

Cláudio Adriano Santos Ferreira

Radiação-x no Diagnóstico em Medicina Dentária – risco, avaliação e proteção.

UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2016

Cláudio Adriano Santos Ferreira

Radiação-x no Diagnóstico em Medicina Dentária – risco, avaliação e proteção.

UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2016

©2016

Cláudio Adriano Santos Ferreira

“TODOS OS DIREITOS RESERVADOS”

Cláudio Adriano Santos Ferreira

Radiação-x no Diagnóstico em Medicina Dentária – risco, avaliação e proteção.

Trabalho apresentado à Universidade Fernando

Pessoa como parte dos requisitos para obtenção

do grau de mestre em Medicina Dentária

RESUMO

A radiação-x foi descoberta há mais de uma centena de anos e com o avanço tecnológico diversas formas de aplicação têm vindo a ser descobertas. A utilização constante, devido à ajuda preciosa que estes dispositivos fornecem aos clínicos de Medicina Dentária, faz com que o paciente venha, de forma crescente, a ser exposto a este tipo de radiação.

Este trabalho de revisão descritiva tem como principal propósito analisar os riscos, as formas de avaliação e de proteção da radiação-x, no âmbito do seu uso em Medicina Dentária. Para o efeito, realizou-se uma revisão da literatura, tendo-se recorrido ao motor de busca EBSCO host®, utilizando as frases booleanas: (X-ray risk OR Radiography risk OR Dental x-ray risk) AND (Dental Medicine OR Oral), foi substituída a palavra risk por “evaluation” e por “protection”. Desta pesquisa resultaram 82 documentos como referências bibliográficas.

Esta revisão de literatura permitiu compreender a diferença entre radiação ionizante e não ionizante, quais os dispositivos utilizados na Medicina Dentária e o seu funcionamento geral, quais as unidades de medida da radiação, quais os riscos iminentes à exposição cumulativa e quais as suas consequências biológicas, perceber de que forma a legislação Portuguesa tem evoluído em matéria de radiação ionizante, quais as diversas formas de redução da dose absorvida pelo paciente e quais as medidas de proteção para os profissionais de saúde expostos à radiação ionizante.

ABSTRACT

The x-ray and ionizing radiation were discovered over a hundred years ago and, with the technological advances, several applications have been created. The increasing utilization of x-ray due to the valuable information of these medical devices provide to Dentistry clinicians is also associated to a patient greater exposure ionizing radiation.

This descriptive review has as main purpose to analyze the risks and the ways of x-radiation evaluation and protection, in the context of its use in Dentistry. For this purpose, was used the EBSCO host© search engine, using the Boolean phrase: (X-ray risk OR Radiography risk OR Dental x-ray risk) AND (Dental Medicine OR Oral), and substituted the word risk for “evaluation” and “protection”. From this search resulted 82 documents as bibliographic references.

This literature review allowed the understanding of the main difference between ionizing and non-ionizing radiation, the x-ray devices used in Dentistry and their general functioning, the main radiation measurement units, the imminent risk of cumulative exposure and their biological effects. This literature review was also important to assess how the Portuguese legislation has advanced in the field of ionizing radiation and to understand the several ways to reduce the patient’s absorbed dose and the methods of protection of the health professionals exposed to ionizing radiation.

“Escolhe um trabalho de que gostes, e não terás que trabalhar nem um dia na tua vida.”

Confúcio

DEDICATÓRIAS

Aos meus pais, por todos os ensinamentos de vida que me proporcionaram e todos os valores transmitidos, que hoje são parte de mim.

Aos meus irmãos Sérgio e Mariana, por fazerem parte da minha vida. Desejo que este trabalho lhes sirva de inspiração, para que também eles possam seguir os seus sonhos e concretizar os seus objetivos.

À minha namorada Nelma, pelos incentivos na elaboração deste trabalho, por acreditar em mim, por ser um exemplo de pessoa, pelo carinho e por todos os momentos maravilhosos partilhados ao longo dos 7 anos ao meu lado.

Aos meus amigos de faculdade Miguel, Ana, Sérgio, Joana e Vitorino por terem tornado este progresso académico muito mais agradável.

À minha binómia Eliana, pelos momentos e aprendizagens em conjunto na box 30.

A todos os meus familiares, por fazerem parte de mim e, em especial à Tia Paula, que sente o meu sucesso como se fosse dela, por sempre me transmitir os melhores valores humanos, que são os que a regem.

