos, incluindo uso das tabelas de exposição e procedimentos em caso de acidentes.
- b) Uso de vestimenta de proteção individual para pacientes, equipe e eventuais acompanhantes.
- c) Procedimentos para minimizar as exposições médicas e ocupacionais.
- d) Uso de dosímetros individuais.
- e) Processamento radiográfico.
- f) Dispositivos legais (BRASIL, 1998).

## **4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Segundo BRAND (2011) em um de seus estudos, 62% dos profissionais de radiodiagnóstico, afirmaram desconhecer a portaria 453 e da norma 3.01 da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) em suas práticas. Já para COSTA (2014), ao contrário de Brand, afirma que 59% dos técnicos de radiologia dizem conhecer as normas de proteção radiológica, as quais consideraram insuficientes.

O uso de exames de imagem sem radiação ionizante é uma boa opção para evitar possíveis

danos causados pelo excesso de radiação, especialmente em grupos mais suscetíveis como gestantes e crianças como, por exemplo, a Ultrassonografia (USG) e a Ressonância Magnética (RM). Se necessário o radiologista deve avisar o médico solicitante sobre possíveis riscos provenientes da radiação da tomografia, e sugerir outros métodos de imagem com benefícios semelhantes e menores riscos (PARENTE, 2013).

Os exames de imagem que usam radiação ionizante estão bem consolidados como ferramenta diagnóstica, devido a sua qualidade e viabilidade em muitos casos. Entretanto, deve – se sempre levar em consideração os possíveis efeitos nocivos que a radiação pode representar. A radiação pode se acumular e desencadear o aparecimento de alguns sintomas e ser prejudicial em determinados grupos mais que outros, como é o caso de crianças e gestantes. Por isso deve-se sempre solicitar tais exames com cautela sempre analisando se os resultados realmente irão acrescentar dados para o diagnóstico ou conduta a ser tomada (GUIDETTI et al., 2015).

Existem diversos tipos de vestimentas (figura 1) destinadas a proteger as pessoas contra os efeitos das radiações ionizantes. Dentre as mais usadas, encontram-se os aventais de chumbo (longos ou curtos), os protetores de tireóide e de gônadas, os óculos plumbíferos, as luvas e as mangas protetoras. Estas vestimentas possuem especificações e equivalência em chumbo que devem ser adequadas ao tipo de radiação ‘a qual se vai estar exposto. Além disso, pode-se também fazer uso de anteparos móveis de chumbo (biombos de chumbo). Sempre que possível, deve-se utilizar as Vestimentas de Proteção Individuais (VPIs) tanto no staff médico, quanto nos acompanhantes quando estes são solicitados a conter ou confortar um paciente. Devem também ser usadas pelos próprios pacientes a fim de evitar exposições desnecessárias de regiões do corpo que não estão sendo radiografadas. Cuidados devem ser tomados quanto à manipulação das VPIs. Os aventais de chumbo são especialmente frágeis e devem ser manipulados cuidadosamente. Após o uso, devem ser guardados em cabides apropriados ou sempre na posição horizontal sem dobras. Os maus tratos podem causar fissuras e até mesmo o rompimento do lençol de chumbo, reduzindo o poder de proteção do mesmo e conseqüentemente, sua vida útil (AZEVEDO, 2012).



Figura 1: Representação de alguns exemplos de vestimenta de Proteção Individual  
Fonte: dicasderadiologia.com.br

#### 4.1 FÍSICA DAS RADIAÇÕES

Segundo Okuno (2008), tudo que existe na natureza é feito de átomo, em combinação com outro átomo ou grupo de átomos e essas combinações recebem o nome de moléculas. Os átomos são constituídos de prótons e de nêutrons confinados no núcleo e de elétrons fora dele.

Para NAVARRO (2009), as radiações ionizantes têm como característica a capacidade de ionizar, ou seja, quando possuem a capacidade de interagir com átomos neutros por onde elas se propagam, sendo o uso desse tipo de radiação muito comum em hospitais, clínicas odontológicas e na indústria. Na medicina, o uso de radiações ionizantes, proporciona diagnósticos mais precisos, sem a necessidade de abrir o órgão. Porém, boa parte dessa radiação é absorvida pelo organismo humano, podendo ocasionar diversos males, como por exemplo: mutações no código genético do DNA, dermatite localizada, levar a incapacidade da célula se reproduzir.

Todo feixe de partículas sem carga e as ondas eletromagnéticas possuem uma probabilidade de passar através de um meio material sem sofrer nenhuma interação e sem perder energia, enquanto, uma partícula carregada sempre sofre colisões em um meio, perdendo energia gradativamente (OKUNO, 2008). Durante anos, acreditou-se que as radiações ionizantes eram inofensivas, mesmo com o surgimento de evidências contrárias em grandes quantidades. Dentre os casos, podemos destacar o de Edmund Kells, cirurgião dentista (1856-1928), como sendo uma demonstração explícita dos efeitos deletérios da radiação ionizante onde, em virtude do excesso de exposição às radiações ionizante sofreu inúmeras lesões dermatológicas e, por consequência, amputações das falanges e mão fatos que contribuíram para o seu suicídio (BORGES, 2015).

## 4.2 AS RADIAÇÕES

A radiação é a emissão e propagação de energia pelo espaço ou através de uma substância na forma de ondas ou partículas. As partículas de radiação consistem em átomos ou partículas subatômicas que têm massa e viajam a alta velocidade para transmitir a sua energia cinética. Os Raios X são ondas invisíveis ou feixes de energia que possuem certas propriedades que nos permitem, entre outras coisas, ver diferenças na densidade de objetos opacos (FROMMER, 2001).

Segundo o Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN), o conceito de radiação é: qualquer processo físico de emissão e propagação de energia, por intermédio de fenômenos ondulatórios ou por meio de partículas dotadas de energia cinética (CNEN, 2017). Essa propagação se dá de várias formas, dividindo as radiações em dois tipos distintos:

- Radiação Corpuscular: aquela constituída por um feixe energético de partículas como elétrons, prótons, nêutrons e partículas  $\alpha$ , etc (OKUNO, 2008).
- Radiação Eletromagnética: constituída de campos elétricos e magnéticos oscilantes perpendiculares entre si, que se propagam no vácuo com velocidade constante, é aproximadamente  $3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$  como exemplo: os Raios ultravioleta, Raio X, Raio gama, radiação infravermelha e ondas de rádio e TV. Essas radiações diferem entre si pela sua frequência e pelo seu comprimento de onda (OKUNO, 2008).

De acordo com sua frequência, uma onda recebe denominações diferentes, como micro-ondas, radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, radiação gama, em ordem crescente de frequência. A radiação eletromagnética é denominada também como energia eletromagnética ou energia radiante (OKUNO, 2013).

A energia de uma onda eletromagnética é quantizada, ou seja, ela pode assumir valores discretos. Na interação da radiação eletromagnética com a matéria, a absorção e a emissão de energia só ocorrem em quantidades discretas de energia denominadas quanta ou fótons e a energia de fóton pode ser determinada pela equação:

$$E = hf$$

Figura 2: Figura esquemática da fórmula para calcular a energia de uma onda. A frequência é o que determina a característica mais fundamental e uma onda do ponto de vista radiológico: a energia transportada pela onda. A energia é diretamente proporcional à frequência e inversamente proporcional ao comprimento de onda.

Onde,  $h$  é uma constante universal de Planck, igual a  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , e  $f$  é a frequência de onda eletromagnética (s) (OKUMOTO, 2008).

A maior parte das técnicas de imagiologia é baseada em algum tipo de radiação eletromagnética que é constituída por partículas designadas de fótons que se movem à velocidade da luz, e engloba as ondas de rádio e televisão, as micro-ondas, os infravermelhos, a luz visível, os ultravioletas, os Raios X e os raios gama. Várias das técnicas de imagiologia, como a radiologia convencional, a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM) utilizam ondas eletromagnéticas. Quando a radiação tem energia suficiente para ionizar a matéria com a qual interage é designada por radiação ionizante (PISCO, 2003).

A radiação ionizante é aquela capaz de arrancar um elétron de átomo. Nesse processo chamado ionização forma-se o par íon negativo e íon positivo. O primeiro é o elétron ejetado e o íon positivo é o átomo que perdeu um elétron. Os elétrons estão ligados a átomos por forças elétricas de diferentes valores, dependendo da sua localização. Quanto mais próximo do núcleo, maior é a força de atração entre o elétron e o núcleo, positivamente carregado. As energias de ligação de um elétron da camada K (mais interna) e de um elétron da última camada de um átomo de tungstênio são 69.500 eV e 7,9 eV, respectivamente. A radiação ionizante pode arrancar qualquer elétron de um átomo se tiver energia maior que a de ligação dele ao átomo (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

Para João Gilberto (2010), o poder de penetração das radiações, é definido como a distância média percorrida pelas partículas em um dado material; depende da energia das partículas e da composição do meio com que interage, entre outros fatores.

Para OKUNO (2013), as partículas carregadas eletricamente como partículas alfa, beta – elétrons e pósitrons –, quando possuem energia suficiente, são consideradas radiação ionizante e vão ionizando átomos que encontram em sua trajetória num dado meio até perder toda energia.

Dentro do espectro das ondas eletromagnéticas, somente os Raios X e gama são radiação ionizante, ou seja, possuem energia suficiente para ionizar átomos. Os fótons de Raios X e gama, diferentemente de partículas carregadas, perdem toda ou quase toda energia numa única interação com átomos, ejetando elétron deles que, por sua vez, saem ionizando átomos até pararem. Os fótons podem também atravessar um meio sem interagir. Teoricamente, não há material nem forma de blindar todos os fótons e isso é um dos motivos da necessidade de proteção radiológica que dita regras quanto ao nível de radiação a que as pessoas expostas podem receber (OKUNO, 2013).

A figura 3 ilustra as diferenças entre as radiações alfa, beta e gama em termos do poder de penetração de cada uma. As radiações emitidas de uma fonte radioativa incidem primeiro sobre uma folha de material de leve como o papel e depois sobre uma lâmina de metal leve como por exemplo o alumínio e, por fim uma lâmina de chumbo.

