

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

ANDRÉ ENDLER

**VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO A CRITÉRIOS LEGAIS E
NORMATIVOS QUANTO A EXPOSIÇÃO ÀS RADIAÇÕES IONIZANTES EM
POSTOS DE TRABALHO DE UM CONSULTÓRIO ODONTOLÓGICO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2018

ANDRÉ ENDLER

**VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO A CRITÉRIOS LEGAIS E
NORMATIVOS QUANTO A EXPOSIÇÃO ÀS RADIAÇÕES IONIZANTES EM
POSTOS DE TRABALHO DE UM CONSULTÓRIO ODONTOLÓGICO**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Danielle Filipov

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Janine Nicolosi
Correa

CURITIBA

2018

ANDRÉ ENDLER

**VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO A CRITÉRIOS LEGAIS E
NORMATIVOS QUANTO A EXPOSIÇÃO ÀS RADIAÇÕES
IONIZANTES EM POSTOS DE TRABALHO DE UM CONSULTÓRIO
ODONTOLÓGICO**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientadora:

Profª. Dra. Danielle Filipov
Departamento Acadêmico de Física, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2018

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do

A minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A minha família, por todo amor e suporte para que eu pudesse estar aqui hoje.

A minha orientadora, Prof^a. Danielle, pela orientação, apoio e confiança.

A minha coorientadora, Prof^a Janine, pelas valiosas contribuições na elaboração deste trabalho.

Aos demais professores, colegas e amigos que fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

ENDLER, André. **Verificação do atendimento a critérios legais e normativos quanto a exposição às radiações ionizantes em postos de trabalho de um consultório de odontológico.** 2018. 38 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Crescentes avanços estão relacionados ao uso de radiações ionizantes na área odontológica, no entanto a exposição sem medidas de proteção adequadas pode causar danos irreversíveis a saúde dos trabalhadores. Neste contexto este trabalho teve como objetivo verificar o atendimento às normas de proteção radiológica quanto as doses de radiação ionizante em um consultório odontológico localizado em São Bento do Sul, Santa Catarina. A adequação às normas aplicáveis foi verificada por meio de inspeção *in loco* e medições de doses de radiação por meio de dosímetros TL (termoluminescentes) de CaSO_4 e OSL (opticamente estimulados) de BeO. As fontes emissoras constituem em dois equipamentos de Raio X intraoral odontológico, marcas Funk e Dabi Atlante. Os pontos de medição foram estabelecidos de modo a simular os postos de trabalho com maior exposição potencial, quais sejam: dentista (0,30 metros), auxiliares (1,00 metros), distância mínima de trabalho estabelecida em norma (2,00 metros), e atrás de barreira de proteção. Com base nos resultados obtidos pode-se verificar que os níveis de radiação a que os trabalhadores estão expostos são 40 a 50 vezes inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução Normativa nº 002/DIVS/SES promulgada Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina. O consultório odontológico atende aos requisitos normativos estabelecidos e aplicáveis quanto a exposição ocupacional dos funcionários a radiações ionizantes.

Palavras-chave: Radiações ionizantes. Consultório odontológico. Saúde ocupacional.

ABSTRACT

ENDLER, André. **Evaluation of compliance with legal and normative standards regarding exposure to ionizing radiation in dental office workplaces.** 2018. 38f. Monography (Specialization in Work Safety Engineering) - Graduate Program in Engineering, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2018.

Ever-increasing advances in dentistry are related to the use of ionizing radiation; however the exposure without adequate protective measures can cause irreversible damage to workers health. In this context, the purpose of this study was to verify the compliance to legal radiological safety standards regarding doses of ionizing radiation in a dental office located in São Bento do Sul, Santa Catarina. The regulatory compliance was verified by on-site inspection and radiation dose measurements with CaSO₄ TLD (termoluminescent dosimeters) and BeO OSL (optically stimulated) dosimeters. The radiation sources consists of two intraoral Dental X-Ray equipment, Funk and Dabi Atlante brands. The measuring points were established in order to simulate the worklases with the greatest potential exposure: dentist (0.30 meters), dentistry assistant (1.00 meters), minimum worplace distance set by standard (2.00 meters), and behind protective barrier. Based on the results it can be established that radiation levels exposure are 40 to 50 times lower than maximum levels set by Normative Resolution 002/DIVS/SES issued by Santa Catatina Public Health Secretariat. The dental office meets the normative requirements related to occupational exposure to ionizing radiation.

Key-words: Ionising radiation. Dental office. Ocupacional health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tubo de Collidge.	15
Figura 2 – Fases do efeito biológico produzido por radiações ionizantes.	21
Figura 3 – Estrutura física da clínica.	31
Figura 4 – Localização dos pontos de medição.	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Limiares de dose para efeitos determinísticos.....	22
Quadro 2 – Caracterização da área de estudo.....	30
Quadro 3 – Doses de radiação para 1 disparo.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CLT	Consolidação das Leis Trabalhistas
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
DIVS	Diretoria de Vigilância Sanitária de Santa Catarina
DOE	Diário Oficial do Estado
LOE	Luminescência Opticamente Estimulada
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NR	Norma Regulamentadora
OSL	Optically Stimulated Luminescence
PCMSO	Plano de Controle de Médico de Saúde Ocupacional
PGRSS	Plano de Gerenciamento de Serviços da Saúde
PPRA	Plano de Prevenção de Riscos Ambientais
SES	Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina
SST	Saúde e Segurança do Trabalho
TL	Termoluminescente
TLD	Dosímetro Termoluminescente
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo Geral.....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 RADIAÇÕES IONIZANTES.....	14
2.1.1 Raios X.....	15
2.2 PROPRIEDADES DAS RADIAÇÕES IONIZANTES.....	16
2.2.1 Energia.....	16
2.2.2 Dose Absorvida.....	16
2.2.3 Dose Equivalente.....	17
2.2.4 Doses de Radiação Emitida por Equipamento Gerador.....	17
2.3 MÉTODOS DE DETECÇÃO DE RADIAÇÃO.....	18
2.3.1 Detectores Termoluminescentes (TLD).....	19
2.3.2 Luminescência Opticamente Estimulada (OSL).....	20
2.4 EFEITOS DELETÉRIOS DE RADIAÇÕES IONIZANTES.....	20
2.5 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA.....	23
2.6 ASPECTOS LEGAIS.....	24
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	30
3.2 PONTOS DE MEDIÇÃO.....	32
3.3 MEDIÇÕES.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5 CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

A constante expansão do uso de radiações ionizantes na área odontológica está atrelada a crescentes avanços tecnológicos na área, no entanto há a necessidade de se estabelecerem práticas para otimizar a proteção radiológica aos pacientes, aos profissionais e ao público em geral (BRASIL, 1998).

Historicamente uma série de efeitos deletérios estão relacionados a interação das radiações ionizantes com os átomos e as moléculas do corpo. Portanto foi criado um arcabouço legal que determina a adoção de medidas que visam proteger o homem, seus descendentes e o ambiente contra possíveis efeitos indevidos causados pela radiação ionizante (IPEN, 2002).

As principais normativas brasileiras relacionadas ao tema são estabelecidas pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) e Secretarias Estaduais de Vigilância Sanitária, no entanto diversos profissionais desconhecem as exigências legais a serem seguidas.

De acordo com a Resolução Normativa nº 002/DIVS/SES, o operador deve manter-se a uma distância mínima de 2 metros do cabeçote do equipamento durante as exposições e a dose efetiva média anual a que os trabalhadores são expostos não deve exceder 20 mSv em qualquer período de 5 anos consecutivos, não podendo exceder 50 mSv em nenhum ano.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo verificar o atendimento a critérios legais e normativos quanto a exposição à radiações ionizantes em postos de trabalho de um consultório odontológico localizado em São Bento do Sul, Santa Catarina através de inspeção in loco e medições de doses de radiação nos postos de trabalho através de dosímetros TL (termoluminescentes) e OSL (opticamente estimulados).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Verificar o atendimento a critérios legais e normativos quanto a exposição às radiações ionizantes em postos de trabalho de um consultório odontológico.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Mensurar doses de radiação em postos de trabalho de um consultório odontológico localizado em São Bento do Sul, Santa Catarina, utilizando dosímetros TL e OSL;
- b) Comparar as doses obtidas com a legislação vigente, verificando o atendimento aos critérios legais pertinentes;
- c) Analisar a rotina de trabalho do consultório odontológico e se o que é executado condiz com o que recomenda a legislação vigente.

1.2 JUSTIFICATIVA

A constante expansão do uso de radiações ionizantes na área odontológica está atrelada a crescentes grandes avanços, no entanto requer que sejam estabelecidas práticas para otimizar as condições de proteção aos pacientes, aos profissionais e ao público em geral (BRASIL, 1998).