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento especial à orientadora da tese, a Professora Doutora Patrícia Monteiro, que contribuiu para compreendesse o real significado da palavra orientar - mostrar o caminho - e que só assim tornou este trabalho possível.

A todos os colegas de faculdade pelos momentos partilhados nestes curtos 5 anos.

A toda a comunidade da Universidade Fernando Pessoa, professores e demais funcionários que contribuíram para o meu sucesso académico.

Índice

I - INTRODUÇÃO	1
1 - Materiais e Métodos	3
II - DESENVOLVIMENTO.....	5
1 - História da Radiação-x	5
2 - Conceitos de Radiação Ionizante e Radiação Não-Ionizante	7
3 - Funcionamento Geral dos Dispositivos e Componentes de um Equipamento Emissor de Radiação-x	9
4 – Avaliação da Dose de Radiação-x	10
4.1 - Dose de Radiação Absorvida	10
4.2 - Dose de Radiação Equivalente.....	11
4.3 - Dose de Radiação Efetiva	11
4.4 - Dose de Radiação Natural e Artificial.....	12
5 – Imagiologia Médico-Dentária.....	14
5.1 – Imagiologia Intraoral	14
5.2 – Imagiologia Extraoral	15
6 – Riscos e Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes	19
6.1 - Classificação dos Efeitos Biológicos	19
6.2 - Avaliação do Risco em Medicina Dentária.....	21
7 - Evolução da Legislação Nacional quanto à Proteção Radiológica.....	32
8 – Proteção Radiológica em Medicina Dentária	36
8.1 - Justificação do Exame.....	36
8.2 – Equipamento de Raio-X Intraoral	36
8.3 – Equipamento da Tomografia Computorizada de Feixe Cónico	40

8.4 - Vestuário de Proteção.....	42
8.5 – Proteção Radiológica dos Profissionais de Medicina Dentária.....	43
8.6 – Formação Profissional.....	47
III - CONCLUSÃO	49
IV - BIBLIOGRAFIA	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema Geral de um Dispositivo Radiográfico (Freitas and Nacif, 2003). .	9
Figura 2 - Representação gráfica da probabilidade de desenvolver cancro com a idade e o sexo (Wall et al., 2011).....	27
Figura 3 - Regra da posição e da distância. O operador deve-se posicionar no mínimo a 1.8 metros do paciente num ângulo de 90° a 135° do feixe central de radiação-x (Reis and Provenzano, 2010).	44

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Dose efetiva anual média de radiação proveniente de fontes de origem natural e artificial, na população mundial (UNSCEAR, 2008, Whaites, 2009).....	13
Tabela 2 – Sumário das doses médias efetivas para o indivíduo exposto à radiação-x, nos diferentes exames médicos radiográficos, em Portugal ^a e Reino Unido ^b (EC, 2004, Hart et al., 2010).....	24
Tabela 3 – Doses médias efetivas dos exames radiográficos orais e o risco de desenvolver efeitos estocásticos (Dula et al., 2001).....	25
Tabela 4 – Relação do risco de exposição a radiação-x e a faixa etária (EC, 2004).	28
Tabela 5 - Fatores de peso de diferentes tecidos ou órgãos em 1990, com as atualizações de 2007 (Whaites, 2009).	30

I - INTRODUÇÃO

A imagiologia médica baseada no uso de radiação-x revela-se de enorme importância para a Medicina Dentária, na medida em que permite ao clínico identificar estruturas e alterações das estruturas relacionadas com patologias de tecidos dentários duros, que não são visíveis diretamente ao exame clínico macroscópico, devido à sua localização, sendo assim considerado um dos principais meios complementares de diagnóstico utilizados na prática clínica.

O recurso à tecnologia com radiação-x, constitui o meio com a qual o Médico Dentista está mais familiarizado em termos de análise e interpretação de imagem, sendo aplicado em diferentes áreas, como a Cirurgia, a Endodontia, a Periodontia e a Dentística, entre outras. Segundo a Comissão Europeia, foram efetuadas, no ano de 2001, em Portugal cerca de 986.000 exames radiológicos dentários. Por este motivo, a exposição desmedida da radiação-x na área médica e, especificamente, na Medicina Dentária constitui um tema de interesse para os investigadores, quanto ao potencial risco físico inerente, quer para o paciente, quer para a equipa de Medicina Dentária (EC, 2004).