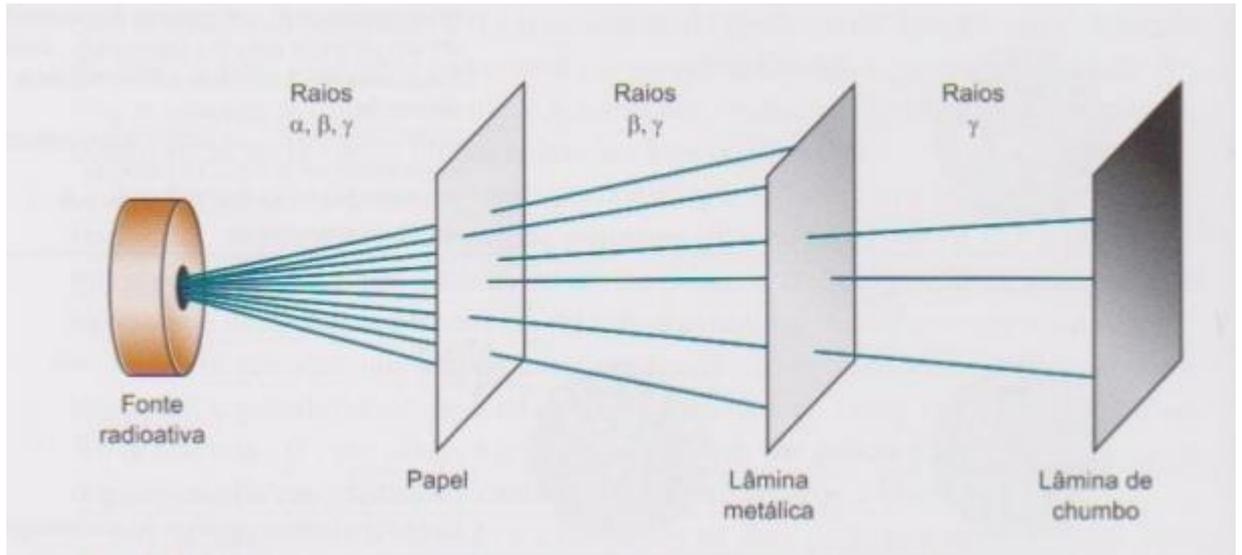


Figura 3: Representação da comparação entre o poder de penetração das diversas radiações.

É possível produzir íons por diversos processos químicos ou físicos; contudo, do ponto de vista da física radiológica, o processo mais importante é o que resulta da incidência de um feixe de radiação em um meio material (TILLY JUNIOR, 2010).

### 4.3 INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO X OU GAMA COM A MATÉRIA

Para OKUNO (2008), na interação entre um fóton de Raios X ou gama com a matéria, são emitidos ou criados elétrons ou pósitrons que ionizam os átomos do meio.

#### 4.3.1 O Efeito Fotoelétrico

O efeito fotoelétrico é um fenômeno onde um fóton incidente ioniza um átomo e é absorvido por ele, emitindo elétrons de uma superfície metálica devido à incidência de radiação eletromagnética sobre a mesma (YANIKIAN, 2015). Uma explicação quantitativa deste efeito é apresentada na sequência.

O efeito fotoelétrico, embora tenha sido estudado previamente por Hertz em 1886, só veio a ser explicado por Einstein em 1905. Em sua explicação, Einstein tomou a hipótese de que a luz era constituída por pacotes de energia que posteriormente vieram a ser denominados fótons. Sendo assim, a radiação eletromagnética transportava uma energia quantizada dependente do número de fótons  $n$ , e tal energia seria dada pela fórmula à seguir:

$$E = nhf,$$

Figura 4: Figura esquemática da fórmula para calcular a energia na radiação eletromagnética.

em que,  $h$  é uma constante universal de Planck, igual a  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ , e  $f$  é a frequência de onda eletromagnética (s). Einstein considerou que a interação entre o fóton da radiação incidente e o elétron da superfície metálica fosse responsável pela ejeção do elétron. Contudo, o experimento demonstrava que o efeito fotoelétrico não ocorreria para radiação eletromagnética de qualquer frequência, pois a energia do fóton incidente deveria ser maior que a função trabalho do material ( $W_0$ ), a qual corresponde a energia mínima necessária para se arrancar o elétron da superfície do metal. A energia que restava era convertida em energia cinética do elétron arrancado ( $K$ ). Uma visualização esquemática do fenômeno pode ser acompanhada na Figura 5 logo abaixo onde a ejeção de elétrons de uma superfície como resultado da absorção de luz é chamada de efeito fotoelétrico.

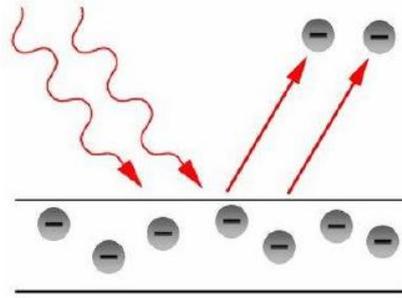


Figura 5: Figura esquemática do efeito fotoelétrico onde, as ondas luminosas (linhas onduladas vermelhas) atingem uma superfície metálica e provocam a expulsão de alguns elétrons do metal.

Fonte: ensinoadistancia.pro.br

$$hf - W_0 = K.$$

Figura 6: Figura esquemática da equação que caracteriza a interação do fóton com o elétron da superfície.

Para o radiodiagnóstico esse fenômeno é de fundamental importância, sendo o responsável pela formação das imagens quando o fóton de Raio X tem maior probabilidade de realizar o efeito fotoelétrico (YANIKIAN, 2015).

#### 4.3.2 O Efeito Compton

De forma simplificada, o Efeito Compton, no arcabouço corpuscular, estuda o espalhamento sofrido pelo fóton do Raio X que ao colidir com o elétron do material, transferindo para momento linear. Nesse sentido, a energia cinética do elétron aumentaria, enquanto que a energia do fóton

incidente sofreria diminuição. No arcabouço ondulatório, ocorreria uma diminuição da frequência (ou aumento do comprimento de onda) da radiação eletromagnética incidente. Originalmente, Compton realizou o experimento incidindo Raio X num alvo de grafite. A Figura 7 mostra esquematicamente o efeito Compton ou espalhamento Compton ou espalhamento incoerente.

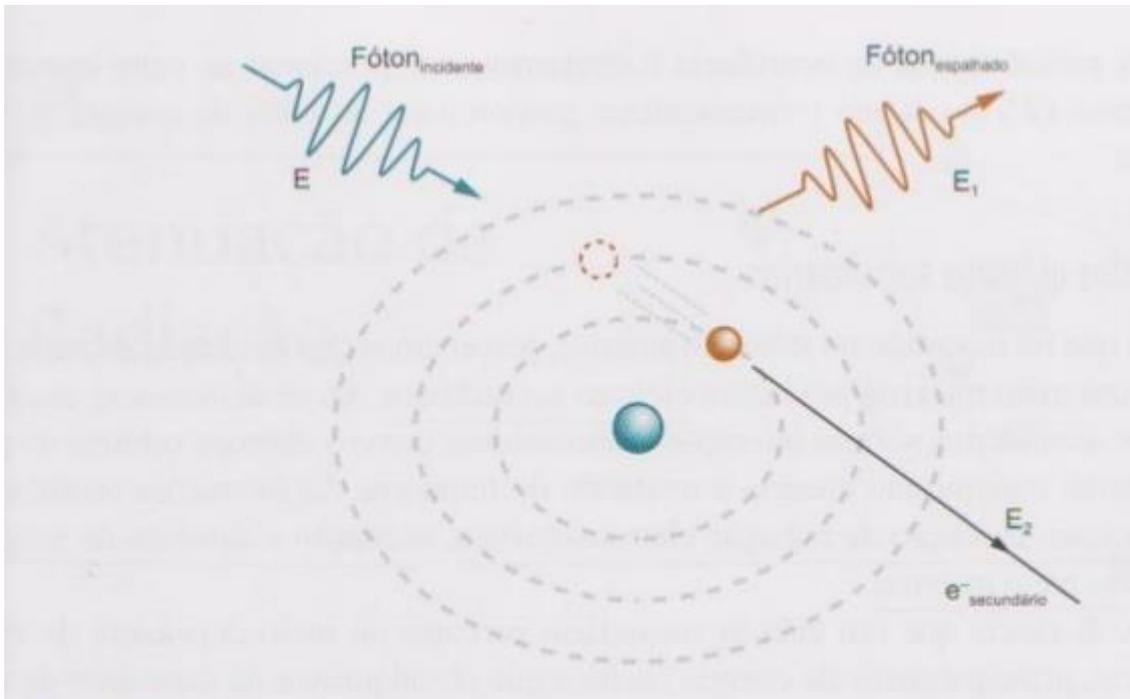


Figura 7: Representação do espalhamento Compton

Fonte: Física Radiológica – João Gilberto Tilly Júnior

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos\phi),$$

Figura 8: Esquema da equação que define o efeito Compton

em que  $\lambda'$  e  $\lambda$  representam, respectivamente, os comprimentos de onda do fóton espalhado e incidente;  $h$  é a constante de Planck;  $m$  é a massa do elétron ( $9,11 \cdot 10^{-31} kg$ );  $c$  é a velocidade da luz;  $\phi$  é o ângulo de espalhamento do fóton. O efeito Compton é base para a realização da tomografia computadorizada.

#### 4.3.3 Produção de Pares

A descoberta da produção de pares surgiu em 1933 durante pesquisas sobre radiação cósmica. Essa descoberta explicou a absorção de Raios X e os coeficientes de atenuação dos materiais. A produção de pares acontece quando um fóton com energia mínima de 1,022 MeV (frequência a partir de 2,5

x 10<sup>20</sup> Hz) colide com um núcleo, cedendo toda sua energia para o núcleo e dando origem a um par de partículas, o par elétron-pósitron. O pósitron é a antipartícula do elétron, possuindo mesma massa e carga de sinal contrário ao do elétron. Na interação fóton-núcleo o recuo do núcleo é tão pequeno que acaba sendo ignorado. Em suma, podemos dizer que o fóton colide com o núcleo e como resultado da colisão, toda a energia do fóton incidente se distribui igualmente entre um par elétron-pósitron gerado durante a interação. Embora o elétron e o pósitron sejam formados do núcleo com a mesma energia, eles acabam mostrando uma pequena diferença de energia à medida que se afastam do núcleo. Devido à interação coulombiana entre essas partículas carregadas e o núcleo, o pósitron que é positivo acaba sendo repelido pelo núcleo através de uma força eletrostática e o elétron acaba sendo freado por causa da força atrativa. Dessa forma, existe uma pequena diferença de energia entre o elétron e o pósitron quando ejetados do núcleo. A Figura 9 mostra esquematicamente o fenômeno da produção de pares.

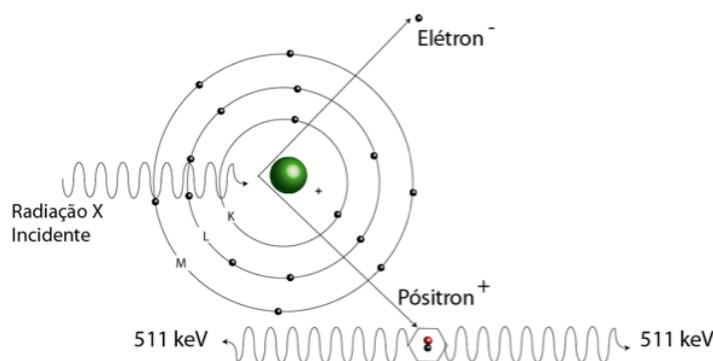


Figura 9: Figura esquemática da produção de pares.

