



**FACULDADE UNIRB – PARNAÍBA CURSO  
TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**Francisco Ficardo de Souza Lima**

**PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NA RADIOTERAPIA**

**PARNAÍBA**

**2021**

**Francisco Ficardo de Souza Lima**

**PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NA RADIOTERAPIA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade UNIRB - Parnaíba, como requisito para a Conclusão do Curso de Graduação em TECNOLOGIA DA RADIOLOGIA.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Florêncio Ribeiro

**PARNAÍBA**

**2021**

---

Página reservada para ficha catalográfica.

---

**Francisco Ficardo de Souza Lima**

**PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NA RADIOTERAPIA.**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à  
Faculdade UNIRB - Parnaíba, como requisito  
para a Conclusão do Curso de Graduação em  
TECNOLOGIA DA RADIOLOGIA.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Pedro Florêncio Ribeiro (Orientador)  
Faculdade UNIRB - Parnaíba (UNIRB)

---

Profa. Esp. Ryana Pontes Rodrigues  
Professora Universitária

---

Esp. Francisco das Chagas Souza da Silva  
Tecnólogo em Radiologia

A Deus.

A Minha Esposa Mairla, por sempre ter  
acreditado em mim e a minha filha Monique,  
a minha força pra seguir sempre em frente!

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Pedro Florêncio Ribeiro, pela excelente orientação.

A todos os professores que estiveram conosco ao longo dessa jornada, em especial ao Prof. Tecn. Esp. Jhon Wesley Martins (in memoriam), ao Prof. Dr Antonione Pinto, a Prof. Ma. Renata Fortes Santiago e a Prof. Esp. Ryana Pontes, por todos os ensinamentos que nos foram repassados com empenho e dedicação.

A Clínica Dr. João Silva Filho, na pessoa do Dr. Oswaldo Almendra e do Dr. Thiago Almendra, pela oportunidade de estágio e pelos valiosos ensinamentos.

Aos professores participantes da banca examinadora pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

*"A Humanidade certamente necessita de homens práticos, que obtêm o máximo de seu trabalho e, sem esquecer o bem geral, resguardam seus próprios interesses. Contudo, a humanidade necessita também dos sonhadores, para quem o desenvolvimento desinteressado de um empreendimento é tão cativante que lhes torna impossível cuidar dos seus próprios interesses materiais."*

Ma

## RESUMO

A radioterapia é um procedimento médico complexo que envolve muitos profissionais com multitarefas e evolução rápida da tecnologia associada, assim existem muitas oportunidades para o acontecimento de incertezas e possíveis potenciais de incidentes, os quais podem comprometer a segurança do paciente. A Sociedade Americana de Oncologia da Radiação (ASTRO) destaca que a qualidade e segurança não são apenas responsabilidade de liderança departamental, mas de toda a equipe envolvida na prática clínica. O presente estudo tratou-se de uma revisão bibliográfica com o intuito de atualizar as informações pertinentes ao tema a respeito da Proteção Radiológica para os serviços de Radioterapia no país. Sendo assim, o presente estudo envolveu a busca em documentos pertinentes às seguintes organizações: Conselho Nacional de Tecnólogos e Técnicos em Radiologia (CONTER); Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA); Normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN); e artigos indexados nas bases de dados nos portais de periódicos (Google Acadêmico e Scielo). Os documentos foram analisados e comparados, obtendo-se uma análise descritiva dos dados acerca da política de Proteção Radiológica em serviço de radioterapia. Do ponto de vista da proteção radiológica pela RDC 330/2019 as exposições ocupacionais e do público são bem estabelecidas. Entretanto, os novos desafios se encontram no cuidado permanente das exposições médicas (do paciente), e do ponto de vista do controle de qualidade o foco é bem estabelecido no desempenho dos equipamentos e a mudança está na garantia ou gestão da qualidade (foco na qualidade dos cuidados ao paciente), representando que esta é uma área da radiologia médica que exige uma dedicação por uma equipe multidisciplinar.

**Palavras-chave:** Radiações. Proteção Radiológica. Radioterapia.



## **ABSTRACT**

Radiotherapy is a complex medical procedure that involves many professionals with multitasking and rapid evolution of the associated technology, thus, there are many opportunities for the occurrence of uncertainties and possible potential for incidents, which can compromise patient safety. The American Society of Radiation Oncology (ASTRO) highlights that quality and safety are not only the responsibility of departmental leadership, but of the entire team involved in clinical practice. The documents were analyzed and compared, obtaining a descriptive analysis of the data about the Radiological Protection policy in the radiotherapy service. Therefore, the present study involved the search in documents pertinent to the following organizations: National Council of Technologists and Technicians in Radiology (CONTER), National Surveillance Agency, Norms of the National Nuclear Energy Commission (CNEN) and articles indexed in the databases on the journals' portals (Google Acadêmico and Scielo). The documents were analyzed and compared, obtaining a descriptive analysis of the data about the Radiological Protection policy in a radiotherapy service. From the point of view of radiological protection by RDC 330/2019, occupational and public exposures are well established. However, the new challenges are found in the permanent care of medical exposures (of the patient), and from the point of view of quality control the focus is well established on the performance of the equipment and the change is in the guarantee or quality management (focus on quality of patient care), representing that this is an area of medical radiology that requires dedication by a multidisciplinary team.

**Keywords:** Radiations. Radiological Protection. Radiotherapy.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - A Primeira Radiografia (á Esq.); Wilhelm Conrad Röntgen (á Dir.).	15
<b>Figura 2</b> - Efeitos das Radiações após seções de Radioterapia.	19
<b>Figura 3</b> - Radiodermite.	20
<b>Figura 4</b> - Sequência mínima para o tratamento radioterápico de um paciente.	29
<b>Figura 5</b> - Ilustra a sequência de informações do paciente necessárias para aquisição de imagens, definição de volumes, planejamento, simulação e tratamento de 3DCRT.	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> - ASTRO – American Society For Radiation Oncology. Safety is No Accident, 2019.	32
--	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CONTER	Conselho Nacional de Tecnólogos e Técnicos em Radiologia.
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear.
NR	Normas Regulamentadora.
ALARA	As Low As Reasonable Achievable.
LINACs	Aceleradores Lineares
3DCRT	Radioterapia Conformacional 3D

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
2.1	Radiações: História e Conceitos .....	15
2.2	Aspectos Legais da Proteção Radiológica .....	18
2.3	Radiobiologia .....	19
2.3.1	Efeitos Determinísticos .....	20
2.3.2	Efeitos Estocásticos .....	22
2.3.3	Risco Fetal .....	23
2.4	Proteção Radiológica .....	23
2.4.1	Princípio da Justificativa .....	24
2.4.2	Princípio da Otimização .....	24
2.4.3	Princípio da Limitação da Dose .....	24
2.4.4	Formas de Radioproteção .....	25
2.4.4.1	Tempo de Exposição .....	25
2.4.4.2	Distância da Fonte .....	25
2.4.4.3	Blindagem Individual .....	25
2.4.4.4	Blindagem das Áreas.....	26
2.5	Radioterapia.....	26
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A radioterapia é uma especialidade médica que utiliza radiações ionizantes para tratamento de neoplasias (SALVAJOLI, 2013). Esta modalidade tem a intenção clínica de entregar uma dose de radiação de forma distribuída e adequada para o controle tumoral, mas também preservando os tecidos saudáveis. Nas sessões de tratamento com radioterapia uma dose é entregue ao paciente e um desvio desta dose prescrita pode gerar consequências severas ou fatais (WHO, 2008).

Ainda sobre a radioterapia, ela consiste em um conjunto de etapas e procedimentos, que estão sujeitos a certo grau de incertezas. De maneira geral a preparação e a execução para o tratamento é muito complexa, envolvendo riscos e perigos inerentes. (TECDOC-1151, 2000). Com todas as etapas contendo erros e incidentes, há uma grande necessidade que todos os profissionais envolvidos estejam devidamente treinados e que realizem suas tarefas com exatidão, precisão e de maneira cautelosa. (SALVAJOLI, 2013). Durante os últimos anos tem sido evidenciada a necessidade de empregar ações sistemáticas para garantir a qualidade de tratamento. Assim sendo, foram criados programas de qualidade para minimizar erros e incidentes relacionados ao planejamento, administração do tratamento, calibrações de equipamentos, entre outros. Esses procedimentos visam melhorar os resultados do tratamento. (TECDOC-1151, 2000).