Toda radiação ionizante pode acarretar em danos a saúde humana. Este risco se eleva com o aumento da exposição, portanto há a necessidade de assegurar os requisitos mínimos de proteção radiológica aos profissionais envolvidos (IPEN, 2002).

Os requisitos normativos relacionados a saúde ocupacional de trabalhadores envolvidos em radiologia odontológica são relativamente recentes, de modo que diversos profissionais desconhecem as exigências legais a serem seguidas.

Neste contexto, este trabalho se justifica tendo em vista o desconhecimento por parte dos profissionais quanto a critérios de proteção radiológica a serem seguidos, bem como os efeitos irreversíveis causados por práticas de trabalho inadequadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tem como objetivo a apresentação de diferentes pontos de vista de autores a respeito de assuntos que possuem relação com o tema estudado, a fim de proporcionar uma formulação de conceitos necessários a posteriores análises e reflexões na elaboração do estudo. Serão apresentados a seguir os principais conceitos essenciais ao entendimento da temática radiações ionizantes e sua relação com a saúde e segurança dos trabalhadores.

2.1 RADIAÇÕES IONIZANTES

Radiação é a propagação de energia através de partículas ou ondas eletromagnéticas. Considera-se radiação ionizante qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, arranca elétrons ionizando os átomos ou partículas. As principais formas de radiações ionizantes são partículas alfa, beta e radiação gama, emitidas por fontes radioativas, e Raios X, emitidos pelos respectivos aparelhos (CARDOSO, 1999).

Segundo Andreucci (2016), as formas de radiação anteriormente citadas podem ser assim caracterizadas:

- Partículas Alfa (α): constituídas de dois neutrons e dois prótons. Devido ao seu alto peso e tamanho, elas possuem pouca penetração e são facilmente absorvidas por poucos centímetros de ar.
- Partículas Beta (β): constituídas por elétrons, que possuem velocidades próximas da luz, com carga elétrica negativa. Possuem um poder de penetração bastante superior às radiações Alfa, podendo ser absorvidas por alguns centímetros de acrílico ou plásticos, na sua grande maioria.
- Raios Gama (γ) e Radiações x: de natureza ondulatória, ao contrário das demais que tem características corpusculares, o que determina seu alto poder de penetração nos materiais.

No âmbito das aplicações industriais, salientam-se seis propriedades da radiação penetrante que são de particular importância (ANDREUCCI, 2016):

- Deslocam-se em linha reta;
- Não são afetadas por campos elétricos ou magnéticos;
- Podem atravessar materiais opacos a luz, sendo parcialmente absorvidas;
- Podem impressionar películas fotográficas, formando imagens;

- Provocam o fenômeno da fluorescência;
- Provocam efeitos genéticos;
- Provocam ionizações nos átomos.

2.1.1 Raios X

Os Raios X, destinados ao uso industrial e médico, são gerados numa ampola de vidro, denominada tubo de Coolidge, que possui duas partes distintas: o ânodo e o cátodo. O ânodo é constituído de um alvo de tungstênio, e o cátodo de um pequeno filamento, por onde passa uma corrente elétrica da ordem de miliamperes. Quando o tubo é ligado o ânodo e o cátodo são submetidos a uma tensão elétrica de milhares de volts. O filamento se aquece e passa a emitir espontaneamente elétrons que são atraídos e acelerados em direção ao alvo. Nesta interação, dos elétrons com os átomos de tungstênio, ocorre a desaceleração repentina dos elétrons, transformando a energia cinética adquirida em Raios X (ANDREUCCI, 2016).

A geração do feixe de Raios X através do tubo de Coolidge é ilustrada na **Figura 1**.

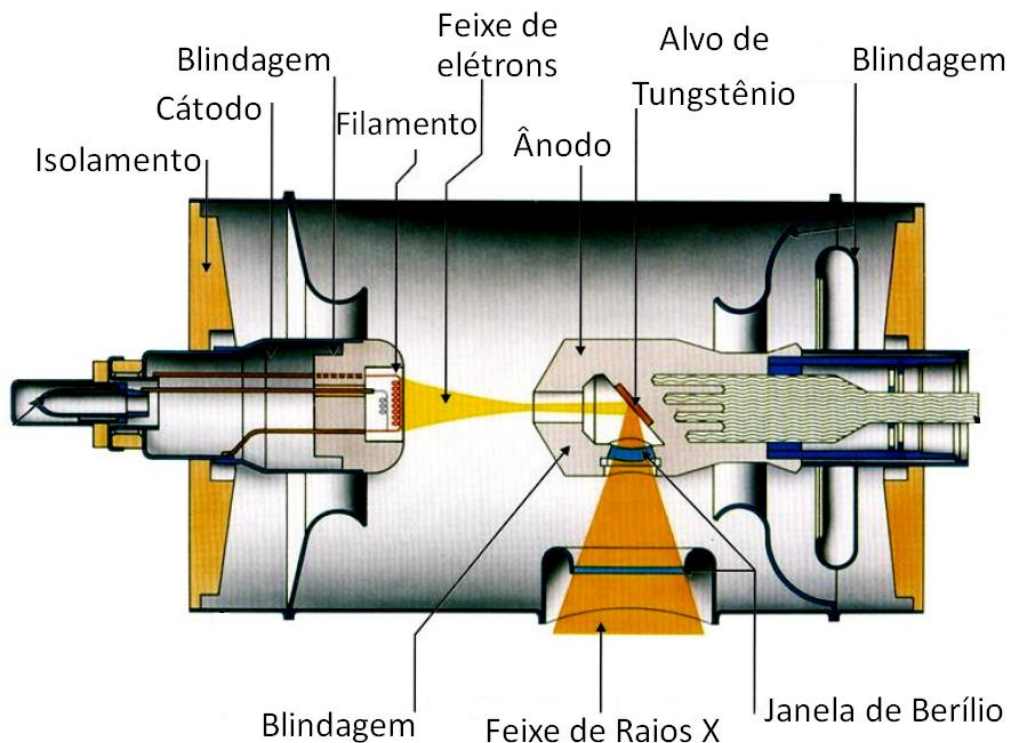


Figura 1 – Tubo de Collidge.
Fonte: adaptado de Andreucci (2016).

Os fenômenos envolvidos na geração dos Raios X, dão origem a uma radiação que possui uma grande variedade de comprimentos de onda, dentro de um limite mínimo e um máximo (ANDREUCCI, 2016). As radiações de baixa energia não contribuem para formação

de imagem e depositam dose de radiação aos pacientes (BUSHONG, 2008). Desta forma, a Resolução Normativa nº 002/DIVS/SES exige que os equipamentos de Raio X odontológico possuam filtro de alumínio a fim de reduzir as radiações indesejáveis do feixe de Raio X. Além do filtro de alumínio outros componentes do cabeçote do equipamento de Raio X auxiliam na filtração do feixe de Raios X, tais como o óleo isolante e o tubo de vidro da ampola, compondo a filtração total do equipamento. A filtração total mínima deve ser equivalente a 2,5 mmAl (SANTA CATARINA, 2015).

A fim de limitar a área do paciente exposta a radiação, a Resolução Normativa nº 002/DIVS/SES também exige a utilização de colimadores. Estes são tubos cilíndricos ou retangulares compostos de chumbo, responsáveis pela colimação dos feixes de Raio X (SANTA CATARINA, 2015).

2.2 PROPRIEDADES DAS RADIAÇÕES IONIZANTES

2.2.1 Energia

A energia dos Raios X emitidos por um aparelho está atrelada a qualidade do feixe de radiação a medida que a maior ou menor energia das radiações proporcionam um maior ou menor poder de penetração nos materiais e seus efeitos ao interagir com a matéria. A unidade mais usada para medir a energia das radiações é o elétron-volt (eV). Um elétronvolt representa a energia gerada por um elétron ao ser acelerado por uma diferença de potencial de 1 volt. Assim sendo, $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Joules}$ (ANDREUCCI, 2016).

2.2.2 Dose Absorvida

A Dose de radiação eletromagnética é definida como sendo a energia absorvida por unidade de massa (ANDREUCCI, 2016). A unidade no Sistema Internacional é o Gray (Gy) que equivale a 1 J/kg (IPEN, 2002).