Fonte: rle.dainf.ct.utfpr.edu.br

Devido a aplicação do fenômeno da produção de pares na explicação da atenuação da radiação, sua aplicação em exames de imagens mostra-se preeminente.

#### 4.4 RAIOS X

Os Raios X são gerados quando elétrons, acelerados por alta tensão, são lançados contra um meio material, perdendo e transferindo energia para o meio; a produção de Raio X é, fundamentalmente, um fenômeno elétrico, pois resulta da interação entre elétrons em movimento e átomos de um meio material (TILLY JUNIOR, 2010)

O conceito de radiologia diz que é a ciência que com a utilização de Raios X e de filmes radiográficos, procura fornecer uma imagem “interna” que pode ser chamada de “imagem histo radiográfica”, pois fornece imagens dos constituintes e da estrutura de uma região anatômica, invisíveis a olho nu (FREITAS et al., 1998). A Radiação é indispensável na medicina moderna, e o

exame radiográfico é um dos principais métodos de diagnóstico utilizado em todos os campos dos serviços médicos e contribui para a promoção da saúde, quer ao nível individual ou coletivo, quer ao nível municipal, regional, estadual ou nacional. De acordo com isto, uma determinada dose de radiação é inevitavelmente enviada aos pacientes e população (OKANO & SUR, 2010).

A radiação ionizante foi descoberta em Novembro de 1895 por Wilhelm Röntgen, causou um impacto não somente nos meios científicos, mas também entre os leigos que, num curto espaço de tempo conseguiu compreender quase todas as características físicas, no entanto houve situações que demonstraram que estas radiações eram não só extremamente úteis, mas também perigosas. Foram necessários 30 anos até serem definidas medidas de proteção de radiação e o conceito de um limite de exposição (ENGER-HILLS, 2006).

Röntgen estudou durante três dias as propriedades dos Raios X, tendo a noção da importância do que havia descoberto, e dando-lhe o nome de Raios X por não ter total ideia do que se tratava, sendo X a incógnita da matemática (FREITAS et al., 1998).

## 4.5 EXAMES DE RADIODIAGNÓSTICO

### 4.5.1 TOMOGRAFIA

A tomografia computadorizada também apresenta como princípio básico o Raio X, deste modo, as estruturas vão demonstrar as mesmas características de imagem da radiologia geral; a grande vantagem é permitir a realização de cortes axiais ou transversos do corpo humano, e com uma resolução de imagem muito superior (MELLO JUNIOR, 2010).

Na tomografia, o tubo de Raio X e os detectores de dados se movem em relação ao paciente durante a obtenção de imagens. Este movimento resulta na obtenção de uma secção anatómica (BONTRAGER, 2003).

A tomografia é considerada uma técnica radiográfica que fornece a imagem de uma secção ou corte da estrutura de interesse, enquanto que as estruturas que estão acima ou abaixo da região de corte aparecem borradas. As imagens das estruturas são produzidas como se nelas tivessem sido realizados vários cortes, em vários planos de espessura, relativamente pequenos. É uma técnica bastante útil quando é necessário obter imagem de alguma estrutura que sofra sobreposição de estruturas anatómicas como no caso de componentes do ouvido médio e interno que são encobertos pelo osso temporal (BERNI et al., 2003).

Existem diferentes técnicas para reconstruir imagens tomográficas, como a retroprojeção simples, que sua proposta geral é gerar uma imagem transversal 2D da atividade de uma fatia dentro do objeto, usando os perfis de projeção obtidos para essa fatia. Na retroprojeção as contagens

registradas em um determinado elemento do perfil de projeção são divididas uniformemente entre os pixels que caem dentro de seu caminho de projeção (BORGERT, 2006).

A Tomografia é um método de diagnóstico capaz de fornecer imagens de alta qualidade e ótima resolução espacial, podendo realizar reconstruções em diversos planos e também avaliar estruturas menos densas através da administração de meios de contraste (FELIX, 2013). Porém hoje é o exame que mais emite radiação ionizante, podendo ser 10 vezes superior aos aparelhos de Raio X convencionais. Entretanto os aparelhos de tomografia produzem imagens muito mais nítidas (DIMESTEIN, 2011).



Figura 10: Ilustração de aparelho de Tomografia ou Tomógrafo  
Fonte: Blog da radiologia. Acesso 18 de maio 2018

O aparelho de tomografia ou tomógrafo é formado por um tubo de Raio X conectado a um sistema de detectores. Este conjunto gira 360° em torno do paciente. De acordo com a densidade dos tecidos, o feixe de Raio X será atenuado. Após esta interação, o feixe atinge os detectores. A cada giro de 360° é produzido um conjunto de sinais analógicos que são transmitidos para o sistema computadorizado, onde são transformados em imagem. A mesa também se movimenta, criando posicionamentos perfeitos para o corte tomográfico desejado para o exame determinado (Rubens, 2018).

#### 4.5.2 RAIOS X

Em 1904, a Siemens-Reiniger produziu o primeiro aparelho de raios-X com um gerador monofásico e retificação de onda completa. Segundo ROSENBUSCH et al., (1995), esse tipo de gerador possibilitou a produção de maior quantidade de raios-x e a consequente redução dos tempos de exames. Quanto menor o tempo do exame, melhor a qualidade da radiografia, pois diminui a possibilidade de movimentos voluntários ou involuntários, do paciente, que provocam manchas nas imagens (AMMANN; KUTSHERA, 1997; ROSENBUSCH et al., 1995).

O que mais impressionava as pessoas era o poder de penetração dos raios-X e a possibilidade de visualização do interior do corpo humano através das vestes e do tegumento cutâneo. A imagem obtida com os raios catódicos foi de início considerada como um tipo especial de fotografia (REZENDE, 2009).

Conforme relato de Alan Bleich em seu livro *The story of X-rays from Roentgen to Isotopes*, de 1960, a radiografia passou a ser objeto de curiosidade e até de preocupação devido invadir a privacidade do corpo humano, oferecendo do mesmo uma representação fotográfica (BLEICH, 1960).

Desde que os perigos dos Raios X foram detectados, passaram a utilizar as proteções de chumbo, e a partir daí, a proteção radiológica tem se desenvolvido até se constituir uma infraestrutura complexa e controles de forma a fornecer noções de como esta proteção seria implementada (ALVARES & TAVANO, 1998).

A utilização dos Raios X é uma necessidade devido à sua grande utilidade e benefício no diagnóstico de patologias. Mesmo reconhecendo a existência das normas, a falta de percepção expõe a vários problemas como falta de informação sobre a necessidade de realização de exames médicos periódicos dos profissionais, faltam conhecimento na correta utilização do equipamento de Raios X, desconhecimento da necessidade de calibração periódica do aparelho radiológico, ineficiência no cumprimento das normas de radioproteção, uso inadequado do equipamento de proteção individual (EPI) e ausência de um manual de normas das atividades profissionais (SANTOS et al., 2007).

Quando os pacientes são submetidos a exames de Raios X, milhões de fótons passam através de seus corpos. Estes podem danificar qualquer molécula por ionização, mas os danos no DNA dos cromossomas são de particular importância. A maioria dos danos do DNA é reparada imediatamente, mas, por vezes, uma parte de um cromossoma pode ser permanentemente alterada (ocorre uma mutação). Isso pode levar, em última instância, à formação de um tumor. O período de latência entre a exposição a Raios X e o diagnóstico clínico de um tumor pode ser de muitos anos (EUROPEAN COMMISSION, 2004).

Foram necessários mais sete anos para que o engenheiro W. D. Coolidge idealizasse o tubo de alto vácuo com focalização de feixe, semelhante aos tubos modernos, possibilitando um grande avanço na qualidade e reprodutibilidade dos feixes de raios-x. (AMMANN; KUTSHERA, 1997; ROSENBUSCH et al., 1995).

Outros dois importantes componentes no processo de formação da imagem são os colimadores e a grade antidifusora. A colimação do feixe de Raios-X possibilita a identificação e limitação da radiação na área de interesse radiográfico, reduzindo a área irradiada e a radiação espalhada, enquanto a grade antidifusora reduz a radiação espalhada que chega ao receptor de

imagem. Quanto menor for a radiação espalhada, melhor será a qualidade da imagem. Entre 1903 e 1908, foram desenvolvidos os colimadores (cônicos, cilíndricos e reguláveis) e a luz de campo, respectivamente. O colimador regulável com a luz de campo possibilita a visualização e limitação da área que será irradiada, em quaisquer distâncias. O sistema de colimação regulável passou a ter a luz de campo acoplada em 1938. A grade antidifusora, desenvolvida pelo radiologista Gustav Bucky, em 1912, passou a ser comercializada em 1921, pela General Electric – GE (AMMANN; KUTSHERA, 1997, ROSENBUSCH et al., 1995).

Todas essas tecnologias foram desenvolvidas, principalmente, visando à melhoria da qualidade da imagem e a realização de novos exames. O uso de colimadores e grade antidifusora é um bom exemplo, pois eram utilizados visando à redução da radiação espalhada no paciente e a melhoria da qualidade da imagem, em equipamentos sem nenhuma proteção da ampola, que emitia radiação em todas as direções (NAVARRO, 2009).

Por estes motivos, os profissionais que trabalham com radiodiagnóstico, bem como os usuários destas técnicas, devem se precaver em relação à radiação.



Figura 11: Ilustração de equipamento de Raio X.

Fonte: <http://entrieriosnoticias.com.br> – Equipamentos Radiológicos

#### 4.6 PROTEÇÃO AOS PROFISSIONAIS

A limitação da dose é uma prática bem definida na proteção radiológica dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs). Cada IOE deve ser monitorado mensalmente para assegurar que não irá receber doses ocupacionais acima dos limites. A monitoração frequente das doses

recebidas pelos profissionais pode indicar práticas relacionadas a altas exposições ocupacionais e assim determinar estratégias de proteção radiológica mais eficientes e objetivas (Valentin, 2000).

Ainda que os profissionais recebam baixa exposição a Raio X, medidas de proteção aos operadores são essenciais para minimizar a exposição ocupacional a radiação ionizante. Medidas de proteção aos operadores incluem a implantação de um programa de proteção radiológica, recomendações para dosímetros pessoais e o uso de barreiras protetoras (OKANO & SUR, 2010).

Os dosímetros permitem determinar a exposição a uma dose de radiação. A dose de radiação é a quantidade de energia absorvida por unidade de massa num local. Existem vários tipos de aparelhos para medir a exposição à radiação (PRAMOD, 2011).