A implementação do plano de proteção radiológica do paciente, tem por objetivo reduzir a probabilidade de erros relacionados assistência nos serviços de saúde. Enfatizam a melhoria e qualidade nos processos de cuidado na saúde dos pacientes. No Brasil a ANVISA juntamente com organização Mundial de Saúde, vem intensificando as ações preventivas para a segurança do paciente. A portaria nº529/2013 que entrou em vigor dia 1º de abril de 2013 instituiu o PNS - Programa Nacional de Segurança do Paciente. A RDC 330/2019 institui as ações voltadas para a segurança do paciente em serviços de radioterapia.

Essas ações incluem execução, promoção e monitoração de medidas intra-hospitalar com foco na segurança do paciente. Com base na pesquisa bibliográfica, neste trabalho foi realizado um levantamento nas bases de dados para conhecimento e aprofundamento relevantes do tema, com referências teóricas sobre o tema da Proteção Radiológica em radioterapia.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Radiações: História e Conceitos

Os raios X foram descobertos em novembro de 1895, pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen e em janeiro de 1896, já era relatada a realização de radiografias, com fins diagnósticos, na Alemanha, nos Estados Unidos, na Inglaterra, França e Rússia. Durante o ano de 1896, foram publicados, em diversos países, mais de 100 trabalhos sobre as aplicações médicas dos raios X (NAVARRO et al., 2008).

**Figura 1.** A Primeira Radiografia (á Esq.); Wilhelm Conrad Röntgen (á Dir.).



Fonte: <https://images.app.goo.gl/oRzJHo6EdwvgtHmNA>

A primeira imagem capturada, na história da radiologia, foi da mão da Senhora Röntgen, através de uma grande exposição radiológica. Entretanto, constatou-se que estruturas com opacidades similares não eram diferenciadas. Sendo assim, fez-se necessário o estudo de novos métodos para o reconhecimento de cada nível de densidade, possibilitando um diagnóstico mais preciso. Já em 1896, Haschek e Lindenthal utilizaram o contraste sulfeto de mercúrio e cal com certo tempo de exposição e identificaram a opacidade de vasos sanguíneos (ALVES, 2006).

Em janeiro de 1897, Gilchrist publicou um relato de 23 casos de efeitos biológicos provocados pelos raios X, e em 1898 a Röntgen Society, fundada no ano anterior, constituiu um comitê para coletar dados sobre os efeitos biológicos causados pelo uso dos raios X. Naquele período apenas os danos imediatos eram observados, e foram necessários mais cinquenta anos para que os efeitos tardios das radiações ionizantes fossem detectados. Em homenagem aos mortos pela exposição às radiações ionizantes e para chamar a atenção de seus efeitos nocivos à saúde, a Röntgen Society construiu, em 1936, o Monumento aos Mártires

dos raios X, com 169 nomes de pessoas de 15 diferentes nações (NAVARRO et al., 2008).

A partir dos estudos supracitados, foram desenvolvidos outros métodos de diagnósticos por imagem, como a ressonância magnética, onde é utilizada a radiação não ionizante. Estes estudos foram executados no ano de 1946, por dois grupos independentes, Felix Block (Stanford) e Edward Purcell (Harvard) (YOUNG, APUD MORAES, 2003).

Pode-se perceber que em menos de três anos após a descoberta dos raios X, já se identificavam efeitos biológicos causados à saúde de todos que rodeavam a nova tecnologia, ou seja, os operadores de equipamentos, equipe multiprofissional de saúde atuante nos serviços de radiodiagnóstico e até mesmo o público. Os primeiros trinta anos da utilização dos raios X apresentaram muitos danos aos profissionais que utilizavam essa tecnologia. No período entre 1895 e 1896, era prática comum verificar a intensidade dos raios X expondo trabalhadores à radiação emitida e medindo o tempo transcorrido até que a região exposta apresentasse irritação da pele (XAVIER et al., 2006).

Todo ser humano está exposto diariamente aos efeitos das radiações. A Radiação é a energia que se propaga a partir de uma fonte emissora através de qualquer meio, podendo ser classificada como energia em trânsito, de origem natural ou artificial (OKUNO, 2013).

A terra recebe constantemente radiação do sol e do espaço sideral, considerada radiação natural. A radiação também ocorre naturalmente a partir de alguns tipos de materiais presentes no solo como os produtos de decaimento do urânio e tório, que são o radônio e o torônio, encontrados em rochas, solos, sedimentos e minérios. A radiação natural também é encontrada nos materiais de construção das residências e locais de trabalho, na comida, água e até mesmo no ar (HEINRICH, 2002; AZEVEDO, 2010).

Com a confirmação de que altas doses de radiação ionizante danificam o tecido humano, vinte anos após a descoberta dos raios X, a Röntgen Society publicou as primeiras recomendações de proteção radiológica para os trabalhadores. Foi o início da constituição da radioproteção ou proteção radiológica, campo de estudos dos efeitos nocivos das radiações ionizantes (MARTIN; SUTTON, 2002; XAVIER et al., 2006).

Os raios X, a radiação gama, a luz, as microondas, as ondas de rádio, radar e laser, são as radiações eletromagnéticas mais conhecidas. As radiações sob a forma de partículas, com massa, carga elétrica, carga magnética mais comum são os feixes de elétrons, os feixes de prótons, radiação beta e radiação alfa. Dependendo da quantidade de energia, uma radiação pode ser descrita como não ionizante ou ionizante (FIOCRUZ, 2013).

A radiação ionizante se caracteriza por ser capaz de arrancar um elétron de átomo, durante o processo denominado ionização, onde forma-se o par íon negativo e o íon positivo.



Dessa forma, as radiações têm origem que ocorre nos ajustes do núcleo atômico ou nas camadas eletrônicas, que devido a essas diferenças no conteúdo, são empregadas com diferentes fins (YOSHIMURA, APUD OKUNO, 2013).

Radiações não ionizantes possuem relativamente baixa energia. De fato, essas radiações estão sempre presentes. Ondas eletromagnéticas como a luz, calor e ondas de rádio são formas comuns de radiações não ionizantes. Sem elas, não seria possível apreciar um programa de TV ou cozinhar em forno de microondas. As radiações ionizantes possuem altos níveis de energia, são originadas do núcleo dos átomos e podem alterar o estado físico de um átomo, causando a perda de elétrons, tornando-os eletricamente carregados. Este processo chama-se "ionização". Exemplos de radiações ionizantes são os raios X e gama (FIOCRUZ, 2013).

De acordo com Cardoso e Barroso (2005), as radiações alfa, beta e gama são originadas a partir dos ajustes ocorrentes do núcleo e se caracterizam da seguinte forma:

- A radiação alfa é composta por partículas subatômicas, formadas por 2 prótons e 2 nêutrons, possuem velocidade próximas à 1 décimo da velocidade da luz. Tem um baixo poder de infiltração e um alto valor de ionização. Externamente, são inofensivas, por não conseguirem ultrapassar as primeiras camadas epiteliais.

- A radiação beta é constituída de um elétron ( $\beta^-$ ) ou pósitron ( $\beta^+$ ) lançado pelo núcleo, na busca de sua estabilidade. Seu poder de infiltração é pequeno, dependendo de sua energia. Possui capacidade de atravessar espessuras de alguns milímetros sobre o tecido humano. Estas partículas possuem velocidade próxima a 9 décimos da velocidade da luz.

- A radiação gama é emitida pelo núcleo atômico com excesso de energia. Sua estrutura é mais estável. Esse tipo de radiação possui poder de penetração mais alto e, de acordo com sua energia, se torna capaz de atravessar grandes espessuras.

- A radiação x tem um alto poder de penetração nos tecidos, são radiações eletromagnéticas de alta energia, resultando no processo de desaceleração de elétrons com carga positiva alta (LINS, 2013).

No Brasil, a preocupação com proteção radiológica, explícita em documento oficial, iniciou em 1978, com as diretrizes da Segurança e Medicina do Trabalho, determinadas pela Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. Após o ocorrido em Goiânia/GO, em 1987, quando foi destruído, a marteladas, o cabeçote de uma unidade de radioterapia, que estava abandonado em um galpão desativado de uma clínica particular e continha uma cápsula com o material radioativo Césio-137, a questão da proteção radiológica ganhou maior visibilidade, já que o acidente foi amplamente divulgado na mídia nacional e internacional, dando início aos vários ajustes e implementação de novas práticas no setor de radiodiagnóstico (PACHECO; SANTOS;

TAVARES, 2007).