2.2.3 Dose Equivalente

O parâmetro Dose Absorvida não é suficiente para prever a probabilidade e severidade dos efeitos deletérios na saúde do indivíduo (ANDREUCCI, 2016). Para tal foi definida a grandeza dose equivalente (H), que considera fatores como o tipo de radiação ionizante, a energia e a distribuição da radiação no tecido para avaliar os possíveis danos biológicos. A dose equivalente pode ser calculada por (IPEN, 2002):

$$H = D \cdot Q \cdot N \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

H: dose equivalente (Sievert)

D: dose absorvida (Sievert)

Q: fator de qualidade, relaciona o efeito de diferentes tipos de radiação em termos de danos aos tecidos. Pode variar de 1 a 20; pra raios X e γ $Q = 1$

N: produto de outros fatores modificadores, que permitem avaliar a influência na dose de um radionuclídeo depositado internamente. O valor utilizado atualmente é $N = 1$.

No sistema internacional de medidas a unidade de dose equivalente é o Sievert (Sv), que equivale a 1 Joule/kg (ANDREUCCI, 2016).

2.2.4 Doses de Radiação Emitida por Equipamento Gerador

O cálculo de doses devido às radiações emitidas por equipamentos de radiação ionizante é extremamente complexo devido aos vários tipos de aparelhos, condições de funcionamento e fatores existentes. Entretanto, a Taxa de Dose de Radiação é estimada genericamente através da seguinte equação (ANDREUCCI, 2016):

$$D = \frac{C \cdot Z \cdot I \cdot V}{d^2} \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

D: taxa de dose de radiação (Sv/min)

C: constante de proporcionalidade (Sv/mA)

Z: número atômico do alvo do tubo de Raio X

I: corrente (mA)

V: voltagem (kV)

d: distância (m)

2.3 MÉTODOS DE DETECÇÃO DE RADIAÇÃO

Detectores de radiação são dispositivos, instrumentos ou sistemas que medem, direta ou indiretamente, a exposição, índice de Kerma, dose absorvida ou equivalente, ou quantidades de radiação ionizante relacionadas. O detector juntamente com seu leitor é denominado como sistema de detecção. Cada sistema de dosimetria possui propriedades específicas, de modo que o sistema a ser utilizado deve ser criteriosamente escolhido para cada situação. As principais propriedades dos dosímetros são (IZEWSKA; RAJAN, 2005):

- Precisão e exatidão: reprodutibilidade e pequeno erro padrão entre medidas;
- Linearidade: respostas lineares a quantidade dosimétrica medida. Cada aparelho de medição possui intervalo linear e não-linear de medidas próprio;
- Independência entre taxa e dose: para sistemas de medição por integração a dose equivalente deve ser independente da taxa de aplicação;
- Dependência entre energia e dose: a resposta de um dosímetro é geralmente função da qualidade do feixe de radiação (energia);
- Dependência direcional: variação da resposta de um dosímetro em relação ao ângulo de incidência dos feixes de radiação;
- Resolução espacial e dimensões: tendo em vista que dose é uma medida pontual, o dosímetro deve permitir medições de um pequeno volume de controle;
- Sistema de leitura: sistema de leitura diretos, indiretos, ou híbridos (leitura direta e indireta);
- Conveniência do uso: alguns leitores são reutilizáveis sem perda de precisão enquanto outros perdem precisão ao longo do tempo.

Segundo Tauhata et al. (2000) os principais tipos de detectores, classificados de acordo com seu método de detecção e leitura, são:

- Detectores utilizando emulsões fotográficas: formados por emulsões fotográficas constituídas de cristais de brometo de prata dispersos em uma matriz de gelatina. A radiação, ao interagir com elétrons do átomo de brometo de prata transforma os íons Ag^+ em Ag metálica. A concentração de prata metálica após o processo de revelação está relacionada à quantidade de radiação a que a emulsão foi submetida.

- Detectores termoluminescentes (TLD): contém um cristal que armazena a radiação recebida. O cristal libera esta energia na forma de fluorescência quando aquecido, fornecendo uma medida indireta da radiação a que foi exposto.
- Detectores opticamente estimulados (OSL): muito semelhantes aos TLD, contém um cristal que armazena a radiação recebida, no entanto esta é liberada na forma de fluorescência quando expostos a luz.
- Detectores a gás: a interação das radiações com gases provoca excitação e ionização dos seus átomos. A coleta de pares elétron-íon formados servem como medida da radiação incidente.
- Detectores a cintilação: materiais cintiladores transformam a energia cinética da radiação incidente em luz detectável, proporcionalmente a energia depositada.
- Detectores utilizando materiais semicondutores: a passagem da radiação por um material semicondutor com estrutura de bandas provoca a criação de um grande número de pares elétrons-buracos ao longo da trajetória. Com a aplicação de um campo elétrico, os pares elétron-buraco formados pela radiação serão atraídos pelo campo, gerando um pulso de corrente proporcional à radiação depositada.

Considerando a diversidade de métodos de medição de radiações ionizantes, neste trabalho foi enfocada a medição através de detectores termoluminescentes (TLD) e detectores por luminescência opticamente estimulada (OSL), os quais serão melhor descritos a seguir.

2.3.1 Detectores Termoluminescentes (TLD)

Alguns materiais possuem a propriedade de reter energia em consequência da exposição a radiação. Quando esta energia é liberada através de um estímulo sobre forma de luz ultravioleta, visível ou infra-vermelho o fenômeno é chamado de luminescência. Quando o agente estimulante utilizado é o calor, o fenômeno é designado termoluminescência. Neste caso o material é designado termoluminescente, ou TLD quando utilizado em dosimetria. (IZEWSKA; RAJAN, 2005).

O instrumento utilizado para avaliar a dose em função da luz emitida pelo TLD é denominado *leitor* TLD. É composto de um sistema que faz um aquecimento controlado, de uma válvula fotomultiplicadora, que transforma o sinal luminoso em um sinal elétrico amplificado, e de um sistema de processamento e apresentação (display) do sinal utilizados (TAUHATA et al., 2000).

Os detectores termoluminescentes são classificados como medidores de leitura indireta, ou seja, possuem a propriedade de acumular efeitos físico-químicos proporcionais à quantidade de exposição às radiações recebidas num intervalo de tempo. Desta forma são capazes de registrar as doses recebidas por trabalhadores (ANDREUCCI, 2016).

As principais substâncias utilizadas como materiais termoluminescentes para dosimetria são o $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ (sulfato de cálcio dopado com disprósio), o $\text{CaSO}_4:\text{Mn}$ (dopado com manganês); o LiF (fluoreto de lítio) e a CaF_2 (fluorita). (TAUHATA et al., 2000).

Quando aplicados em dosimetria pessoal, a fim de verificar a dose de radiação a que os trabalhadores estão expostos durante a jornada de trabalho, o intervalo de dose de interesse é de 10^{-5} a 10^{-1} Sv, com uma incerteza no cálculo da dose de $\pm 10 - 20\%$. Nesta aplicação os materiais mais utilizados são LiF:Mg, Ti, o LiF:Mg,Cu,P e o Al_2O_3 (tecido equivalentes) e CaF_2 e o $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ (alta sensibilidade) (CAMPOS, 1998). De acordo com experimentos realizados por Fernández (2016) o limiar de detecção de dosímetros TL de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ é de 6 μGy .

2.3.2 Luminescência Opticamente Estimulada (OSL)

A Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), do inglês *Optically Stimulated Luminescence (OSL)*, é o sinal luminescente emitido, devido à exposição à luz, por materiais isolantes ou semicondutores, previamente expostos à radiação ionizante. A soma das respostas luminescentes podem ser utilizadas como método dosimétrico (BOTTER-JENSEN et al, 2003, apud CAMPOS, 1998).

Dosímetros de óxido de berílio (BeO) são amplamente utilizados em dosimetria pessoal por serem tecido equivalentes, ou seja, possuem número atômico efetivo muito próximo ao do tecido biológico (McKEEVER et al, 1995 apud CAMPOS, 1998).

De acordo com dados divulgados pelo Centro Alemão de Pesquisa em Saúde Ambiental os dosímetros OSL de BeO possuem limite inferior de detecção de $1\mu\text{Gy}$. A faixa de doses aconselhada para medição é de $10\mu\text{Gy}$ a 10Gy (GMBH, 2018).

2.4 EFEITOS DELETÉRIOS DE RADIAÇÕES IONIZANTES

Os efeitos biológicos são resultantes da interação das radiações ionizantes com os átomos e as moléculas do corpo. O primeiro fenômeno que ocorre é físico e consiste na ionização e na excitação dos átomos, resultante da troca de energia entre a radiação e a matéria.

Em seguida ocorre o fenômeno químico que consiste de rupturas de ligações químicas nas moléculas. A seguir aparecem os fenômenos bioquímicos e fisiológicos (IPEN, 2002).