Os operadores de equipamentos radiográficos devem ter presente, sempre que possível barreiras de proteção. Preferencialmente, as barreiras deverão conter uma janela de vidro com chumbo para que o operador possa visualizar o paciente durante o período de exposição (ADA, 2012).

É normalmente considerando boa prática que o pessoal não essencial abandone a sala durante a radiografia. O operador e o equipamento devem estar posicionados de modo a que o operador tenha uma boa visualização do paciente, de outro pessoal que esteja presente na sala, e da luz de presença do aparelho. Isto é feito para que se possa avaliar que todos estão corretamente posicionados no início da exposição, e que a mesma termina de modo correto (EUROPEAN COMMISSION, 2004).

Para que os radiodiagnósticos possam contribuir para salvar vidas e/ou aumentar a expectativa de vida, é necessário que sejam realizados de forma adequada. Se as condições não forem satisfeitas, essa potente ferramenta de diagnóstico e prevenção deixa de ser uma solução para o sistema de saúde pública e passa a ser um problema (OMS, 2001; OPAS, 1997).

#### 4.7 PROTEÇÃO AOS PACIENTES

Quando um paciente é exposto a um feixe de radiação absorve cerca de 90% dos prótons dos Raio X, mas apenas 10% serão utilizados na produção da imagem radiográfica (PRAMOD, 2011). Os pacientes tendem a ser mais cooperantes e receptivos a procedimentos radiográficos quando é providenciada proteção para a radiação. A proteção para os pacientes inclui o uso de colares e de aventais de chumbo durante exames radiográficos. Os colares de chumbo foram desenvolvidos para proteção da glândula tiroide. Tem-se vindo a perceber que estes colares reduzem substancialmente a radiação na tiroide durante exames dentários radiográficos (WILLIAMSON, 2010).

A quantidade de radiação dispersa que o abdómen de um paciente recebe durante um exame radiográfico bem conduzido é insignificante. A glândula tiroide é mais suscetível à exposição à

radiação durante os exames radiográficos odontológicos devido à sua posição anatômica, principalmente nas crianças. Os colares de proteção da tireoide reduzem significativamente a exposição à radiação da tireoide durante os procedimentos. Tendo em conta que todas as precauções para minimizar a exposição à radiação deverão ser tomadas, os colares de proteção da tireoide deverão também ser usados sempre que possível (ADA, 2012).

Segundo o Ministério da Saúde (2002), a exposição a radiações para fins médicos deverá processar-se tendo em conta dois princípios, o primeiro, evitar a utilização de aparelhos produtores de radiações ou materiais radioativos, salvo se essa utilização for justificada pelas vantagens que possam advir para o indivíduo, e segundo, otimizar a proteção e segurança contra radiações, de forma que a exposição do indivíduo seja tão pequena quanto possível para obtenção dos resultados esperados.

A justificação clínica que leva à exposição médica deve seguir o princípio de que nenhuma prática que envolva exposição à radiação deverá ser levada a cabo a não ser que produza, para os indivíduos expostos ou para a sociedade, benefícios suficientes que equilibrem os riscos que esta exposição provoca. Para práticas médicas de diagnóstico não é uma tarefa simples quantificar o benefício e o detrimento da radiação. É normalmente o caso de que as exposições de diagnósticos médicos são justificadas meramente por ser demonstrado que existe um benefício clínico válido para o paciente (ENGER-HILLS, 2006).

A proteção para a radiação dos pacientes envolve decisões médicas e técnicas. As decisões médicas incluem a consideração de um exame ser ou não necessário, qual o exame seria mais apropriado e quais as possíveis contraindicações para o paciente em questão. As decisões técnicas estão relacionadas com a escolha do equipamento apropriado e à técnica utilizada (ENGER-HILLS, 2006).

De acordo com a OMS (1958), a segurança é um princípio fundamental do cuidado ao paciente e um componente crítico de qualidade de gestão. A sua melhoria exige um complexo esforço do sistema como um todo, envolvendo uma ampla gama de ações de melhoria de desempenho, segurança do ambiente de trabalho e gestão de risco, incluindo o controlo de infeção, uso seguro de medicamentos, segurança dos equipamentos, a prática clínica segura e ambiente seguro de cuidados.

Sempre que um paciente seja submetido a uma exposição radiológica, este deverá receber um relatório assinado pelo médico responsável pela execução, contendo a identificação da instalação radiológica (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

## 4.8 GESTANTES

A aplicação de radiações ionizantes em procedimentos médicos realizados em mulheres grávidas é desaconselhada na maioria das condutas clínicas e contraindicada pelos especialistas. A falta de informações sobre os limiares de dose fetal segura e ausência de técnicas experimentais que possam estimar a distribuição de dose periférica na região abdominal são os principais motivos para o comportamento evasivo e discrepante entre as decisões e condutas dos especialistas médicos da área (KRY et al., 2007).

O receio em relação ao tratamento com radiações ionizantes, em muitos casos, não encontra respaldo na literatura, que (embora escassa sobre o assunto) ilustra situações de casos clínicos onde o feto, mesmo após submetido à radiações, teve o nascimento saudável e seguimento da qualidade de vida com até quinze anos pós irradiação, gozando da idade juvenil sem apresentar sequelas radiobiológicas (BEDNARZ, 2008).

Dados de anomalias desenvolvidas em fetos e crianças irradiadas referem-se, na maioria dos relatos, de casos resultantes do desastre radiológico da bomba de Hiroshima, como, por exemplo, a diminuição do tamanho da cabeça, aumento do retardo mental e até a letalidade. No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos de baixas doses em feto, nem mesmo da exposição médica controlada (STOVALL et al., 2005). Nos casos de tumores da região pélvica, a radioterapia é contraindicada por gerar dose de radiação absorvida letal ao feto (KAL, 2005).

## **5 METODOLOGIA**

Trata-se de uma pesquisa que tem seu foco no desenvolvimento, avaliação e aperfeiçoamento de instrumentos e estratégias metodológicas. O objetivo desse tipo de estudo é a elaboração, avaliação e validação de instrumentos para torná-los confiáveis (POLIT et al, 2004).

Diante do exposto nos tópicos anteriores, foi observada a necessidade de tornar mais acessível e mais dinâmica o aprendizado de conceitos pertinentes às radiações, à legislação que rege suas práticas e a proteção aos pacientes e profissionais da área de radiodiagnóstico.

A sequência do trabalho compreende duas etapas: primeiro o levantamento bibliográfico sobre os assuntos por meio de uma revisão integrativa com o objetivo de sintetizar as principais evidências científicas sobre a temática a serem abordados na cartilha e posteriormente a construção do material educativo. Os materiais educativos precisam ser atrativos, objetivos, não podendo ser muito extensos e devem dar uma orientação significativa sobre o tema e atender às necessidades específicas de uma determinada situação, para que as pessoas se sintam estimuladas a lê – lo (ECHER, 2005).

Após todo o levantamento bibliográfico, passou – se à fase de escrita da dissertação e da escrita da cartilha. Para a confecção da cartilha teve – se o cuidado de escolher a paleta de cores, as imagens, e o texto. Toda a definição de cores e imagens foram escolhidas e definidas em parceria com o designer gráfico que pôde orientar a melhor maneira de definir as melhores cores e a disposição do texto e imagens.

Ao final da cartilha, teve – se o cuidado de inserir uma história em quadrinhos retratando um diálogo entre um casal de uma forma bem lúdica mostrando como solicitar os equipamentos de proteção individual para a realização dos exames de radiodiagnósticos.

## 5.1 CONFECÇÃO DA CARTILHA

A confecção da cartilha foi resultado de um busca na literatura por conteúdos ligados à radiação, Raio X, tomografia, proteção dos pacientes durante a realização de exames de radiodiagnóstico e proteção dos profissionais de radiodiagnóstico.

Essa revisão de literatura levou alguns meses até que pudemos consolidar o material para que pudesse ser enviado ao designer gráfico para que juntos pudessemos elaborar a cartilha e escolher as imagens que seriam contempladas na mesma.

Na primeira página, é feita uma pequena da apresentação da cartilha informando o objetivo da mesma e os autores. Na sequência temos uma página explicando sobre o que consiste as radiações, as diferentes denominações que a onda recebe.

Logo em seguida temos uma página com uma breve explicação sobre o Raio X e uma imagem, exemplificando um dos modelos do equipamento utilizado no radiodiagnóstico, e uma página falando da tomografia com uma imagem de um tomógrafo. É super importante o paciente saber a diferença entre os dois exames devido a quantidade de radiação que o mesmo pode receber durante a realização de um exame.

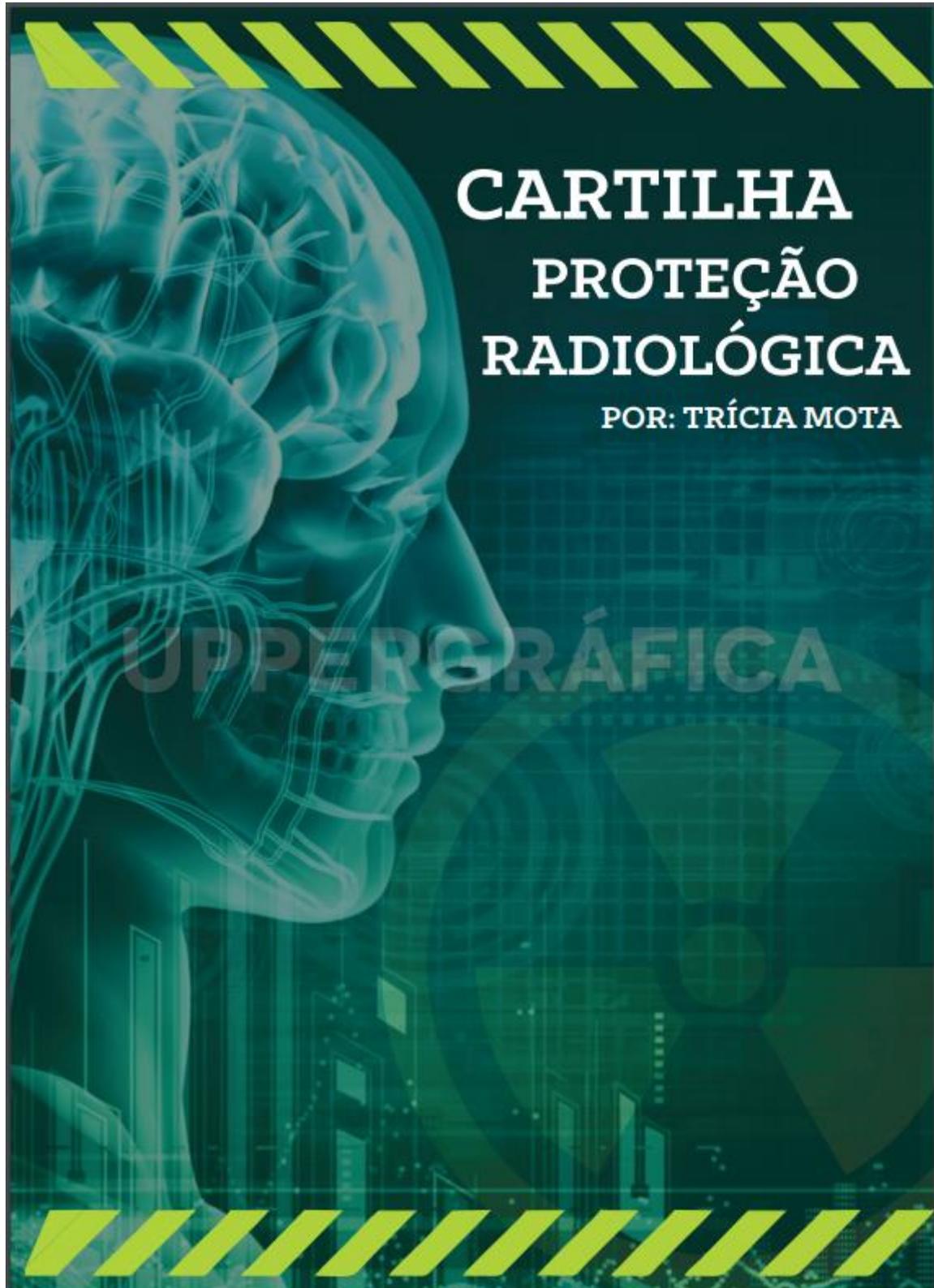
Por último e não menos importante, temos duas páginas dedicadas à proteção dos pacientes e proteção dos profissionais ambas com imagens dos equipamentos de proteção e uma página com exemplos de proteção para alguns exames de radiodiagnóstico como por exemplo: um paciente usando aventais de chumbo, colares de proteção da tireóide e óculos de proteção.