## **2.2 Aspectos legais da proteção radiológica**

A Portaria SVS/MS n° 453 de 1° de junho de 1998, foi Publicada Dez anos após o acidente de Goiânia-GO e desde sua publicação, foi aprimorada por meio de instruções normativas, como é o caso da Instrução Normativa n° 004/DIVS/SES; Instrução Normativa n° 002/DIVS/SES de 24/10/2008 e Instrução Normativa n. 001/2014. Além disso, outras resoluções foram emitidas pelo conselho profissional, o Conselho Nacional dos Técnicos e Tecnólogos em Radiologia (CONTER), como a Resolução CONTER n° 02 de 2002 e Resolução CONTER n° 11 de 2011, complementando assim a Portaria 453/98.

A Portaria 453/98 determina a existência de um Programa de Proteção Radiológica e a NR 32 de um Plano de Proteção Radiológica, os quais têm por finalidade adequar setores diferentes à proteção radiológica. O Programa, referido pela Portaria 453/98 destina-se a serviços de radiodiagnóstico médico e odontológico, enquanto que o Plano referido na NR 32 destina-se a serviços de Medicina Nuclear e Radioterapia, ou seja, a NR objetiva a elaboração de um Plano de Proteção Radiológica para serviços onde existam fontes radioativas, como é o caso dos serviços de Medicina Nuclear e Radioterapia, enquanto a Portaria 453/98 se detém aos serviços que fazem uso dos raios X diagnósticos. Em 20 de dezembro de 2019, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) publicou a RDC n° 330, em substituição ao texto da Portaria MS/SVS n° 453/98, dispondo no mesmo texto os Planos de proteção radiológica dos serviços que utilizam raios x, bem como os serviços de Medicina Nuclear e Radioterapia.

Ainda referente à proteção radiológica, o Ministério do Trabalho e Emprego aprovou a Norma Regulamentadora 32 (NR 32), pela portaria 483/2005, mencionando no item 32.4 as radiações ionizantes, especificando no item 32.4.1 que o atendimento das exigências com relação às radiações ionizantes, não desobriga o empregador de observar as disposições estabelecidas pelas normas específicas da CNEN e da ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005).

## **2.3 Radiobiologia**

Os seres humanos são constituídos de células germinativas, que estão envolvidas na reprodução humana, e de células somáticas. A divisão das células reprodutivas é referida como meiose e a mitose representa a divisão de células somáticas. Os estágios dessa divisão incluem

a pró-fase e a metáfase, que são as fases mais sensíveis às radiações.

Após estudos realizados, verificou-se que moléculas como o DNA, poderiam ser danificadas pela produção de íons (radicais livres) e deposição da energia. Além disso, foi constatado que a quantidade do dano biológico produzido depende da energia total depositada, ou seja, a dose de radiação. Os efeitos das radiações são descritos através dos estudos de radiobiologia, em que são estabelecidas relações de dose / efeito. (BIRAL, 2002).

**Figura 2.** Efeitos das Radiações após sessões de Radioterapia.



**Fonte:** <http://mulheresdepeitoaberto.blogspot.com/2015/08/a-verdade-da-radioterapia.html?m=1>

O mecanismo de interação da radiação com a célula pode ser de dois tipos: do tipo direto no DNA ou, mais comumente, o tipo indireto, quando há a formação de radicais livres que ionizam o citoplasma e afetam o DNA.

Quando células são submetidas a elevadas taxas de radiação, pode ocorrer a morte celular, definida como a perda da capacidade reprodutiva. As células com hipóxia são mais sensíveis à radiação e, portanto, a medula óssea, o esperma e os tecidos linfáticos são mais sensíveis do que o tecido nervoso. ( BIRAL, 2002).

Considerando-se que as funções metabólicas ocorrem no citoplasma e as informações genéticas são encontradas no núcleo das células, as radiações podem induzir a quebra da molécula do DNA, ou causar um dano em uma seção dessa molécula, do qual resultará um dano somático no próprio indivíduo ou genético nos seus descendentes. (BIRAL, 2002).

**Figura 3.** Radiodermite.



Fonte: <https://images.app.goo.gl/4rZoFD4p9fr8mbUY6>

A molécula de DNA carrega o código necessário para o metabolismo celular, o qual é exatamente duplicado quando a célula se divide. Frequentemente o dano causado pela radiação é reparado pelas próprias células, que apresentam sistemas de reparo específicos, mediados por enzimas, para diferentes tipos de lesão.

As unidades hereditárias (genes) são segmentos da molécula de DNA, que determinam as características das células, portanto, a mudança do código genético (mutação) de células germinativas pode afetar gerações futuras. (BIRAL, 2002.)

### 2.3.1 Efeitos determinísticos

Os efeitos determinísticos apresentam um limiar de dose. O efeito é clinicamente observável apenas quando a dose da radiação é acima deste limiar.

A magnitude do limiar depende da taxa de dose, do órgão irradiado e do efeito clínico. O intervalo para o aparecimento dos sintomas, sua natureza e severidade também dependem destes fatores, assim como da natureza da radiação. O limiar é diferente entre diferentes indivíduos devido à diferença de sensibilidade entre os mesmos.

Na maioria dos órgãos e tecidos do corpo há um processo contínuo de perda e substituição de células. A radiação aumenta a destruição celular, mas esta pode ser fisiologicamente compensada por um aumento na taxa de reposição, sem maiores consequências para o organismo. Quando a redução do número de células impede a função

normal do órgão ou tecido, aparecem os efeitos clínicos. (BIRAL, Antônio Renato, 2002.).

Alguns efeitos são de natureza funcional e podem ser reversíveis (distúrbios glandulares, efeitos neurológicos, danos vasculares). Quando o dano provocado pela exposição à radiação é grande e atinge um tecido vital, o indivíduo pode morrer. (DIMENSTEIN, Renato; HORNOS, Yvone M. Mascarenhas, 2001.)

“A imediata relação “causa e efeito”, entre a exposição de um organismo a uma alta dose de radiação ionizante e os sintomas atribuídos à perda das funções de um tecido biológico, caracterizam o que se chama de “efeitos determinísticos”” (BIRAL, 2002, p.121).

Em tecidos constituídos principalmente por células nervosas, ósseas, tecido muscular e células hepáticas, as divisões celulares são pouco frequentes e algumas lesões no genoma podem ocorrer sem maiores conseqüências. Nestes tecidos os efeitos determinísticos são observados menos frequentemente e aparecem mais tardiamente.

Por outro lado, tecidos diferenciados apresentam menor grau de recuperação quando seriamente danificados. Os efeitos determinísticos apresentam um limiar de dose. O efeito é clinicamente observável apenas quando a dose da radiação é acima deste limiar. (BIRAL, Antônio Renato, 2002.).

Ao menos que a dose de radiação seja muito alta, a maioria das células não morre imediatamente, mas continua funcionando até tentar se dividir. Em tecidos com alta taxa de divisão celular, como os tecidos de revestimento, medula óssea e células germinativas, os danos ao DNA muitas vezes impedem a reposição do tecido lesado.

A probabilidade de ocorrência (números de indivíduos afetados) aumenta rapidamente com doses crescentes, acima do limiar, até que 100% das pessoas expostas apresentem os efeitos. A severidade do dano é proporcional à dose, a partir do limiar. Por exemplo, os efeitos na pele são: eritema (de 3 a 5 Gy), descamação úmida (20 Gy) e necrose (50Gy). A morte após exposições agudas, não ocorre com doses inferiores a 1 Gy. Outros efeitos determinísticos têm limiares de dose superiores a 0,5Gy. (BIRAL, Antônio Renato, 2002.)

Para efeitos determinísticos, as principais fontes de informação no homem vêm de estudos sobre os efeitos: colaterais da radioterapia, nos radiologistas pioneiros, das bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki e de graves acidentes nucleares. São usadas ainda informações obtidas a partir de estudos com microorganismos, células isoladas crescidas *in vitro* ou animais. (DIMENSTEIN, Renato; HORNOS, Yvone M. Mascarenhas, 2001.).