Segundo Tauhata (2014) as alterações químicas provocadas pela radiação podem afetar uma célula de várias maneiras, resultando em: morte prematura, impedimento ou retardo de divisão celular ou modificação permanente que é passada para as células de gerações posteriores. A reação de um indivíduo à exposição de radiação depende de diversos fatores como quantidade de radiação recebida, quantidade de radiação recebida anteriormente sem recuperação, textura orgânica individual, e taxa com a qual a radiação é recebida. Quando a quantidade de efeitos biológicos é pequena, o organismo pode se recuperar, no entanto, se a quantidade ou frequência de efeitos biológicos produzidos começa a desequilibrar o organismo humano ou o funcionamento de um órgão, surgem *as doenças* (efeitos orgânicos). A **Figura 2** a seguir apresenta um resumo dos fenômenos anteriormente citados.

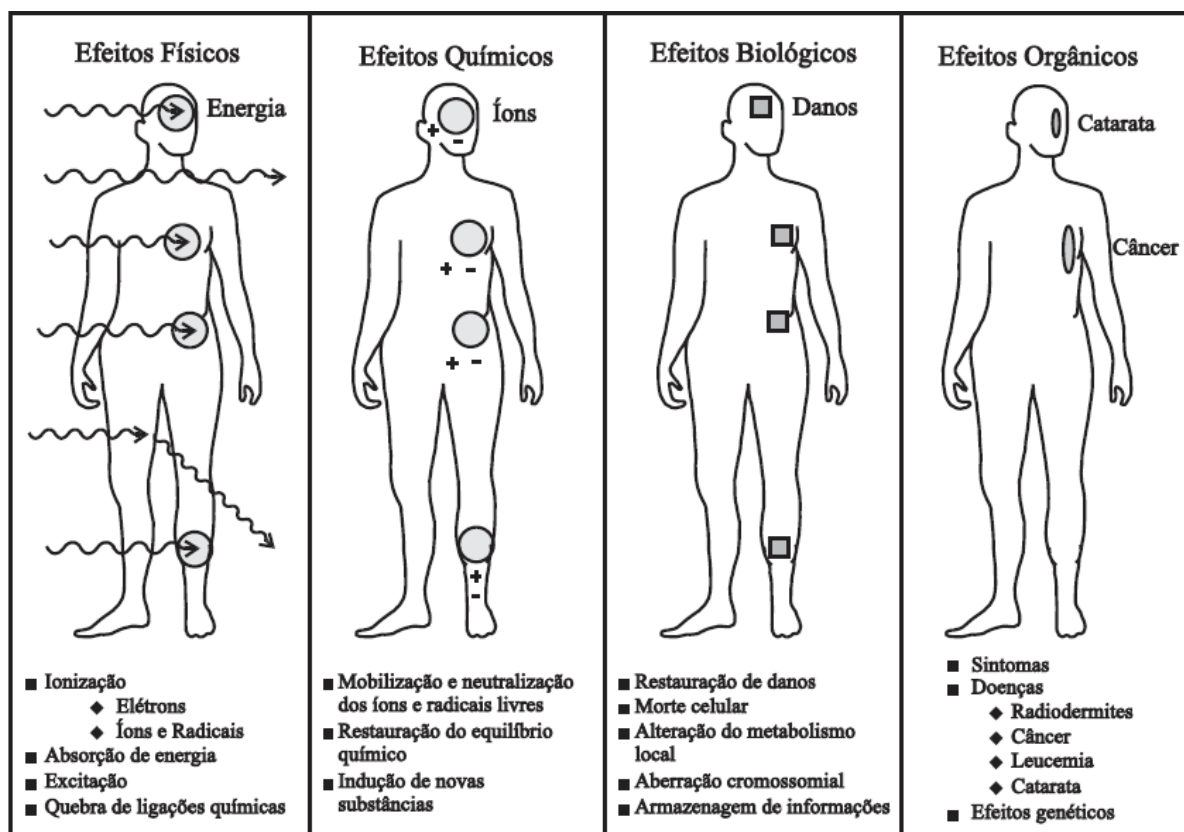


Figura 2 – Fases do efeito biológico produzido por radiações ionizantes.

Fonte: Tauhata (2014).

Os efeitos biológicos das radiações ionizantes nos organismos podem ser classificados quanto a dose absorvida, tempo de manifestação e nível de danos. Quanto a dose absorvida podem ser classificados entre determinísticos e estocásticos:

- Efeitos determinísticos: são aqueles para os quais existe um limiar de dose necessário para sua ocorrência e cuja gravidade aumenta com a dose (SANTA CATARINA, 2015). O Quadro apresenta os limiares de dose para efeitos determinísticos nas gônadas, cristalino e medula óssea segundo Tauhata (2014).

Tecido e efeito	Limiar de dose		
	Dose Equivalente Total recebida em uma única exposição	Dose Equivalente Total recebida numa exposição fracionada ou prolongada	Taxa de Dose Anual recebida em exposições fracionadas ou prolongadas por muitos anos
	(Sv)	(Sv)	(Sv)
Gônadas			
- esterilidade temporária	0,15	ND	0,40
- esterilidade	3,5 - 6,0	ND	2,00
Ovários			
- esterilidade	2,5 - 6,0	6,0	> 2,0
Cristalino			
- opacidade detectável	0,5 - 2,0	5,0	> 0,1
- catarata	5,0	> 8,0	> 0,15
Medula óssea			
- depressão de hematopoiese	0,5	ND	> 0,4

Quadro 1 – Limiares de dose para efeitos determinísticos.
Fonte: Tauhata (2014).

- Efeitos estocásticos: são aqueles para os quais não existe um limiar de dose para sua ocorrência e cuja probabilidade de ocorrência é uma função da dose. A gravidade destes efeitos é independente da dose (SANTA CATARINA, 2015). Como exemplo podem ser citados o câncer e os efeitos hereditários (IPEN, 2002).
 Quanto ao tempo de manifestação, podem ser classificados entre imediatos e tardios (BUSHONG, 2008):
 - Imediatos: ocorrem após alguns minutos ou dias depois da exposição à altas doses de radiação. Os efeitos imediatos são, geralmente, determinísticos, isto é, a gravidade da resposta é proporcional à dose e, além disso, existe um limiar de dose. Como efeitos imediatos pode-se destacar a síndrome aguda da radiação (hematológica, gastrointestinal, e síndrome do sistema nervoso central), danos locais aos tecidos (pele, gônadas e extremidades), depressão hematológica e danos citogenéticos;
 - Tardios: os danos são observados após meses ou anos resultantes da aplicação de doses baixas por um longo período de tempo. Como exemplo pode-se citar os profissionais

envolvidos em serviços de radiodiagnóstico. A maioria dos efeitos tardios é estocástica, ou seja, a incidência da resposta é relacionada à dose e não se evidencia nenhum limiar de dose. Como efeitos tardios pode-se destacar a leucemia e demais tipos de câncer (ossos, pulmões, tireóide e mamas), danos genéticos e em menor escala danos locais de tecidos e diminuição do tempo de vida.

Quanto ao nível de danos os efeitos biológicos de radiações ionizantes podem ser classificados entre somáticos e hereditários (IPEN, 2002):

- Efeitos somáticos: alterações que ocorrem nas células somáticas e se manifestam no indivíduo irradiado, ou seja, não são transmissíveis aos descendentes.
- Efeitos hereditários: podem ser transmitidos aos descendentes e são consequência de alterações nos cromossomos (DNA) dos gametas (óvulos e espermatozóides) do indivíduo irradiado.

2.5 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Proteção radiológica, ou radioproteção, pode ser entendida como o conjunto de medidas que visam proteger o homem, seus descendentes e seu meio ambiente contra possíveis efeitos indevidos causados pela radiação ionizante. A Portaria ANVISA n° 453/1998 e Resolução Normativa n° 002/DIVS/SES/2015 estabelecem similares procedimentos básicos de proteção radiológica, os quais são pautados nos seguintes princípios:

- Justificação: haja visto que toda exposição à radiações ionizantes pode levar a algum risco de dano a saúde, e que este risco aumenta com aumento da exposição, qualquer exposição deve ser justificada para garantir que o benefício da aplicação seja mais importante do que o risco devido ao aumento de exposição (IPEN, 2002);
- Otimização: as instalações, equipamentos e as práticas devem ser planejadas, implantadas e executadas de modo que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de exposições acidentais sejam tão baixos quanto razoavelmente exequíveis (BRASIL, 1998);
- Limitação de doses individuais: as doses individuais de radiação, efetiva ou equivalente, não devem ultrapassar os limites estabelecidos para exposição ocupacional e exposição do público decorrentes de práticas controladas (BRASIL, 1998);
- Prevenção de acidentes: os procedimentos de radiologia diagnóstica ou intervencionista só podem ser executados por profissionais qualificados e certificados para a prática (SANTA CATARINA, 2015). No projeto e operação de equipamentos e instalações

deve-se desenvolver meios e implementar ações necessárias para minimizar a contribuição de erros humanos que levem à ocorrência de exposições acidentais (BRASIL, 1998).