Essas três últimas páginas merecem uma atenção especial tendo em vista que muitas vezes por desconhecimento da normativa, alguns profissionais não se protegem de forma correta e adequada durante a sua jornada de trabalho e o paciente por desconhecimento, não cobra da empresa que realiza o exame, a sua vestimenta de proteção individual.

Ao final da cartilha é apresentado uma história em quadrinhos em forma de diálogo entre um

casal sobre as formas de se protegerem ao realizarem algum exame de radiodiagnóstico.

## 5.2 PRODUTO FINAL



Esta cartilha tem como objetivo informar conceitos, e as formas de segurança na hora de realizar um exame de radiodiagnóstico seja ela um raio-x ou uma tomografia. É destinada à pessoas leigas, técnicos de radiologia e curiosos do mundo da radiológico.

Foi confeccionado por Trícia Anita Arruda da Mota, aluna do mestrado em Engenharia Biomédica da Universidade de Brasília, campus Gama, sob a orientação do prof. Dr Ronni Geraldo Amorim, como parte do requisito para obtenção do título de mestre.

## APRESENTAÇÃO



A radiação é a emissão e propagação de energia pelo espaço ou através de uma substância na forma de ondas ou partículas. A radiação consiste em partículas subatômicas que têm massa e viajam a alta velocidade para transmitir a sua energia cinética. Os Raios X são ondas eletromagnéticas cuja frequência encontra-se na parte não visível, e possuem certas propriedades que nos permitem, entre outras coisas, ver diferenças na densidade de objetos opacos.

Segundo o Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN), o conceito de radiação é: qualquer processo físico de emissão e propagação de energia, por intermédio de fenômenos ondulatórios ou por meio de partículas dotadas de energia cinética.

De acordo com sua frequência, uma onda recebe denominações diferentes, como micro-ondas, radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, radiação gama, em ordem crescente de frequência.

#### **Gestantes**

A aplicação de radiações ionizantes em procedimentos médicos realizados em mulheres grávidas é desaconselhada na maioria das condutas clínicas e contra indicada pelos especialistas, devido a falta de informações sobre os limiares de dose fetal segura e ausência de técnicas experimentais que possam estimar a distribuição de dose periférica na região abdominal.

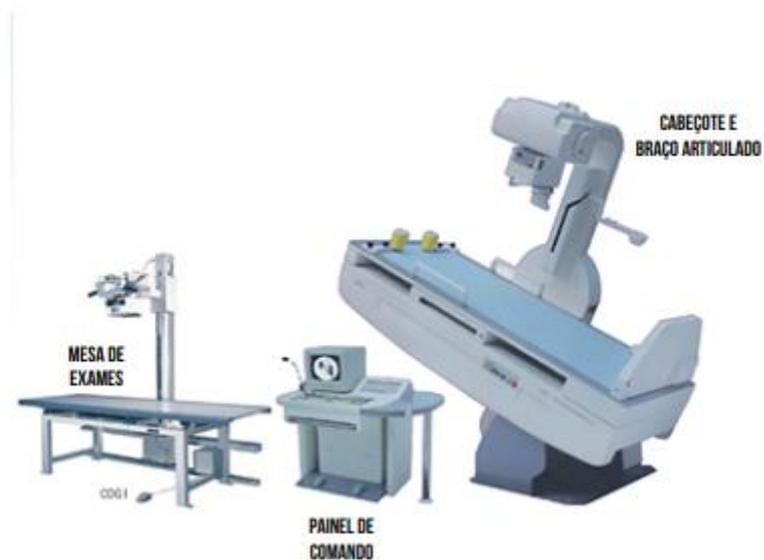
Dados de anomalias desenvolvidas em fetos e crianças irradiadas referem-se, na maioria dos relatos, de casos resultantes do desastre radiológico da bomba de Hiroshima, como, por exemplo, a diminuição do tamanho da cabeça, aumento do retardo mental e até a letalidade.



A utilização dos Raios X é uma necessidade devido à sua grande utilidade e benefício no diagnóstico de patologias

Na realização de um exame radiológico, a partir da interação dos Raios X com a matéria, a última etapa da cadeia de obtenção de uma imagem radiográfica é o registro da imagem da anatomia de interesse sobre um elemento sensível a radiação. A quantidade de Raio X que atravessa o corpo humano depende da constituição da região ou do órgão radiografado.

Desde que os perigos dos Raios X foram detectados, passaram a utilizar as proteções de chumbo, e a partir daí a proteção radiológica tem se desenvolvido até se constituir uma infraestrutura complexa e controles de forma a fornecer noções de como esta proteção seria implementada.



Na tomografia, o tubo de Raio X e os detectores de dados se movem em relação ao paciente durante a obtenção de imagens. Este movimento resulta na obtenção de uma secção anatômica.

As imagens das estruturas são produzidas como se nelas tivessem sido realizados vários cortes, em vários planos de espessura, relativamente pequenos. É uma técnica bastante útil quando é necessário obter imagem de alguma estrutura que sofra sobreposição de estruturas anatômicas como no caso de componentes do ouvido médio e interno que são encobertos pelo osso temporal.

A Tomografia é um método de diagnóstico capaz de fornecer imagens de alta qualidade e ótima resolução espacial, podendo realizar reconstruções em diversos planos e também avaliar estruturas menos densas através da administração de meios de contraste. Porém hoje é o exame que mais emite radiação ionizante, podendo ser 10 vezes superior aos aparelhos de Raio X convencionais, entretanto os aparelhos de tomografia produzem imagens muito mais nítidas.



A proteção para a radiação dos pacientes envolve decisões médicas e técnicas. As decisões médicas incluem a consideração de um exame ser ou não necessário, qual o exame seria mais apropriado e quais as possíveis contraindicações para o paciente em questão. As decisões técnicas estão relacionadas com a escolha do equipamento apropriado e à técnica utilizada.

Sempre que um paciente seja submetido a uma exposição radiológica, este deverá receber um relatório assinado pelo médico responsável pela execução, contendo a identificação da instalação radiológica.

Alguns itens de segurança para o paciente:

- Colares de proteção da tireoide;
- Aventais de chumbo;
- Óculos;



Ainda que os profissionais recebam baixa exposição a Raios X, medidas de proteção aos operadores são essenciais para minimizar a exposição ocupacional a radiação ionizante. Medidas de proteção aos operadores incluem a implantação de um programa de proteção radiológica, recomendações para dosímetros pessoais e o uso de barreiras protetoras.

Os dosímetros permitem determinar a exposição a uma dose de radiação. A dose de radiação é a quantidade de energia absorvida por unidade de massa num local. Existem vários tipos de aparelhos para medir a exposição à radiação.

Os operadores de equipamentos radiográficos devem ter presente, sempre que possível, barreiras de proteção. Preferencialmente, as barreiras deverão conter uma janela de vidro com chumbo para que o operador possa visualizar o paciente durante o período de exposição.



**Aventais de chumbo:** produzidos de diferentes formatos e tamanhos, tem o objetivo de proteger a região torácica e abdominal dos raios ionizantes. Devem sempre ser utilizados por profissionais nas salas de exame e para os pacientes quando outras regiões do corpo estiverem sendo avaliadas para evitar uma exposição desnecessária.



**Protetores de tireóide:** essa glândula é um órgão muito sensível à radiação e os protetores são usados como colares para proteger a glândula quando a sua utilização não atrapalha a realização do exame necessário.

**Protetor de gônadas:** assim como a tireoide, os aparelhos reprodutores femininos e masculinos também são sensíveis à radiação. Deve ser incentivado o uso de protetores quando não interferem na qualidade do exame.