### 2.3.2 Efeitos estocásticos

Para baixas taxas de exposição, com valores de dose menores do que 0,5 Gy, os efeitos deletérios das radiações são estocásticos, podem causar efeitos somáticos e hereditários. O dano ao DNA de uma única célula pode gerar uma célula transformada que mantém preservada a capacidade de reprodução. Há uma probabilidade pequena de que esta célula desenvolva uma condição maligna (câncer). Uma única alteração em uma base, a deleção de pequenas regiões ou perda de fragmentos cromossômicos, pode levar, por exemplo, à perda de “genes supressores de tumores”. (BIRAL, Antônio Renato, 2002.)

Geralmente tumores originam-se de uma única célula. Assim, um só evento pode ser suficiente, e por causa disso, os efeitos estocásticos das radiações ionizantes não apresentam limiar de dose. Qualquer dose de radiação, mesmo muito pequena, pode resultar em efeito estocástico. Quanto maior a dose, maior a probabilidade de ocorrência. São cumulativos.

Para minimizar a probabilidade de ocorrência de efeitos estocásticos, a proteção radiológica deve ser empregada de tal forma que a dose de radiação seja mais baixa possível, levando-se em conta o princípio do ALARA – acrônimo para As Low As reasonable Achievable, que significa: tão baixo quanto possivelmente exequível. (DIMENSTEIN, Renato; HORNOS, Yvone M. Mascarenhas, 2001.).

Os efeitos estocásticos como a carcinogênese e danos genéticos são os mais importantes. A indução do câncer pela radiação verificada em um indivíduo exposto é chamada efeito somático. Os tecidos mais susceptíveis a indução de malignidades são a medula óssea, a mucosa do trato gastrintestinal, o tecido mamário, as gônadas e os tecidos linfáticos.

O risco de câncer é maior para crianças que para adultos, e a radiação pode induzir tantos tumores benignos quanto malignos. O tempo de latência para indução do câncer é maior para tumores sólidos do que para leucemia, e pode surgir em poucos anos. A indução de câncer de tireóide pela radiação é mais freqüente para mulheres e crianças do que para homens. De acordo com a Publicação nº. 26, de 1997, da Comissão Internacional de Proteção

Radiológica (ICRP), o risco de que a radiação possa induzir um câncer fatal foi estimado em 1,25% por Sievert (Sv) para a exposição de corpo inteiro (DIMENSTEIN; HORNOS, MASCARENHAS, 2001).

### 2.3.3 Risco fetal

O risco fetal para mulheres grávidas expostas a radiação depende do período da gestação em que ocorreu a exposição. O resultado mais provável da exposição à radiação durante os dez

primeiros dias pós-concepção é a morte uterina prematura. O feto é mais vulnerável a indução de anomalias congênitas pela radiação durante o primeiro trimestre, mais especificamente de 20 a 40 dias após a concepção. Considera-se que, quando o número de células do embrião é pequeno, a probabilidade de efeito é maior, pois a multiplicação celular é mais intensa.

A microcefalia induzida pela radiação é o efeito mais provável, quando a exposição ocorre no período gestacional de 50 a 70 dias após a concepção. No caso de retardo mental e de crescimento, isso ocorre para 70 a 150 dias. O maior efeito após 150 dias é o aumento do risco de malignidades infantis (DIMENSTEIN; HORNOS, MASCARENHAS, 2001).

O risco de anormalidades congênitas é baixo quando a exposição é menor do que 1mGy. Para doses maiores do que 1mGy recebidas pelo feto no segundo ou terceiro trimestre da gravidez, o risco de leucemia pode ser aumentado em mais de 40%.

Para doses maiores do que 100mGy aumenta o risco de malformação congênita. Nesse caso considera-se a possibilidades de interrupção de gravidez (BIRAL, 2002).

## **2.4 Proteção radiológica**

Radioproteção se define por um conjunto de normas que busca a proteção ao homem de efeitos prejudiciais causados pelas radiações ionizantes (TAUHATA et al., 2013).

A radiobiologia surgiu para estudar aqueles efeitos, desmistificando e trazendo à luz da ciência os efeitos determinísticos, estocásticos e o risco fetal. A partir desse conhecimento fez-se necessário criar princípios de proteção radiológica.

Já os princípios de radioproteção fornecem diretrizes básicas para as atividades operacionais que utilizam radiação ionizante. São eles: Justificativa, Otimização e Limitação da dose, todos baseados no princípio fundamental conhecido como ALARA acrônimo para As Low As reasonable Achievable, que significa: tão baixo quanto possivelmente exequível.

Ainda segundo Tauhata et al. (2013), o grau dos efeitos radiológicos é avaliado a partir da definição de suas grandezas, unidades, objetos de medição e detalhamento dos diversos usos desse tipo de radiação. O autor supracitado afirma que o conjunto de normas da radioproteção estabelece medidas e limites permissíveis para a execução de práticas radiológicas corretas e seguras, bem como a definição de procedimentos para situações emergenciais.

Os princípios básicos da proteção radiológica estabelecem condições necessárias para que as atividades operacionais que utilizam radiações ionizantes sejam adotadas em benefício da sociedade, considerando-se a proteção dos trabalhadores, do público, do paciente e do meio ambiente (DIMENSTEIN; HORNOS, MASCARENHAS, 2001).

#### 2.4.1 Princípio da justificativa

Onde houver atividade com exposição à radiação ionizante, deve-se justificá-la, levando-se em conta os benefícios advindos.

Do ponto de vista médico, esse princípio aplica-se de modo que todo exame radiológico deve ser justificado individualmente, avaliando a necessidade da exposição e as características particulares do indivíduo envolvido.

É proibida a exposição que não possa ser justificada, incluindo a exposição às radiações ionizantes com o objetivo único de demonstração, treinamento ou outros fins que contrariem o princípio da justificativa (DIMENSTEIN; HORNOS, MASCARENHAS, 2001).

#### 2.4.2 Princípio da otimização

Toda exposição deve manter o nível mais baixo possível de radiação ionizante. Deve-se planejar rigorosamente as atividades com radiação ionizante, analisando-se em detalhe o que se pretende fazer e como será feito. Nessa análise deve-se estabelecer medidas de proteção necessárias para alcançar o nível de exposição menor possível.

A proteção radiológica é otimizada quando as exposições empregam a menor dose possível de radiação, sem que haja perda na qualidade da imagem (DIMENSTEIN; HORNOS, MASCARENHAS, 2001).

#### 2.4.3 Princípio da limitação da dose

As doses de radiação não devem ser superiores aos limites estabelecidos pelas normas de radio proteção de cada país. Esse princípio aplica-se para limitação de dose nos trabalhadores ocupacionalmente expostos à radiação ionizante para o público em geral. O limite individual de dose para o trabalhador da área de radiações ionizantes é 50 mSv/ano e para o público em geral é de 1mSv/ano. O princípio da limitação da dose não se aplica aos pacientes, pois se considera que possíveis danos causados pelo emprego de radiações ionizantes sejam ultrapassados, em muito, pelo benefício proporcionado (DIMENSTEIN; HORNOS, MASCARENHAS, 2001).



#### 2.4.4 Formas de radioproteção

A proteção radiológica dos trabalhadores ocupacionalmente expostos à radiação ionizante (Raios-x diagnósticos, Medicina Nuclear, Radioterapia e Odontologia) é essencial para minimizar o surgimento de efeitos deletérios das radiações. As formas de se reduzir a possível exposição dos trabalhadores são: Tempo, Distância e Blindagem. (BIRAL, 2002.).

##### 2.4.4.1 Tempo de exposição

A redução do tempo de exposição ao mínimo necessário, para uma determinada técnica de exames, é a maneira mais prática para se reduzir a exposição à radiação ionizante. No gerenciamento de um serviço de radiologia, o rodízio dos técnicos durante os procedimentos de radiografia em leito de UTI é uma forma de limitar-se a exposição dos técnicos aos raios-x (BIRAL, 2002.).

##### 2.4.4.2 Distância da fonte

Quanto mais distante da fonte de radiação, menor a intensidade do feixe. A intensidade de radiação é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre o ponto e a fonte. (BIRAL, Antônio Renato, 2002.).