De acordo com a NR-32 do MTE, Portaria ANVISA n° 453/1998 e Resolução Normativa n° 002/DIVS/SES/2015 deve ser elaborado Programa de Proteção Radiológica dos estabelecimentos de radiologia diagnóstica e intervencionista contendo, entre outros:

- Relação da equipe, suas atribuições, responsabilidades, e respectiva qualificação;
- Instruções de trabalho, visando a execução das atividades em condições de segurança;
- Programa de treinamento periódico e atualização de toda a equipe;
- Sistema de sinalização, avisos e controle das áreas;
- Programa de monitoração de área incluindo verificação das blindagens e dispositivos de segurança;
- Programa de monitoração individual e controle de saúde ocupacional;
- Especificação dos equipamentos de proteção individual;
- Programa de garantia de qualidade, incluindo programa de manutenção dos equipamentos;
- Procedimentos para os casos de exposições acidentais, incluindo sistemática de notificação e registro.

2.6 ASPECTOS LEGAIS

A saúde é um direito fundamental do ser humano, devendo o Estado prover as condições indispensáveis ao seu pleno exercício por meio da formulação e execução de políticas econômicas e sociais que gaantam sua promoção, proteção e recuperação (BRASIL, 1990).

As radiações ionizantes passam a abranger o campo de segurança do trabalho a medida que a NR 9 do MTE define agentes físicos como as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, entre elas as radiações ionizantes (BRASIL, 1978).

De acordo com a NR-32, que trata da segurança e saúde no trabalho em serviços de saúde, quanto a proteção dos funcionários com relação às radiações ionizantes devem ser observadas, além da NR-32, as disposições estabelecidas pelas normas específicas da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, do Ministério da Saúde. Entre as principais exigências da NR-32 quanto a proteção radiológica fica estabelecido (BRASIL, 2005):

- Obrigatoriedade de elaboração do Programa de Proteção Radiológica (PPR) dos funcionários;
- Integração do PPR com o PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) e PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional);
- Exigência de capacitação continuada dos funcionários em proteção radiológica;
- Utilização de EPI adequados para minimização dos riscos;
- Estar sob monitoração individual de dose de radiação ionizante, nos casos em que a exposição seja ocupacional. Toda trabalhadora com gravidez confirmada deve ser afastada das atividades com radiações ionizantes.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é o órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização de energia nuclear e radioproteção no Brasil. No entanto, as práticas de radiodiagnóstico médico e odontológico são regulamentadas por Portaria do Ministério da Saúde (CNEN, 2005).

Tendo em vista as responsabilidades regulatórias do Ministérios da Saúde relacionadas à produção, comercialização e utilização de produtos e equipamentos emissões de radiações ionizantes, foi promulgada através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a Portaria n° 453, de 01 de junho de 1998, que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radio diagnóstico médico e odontológico em todo território nacional.

Ainda de acordo com a Portaria ANVISA n° 453, de 01 de junho de 1998, ficam responsáveis pelo licenciamento e fiscalização dos raios X diagnósticos as secretarias estaduais e municipais de vigilância sanitária (BRASIL, 1998). Haja vista a delegação de atribuição, a Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina promulgou a Resolução Normativa n° 002/DIVS/SES, que aprova as diretrizes básicas de proteção radiológica no estado. De acordo com esta resolução ficam estabelecidos os seguintes limites para exposição ocupacional a radiações ionizantes em consultórios odontológicos (DIVS, 2015):

47 - Todo indivíduo que trabalha com raios X diagnóstico e intervencionista deve usar, durante sua jornada de trabalho e enquanto permanecer em área controlada, dosímetro individual, trocado mensalmente.

47.1 A obrigatoriedade do uso de dosímetro individual é dispensada, para os serviços de radiologia odontológica intraoral, que realizem menos de 10 (dez) radiografias/dia.

49.1 - Os dosímetros destinados a estimar a Dose Efetiva devem ser utilizados na região mais exposta do tronco;

49.2 - Durante a utilização de avental plumbífero, o dosímetro deve ser colocado sobre o avental, aplicando-se um fator de correção de 1/10 para estimar a Dose Efetiva;

49.3 - Quando o usuário atuar em diferentes procedimentos com e sem avental, é necessário a utilização de um dosímetro exclusivo para os procedimentos com avental e outro dosímetro para os procedimentos sem avental;

49.4 - É de uso exclusivo do usuário do dosímetro no serviço para o qual foi designado; e

49.5 - Durante a ausência do usuário, os dosímetros individuais devem ser mantidos em local seguro, com temperatura amena, umidade baixa e afastados de fontes de radiação ionizante, junto ao dosímetro padrão, sob a supervisão do Supervisor de Proteção Radiológica.

50 - O nível de registro estabelecido para Monitoração mensal do tronco é de 0,20 mSv.

51 - Se houver suspeita de exposição acidental, o dosímetro individual deve ser enviado para leitura em caráter de urgência.

52 - O Responsável Legal deve providenciar investigação dos casos de doses efetivas mensais superiores a 5 mSv ou quando notificado pela Autoridade de Vigilância Sanitária. Os resultados da investigação devem ser assentados e comunicados a Autoridade de Vigilância Sanitária, nos casos de doses efetivas mensais superiores a 20 mSv.

52.1 - Quando os valores mensais relatados de Dose Efetiva forem superiores a 100 mSv, o Responsável Legal deve providenciar avaliação clínica e a realização de exames complementares, incluindo a dosimetria cito genética, a critério médico.

53 - Todo Indivíduo Ocupacionalmente Exposto deve estar submetido a um Programa de Controle de Saúde baseado nos princípios gerais de saúde ocupacional.

54 - As exposições ocupacionais normais de cada indivíduo, decorrentes de todas as práticas, devem ser controladas de modo que:

54.1 - A Dose Efetiva média anual não deve exceder 20 mSv em qualquer período de 5 (cinco) anos consecutivos, não podendo exceder 50mSv em nenhum ano; e

54.2 - A Dose Equivalente anual não deve exceder 500 mSv para extremidades e 20 mSv para o cristalino.

55 - Para mulheres grávidas devem ser observados os seguintes requisitos adicionais, de modo a proteger o embrião ou feto:

55.1 - A gravidez deve ser notificada ao titular do serviço tão logo seja constatada; e

55.2 - As condições de trabalho devem ser revistas para garantir que a dose na superfície do abdômen não exceda 2 mSv durante todo o período restante da gravidez.

56 - Menores de 18 anos não podem trabalhar com raios X diagnósticos ou intervencionista, exceto em treinamentos.

56.1 - Para estudantes com idade entre 16 e 18 anos, em estágio de treinamento profissional, as exposições devem ser controladas de modo que os seguintes valores não sejam excedidos:

56.1.1 - Dose Efetiva anual de 6 mSv; e

56.1.2 - Dose Equivalente anual de 150 mSv para extremidades e 6 mSv para o cristalino.

56.2 - É proibida a exposição ocupacional de menores de 16 anos.

Quanto aos ambientes de instalações de radiologia diagnóstica, devem delimitados e classificados em áreas livres ou em áreas controladas. As salas de radiologia devem ser classificadas como áreas controladas e dispor de blindagem que proporcione proteção às áreas adjacentes, observando os níveis de restrição de dose estabelecidos. Em monitoração de área para fins de planejamento de barreiras e verificação a adequação aos níveis de radiação deve ser utilizado o parâmetro Equivalente de Dose Ambiente (H^*), os quais tem como restrição de dose (DIVS, 2015):

28.1 - 5 mSv/ano em áreas controladas.

28.2 - 0,5 mSv/ano em áreas livres.

Quanto aos procedimentos de trabalho, a Portaria ANVISA nº 453/1998 estabelece:

5.9 Proteção do operador e equipe

b) Em exames intra-orais em consultórios, o operador deve manter-se a uma distância de, pelo menos, 2 metros do tubo e do paciente durante as exposições. Se a carga de trabalho for superior a 30 mAmin por semana, o operador deve manter-se atrás de uma barreira protetora com uma espessura de, pelo menos, 0,5 mm equivalentes ao chumbo,

c) O operador ou qualquer membro da equipe não deve colocar-se na direção do feixe primário, nem segurar o cabeçote ou o localizador durante as exposições.

d) Nenhum elemento da equipe deve segurar o filme durante a exposição.