Um correto exame clínico em Medicina Dentária deverá ter em conta o estudo dos sinais e sintomas, a recolha da história médica, familiar e oral, assim como a investigação dos fatores ambientais que possam estar a afetar a saúde oral do paciente. Só assim o Médico Dentista, a partir da interpretação dos achados clínicos, poderá determinar a necessidade de realizar ou não exames complementares de diagnóstico, nomeadamente a radiografia dentária. Os profissionais deverão apenas requisitar exame radiológico se considerarem que a informação adicional terá influência no cuidado ao paciente. A execução de radiografias, sem motivos de complemento de diagnóstico, e o seu uso por sistema de “rotina” é completamente inaceitável (ADA, 2012).

Tem-se verificado uma grande preocupação por parte das entidades que regulam a saúde a nível mundial, no sentido de reduzir o número de exames radiológicos efetuados

contudo, a tendência tem sido contrária à esperada, observando-se um aumento da sua utilização (CDA, 2013).

No âmbito da minha formação académica enquanto aluno do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, fui-me apercebendo da importância da radiologia enquanto ferramenta de diagnóstico por imagem. O interesse pessoal pela prática de uma Medicina Dentária responsável, que acompanha a evolução tecnológica e que proporciona condições para adquirir melhores imagens com menor taxa de exposição à radiação, motivou a realização de uma pesquisa bibliográfica acerca da aplicação e riscos da radiação-x no contexto da Medicina Dentária.

Por outro lado, esta revisão bibliográfica mostra-se, assim, pertinente no sentido em que as radiografias no campo da imagiologia médico-dentária constituem um terço de todos os exames radiográficos efetuados na União Europeia, pelo que a ampla exposição dos utentes à radiação-x deverá ser alvo de estudo, de modo a compreender e avaliar os efeitos biológicos deletérios dos mesmos (EC, 2004).

Assim, este trabalho de revisão descritiva tem como principal propósito analisar os riscos, as formas de avaliação e de proteção da radiação-x, no âmbito do seu uso em Medicina Dentária. Pretende-se efetuar uma breve resenha histórica sobre o tema; distinguir os conceitos de Radiação Ionizante e Radiação Não-ionizante; descrever o funcionamento geral dos dispositivos e componentes num equipamento emissor de radiação-x; enumerar os principais dispositivos médicos imagiológicos usados na Medicina Dentária; descrever as principais unidades de medida da radiação-x (Dose de Radiação Absorvida, Equivalente, Efetiva e a Dose de Radiação Natural e Artificial); descrever os principais riscos associados à exposição de radiação-x no diagnóstico em Medicina Dentária e as consequências de exposição excessiva e/ou cumulativa; efetuar uma breve descrição acerca da legislação nacional no âmbito das radiações ionizantes e enumerar as alterações que foram sendo efetuadas no âmbito da Medicina Dentária; enumerar as principais medidas de proteção da radiação-x, na Medicina Dentária.

1 - Materiais e Métodos

Foi efetuada uma revisão da literatura entre julho de 2015 e fevereiro de 2016, tendo-se recorrido ao motor de busca EBSCO host©, que compila publicações das bases de dados mais utilizadas no âmbito da Medicina Dentária, sendo elas: *Academic Search Complete*, *CINAHL®*, *Medline*, *MedicLatina*, *Library e Information Science & Technology Abstracts*.

Para enquadramento dos artigos no tema “risco”, utilizaram-se as seguintes palavras-chave: “*X-ray risk*”, “*Radiography risk*”, “*Dental X-ray risk*”, no tema Proteção “*X-ray protection*”, “*Radiography protection*”, “*Dental X-ray protection*” e no tema Avaliação “*X-ray evaluation*”, “*Radiography evaluation*”, “*Dental X-ray evaluation*”. A fim de enquadrar os artigos na prática clínica de Medicina Dentária, adicionaram-se os descritores “*Dental Medicine*” e “*Oral*”. Assim, as frases booleanas procuradas foram “*X-ray risk OR Radiography risk OR Dental x-ray risk*” AND “*Dental Medicine OR Oral*”, “*X-ray protection OR Radiography protection OR Dental x-ray protection*” AND “*X-ray evaluation OR Radiography evaluation OR Dental x-ray evaluation*” AND “*Dental Medicine OR Oral*”.