**Óculos plumbíferos:** garante à visibilidade a proteção dos olhos.



### Portaria 453

Os titulares devem implementar um programa de treinamento anual, integrante do programa de proteção radiológica, contemplando, pelo menos, os seguintes tópicos:

- a) Procedimentos de operação dos equipamentos, incluindo uso das tabelas de exposição e procedimentos em caso de acidentes.
- b) Uso de vestimenta de proteção individual para pacientes, equipe e eventuais acompanhantes.
- c) Procedimentos para minimizar as exposições médicas e ocupacionais.
- d) Uso de dosímetros individuais.
- e) Processamento radiográfico.
- f) Dispositivos legais

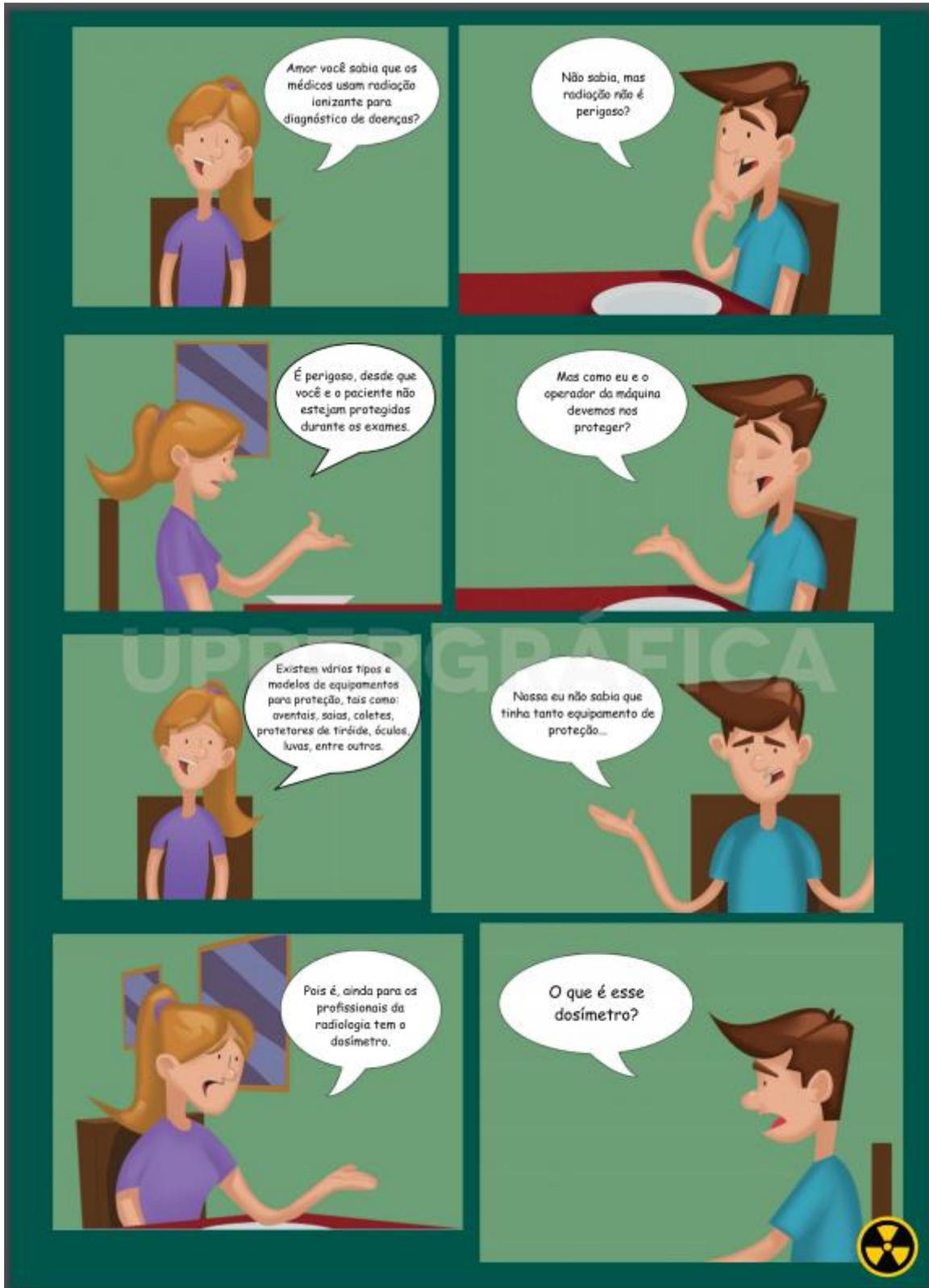
Os titulares e empregadores, no âmbito do seu estabelecimento, são responsáveis pela segurança e proteção dos pacientes, da equipe e do público em geral e para tanto devem contemplar ao menos os seguintes tópicos:

- a) assegurar que estejam disponíveis os profissionais necessários em número e com qualificação para conduzir os procedimentos radiológicos;
- b) Incumbir aos médicos ou odontólogos do estabelecimento a tarefa e obrigação primária de garantir a proteção global do paciente na requisição e na realização do procedimento radiológico
- c) Assegurar que nenhum paciente seja submetido a uma exposição médica sem que seja solicitada por um médico, ou odontólogo
- d) Zelar para que as exposições médicas de pacientes sejam as mínimas necessárias para atingir o objetivo radiológico pretendido
- e) Prover as vestimentas de proteção individual para a proteção dos pacientes, da equipe e de eventuais acompanhantes.

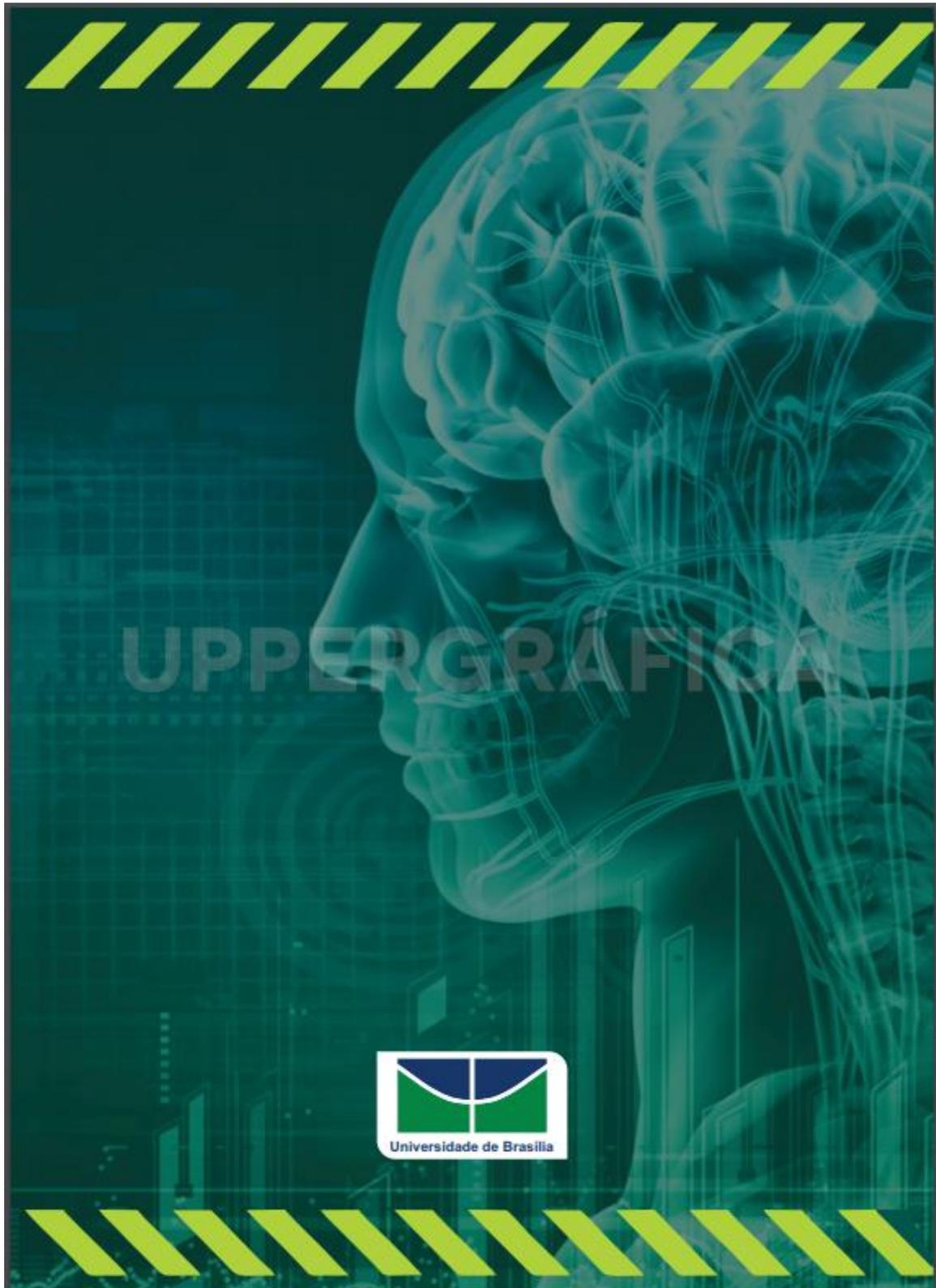


- ALVARES, L. & TAVANO, O., (1998). **Curso de Radiologia em Odontologia**. São Paulo. L.S. Santos.
- AMERICAN DENTAL ASSOCIATION - ADA, (2012). **Dental Radiography Examinations: Recommendations for Patient Selection and Limiting Radiation Exposure- Revised**. Public Health Service, Food and Drug Administrations.
- BERNI NRC, FREITAS C, GOUVEIA AT, PEREIRA MF, BOLZAN M. **Estudo da ocorrência de alterações morfológicas ou degenerativas da ATM utilizando a tomografia linear**. Rev Assoc Bras Reab Oral 2003.
- BLOG DA RADIOLOGIA. Acesso: < <http://radiologia.blog.br>> Acesso em: 18 de maio 2018.
- CNEN - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. NE – 3.01 de 01 de janeiro. **Estabelece os requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante**. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 2017.
- DICAS DE RADIOLOGIA. Acesso: < <http://dicasderadiologia.com.br/>> Acesso em: 18 de maio 2018.
- DIMENSTEIN, R.; HORNOS, Y.M.M. **Manual de Proteção Radiológica Aplicada ao Radiodiagnóstico**. 2.ed. São Paulo: Senac, 2011. Acesso em 19 de março 2018.
- ENGER-HILLS, P., (2006). **Radiation Protection in medical imaging**. Radiography. Vol.12. pp.153-160.
- FROMMER, H. H., (2001). **Radiology for dental auxiliaries**. 7ª ed. Mosby, Incorporated.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2002). **DIÁRIO DA REPÚBLICA — I SÉRIE-A**, Lisboa 8 de Agosto. Decreto-Lei n.º 180/2002.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Diagnostic imaging: what is it? when and how to use it where resources are limited?**. Geneva, 2001.
- OKANO, T., & SUR, J., (2010). **Radiation dose and protection in dentistry**. *Japanese Dental Science Review*. Vol.46. pp.112-121.
- OKUNO, E. **Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia**. *Estud. av. São Paulo*, v. 27, n. 77, 2013. Acesso em: 19 de março 2018.
- PRAMOD, J.R., (2011). **Textbook of Dental Radiology**. New Delhi. Jaypee Brothers Medical Publishers, Lda.
- PROFESSOR RICARDO PEREIRA / e-mail.: [rad\\_rick@hotmail.com](mailto:rad_rick@hotmail.com) – **Equipamentos Radiológicos**. Acesso em: 18 de maio 2018
- BEDNARZ B., XU X. G. **A feasibility study to calculate unshielded fetal doses to pregnant patients in 6-MV photon treatments using Monte Carlo methods and anatomically realistic phantoms**. *Med Phys*. 2008;35(7):3054-61
- STOVALI M., BLACKWELL C. R., Cundiff J, Novack DH, Palta JR, Wagner LK, et al. **Fetal dose from radiotherapy with photon beams: report of AAPM radiation therapy committee task group no. 36**. *Med Phys*. 2005;22(8):1353-4.