5.10 Somente o operador e o paciente podem permanecer na sala de exame durante as exposições.

a) Caso seja necessária a presença de indivíduos para assistirem uma criança ou um paciente debilitado, elas devem fazer uso de avental plumbífero com,

pelo menos, o equivalente a 0,25 mm Pb e evitar localizar-se na direção do feixe primário.

b) Nenhum indivíduo deve realizar regularmente esta atividade.

Para autorização de funcionamento dos estabelecimentos de radiologia diagnóstica e intervencionista a Resolução Normativa nº 002/DIVS/SES exige a emissão de Alvará Sanitário. Para emissão do alvará os principais documentos exigidos para instalações privadas são (DIVS, 2015):

6.3 Memorial descritivo de proteção radiológica, assinado pelo Responsável Legal da instituição e pelo Supervisor de Proteção Radiológica, contendo:

6.3.1 - Descrição do estabelecimento e de suas instalações;

6.3.2 - Relatório do levantamento radiométrico;

6.3.3 - Relatório dos testes de aceitação dos equipamentos (equipamentos emissores de radiações ionizantes, equipamentos/dispositivos de recepção, processamento e visualização de imagens);

6.3.4 - Relatório dos testes de controle de qualidade dos equipamentos;

6.3.5 - Comprovante de contratação de dosimetria pessoal;

6.3.7 - Descrição dos sistemas de registro, processamento e visualização de imagens (cassetes, processadoras, negatoscópios, sistema digital etc.);

6.3.8 - Comprovante da contratação e da qualificação do Responsável Técnico;

6.3.9 - Comprovante da contratação e da qualificação dos técnicos;

6.3.10 - Declaração de regularidade junto aos Conselhos Profissionais;

6.3.11 - Descrição de todos os equipamentos de proteção radiológica (aventais, luvas, óculos, protetor de tireoide, dentre outros) compatíveis com os procedimentos realizados;

6.3.12 - Programa de manutenção dos equipamentos;

6.3.13 - Contrato com empresa de reprocessamento (exclusivo para serviços de radiologia intervencionista).

6.4 - Laudo de conformidade do projeto básico de arquitetura, para novas instalações;

6.5 - Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS);

6.6 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO);

6.7 - Programa de Prevenção dos Riscos Ambientais (PPRA).

Na Portaria ANVISA 453/1998 e Resolução Normativa nº 002/DIVS/SES ficam ainda estabelecidos critérios quanto a capacitação; controle de qualidade dos equipamentos; registro de dados; e responsabilidades dos representantes legais, fornecedores, prestadores de serviços

e profissionais que executem atividade de proteção radiológica. Estes critérios não serão abordados por fugirem do escopo da proposta deste trabalho.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a caracterização da área de estudo, fontes de emissão de radiações ionizantes identificadas, materiais e métodos de medição.

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A clínica odontológica selecionada para elaboração deste estudo fica localizada em São Bento do Sul, Santa Catarina. A mesma é composta por dois consultórios odontológicos, sendo que os dentistas atuam como profissionais liberais. No entanto, de acordo com o § 1º do Art. 2º da Consolidação de Leis do Trabalho (CLT), equiparam-se ao empregador os profissionais liberais que admitirem trabalhadores como empregados.

O Quadro 2 apresenta as principais características da clínica odontológica.

Item	Descrição
CNAE	86.30-5/04
Grau de Risco (NR 4)	03
Dentistas	02 (01 homem e 01 mulher)
Auxiliares	02 (02 mulheres)
Horário de funcionamento	Segunda a sexta-feira, das 8:00 às 11:30 e 13:00 às 19:00

Quadro 2 – Caracterização da área de estudo.
Fonte: O autor (2018).

A Figura 3 representa a estrutura física da clínica, composta por: sala de espera, escritório, banheiro, sala de esterilização e dois consultórios, aqui denominados Consultório 01 e Consultório 02. Em área anexa a clínica encontram-se ainda cabine para compressor de ar e área para armazenamento externo de resíduos para coleta.

O estabelecimento possui Alvará Sanitário para funcionamento bem como os documentos exigidos para tal:

- Plano de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA);
- Plano de Controle de Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO);
- Plano de Gerenciamento de Serviços da Saúde (PGRSS);
- Memorial descritivo de proteção radiológica.

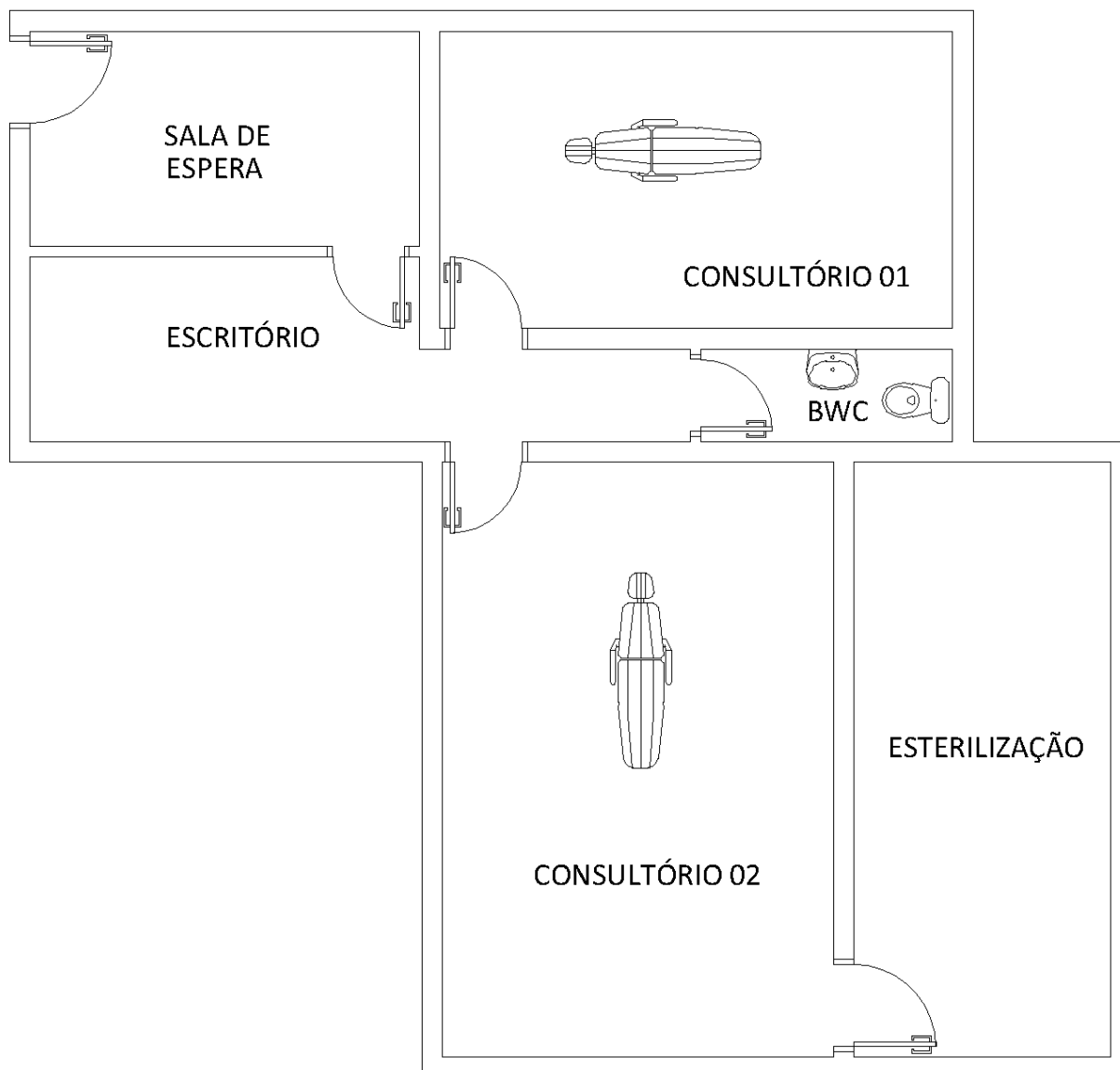


Figura 3 – Estrutura física da clínica.
Fonte: O autor (2018).

As fontes de radiações ionizantes identificadas na clínica odontológica são dois equipamentos de Raios X Odontológico. Estes equipamentos são destinados à emissão controlada de radiação ionizante para produzir imagens radiográficas utilizadas em procedimentos de diagnóstico por imagem.