Estabeleceu-se como critérios de inclusão documentos completos, acessíveis gratuitamente e publicados em revistas académicas, em língua Portuguesa e Inglesa. Inicialmente, pretendia-se que fossem incluídos apenas os artigos publicados nas referidas bases de dados nos últimos dez anos (2005/01/01-2015/06/30). Contudo, devido à reduzida quantidade de artigos encontrados na primeira frase booleana (39 artigos), decidiu-se rejeitar a data de publicação como critério de inclusão.

Por sua vez, definiram-se como critérios de exclusão: artigos duplicados, artigos que não possuam resumo disponível “*on-line*” e artigos que se reportem a opiniões de pessoas individuais ou coletivas, não podendo ser considerada a sua aplicação científica.

Da pesquisa inicial com a frase booleana (rejeitando os critérios de exclusão e sem restrição por data) resultaram 62 artigos na primeira frase booleana, 242 na segunda e no

terceiro 83. Após a aplicação dos critérios de inclusão, reduziu-se o número total de referências bibliográficas para 184.

Uma vez obtido um elevado número de referências bibliográficas, optou-se por se incidir na leitura do título e resumo da publicação, para assim excluir os artigos que não se enquadravam. Após este procedimento, foram selecionados 71 artigos. Posteriormente, através da leitura integral dos artigos, reduziu-se o número total de referências bibliográficas sob a forma de publicações científicas para 49 artigos.

Além dos artigos publicados em revistas académicas, foram também utilizados na pesquisa bibliográfica, orientações Europeias, Britânicas, Francesas e Norte-Americanas, relacionadas com a utilização da radiologia em exames dentários, bem como toda a legislação nacional e livros, devidamente referenciados ao longo do trabalho.

No total foram utilizados 82 documentos que constituem o suporte de referências bibliográficas deste trabalho.

II - DESENVOLVIMENTO

1 - História da Radiação-x

O equipamento de raio-x é utilizado amplamente em Medicina Dentária como meio complementar de diagnóstico, permitindo concluir, com maior exatidão, o diagnóstico e o processo terapêutico a utilizar na resolução de um problema (PHE, 2001).

A radiação-x é um tipo de radiação do espectro eletromagnético que produz campos elétricos e magnéticos que variam sinusoidalmente com comprimentos de onda entre 0.01 e 10 nanômetros¹. Esta radiação foi descoberta em 1895, por Wilhelm Conrad Röntgen, ao excitar elétrons dentro de um tubo denominado de “Crookes-Hittorffcom” e que apesar de a experiência estar vedada pela caixa, um material fluorescente que se encontrava no seu exterior iluminava-se quando ativado esse sistema. Durante alguns dias, Conrad Röntgen estudou as propriedades dessa radiação, sendo que muitos dos conceitos ainda hoje se encontram como aceites (Freitas et al., 1998).

Para que a radiação seja produzida como radiação-x, cada elétron tem de possuir determinado pacote de energia representado pela partícula fóton e, cada fóton apresenta um *quantum* de energia (Whaites, 2009).

Os feixes utilizados para o diagnóstico em Medicina Dentária representam um conjunto de vários fótons com valores de comprimento de onda entre 0.01 e 10 nanômetros. Esta radiação foi inicialmente produzida através de um ânodo e de um cátodo colocados dentro de uma caixa de cartão, e mesmo assim, quando ligado a esse sistema, um material fluorescente colocado fora da caixa iluminava-se – estava descoberta, por acaso, uma radiação misteriosa, a radiação-x (Lima et al., 2009).

Observa-se, assim, que a pequena dimensão das ondas constituintes da radiação-x, emitida com elevada frequência, faz com que esta possa atravessar inúmeras superfícies e, por esse motivo, possa ter utilidade na Medicina, uma vez que possui a capacidade de

¹ 1x10⁻⁹ metros.

atravessar tecidos moles, sendo impossibilitada a sua passagem à medida que a dureza do material aumenta (átomos apresentam-se mais condensados). É, então, essa diferença de absorção da radiação por parte dos tecidos que permite delinear as estruturas no recetor de imagem ou película (Helmrot et al., 1994).

A primeira radiografia dentária foi realizada pelo Doutor Otto Walkhoff, na sua própria cavidade oral, em dezembro de 1895, 15 dias após a descoberta dos raios-x. A realização dessa radiografia teve a duração de 25 minutos. Devido a um tumor maligno no duodeno, provavelmente associado aos efeitos nefastos da radiação-x a que se expunha frequentemente nos seus estudos, o Doutor Otto Walkhoff veio a falecer poucos anos mais tarde (Bushong, 1995).