## 6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Segundo Angotti e Bastos (2001), é importante que o aprendizado do ensino de Física esteja relacionado as temáticas de situações e fenômenos do nosso cotidiano, permitindo a reflexão de seus

significados, reforçando a importância de um ensino contextualizado, no qual permita que o educando tome consciência dos princípios, conceitos e leis da Física que regem determinado sistema.

Na revisão bibliográfica realizada nesse trabalho, foi constatado tanto a falta de fiscalização quanto a falta de conhecimento em utilizar os protocolos de segurança em serviços de radiologia. Sendo que um dos principais problemas encontrados é o pouco conhecimento ou até o desconhecimento total sobre o que é radiação ionizante, tanto do profissional quanto do usuário do serviço.

A Portaria nº 453 da Anvisa, preconiza orientações rigorosas e precisas para a proteção e indivíduos que trabalham com radiação ionizante, não só para seu cumprimento, mas também para o uso correto dos equipamentos de proteção individual e coletiva, que podem minimizar os riscos decorrentes da exposição a que os indivíduos são acometidos durante sua jornada laboral.

Soluções possíveis para os problemas constatados seriam: capacitação de pessoal, observando as normas brasileiras vigentes, entre elas a norma brasileira de proteção radiológica da Comissão Nacional de Energia Nuclear (BRASIL, 1998), definindo parâmetros sobre a produção, o armazenamento de materiais e a prática que envolve as radiações ionizantes.

A exposição à radiação ionizante durante procedimentos diagnósticos e terapêuticos aumentou drasticamente nos últimos anos. Atualmente, observam-se crescentes interesse e cuidado com formas de proteção e de menor exposição possível aos efeitos radioativos.

Não se faz necessária a criação de novas leis, a falta de fiscalização é quem gera problemas, principalmente relacionados com a falta de formação continuada dos profissionais de radiodiagnóstico que estão diretamente expostos às radiações ionizantes.

Diante da problemática exposta, ainda se faz necessário pensar nos docentes dos cursos técnicos e tecnológicos de radiologia. Para Luz (2013), nas dezesseis instituições pesquisadas, apenas 22% dos profissionais possuem formação em Física Licenciatura, e 17% em Física Médica. O grupo restante, que atinge 61% do total dos professores, abrange profissionais com formação em Fisioterapia, Engenharia, Enfermagem, Medicina e Tecnólogo em Radiologia. Esse aspecto pode estar diretamente relacionado a fragilidade do conhecimento de certos ramos da Física das Radiações da maioria dos profissionais.

A aplicação da radiação ionizante na medicina pode salvar vidas através de radiodiagnóstico onde, se consegue ter exames mais precisos entretanto, essas radiações também produzem danos biológicos. Seu uso deve ser feito de forma criteriosa, avaliando os riscos e benefícios.

A proteção radiológica visa proteger os profissionais da radiologia e o público em geral, cabe aos profissionais da área ter discernimento sobre os efeitos biológicos causados quando

expostos a doses de radiação ionizante. A maioria dos pacientes são mal orientados e não conhecem os efeitos que a exposição à radiação pode ocasionar, é muito importante, que todo profissional da radiologia, saiba o valor da radioproteção. Todos estão sujeitos a absorver dose de radiação ionizante, o próprio profissional, o paciente e os acompanhantes.

A utilização de materiais educativos impressos da área da saúde é prática comum no Sistema Único de Saúde (SUS). Manuais de cuidado em saúde, folhetos e cartilhas são capazes de promover resultados expressivos para os participantes das atividades educativas (ECHER, 2005). A contribuição desses materiais para a promoção da saúde depende dos princípios e das formas de comunicação envolvidos nos processos de elaboração.

A correspondência entre os interesses e as necessidades dos leitores de cartilhas é outro elemento fundamental no processo de construção desse tipo de recurso educativo. A qualidade da cartilha, bem como a adequação da linguagem e das ilustrações são aspectos considerados relevantes (WILKINSON; MILLER, 2007). Um material educativo de alta qualidade requer informações confiáveis e o uso de vocabulário claro, para permitir entendimento fácil de seu conteúdo (ENKIN et al., 2005).

É necessário esclarecer que a cartilha deve ser considerada como recurso complementar disponível à população. Seu conteúdo ajuda na tomada de decisões relacionadas aos cuidados, de acordo com as normas técnicas de segurança, que é essencial para o empowerment.

Acima de tudo, com a construção da cartilha, buscou-se superar a hegemonia que tem sido estabelecida na educação em saúde. Essa experiência significa reconhecer as limitações do conhecimento estabelecido e admitir outros saberes, que não são especializados, para a identificação das necessidades de saúde e o entendimento do contexto de vida e dos recursos utilizados pela população. Essa prerrogativa pressupõe superar o preconceito incluído na representação da clientela, o que implica tentar respeitar e entender a fala do outro, a fim de se influenciar o desenvolvimento de uma nova cultura no setor saúde (STOTZ; ARAÚJO, 2004).

Ao final do trabalho, conclui – se que o profissional da área nunca deve se expor e sempre estar protegido da radiação, fazendo o uso de equipamentos de proteção corretamente. A utilização da radiação ionizante para diagnóstico pode gerar danos à saúde e, para que não haja risco, se faz necessária a prática da radioproteção. É primordial a utilização da dosimetria para monitoração do profissional.

Muitas pessoas não são informadas sobre os riscos de se exporem á radiação ionizante e esse é um risco muito relevante á saúde da população (tanto os profissionais quanto os pacientes).

Nesse sentido, elaborar a cartilha foi um enorme desafio, pois não se trata de uma tarefa simples, requer muita dedicação, tempo e paciência, foi uma tarefa complexa e árdua. Para dar uma

maior visibilidade á cartilha, pretendo publicá –la em formato e-book assim, poderá alcançar um número maior de profissionais de radiodiagnóstico e a população de forma geral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABFM, XXIII Congresso Brasileiro de Física médica, IV Simpósio Sul Brasileiro de Física Médica, 2017. Disponível em: <[http://www.abfm.org.br/index.php?site=sobre\\_fisica\\_medica.php&m=1](http://www.abfm.org.br/index.php?site=sobre_fisica_medica.php&m=1)>. Acesso em: 04 abr 2017.

ALVARES, L. & TAVANO, O., (1998). Curso de Radiologia em Odontologia. São Paulo. L.S. Santos.

AMERICAN DENTAL ASSOCIATION-ADA, (2012). Dental Radiography Examinations: Recommendations for Patient Selection and Limiting Radiation Exposure- Revised. Public Health Service, Food and Drug Administrations.

AMMANN, E.; KUTSCHERA, W. X-Ray tubes: contínuos innovate technology. The British Journal of Radiology, v. 70, S1-S9, 1997.

ANGOTTI, J. A.; BASTOS, F. P. **Educação em Física:** Discutindo Ciência, Tecnologia e Sociedade.V.7, N.2, P.183-197, 2001.

ARAÚJO M. R. N., ASSUNÇÃO R. S. A. Atuação do agente comunitário de saúde na promoção da saúde e na prevenção de doenças. Rev Bras Enferm 2004 janeiro/fevereiro; 57(1):19-25.

ARIAS, A. C. La Regulación de la Protección Radiológica y la Función de las Autoridades de Salud. Rev. Panam Salud, v. 20, n. 2-3, 2006.

AZEVEDO, A. C. P., 2012. Radioproteção em serviços de saúde. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz; Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. Available at: Acesso: <<http://www.fiocruz.br>> Acesso em: 19 de março 2018.

BEDNARZ B., XU X. G. A feasibility study to calculate unshielded fetal doses to pregnant patients in 6-MV photon treatments using Monte Carlo methods and anatomically realistic phantoms. Med Phys. 2008;35(7):3054-61

BERNI NRC, FREITAS C, GOUVEIA AT, PEREIRA MF, BOLZAN M. Estudo da ocorrência de alterações morfológicas ou degenerativas da ATM utilizando a tomografia linear. Rev Assoc Bras Reab Oral 2003.

BLEICH, A. The Story of X-rays from Roentgen to Isotopes. New York, Dover Publications, 1960.

BONTRAGER, K.L. Tratado de técnica radiológica e base anatômica. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2003.

BORGES, L.C.ASB e TSB - Formação e Prática da Equipe Auxiliar 2015. Disponível em: BRAND, CTIC, FONTANA RT, & SANTOS, AVD. A saúde do trabalhador em radiologia:

algumas considerações. *Texto and Contexto Enfermagem*. 2011; 20(1), 68-75. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/tce/v20n1/08.pdf> .

BORGERT, M. B. *Basics of SPECT, PET and PET/CT Imaging*. 2006

BRAND, CTIC, FONTANA RT, & SANTOS, AVD. A saúde do trabalhador em radiologia: algumas considerações. *Texto and Contexto Enfermagem*. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/tce/v20n1/08.pdf> . Acesso em: 19 de março 2018.

BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Portaria n°. 453, de 1º de junho de 1998. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN n°. 27/2005. Norma CNEN NN-3.01 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Diário Oficial [da] União da República Federativa do Brasil, Brasília, 06 jan. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria-Executiva. Área de Economia da Saúde e Desenvolvimento. Avaliação de tecnologias em saúde: ferramentas para a gestão do SUS / Ministério da Saúde, Secretaria-Executiva, Área de Economia da Saúde e Desenvolvimento. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n. 453 de 01 de junho de 1998 – Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico. Diário Oficial, República Federativa do Brasil, ano CXXXVI, n. 103-E, Brasília DF, jun 1998. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453\\_98.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453_98.htm) Acesso em 19 de março 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Secretários de Saúde. O financiamento da Saúde. Conselho Nacional de Secretários de Saúde. Brasília: CONASS, 2011. p. 124.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. Avaliação de tecnologias em saúde: seleção de estudos apoiados pelo Decit / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Ciência e Tecnologia. – Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de políticas Públicas de Saúde. Coordenação Nacional de DST e Aids. Guia de Produção e Uso de materiais Educativos. Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Vigilância da Esquistossomose Mansonii: diretrizes técnicas/Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. 4ª edição – Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

CATRIB A. M. F., PORDEUS A. M. J., ATAÍDE M. B. C., ALBUQUERQUE V. L. M., VIEIRA N. F. C. Promoção da saúde: saber fazer em construção. In: Barroso MGT, Vieira NFC, Varela MZV. Educação em saúde: no contexto da promoção humana. Fortaleza (CE): Edições Rocha; 2003. p. 31-8.