As características do equipamento de Raios X Odontológico do Consultório 01 são apresentadas a seguir:

- Marca/Modelo/NS: Funk/RX10/7630
- Tensão: 60 kVP
- Corrente: 10 mA
- Tempo de exposição: 700 ms

- Espessura do filtro: filtração total de 2,71 mm Al / 60kV.

As características do equipamento de Raios X Odontológico do Consultório 02 são apresentadas a seguir:

- Marca/Modelo/NS: Dabi Atlante/Spectro 70x/122
- Tensão: 70 kVP
- Corrente: 8 mA
- Tempo de exposição: 700 ms
- Espessura do filtro: filtração total de 3,03 mm Al / 70kV.

De acordo com selo fixado nos equipamentos foi realizado controle de qualidade, levantamento radiométrico dos ambientes e avaliação da radiação de fuga de cabeçote em ambos equipamentos em 07/10/2016.

Conforme informado pelos dentistas do estabelecimento, são realizados em média 20 radiografias intraorais por mês em cada consultório.

3.2 PONTOS DE MEDIÇÃO

Os pontos de medição foram estabelecidos de acordo com os postos de trabalho verificados na clínica, a saber:

- Posições 1 e 4: postos de trabalho dos dentistas durante atendimento, situados a, aproximadamente, 0,3 metros (30 cm) da face dos pacientes. Esta posição foi estabelecida a fim de verificar qual a dose de radiação ionizante recebida pelos os dentistas caso permaneçam nesses locais (posto habitual de trabalho – em descumprimento com as normas vigentes) durante a operação do equipamento;
- Posições 7 e 8: postos de trabalho das auxiliares de dentista durante atendimento, situados a, aproximadamente, 1,0 metro da face dos pacientes. Esta posição foi estabelecida a fim de verificar qual a dose de radiação ionizante recebida pelas auxiliares de dentista caso as mesmas permaneçam nesses locais (postos habituais de trabalho - em descumprimento com as normas vigentes) durante a operação do equipamento;
- Posições 2 e 5: situadas a 2,00 metros da face dos pacientes. A Portaria ANVISA n° 453/1998 e Resolução Normativa n° 002/DIVS/SES estabelecem que os profissionais devem se manter a, no mínimo, 2,0 metros do paciente durante execução de radiografia

intraoral. A dose de radiação foi verificada nestes locais para se verificar se a orientação torna o procedimento seguro;

- Posições 3 e 6: posição que os profissionais ocupam durante os disparos do equipamento de Raios X, de acordo com informações prestadas pelos funcionários. Nesta posição a radiação é atenuada pelas barreiras formadas por paredes de alvenaria em tijolos maciços.

A Figura 4 a seguir apresenta a localização dos pontos anteriormente descritos. Foram realizadas medições nos pontos 1, 2, 3 e 7 durante os disparos com o equipamento de Raios X odontológico do consultório 01; e nos pontos 4, 5, 6, e 8 durante disparos com o equipamento de Raios X odontológico do consultório 02. O dosímetro branco (BG) foi mantido na posição indicada durante todo o intervalo de medições.

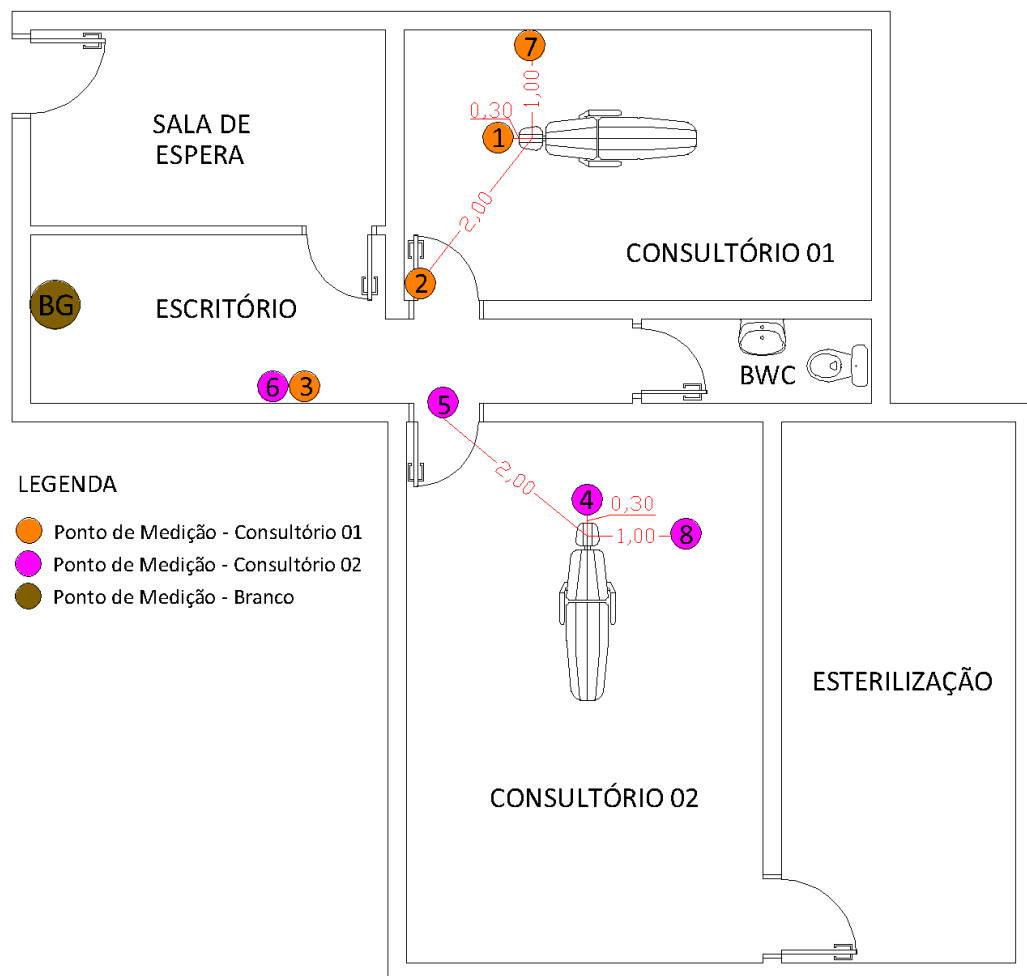


Figura 4 – Localização dos pontos de medição.
Fonte: O autor (2018).

3.3 MEDIÇÕES

A campanha de medição foi realizada no dia 17/02/2018 entre 14:00 e 15:00.

As medições foram realizadas separadamente para cada equipamento de acordo com o anteriormente descrito:

- Pontos 1, 2, 3 e 7 durante os disparos do equipamento de raios X odontológico do consultório 01;
- Pontos 4, 5, 6, e 8 durante os disparos do equipamento de raios X odontológico do consultório 02;
- O Branco (BG) foi mantido na posição indicada durante todo o intervalo de medições.

Como meio espalhador (simulando a região da cabeça de um paciente) foi utilizada uma garrafa PET preenchida por água, fixada na posição habitual dos pacientes durante os procedimentos de radiografia intraoral.

Foram utilizados dois tipos de dosímetros em cada posição:

- Dosímetros termoluminescente (TLD – Thermoluminescent Dosimeter) de CaSO_4 ;
- Dosímetro por luminescência opticamente estimulada (OSL – Optically Stimulated Luminescence) de BeO .

Foram realizados 50 disparos em cada equipamento de Raios X odontológico. O número de disparos se justifica tendo em vista a sensibilidade dos dosímetros frente às baixas doses de radiação esperadas para equipamentos de Raios X odontológico. A leitura fornecida por cada dosímetro foi, então, dividida por 50 para se estimar o valor de dose de radiação por exposição.

Os dosímetros foram fornecidos, calibrados e medidos por intermédio do Laboratório de Radiações Ionizantes e Física Nuclear Aplicada do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Resolução Normativa n° 002/DIVS/SES a obrigatoriedade do uso de dosímetro individual é dispensada para serviços de radiologia odontológica intraoral que realizem menos de 10 radiografias por dia. Tendo em vista que, conforme informações fornecidas pelos dentistas da clínica odontológica, são realizadas em média 20 radiografias por mês. Dessa forma, não há obrigatoriedade de uso de dosímetro individual pelos funcionários da mesma.

Quanto aos procedimentos de trabalho, a Portaria ANVISA n° 453/1998 estabelece que em exames intra-orais em consultórios, o operador deve manter-se a uma distância de, pelo menos, 2 metros do tubo e do paciente durante as exposições. De acordo com o verificado com os profissionais do estabelecimento, durante os exames todos os profissionais ficam localizados a uma distância superior a 2 metros do cabeçote do Raios X. A posição usual dos profissionais durante os exames é permanecer atrás de uma parede de 0,20 metros de tijolos maciços, a qual funciona como barreira de proteção. De acordo com o Levantamento Radiométrico realizado pela empresa Compton Consultoria em Radiologia Ltda., fornecido para consulta, as paredes mencionadas possuem eficiência de proteção em acordo com requisitos estabelecidos em norma.