##### 2.4.4.3 Blindagem individual

Os equipamentos de proteção individual (EPI) são obrigatórios nos serviços de radiologia conforme as normas da Vigilância Sanitária. Dentre eles pode-se citar: óculos Pb, Protetor de tireóide, Dosímetro TLD, Avental de Pb e Saiote de Pb. São constituídos com lâminas de chumbo ou serem flexíveis, quando confeccionados em borracha enriquecida com chumbo.

A espessura dos aventais de proteção pode variar de 0,25 a 0,5 mm de chumbo, em função de necessidade de proteção radiológica (BIRAL, 2002.).

O chumbo (Pb) é o elemento mais empregado como barreira de proteção em função da sua densidade (11,35 g/cm<sup>3</sup>) e elevado número atômico ( $Z=82$ ). Aventais de 0,5 mm

equivalentes de Pb são altamente eficientes para baixas energias e permitem passar apenas 0,32% da radiação para uma fixa de 70 kVp e 3,2% para 100 kVp. Atualmente a legislação preconiza que o dosímetro individual seja utilizado por cima do avental de chumbo.

O peso desses aventais pode variar de 2,5 a 7,0 kg. Aos profissionais que os utilizam por longos períodos, sugere-se que os aventais sejam dotados de um cinto para redistribuir o peso. (BIRAL, 2002.).

O uso de acessórios de Proteção por parte dos pacientes é obrigatória. O protetor de gônadas deve ser usado em pacientes em idade reprodutiva, se a linha das gônadas não estiver próxima do campo primário de irradiação, assim como os protetores de Tireóide, para proteger a área de forma que não ocorra interferência no exame. A utilização de saiotos plumbíferos em pacientes submetidos aos raios-x é uma forma barata e eficaz de proteção. (BIRAL, 2002)

#### 2.4.4.4 Blindagem das áreas

As barreiras de proteção radiológica devem ser calculadas inicialmente para a exposição primária do feixe de radiação, de radiação espalhada e da radiação de fuga.

As salas de raios-x devem ser blindadas com chumbo ou equivalente em barita. Pisos e tetos em concreto podem ser considerados como blindagens, dependendo da espessura da laje, tipo concreto (vazado ou não), distância da fonte, geometria do feixe e fator de ocupação das áreas acima e abaixo da sala de raios-x.

O chumbo possui densidade 11,35 g/cm<sup>3</sup>, o concreto de 2,2 g/cm<sup>3</sup>. A escolha do uso da massa baritada com relação ao lençol de chumbo está em geral relacionada à minimização de custo. (BIRAL, Antônio Renato, 2002.).

## 2.5 Radioterapia

No final do século XIX duas descobertas foram de extrema importância para o mundo. Primeiro o grande marco da história foi a descoberta dos Raios-X em 1895 por um físico Alemão Wilhelm Conrad Rontgen que se dedicava aos estudos dos tubos de raios catódicos. Logo em seguida em 1896 a descoberta da radioatividade por Henri Becquerel em que analisou que a radiação solar provoca um fenômeno em que levou a admissão que o urânio tinha origens próprias, sendo a grande descoberta da radioatividade natural. (SALVAJOLI, 2013).

Em 1902 iniciaram-se as preocupações com a dose. Não havia padronização e nem

fundamentação teórica clara da ação da radiação e seus efeitos sobre os tecidos. Os resultados da terapia estavam sem sucesso, às aplicações destes elementos estavam causando queimaduras, dermatites e outras sequelas graves nos pacientes.

Porém, percebeu-se que a administração em várias aplicações estava trazendo respostas benéficas aos tecidos. No entanto, apenas na década de 80 os estudos evidenciaram curvas de sobrevivência e houve uma melhor compreensão sobre os efeitos radiobiológicos sobre as células e no próprio DNA.

Em 1903 a braquiterapia teve sua primeira aplicação, em que foi utilizada uma pequena quantidade do elemento radioativo Rádio para os tratamentos de lesões de pele. Após este experimento, a braquiterapia tornou-se amplamente utilizada na terapia de tumores malignos.

Os estudos de aplicações de radiação na área médica foram evoluindo. Em 1915 os primeiros equipamentos de ortovoltagem, que produzem raios-X de baixa e média energia, foram criados. O seu uso era indicado para tumores benignos e malignos, principalmente para tumores de profundidade de 1cm e tratamentos superficiais. Segundo estimativa mundial o número estimado de mortes por câncer em 2015 é maior que 8 milhões, sendo previsto para 2020 mais de 17 milhões de casos de câncer (IARC/OMS, 2012).

A estimativa para o Brasil, biênio 2018-2019, é da ocorrência de 600 mil novos casos de câncer para cada ano. Seu tratamento pode associar modalidades terapêuticas como a cirurgia, a quimioterapia, a radioterapia e o transplante de medula ou ser exclusivo com a indicação de apenas um dos métodos (INCA, 2018). A radioterapia é uma das principais formas de tratamento de câncer no mundo.

Nessa modalidade terapêutica os pacientes são expostos a doses de radiação extremamente altas. Embora seja considerada uma das modalidades terapêuticas mais seguras para o tratamento de câncer existem riscos potenciais envolvidos em suas atividades e erros podem resultar em incidentes graves, necessitando assim de cuidados para garantir a proteção radiológica.

Sem dúvida, o Acidente Radiológico de Goiânia forneceu ensinamentos e possibilitou aprendizados para todo o mundo, em todas as áreas do conhecimento humano. Das várias lições aprendidas neste acidente, podemos nos referir àquela que trata da nossa responsabilidade em conhecer as consequências de se lidar com ciência e tecnologia, e ampliarmos os cuidados que priorizam a ética e o respeito à vida (OKUNO, 2018.).

Um desses aprendizados constitui a substituição por fontes radioisotópicas (Cs-137 e Co-60) por métodos utilizando equipamentos eletrônicos como os aceleradores lineares (LINACs) na busca de um melhoramento na segurança do paciente e sucesso no tratamento de

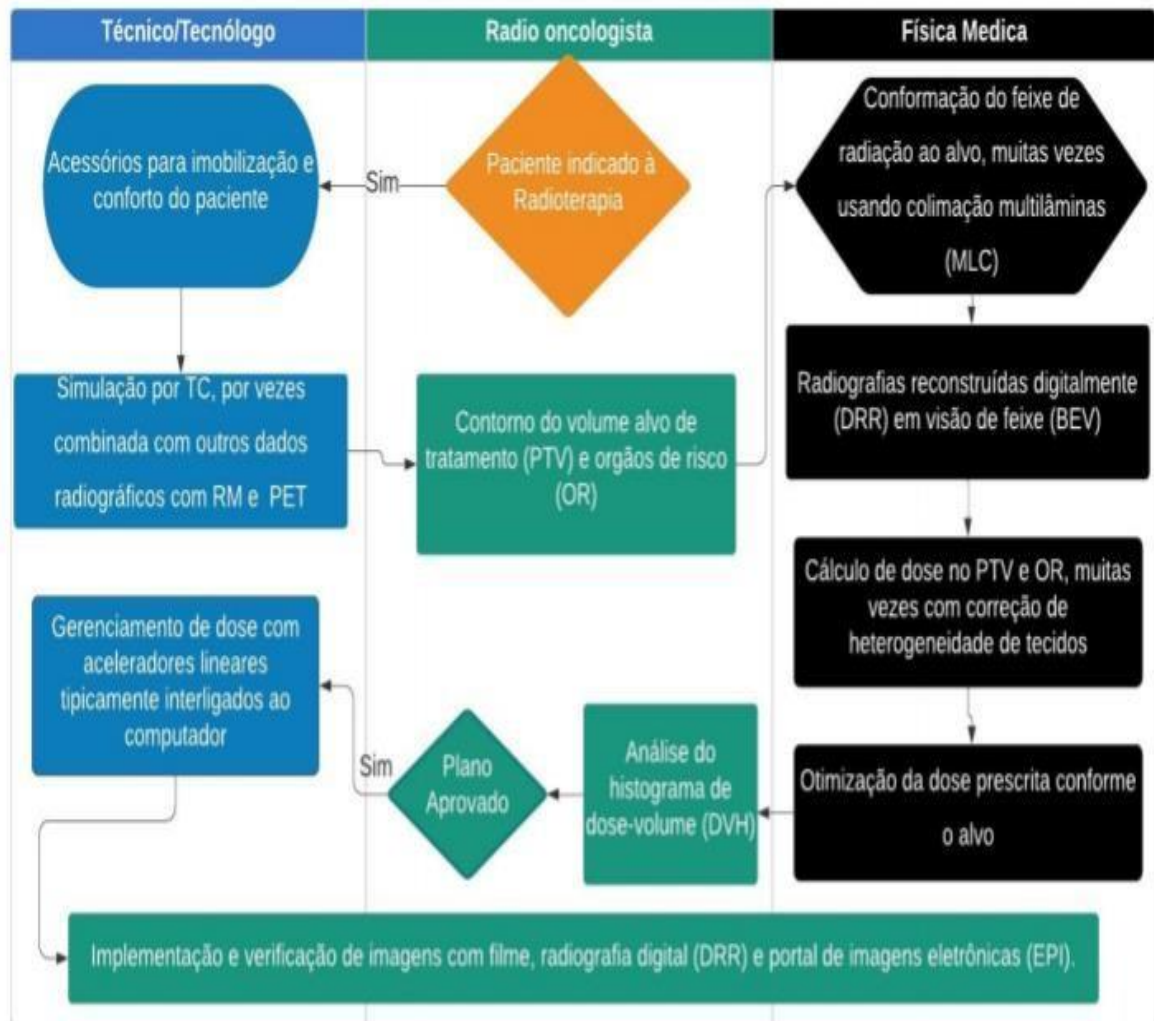
certas neoplasias que se apresentam com elevados índices de morbidade de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) ( MORIKAWA; FERREIRA, 2018.).