Já o primeiro a utilizar as radiografias orais para fins de diagnóstico foi o Doutor Edmund Kells, que também devido às altas doses de radiação a que se expôs durante os seus estudos, foi sujeito a amputações dos dedos e mão devido às inúmeras lesões sofridas (Tavano and Alvares, 1998).

Os perigos da utilização desta ferramenta foram, assim, sempre muito reconhecidos na comunidade científica, e por esse motivo, em 1928 foi criado um Comité Internacional para a Segurança Radiológica (Tavano and Alvares, 1998).

Após a Segunda Guerra Mundial, devido aos efeitos provocados pelas bombas atómicas lançadas em território japonês, os países intensificaram os seus esforços na regulação da utilização das radiações ionizantes. No ano de 1950, foi criado o termo de dose máxima permitida, em substituição da dose máxima tolerável (Brodsky et al., 1995).

Entre os anos de 1931 e 1995, a dose máxima de radiação-x permitida foi revista três vezes, tendo sido estabelecido, por fim, um valor 10 vezes menor que o originalmente proposto (Bushong, 1995).

Contudo, os profissionais na sua prática clínica acabam por, de certa forma, infringir algumas regras estabelecidas no controlo da radiação (Tavano and Alvares, 1998).

Em Portugal, a legislação que controla o licenciamento e o funcionamento das unidades imagiológicas, estão previstas no Decreto-lei nº 180/2002 de 8 de agosto. O Ministério da Saúde exige que o funcionamento de qualquer unidade que disponha de qualquer equipamento radiográfico seja licenciado pelo Diretor Geral de Saúde. Nesse mesmo Decreto-Lei, o médico dentista é responsabilizado pela utilização indevida de radiação ionizante nos seus atos (Ministério da Saúde, 2002c).

2 - Conceitos de Radiação Ionizante e Radiação Não-Ionizante

A radiações constituem uma forma de energia que, de acordo com a sua capacidade de interagir com a matéria, se podem subdividir em radiações ionizantes e não ionizantes. As radiações ionizantes são as que possuem energia suficiente para ionizar os átomos e moléculas da matéria com as quais interagem, sendo as mais conhecidas, a radiação-x, a radiação gama (radiações eletromagnéticas), os raios alfa, raios beta, neutrões, prótons (radiações corpusculares) (Leszczynski, 2013).

Existem ainda dois tipos de interações ionizantes importantes na Medicina Dentária, sendo eles o efeito fotoelétrico e o efeito de *Compton*.

O fóton constituinte da radiação-x incidente, interage com um eletrão existente na camada mais interna do átomo do tecido exposto a radiação, que é ejetado com energia considerável, passando a denominar-se, a partir dessa altura, de fotoeletrão, que de seguida será submetido a outras interações. Relativamente ao fóton incidente, este deixará de existir após ter transferido toda a sua energia para o eletrão do tecido, designando-se esta interação por absorção pura. Quanto ao átomo do tecido, ao perder o eletrão das camadas mais internas, origina a descida de nível dos restantes eletrões (de camadas mais externas) para as camadas mais próximas do núcleo atómico. Por este efeito, ocorre libertação de energia em excesso, sob a forma de calor e de luz. O fotoeletrão, por sua vez, comportar-se-á como o fóton constituinte da radiação-x, ejetando novos eletrões de átomos dos tecidos (Whaites, 2009).

Por outro lado, no efeito de *Compton*, ocorre um processo de absorção de “espalhamento” que acontece apenas com fótons de alta energia. Neste processo, o

fotão, integrante da radiação-x, interage com elétrons livres ou, então, das camadas mais externas dos átomos dos tecidos (pois possuem ligações mais fracas por estarem mais afastados do núcleo atômico). A remoção deste elétron, origina o denominado elétron *Compton*. Nesta interação, o fotão incidente perde alguma energia e, por outro lado, o elétron *Compton* comporta-se como o elétron do efeito fotoelétrico provocando novas interações ionizantes nos átomos constituintes do tecido. Além disso, a restante energia do fotão é suficiente para que este promova novas interações do tipo *Compton*, originando novas reações até que essa energia se esgote e fazendo com que os elétrons *Compton* promovam inúmeras reações ou incidentes adversos nos tecidos (Whaites, 2009).