Quanto as doses que os trabalhadores estão expostos, foram realizadas medições com dosímetros TL e OSL, de acordo com metodologia descrita no Capítulo 3. As doses absorvidas para 1 disparo em cada uma das posições anteriormente descritas são apresentadas no Quadro 3.

Posição	Distância do Cabeçote (m)	Dose para 1 disparo \pm erro (μ Gy)		
		TLD CaSO ₄	OSL BeO	
Consultório 01	1	0,30	1,4 \pm 0,5	1,2 \pm 0,4
	7	1,00	1,2 \pm 0,5	0,9 \pm 0,1
	2	2,00	0,1 \pm 0,1	0,7 \pm 0,2
	3	Atrás da barreira	0,2 \pm 0,1	0,84 \pm 0,02
Consultório 02	4	0,30	1,3 \pm 0,3	1,5 \pm 0,2
	8	1,00	1,2 \pm 0,3	1,1 \pm 0,1
	5	2,00	0,2 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1
	6	Atrás da barreira	0,3 \pm 0,2	1,1 \pm 0,3

Quadro 3 – Doses de radiação para 1 disparo.
Fonte: O autor (2018).

A dose de radiação emitida por um equipamento de Raios X é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte – considerando a radiação proveniente do feixe primário. Não se conhece o comportamento da radiação espalhada (que atinge pontos fora do eixo principal), mas aumentando-se a distância, certamente diminui-se a dose de radiação. Desta forma, era esperado que nos pontos de medição mais distantes do cabeçote do equipamento de Raios X houvesse um baixo valor da dose de radiação e um valor ainda menor nos pontos situados atrás da barreira de proteção (parede). Como pode ser verificado no Quadro 2, estas relações não foram verificadas através das medições realizadas. A principal hipótese para justificar tal fato é que as doses de radiação emitidas pelos equipamentos de Raios X testados são muito pequenas em relação a sensibilidade (limite de detecção) dos dosímetros utilizados, mesmo para 50 disparos.

Apesar de não comprovada a precisão dos resultados em relação à distribuição dos pontos de medição, podem ser feitos comparativos em relação as doses anuais máximas estabelecidas em norma.

De acordo com a Resolução Normativa nº 002/DIVS/SES, a dose efetiva média anual não deve exceder 20 mSv em qualquer período de 5 anos consecutivos, não podendo exceder 50 mSv em nenhum ano.

Sendo o fator de ponderação para os raios X, que relaciona o efeito de diferentes tipos de radiação em termos de danos aos tecidos, igual a 1, a Dose Efetiva (em unidade de Sv) corresponde à Dose Absorvida (medida pelos dosímetros), em unidade de Gy.

As maiores doses medidas foram $1,4 \pm 0,5 \mu\text{Sv}$ para o Consultório 01 e $1,5 \pm 0,2 \mu\text{Sv}$ para o Consultório 02. Considerando os erros, as doses máximas nesses consultórios foram $1,9 \mu\text{Sv}$ e $1,7 \mu\text{Sv}$, respectivamente para os consultórios 01 e 02. Tendo em vista as doses para 1 disparo de Raios X, para atingir a dose efetiva máxima estabelecida em norma (20 mSv) seriam necessários 10.526 disparos do equipamento de Raios X do Consultório 01 e 11.764 disparos do equipamento de Raios X do Consultório 02, enquanto são realizados em média 240 disparos por ano (número 40 a 50 vezes menor). Portanto, pode-se inferir que, de acordo com os equipamentos de Raios X utilizados e procedimentos de trabalho estabelecidos, os profissionais estão seguros quanto à dose de radiação ionizantes a que estão expostos.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como principal objetivo mensurar as doses de radiações ionizantes a que funcionários estão expostos nos postos de trabalho de um consultório odontológico a fim de verificar o atendimento as doses máximas estabelecidas em leis e normas brasileiras. Também foi avaliada a conformidade dos procedimentos de trabalho durante os exames de Raio X intraoral frente aos exigidos em norma. Dentre o arcabouço legal e normativo consultado as principais diretrizes verificadas foram promulgadas Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina por meio da Resolução Normativa n° 002/DIVS/SES.

Conforme medições realizadas as doses de radiação ionizante a que os funcionários estão expostos em seus postos de trabalho são 40 a 50 vezes inferiores aos limites máximos estabelecidos pela Resolução Normativa n° 002/DIVS/SES.

Da mesma forma, os procedimentos de trabalho seguidos estão de acordo com as exigências da Resolução Normativa n° 002/DIVS/SES quanto a proteção radiológica dos funcionários.

Portanto, de acordo com a análise dos resultados obtidos pode-se verificar que o consultório odontológico atende aos requisitos normativos estabelecidos e aplicáveis quanto a exposição ocupacional dos funcionários a radiações ionizantes emitidas pelos equipamentos de Raios X instalados na clínica.

Neste trabalho foram analisados apenas critérios relativos as doses de radiação ionizantes que os funcionários estão expostos. Demais critérios relativos a proteção radiológica dos empregados e público em geral devem ser verificados por profissionais habilitados.

REFERÊNCIAS

- ANDREUCCI, Ricardo. **Proteção Radiológica – Aspectos Industriais**. Ed. Jan/2016. São Paulo: Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção – ABENDI, 2016, 128p.
- ATTIX, F.H. **Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry**. John Wiley & Sons, 1991, 628 P.
- BOS, A.J.J. **High sensitivity thermoluminescence dosimetry**. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 184, pp. 3–28 (2001).
- BRASIL, Lei Federal n.º 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 19 set 1990.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN. Diretrizes básicas de proteção radiológica. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 14 nov 2005. (CNEN-NN-3.01).
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Serviços Odontológicos: Prevenção e Controle de Riscos**. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. - Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 156 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 453, de 01 de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios X diagnósticos em todo território nacional e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 01 jun 1998.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho. Portaria n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras – NR. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 8 jun 1978.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. Portaria n.º 25, de 29 de dezembro de 1994. Aprova o texto da Norma Regulamentadora n.º 9. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 30 dez 1994.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. Portaria n.º 485, de 11 de novembro de 2005. Aprova o texto da Norma Regulamentadora n.º 32. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 32 nov 2005.
- BUSHONG, S. C. **Radiologic Science for technologists**. 9ed. St. Louis: Mosby, 2008.
- CAMPOS, Leticia L. (19198). **Termoluminescência de materiais e sua aplicação em dosimetria da radiação**. Cerâmica vol.44 n.290 São Paulo Nov./Dec. 1998.
- CARDOSO, E. M. **Radioatividade - Apostila educativa**. Comissão Nacional de Energia Nuclear, 1999.

FERNÁNDEZ, S. del Sol et al. **Thermoluminescent characteristics os LiF:MGg, Cu, P and CaSO4:Dy for low dose measurement.** Applied Radiation and Isotopes 111 (2016) 50-55.

Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH). **New OSL Dosimetry system.** Disponível em: < https://www.helmholtz-muenchen.de/fileadmin/AWST/PDF/PDFs_EN/FO50KOM11-Flyer_OSL-Dosimetrie__englisch_.pdf >. Acesso em: 18 abr 2018.

IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Noções Básicas de Proteção Radiológica. 2002. Disponível em:< https://books.google.com.br/books?id=1K_NBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 18 abr 2018.

IZEWSKA, J. and RAJAN, G. (2005) **Chapter 3: Radiation Dosimeters.** In: Podgorsak, E.B., Ed., Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency-IAEA, Vienna.

RadPro International GmbH. **TLD Material Catalogue.** Disponível em:< <https://www.radpro-int.com/tld-1/tld-material/>>. Acesso em: 18 abr 2018.

SANTA CATARINA. Diretoria de Vigilância Sanitária- DIVS. Resolução Normativa nº 002/DIVS/SES - DE 13/05/2015. Aprova as diretrizes básicas de proteção radiológica. **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis, SC, 18 mai 2015.

SHANI, Gad. **Radiation Dosimetry: instrumentation and methods.** 2ed. 2000. Disponível em:< https://books.google.com.br/books?id=1K_NBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 18 abr 2018.

TAUHATA, L., SALATI, I. P. A., Di PRINZIO, R., Di PRINZIO, M. A. R. R. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos - 10ª revisão abril/2014.** Rio de Janeiro - IRD/CNEN. 344p.