A radioterapia evoluiu, culminou com a evolução de técnicas avançadas de imagem, como a tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (RM), tomografia por emissão de pósitron (PET), no entanto, a TC tornou-se parte essencial da radioterapia e as outras refinaram a localização do volume alvo, sendo a última que permite a avaliação da resposta ao tratamento (SALVAJOLI; SOUHAMI; FARIA, 2013.).

A radioterapia conformacional 3D (3DCRT) passou a ser adotada rápida e amplamente há cerca de 20 anos devido ao advento das novas técnicas de imagem associadas ao desenvolvimento da informática, possibilitando o uso de sistemas de planejamento computadorizado (TPS) que dispõe de ferramentas quantitativas, como Histograma Dose-volume (DVH) que permitem analisar a distribuição de dose no volume alvo de interesse para tratamento, como por exemplo: tumor “identificável” (Gross Tumor Volume, [GTV]), doença subclínica (Clinical Target Volume, [CTV]) e volume-alvo de planejamento terapêutico (Planning Target Volume, [PTV]) e ainda a identificação de órgãos e tecidos saudáveis, para os quais se deseja limitar as doses de radiação em excesso, em função de maior risco de complicações agudas ou tardias indesejadas para pacientes, alguns exemplos destes chamados “órgão de risco” (Organs At Risk [OR]), bem como a possibilidade de reconstruir imagens sob o ponto de vista do feixe de radiação (Beam’s Eye View –BEV) (SIBTAIN;, MORGAN; .MORGAN, 2012).

Na radioterapia uma de suas metas inclui a determinação da posição de tratamento, acessórios para imobilização, aquisição de imagens por TC, identificação do volume alvo e determinação da geometria dos campos de tratamento. O fluxo mínimo de tratamento do paciente que envolve muitos profissionais com multitarefas, é apresentado na Figura 4.

**Figura 4:** Sequência mínima para o tratamento radioterápico de um paciente.

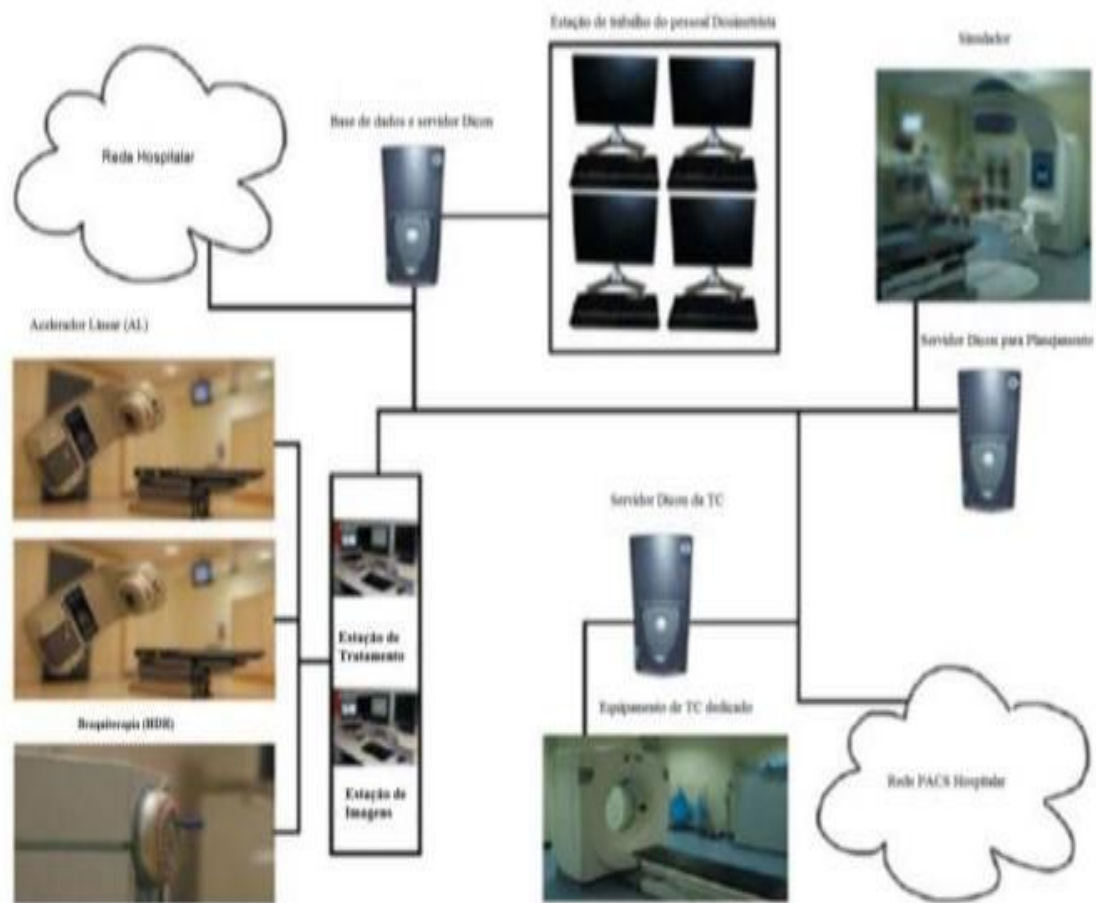


**Fonte:** Adaptado ASTRO - Safety is No Accident, ano 2019.

Na 3DCRT outra de suas metas no processo de planejamento até a entrega do tratamento para o paciente, mostrado na Figura 5, incluem desde os dados do paciente (Rede Hospitalar), a determinação da posição de tratamento, acessórios para imobilização, aquisição de imagens por TC (Rede PACS Hospitalar), identificação do volume alvo e determinação da geometria dos campos de tratamento (Estação de Trabalho do pessoal Dosimetrista, Estação de Tratamento e Imagens e por fim no Acelerador Linear para simulação e tratamento clínico) (SIBTAIN; MORGAN; MORGAN, 2012).

Verificou-se desde então, que a partir daí, a técnica 3DCRT passou ser a base das técnicas cada vez mais precisas que vêm sendo aprimoradas, como o IMRT, IGRT e outras (MORIKAWA; FERREIRA, 2018.).

**Figura 5:** Ilustra a seqüência de informações do paciente necessárias para aquisição de imagens, definição de volumes, planejamento, simulação e tratamento de 3DCRT.



**Fonte:** SIBTAIN, 1.Ed. ano 2012, P. 17.

A partir da 3DCRT, surgiram novas técnicas como a radioterapia de intensidade modulada (IMRT) que envolve necessariamente todos os passos descritos na radioterapia 3DCRT. Além disso, a técnica de IMRT permite modular a fluência do feixe de radiação, ou seja, nessa técnica há uma variação da intensidade da dose dentro de um mesmo campo de radiação, podendo ser pela movimentação das múltiplas lâminas do colimador ou por blocos (SALVAJOLI; SOUHAMI; FARIA, 2013).