As radiações não ionizantes correspondem às que não possuem energia suficiente para ionizar os átomos e as moléculas da matéria com que interagem. Ora a radiação não-ionizante é formada por fótons de energias com quantum de menor valor que os da radiação ultravioleta (valor de frequência inferior a 8×10^{14} Hertz). Devido a essa frequência baixa, este tipo de radiação não consegue fazer com que os elétrons da esmagadora maioria dos átomos sejam removidos. São exemplos destas radiações a luz visível, infravermelhos, ultravioletas, ondas de rádio, microondas de aquecimento; microondas de radiotelecomunicações e corrente elétrica (Okuno, 2013).

Embora tanto a radiação ionizante como a radiação não-ionizante possam causar problemas de saúde, como queimaduras provocadas pelas microondas ou pelas radiações ultravioleta, especificamente as do tipo A, bem como pelos raios gama pertencentes à radiação ionizante, a radiação não-ionizante difere da ionizante pelo facto de não promover alteração dos átomos (Bushong, 1995).

3 - Funcionamento Geral dos Dispositivos e Componentes de um Equipamento Emissor de Radiação-x

Em qualquer dispositivo radiográfico, é necessário que existam os seguintes componentes (Figura 1):

- Ânodo - pólo positivo; é um anteparo, com um pequeno alvo de tungstênio colocada numa face angulada de um bloco de cobre;
- Cátodo - pólo negativo; caracteriza-se por um filamento aquecido de tungstênio, que fornece os eletrões;
- Bloco de cobre - situado em contacto com o ânodo, promove um mais eficaz arrefecimento do sistema.
- Focalizador - é o componente que direciona os feixes para o ponto focal (o alvo de tungstênio).
- Invólucro de chumbo - que absorve a radiação indesejada.
- Abertura - que permite que a radiação que tem a direção correta avance;
- Ampola radiográfica ou colimador (apenas em equipamento intraoral) – serve para o clínico saber a direção da radiação (Whaites, 2009).

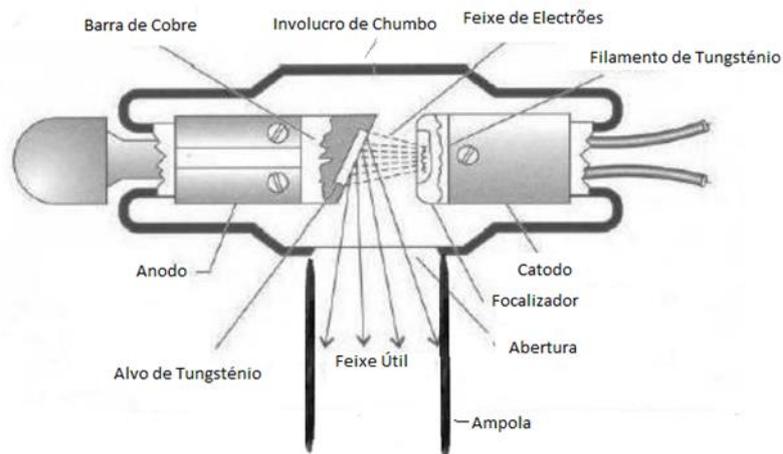


Figura 1 - Esquema Geral de um Dispositivo Radiográfico (Freitas and Nacif, 2003).

No momento da ativação do sistema a produção da radiação-x ocorre na ampola do equipamento, conforme as seguintes etapas:

- O filamento (cátodo) é eletricamente aquecido e uma nuvem de elétrons é produzida ao seu redor;
- A alta voltagem (diferença de potencial) produzida no tubo acelera os elétrons a altas velocidades na direção do ânodo;
- O focalizador direciona os feixes para o ponto focal no alvo;
- Os elétrons bombardeiam o alvo e são levados subitamente ao repouso por perderem toda a sua velocidade;
- 99% da energia perdida pelos elétrons, nesta última etapa, é transformada em calor, enquanto que apenas 1% é aproveitada sob a forma de radiação-x;
- O bloco de cobre arrefece o sistema por condução;
- Fótons de radiação-x são emitidos em todas as direções a partir do alvo e a blindagem de chumbo absorve a radiação-x indesejada. A restante radiação que atravessa a abertura forma um feixe, que é direcionado através da ampola radiográfica (Whaites, 2009).