CHEQUER, P. AIDS vinte anos – eboço histórico para entender o Programa Brasileiro; 2005. Disponível em: [http://sistemas.aids.gov.br/congressoprev2006/20\\_anos\\_do\\_PN.htm](http://sistemas.aids.gov.br/congressoprev2006/20_anos_do_PN.htm). Acesso em 08de setmbro de 2018.

CNEN - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. NE – 3.01 de 01 de janeiro. Estabelece os requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 2017.

COSTA, R. F. Avaliação do conhecimento e da prática dos profissionais em radiologia, na proteção do paciente, nos exames com raios-x em ambientes coletivos ea melhoria da qualidade do serviço através do treinamento. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE RADIO; 2014. August 26-27; Gramado, Brasil.

DAMBER L et al. Thyroid cancer after X-ray treatment of benign disorders of the cervical spine in adults. Acta Oncol. 2002;41(1):25-8.

DIMENSTEIN, R.; HORNOS, Y.M.M. Manual de Proteção Radiológica Aplicada ao Radiodiagnóstico. 2.ed. São Paulo: Senac, 2011. Acesso em 19 de março 2018.

ECHER, I. C. Elaboração de Manuais de Orientação para o Cuidado em Saúde. Rev. Latino-Am. Enfermagem, v. 13, n. 5, p. 754-757, set./out. 2005. Acesso em 19 de março 2018.

ENGER-HILLS, P., (2006). Radiation Protection in medical imaging. Radiography. Vol.12. pp.153-160.

ENKIN M., KEIRSE M. J. N. C., NEILSON J., CROWTHER C., DULEY L., HODNETT E., et al. Guia para atenção efetiva na gravidez e no parto. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005.

EUROPEAN COMMISSION. (2004). European guidelines on radiation protection in dental radiology- The safe use of radiographs in dental practice. Issue N.º136. Ed. European Commission. Luxembourg.

FELDMAN, A. A sketch of the technical history of radiology from 1896 to 1920. RadioGraphics, v. 9, n. 6, p. 113-1128, 1989.

FELIX, J.E., (2013) Tomografia Computadorizada (TC) Abordagem, Dados Técnicos e Posicionamento do Usuário. Acesso em: 19 de março 2018.

FREITAS, A., ROSA, J., SOUZA, I. (1998). Radiologia Odontológica. São Paulo. Ed. Artes Médicas. ISBN: 85-7404-015-0.

FROMMER, H. H., (2001). Radiology for dental auxiliaries. 7ª ed. Mosby, Incorporated.

GUIDETTI, A. M., ESCOBAR, C. JR R., MALAQUIAS, D. P., NAIA, G. L., MENDONÇA, G. J. G., CARNEIRO, M. S. C., CASSOL, P. G., MACHADO, V. V. C., BITTENCOURT, W. R., JUNIOR, L. F. C., O Impacto da exposição à radiação nos exames de imagem para o paciente: Revisão de literatura. Acesso em 18 de maio 2018.

GRABER, M. Diagnostic errors in medicine: a case of neglect. Journal on Quality and Patient Safety, v. 31, p. 113-119, 2005.

HALLIDAY; RESNICK; KRANE. Física 4. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

HUNH, A. Programa de Proteção Radiológica em um serviço Hospitalar de Radiologia [dissertação].

Santa Catarina. 2014. Universidade de Santa Catarina; 2014.

KAL H. B., STRUIKMANS H. Radiotherapy during pregnancy: fact and fiction. *Lancet Oncol.* 2005;6(5):328-33.

KRY S. F., STARKSCHALL G, ANTOLAK J. A., SALEHPOUR M. Evaluation of the accuracy of fetal dose estimates using TG-36 data. *Med Phys.* 2007;34(4):1193-7.

LUZ, R. M. DA. O ensino de física das radiações em ambientes hospitalares: avaliação das concepções sobre raios x com enfoque na prevenção e tecnologia. / Renata Matos da Luz. – Porto Alegre, 2013.

MELLO JUNIOR, C. F., Radiologia básica. Rio de Janeiro, Revinter, 2010.

MAFFACCIOLLI R., HAHNGV, ROSSETTO M., ALMEIRA C. P. B., MANICA S. T., PAIVA T. S., et al. A utilização da noção de vulnerabilidade na produção de conhecimento sobre tuberculose: revisão integrativa. *Rev Gaúcha Enferm.* 2015;36:247-53.

MOULD, R. F. A century of x-rays and radioactivity in medicine. Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1995.

NAVARRO, M. V. T. Risco, radiodiagnóstico e vigilância sanitária. 1ª.Ed. Salvador (BA): UFB; 2009.

NAVARRO, MVT. Sistemas de proteção radiológica. In: Risco, radiodiagnóstico e vigilância sanitária. Salvador: EDUFBA, 2009, pp. 77-84. ISBN 978-85-232-0924-7. Available from SciELO Books .

OKANO, T., & SUR, J., (2010). Radiation dose and protection in dentistry. *Japanese Dental Science Review.* Vol.46. pp.112-121.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. *Estud. av. São Paulo*, v. 27, n. 77, 2013. Acesso em: 19 de março 2018.

OKUNO, E. Radiação: efeitos, riscos e benefícios. São Paulo: Harbara, 1988.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. Física das radiações. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Diagnostic imaging: what is it? when and how to use it where resources are limited?. Geneva, 2001.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). Technical Report Series n. 154. Post - graduate training in the public health aspects of nuclear energy. Geneva, 1958.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE. Organización, desarrollo, garantía de calidad y radioprotección en los servicios de radiología: imaginología y radioterapia. Washington DC, 1997.

OSHIYAMA, N. F. et al. Medical equipment classification: method and decision-making support based on paraconsistent annotated logic. *Med Biol Eng Comput* (2012).

PANEGALLI, F.S. Rede Super Mario Logic: Um Jogo sério para lógica de Programação [dissertação]. Universidade Federal de Santa Maria; 2013.

PARENTE, D. B., O risco da radiação no uso indiscriminado da tomografia computadorizada. Acesso em 18 de maio 2018.

PAZ, J. AIDS anunciada. Dissertação de mestrado. Brasília: UnB, 2000.

PERIAGO, M. R. Radiological Physics Within The Framework of PAHO Technical Cooperation Programs. Rev. Panam Salud, v. 20, n. 2-3, 2006.

PISCO, J. M., (2003). Imagiologia Básica - Texto e atlas. Lisboa. Ed. Lidel.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. Fundamentos de pesquisa em enfermagem. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

PRAMOD, J.R., (2011). Textbook of Dental Radiology. New Delhi. Jaypee Brothers Medical Publishers, Lda.

PRASAD K. N.; COLE W. C.; HAASE G. M. Radiation protection in humans: extending the concept of as low as reasonably achievable (ALARA) from dose to biological damage. Br J Radiol. 2004;77(914):97-9.

RENCORET, G. S. Auditoría médica: demandas y responsabilidad por negligencias medicas. Revista Chilena de Radiología, v. 9, n. 3, p. 167-160, 2003.

REZENDE, J. M. À sombra do plátano: crônicas de história da medicina [online]. São Paulo: Editora Unifesp, 2009. A descoberta dos raios-X e o seu lado pitoresco. pp. 265-268. ISBN 978-85-61673-63- 5.

ROBINSON, P. J. A. Radiology's achilles' hell: error and variation in the interpretation of the Röntgen image. The British Journal of Radiology, v. 70, p. 1085-1098, 1997.

ROSENBUSCH, G.; OUDKERK, M.; AMMANN, E. Radiology in medical diagnostics: evolution of X-Ray applications 1895-1995. Berlin: Blackwell Science. 1995.

RUBENS, THIAGO, (2018). TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA, Como Funciona? Entenda Mais Sobre o Exame. Acesso 18 de maio 2018.

SANTOS, R., MIRANDA, A. & SILVA, E. (2007). As normas de radioproteção individual na conceção dos cirurgiões- dentistas. Ciência & Saúde Coletivqa. Vol.15 (Supl.2).

SANTOS, MRP. Comparações entre doses pediátricas periféricas provenientes de radioterapia conformal e de intensidade modulada. 2010. 77 f. Dissertação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SEMELKA R. C., Imaging strategies to reduce the risk of radiation in CT studies, including selective substitution with MRI. J Magn Reson Imaging. 2007;25(5):900-9.

SILVA L. F., DAMASCENO M. M. C., MOREIRA R. V. O. Contribuição dos estudos fenomenológicos para o cuidado de enfermagem. Rev Bras Enferm 2001 julho/setembro; 54(3):475-

81.

STOTZ E. N., ARAÚJO J. W. G. Health promotion and political culture: reconstructing the consensus. *Saúde Soc.* 2004;13(2):5-19.

STOVALI M., BLACKWELL C. R., Cundiff J, Novack DH, Palta JR, Wagner LK, et al. Fetal dose from radiotherapy with photon beams: report of AAPM radiation therapy committee task group no. 36. *Med Phys.* 2005;22(8):1353-4.

TILLY JUNIOR J. G., Física radiológica. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2010.

TRAVASSOS, L. V., Avaliação das doses de radiação em uretrocistografia miccional de crianças. *Radiol Bras*, São Paulo , v. 42, n. 1, p. 21- 25, Feb. 2009.

VALENTIN, J. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. *Ann ICRP.* 2000;30(2):7-67. [http://dx.doi.org/10.1016/S0146-6453\(01\)00004-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0146-6453(01)00004-5). PMID:11459599.

VALLA V. V. Saúde e educação. Rio de Janeiro (RJ): DP&A; 2000.

VASCONCELLOS-SILVA P. R., RIVERA F. J. U., ROZEMBERG B. Próteses de comunicação e alinhamento comportamental sobre impressos hospitalares. *Rev Saúde Pública.* 2003;37(4):531-42.

WALLERSTEIN N., BERNSTEIN E. Empowerment Education: Freire's Ideas Adapted to Health Education. *Health Educ Quarterly* 1988; 15; 379-393. DOI: 10.1177/ 109019818801500402.

WILLIAMS, S. M.; CONNELLY, D. J.; WADSWORTH, S. Radiological review of accident and emergency radiographs: a 1-year audit. *Clinical Radiology*, v. 55, p. 861-865, 2000.

WILLIAMSON, G. F., 2010. Best Practices in Intraoral Digital Radiography. [Em linha] Disponível em: <http://www.rdhmag.com/articles/print/volume-30/issue-> Acesso em: 19 de março 2018.

WILKINSON A. S., MILLER Y. D. Improving health behaviors during pregnancy: A new direction for the pregnancy handheald record. *Aust N Z J Obstet Gynaecol.* 2007;47:464-7.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes. Efficacy and radiation safety in interventional radiology. Geneva: World Health Organization; 2000.

YANIKIAN, D.N. **Princípios Físicos em Radiologia.** São Paulo: Associação Brasileira de Física Médica, 142 p; 2015.