Esse método é visto como de elevado impacto tecnológico que pode ser usado para entregar terapia altamente conformada. No planejamento da distribuição de dose diferente da técnica 3DCRT, o usuário estipula limite de dose e atribui pesos ou restrições aos órgãos de risco no sistema de planejamento. O resultado é uma composição de múltiplos campos de radiação, proporcionando um aumento da dose no volume-alvo minimizando o incremento de

toxicidade para o paciente. Cada tratamento específico como o IMRT deve apresentar documentação detalhada de seu planejamento de tratamento e processo de entrega, papéis e responsabilidades de cada membro da equipe, listas de verificação de controle de qualidade e procedimentos de teste, com um plano para melhoria contínua da qualidade e segurança para o paciente.

A radiocirurgia estereotática (Stereotatic Radiosurgery - SRS) é uma técnica acurada na prática clínica da radioterapia pela entrega de altas doses de radiação em pequenos volumes em elevada precisão. O termo SRS associa a técnica estereotática, em que a localização do alvo é feita através de sistema cartesiano tridimensional de coordenadas e para tratamentos com fração única, objetiva um planejamento mais conformal possível, utilizando-se margens de segurança de 1mm a 2 mm. Garantido a localização acurada do volume alvo é entregue toda a dose prescrita em uma única aplicação (MORIKAWA; FERREIRA; MOREIRA, 2018.).

Na técnica de radioterapia corporal estereotática (Stereotactic Body Radiation - SBRT) utiliza-se os princípios das radioterapias 3D, IMRT e IGRT, associados a entrega de elevadas doses por fração (hipofracionamento) e elevada precisão. A SBRT permite o tratamento de lesões extracranianas de pequeno volume em regimes hipo fracionados ou em uma única fração de tratamento, esta técnica vem sendo investigada como tratamento definitivo para seleção de tumores primários, sendo pulmão, fígado e coluna os sítios mais frequentemente indicados, bem como também pode ser uma opção de tratamento em pacientes com número limitado de metástases (oligometástases), o que pode levar a importante ganho terapêutico ao paciente quando comparado ao fracionamento convencional (SIBTAIN; MORGAN; MORGAN, 2012.).

O desafio da radioterapia é a precisão da entrega da dose prescrita diariamente durante todo o tratamento no volume alvo, entretanto o uso de imagens com o objetivo de localizar o alvo torna-se um instrumento de precisão durante o tratamento, essa ferramenta é conhecida como Radioterapia Guiada por Imagem (IGRT), ela pode ser associada a várias técnicas de radioterapia, a IGRT usa verificação de imagens planares com filme, radiografia digital, portal de imagens eletrônicas (EPI).

Além das imagens planares, muitos equipamentos são capazes de adquirir imagens volumétricas pré-tratamento. Acoplado ao acelerador linear um sistema de TC que reconstrói imagens planares em uma imagem volumétrica pelo advento da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), o mesmo realiza uma tomografia no exato momento que antecede a entrega da radiação e permite a correção sub milimétrica de qualquer movimento interno dos órgãos do paciente. Essas ferramentas garantem o posicionamento do paciente, o que resulta assim uma redução das margens de segurança no planejamento com o objetivo de aumentar a

dose prescrita e reduzir a toxicidade para o paciente (SALVAJOLI; SOUHAMI; FARIA, 2013).

O objetivo da braquiterapia é a entrega de uma elevada concentração de dose na região de interesse e ao mesmo tempo uma proteção significativa das estruturas normais próximas devido à intensidade da dose de radiação que diminui de acordo com o inverso do quadrado da distância (SALVAJOLI; SOUHAMI; FARIA, 2013).

Os avanços na braquiterapia moderna culminaram com novas fontes radioativas, planejamento tridimensional, carregamento remoto e algoritmos de cálculo têm permitido constantes avanços na prática clínica da braquiterapia (MORIKAWA; FERREIRA; MOREIRA, 2018.).

Atualmente elementos com melhores características dosimétricas e de logística e proteção radiológica mais simples, como o iodo-125 é o elemento mais empregado na prática clínica na LDR, este é utilizado principalmente no tratamento de tumores de próstata, enquanto os tumores ginecológicos são tratados com o elemento irídio-192, que corresponde ao único emprego da braquiterapia HDR no Brasil (SIBTAIN; MORGAN; MORGAN, 2012).

Uma das atividades mais importantes em um serviço de radioterapia de qualidade é a revisão organizada e monitoramento de todos os aspectos de segurança, bem como erros e qualidade.

Criando uma “cultura de segurança”, todos os funcionários clínicos se beneficiam de receber informações e feedback de seus colegas, uma proposta é a revisão interdisciplinar conforme mostra a Tabela 1 que é dependente da orientação, direção e meios financeiros da instituição e do departamento de radioterapia; em um esforço individual por todos os membros do departamento; e em organizado apoio à qualidade e segurança em todos os níveis da instituição (ASTRO, 2019.).

**Tabela 1:** Exemplos de revisão de equipe interdisciplinar de pares.

Profissional	Revisão por pares	Garantia de Qualidade
Rádio oncologista	Definição do volume alvo, seleção de dose e seleção da técnica.	Verificar a nomenclatura apropriada e documentação e se as restrições de dose estão dentro política de segurança e ainda rever os filmes do portal.
Físico Especialista	Verificação independente do planejamento, calibrações de saída das máquinas e	Verificar a transferência correta de dados do TPS [a] ao TMS [b] e revisar o



	revisões de planos de auditoria.	planejamento.
Dosimetrista	Avaliar a seleção da orientação do feixe e planejar a otimização e avaliação.	Verificar se a prescrição corresponde ao plano de tratamento.
Técnico/ Tecnólogo	Verificar novamente a configuração do paciente.	Garantir o procedimento específico do paciente em tratamento.

[a] TPS, sistema de planejamento de tratamento e

[b] TMS, sistema de gerenciamento de tratamento.

Notadamente com os avanços tecnológicos empregados na radioterapia moderna, principalmente nos sistemas de planejamento para o tratamento em teleterapia é atribuído os novos desafios para os radio oncologistas possibilitarem alguma autonomia a outros profissionais da equipe, envolvendo outros profissionais na segurança do paciente (enfermeiros, médicos, técnicos/tecnólogos em radiologia, equipe multidisciplinar), oferecer treinamento em ferramentas avançadas de análise de processos para segurança do paciente e comunicação (ASTRO – American Society For Radiation Oncology. Safety is No Accident, 2019.).

### 3 METODOLOGIA

O presente estudo trata de uma revisão bibliográfica com o intuito de atualizar as informações pertinentes ao tema a respeito da Proteção Radiológica para os serviços de Radioterapia no país. Sendo assim, o presente estudo envolveu a busca em documentos pertinentes às seguintes organizações: Conselho Nacional de Tecnólogos e Técnicos em Radiologia (CONTER), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e artigos indexados nas bases de dados nos portais de periódicos (Google Acadêmico e Scielo).

O período da pesquisa ocorreu entre os meses de Novembro de 2020 a Abril de 2021 e envolveu o processo de atividade didática exigida por meio da disciplina de TCC I e II, pertencente ao Curso Superior de Tecnologia em Radiologia da Faculdade UNIRB, Campus Parnaíba-Piauí.

Os documentos foram analisados e comparados, obtendo-se uma análise descritiva dos dados acerca da política de Proteção Radiológica em serviço de radioterapia. Baseando-se inicialmente na RDC n° 330, publicado em 20 de Dezembro de 2019 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em substituição a Portaria MS/SVS n° 453.

Adotou-se como critério de inclusão os descritores: Proteção Radiológica, Radioterapia, Lesões por Radiação e Efeitos da Radiação em inglês e em português, assim como os estudos e publicações posteriores ao ano 2000. Como critério de exclusão, os estudos que não preencheram os critérios de inclusão. Para análise e interpretação dos dados obtidos, utilizou-se recursos computacionais para organização dos documentos analisados.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos dados analisados permitiu concluir que mesmo com as mudanças de paradigmas na radioterapia pela evolução tecnológica não se pode eliminar a possibilidade de erros e acidentes acontecerem, contudo pode-se minimizar sua probabilidade por meio de um robusto Programa de Proteção Radiológica.

Do ponto de vista da proteção radiológica pela norma brasileira as exposições ocupacionais e do público são bem estabelecidas. Entretanto, os novos desafios se encontram no cuidado permanente das exposições médicas (do paciente) e do ponto de vista do controle de qualidade o foco é bem estabelecido no desempenho dos equipamentos e a mudança está na Garantia ou gestão da Qualidade (foco na qualidade dos cuidados ao paciente), representando que esta é uma área da radiologia médica que exige uma dedicação por uma equipe multidisciplinar.

Para os físicos, os desafios residem na educação em ferramentas avançadas de análise de processos para segurança do paciente, ampliar a visão da função além do controle de qualidade específico.

Para a equipe de Técnicos e tecnólogos em radioterapia os novos desafios estão no uso seguro e adequado de imagens e sistema de entrega de tratamento, comunicação. De forma geral o desafio para todos envolvidos no processo de radioterapia está na identificação/discussão de riscos, educação continuada, maior dependência do registro eletrônico de saúde, instrução adequada com software/avanços tecnológicos, dedicando tempo para iniciativas de segurança, minimizando distrações e melhorando a comunicação (ASTRO – American Society For Radiation Oncology. Safety is No Accident, 2019.).

Os profissionais devem estar vinculados a instituição. Suas atribuições é o principal contato com a vigilância sanitária e CNEN, sempre verificando as novas portarias. O profissional tem que ter disponibilidade e experiência na qualidade e segurança do paciente. Os membros selecionados para o núcleo de segurança do paciente devem ser pessoas comprometidas, inovadoras e com perfil de liderança. Na radioterapia existem vários processos e etapas que necessitam de profissionais que executam os trabalhos de maneira cautelosa e precisa.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na radioterapia as etapas de decisão que os profissionais que são envolvidos no núcleo de segurança do paciente é estabelecer a confiança dos profissionais para reportar os incidentes e quase falhas. As organizações que atinge alta confiabilidade reduzem as ameaças a segurança do paciente. Quando os funcionários exigem a confiança em seus líderes, eles reconhecem e reportam os erros e condições inseguras.

Os serviços também devem estabelecer a confiança com os pacientes. As sugestões de melhoria pelo olhar de pacientes e acompanhantes podem fornecer melhorias, que muitas vezes não são vistas pelos profissionais.

É de extrema importância o núcleo de profissionais analisarem os comentários e verificar as possibilidades de melhoria. Para que a gestão de mudanças de melhoria ocorra perfeitamente é necessário que o núcleo de segurança incentive, reforce e aprimore todo o grupo de profissionais. O núcleo deve reconhecer as ideias e necessidades de todos os profissionais e pacientes que são partes fundamentais do processo.

O que podemos concluir que a implementação da cultura do paciente é um compromisso institucional na segurança do processo nas etapas de tratamento. Gestões dos riscos podem promover benefícios aos pacientes e aos profissionais.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, F. C. Cem anos de radiologia, morfologia e função. Gazeta de física, Coimbra, 2006.
- ASTRO – American Society For Radiation Oncology. Safety is No Accident, 2019.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. PortariaMS/SVS nº 453, de 1º de junho de 1998. Brasília:Diário Oficial da União, 2 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: 20 nov 2020.
- BIRAL, Antônio Renato, Radiações ionizantes para médicos físicos e leigos, Florianópolis: Insular: 2002.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Senado, 1998
- BIRAL, Antônio Renato, Radiações ionizantes para médicos físicos e leigos, Florianópolis: Insular: 2002
- \_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 6, de 21 de dezembro de 1988. Aprova as normas técnicas gerais de radioproteção. Brasília, 1988. Disponível em:<<http://elegis.anvisa.gov.br/leisref/public>>. Acesso em: 20 nov 2020.
- DIMENSTEIN, Renato; HORNOS, Yvone M. Mascarenhas, Manual de proteção radiológica Aplicada ao radiodiagnóstico, São Paulo: Editora SENAC, 2001.
- DIMENSTEIN, Renato; HORNOS, Yvone M. Mascarenhas, Manual de proteção radiológica aplicada ao radiodiagnóstico, São Paulo: Editora SENAC, 2001
- FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (FIOCRUZ). Disponível em: <[http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab\\_virtual/radiacao.html](http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html)>. Acesso em: 25 nov 2020.
- HEINRICH, R. R. Radiações não ionizantes e seus efeitos sobre a saúde. Postado em 06 jul. 2002. Disponível em: <<http://www.cram.org.br/wordpress/?p=1254>>. Acesso em: 29 nov 2020.
- \_\_\_\_\_. Instrução Normativa 002/DIVS/SES de de 24 de outubro de 2008. Diário Oficial [do] Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 27 de outubro de 2008. Disponível em: <[http://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=550](http://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=550)>. Acesso em: 10 dez 2020.
- LINS, E. Radiografias: princípios físicos e instrumentação. Universidade federal do ABC. Santo André- SP, 2013
- \_\_\_\_\_. Lei n. 7.394, de 29 de outubro de 1985. Regula o Exercício da Profissão de Técnico em Radiologia, e dá outras providências. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7394.htm)>. Acesso em: 10 dez 2020.
- \_\_\_\_\_. Lei n. 6.437, de 20 de agosto de 1977. Configura infrações à legislação sanitária federal, estabelece as sanções respectivas, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/consolidada/lei\\_6437\\_77.pdf](http://www.anvisa.gov.br/legis/consolidada/lei_6437_77.pdf)>. Acesso em: 10 dez 2020.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN no27/2005. Norma CNEN NN-3.01de setembro de 2011 - Diretrizes Básicas de ProteçãoRadiológica. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasil.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução Anvisa/RE nº. 1.016 de 3 de abril de 2006.Disponível em:

<<http://www.cremesp.org.br/?siteAcao=LegislacaoBusca&nota=363>> Acesso em: 10 dez 2020.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 50, de 13 de Setembro de 2012. Disponível em:

<[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0050\\_13\\_09\\_2012.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0050_13_09_2012.html)> Acesso em: 02 jan 2021.

MORIKAWA, Lisa; FERREIRA, Carlos Gil Moreira. Radioterapia Contemporânea. 1.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2018.

NAVARRO, M. V. T. et al. Controle de riscos à saúde em radiodiagnóstico: uma perspectiva histórica. Hist. cienc saude-Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, out./dez. 2008.

OKUNO, E. Radiação: efeitos, riscos e benefícios. São Paulo: Oficina de textos, 2018.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. Estud. av. São Paulo, v.27,n.77,2013.Disponível<[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142013000100014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142013000100014&script=sci_arttext)>.Aceso em: 06 Nov 2020.

PACHECO J. G.; SANTOS M. B.; TAVARES J. N. Avaliação dos serviços de radiodiagnóstico convencional de dois hospitais da rede pública estadual de Rio Branco, Acre. Radiologia Brasileira São Paulo. 40 n. 1, Jan./Fev. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-39842007000100010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-39842007000100010&script=sci_arttext)>. Acesso em: 14 nov. 2020.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado da Saúde. Instrução Normativa 004/DIVS/SES. Florianópolis, 2010. Disponível em: <<http://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan 2021.

SALVAJOLI, J.; SOUHAMI, L.; FARIA. L. S. Radioterapia em Oncologia. 2. Ed. São Paulo: Atheneu, 2013.

SIBTAIN, A., MORGAN, A., MORGAN, A. Radioteraphy in Praticce – Physics for Clinical Oncology. 1. Ed, New york, Oxford, 2012.

TAUHATA, L. et al. Radiação e dosimetria: Fundamentos. Comissão Nacional de energia nuclear, Rio de Janeiro – RJ, 2013.

A Primeira Radiografia (á Esq.); Wilhelm Conrad Röntgen (á Dir.).

<https://images.app.goo.gl/oRzJHo6EdwwgtHmNA> Acesso em: 10 fev 2021.

Efeitos das Radiações após seções de Radioterapia. -

<http://mulheresdepeitoaberto.blogspot.com/2015/08/a-verdade-da-radioterapia.html?m=1>

Acesso em: 10 fev 2021.

Radiodermite. - <https://images.app.goo.gl/4rZoFD4p9fr8mbUY6>

Sequência mínima para o tratamento radioterápico de um paciente. - Fonte: Adaptado ASTRO - Safety is No Accident, ano 2019. Acesso em: 10 fev 2021.

Ilustra a sequência de informações do paciente necessárias para aquisição de imagens, definição de volumes, planejamento, simulação e tratamento de 3DCRT. - Fonte: SIBTAIN, 1.Ed. ano 2012, P. 17.