O invólucro de chumbo impede que a radiação escape do interior do sistema, saia sob a forma de radiação secundária e chegue a locais onde não deveria chegar sem a percepção do clínico (EC, 2004).

4 – Avaliação da Dose de Radiação-x

Em proteção radiológica as principais grandezas dosimétricas utilizadas são: a dose absorvida, a dose equivalente e a dose efetiva. Estas grandezas e as suas unidades dosimétricas serão descritas seguidamente.

4.1 - Dose de Radiação Absorvida

A dose absorvida é uma medida utilizada para quantificar a energia de radiação ionizante absorvida por unidade de massa do material absorvente. A sua unidade é o Gray (Gy), que equivale a uma unidade de energia (Joule; J) por unidade de massa (Quilograma; Kg), ou seja $Gy = J Kg^{-1}$ (EC, 2004).

4.2 - Dose de Radiação Equivalente

A dose equivalente é a dose média de radiação absorvida num determinado órgão ou tecido, sendo ponderada pelo tipo de energia da radiação incidente, permitindo desta forma medir a efetividade radiobiológica de cada radiação. Isto é, a definição desta grandeza surge devido ao facto de alguns tipos de radiação serem biologicamente mais perigosas do que outras. A sua unidade de medida é o Sievert (Sv) que tal como o Gray, equivale a uma unidade de energia (J) por unidade de massa (Kg), ou seja, $Sv = J Kg^{-1}$ (Whaites, 2009).

4.3 - Dose de Radiação Efetiva

A dose efetiva de radiação corresponde à soma das doses equivalentes ponderadas em todos os tecidos e órgãos do corpo, resultante de irradiação interna ou externa. A definição desta grandeza surge devido ao facto de tecidos e órgãos diferentes, apresentarem sensibilidades diferentes à radiação (CDA, 2013).

Assim, quando o conceito de dose é aplicado, isoladamente, pretende-se mencionar a dose efetiva que tem em conta o tipo de radiação, a quantidade da radiação e o fator de peso do tecido. A unidade da dose efetiva é o Sievert (Sv) (Whaites, 2009).

Algumas normas foram estabelecidas na União Europeia relativamente à dose efetiva:

- Para trabalhadores, a dose limite em 5 anos consecutivos é 100 mSv (milisievert) e num único ano é de 50 mSv;
- Em procedimentos orais, a dose não pode exceder 1mSv por ano;
- Para pacientes, a dose limite é de 1mSv por ano (EC, 2004).

4.4 - Dose de Radiação Natural e Artificial

A população humana está continuamente exposta a diferentes tipos de radiação eletromagnética ionizante, provenientes de fontes radioativas naturais e/ou artificiais. A *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (UNSCEAR) enumerou as principais fontes de radiação de origem natural, sendo estas:

- Radiação cósmica;
- Radiação terrestre;
- Ingestão de radioisótopos;
- Inalação de radão² gasoso (UNSCEAR, 2008).

A radiação natural engloba a radiação de origem externa e a radiação de origem interna. A radiação de origem externa é o somatório da radiação cósmica e da radiação terrestre, que tem origem no meio ambiente. A radiação de origem interna é constituída por radionuclídeos que são absorvidos a partir do meio ambiente externo, por inalação ou ingestão. Como o organismo humano não consegue distinguir entre isótopos radioativos e elementos químicos, todos os isótopos, radioativos ou não, têm a mesma possibilidade de serem incorporados no corpo humano. Neste tipo de radiação ionizante, o radão (um produto da série de desintegração do urânio) é o isótopo que se encontra em maior quantidade; cerca de 1,15 mSv, *per capita*, por ano, representando cerca de 50% da dose de radiação recebida pela população (UNSCEAR, 2008).

² O radão está presente no granito; este elemento gasoso fica acumulado em casas pouco ventiladas e que são fabricadas com esse tipo de mineral.

A dose efetiva de radiação natural e artificial, recebida em média num ano, pela população mundial é apresentada na seguinte Tabela 1.

Tabela 1 - Dose efetiva anual média de radiação proveniente de fontes de origem natural e artificial, na população mundial (UNSCEAR, 2008, Whaites, 2009).

Fonte de Radiação	Dose anual média (mSv)	%
Natural		
Radiação Cósmica	0,39	
Radiação Terrestre Externa	0,48	
Ingestão de radioisótopos	0,29	
Inalação de radão	1.26	
Total	2.4 (aprox)	
Artificial		
Testes nucleares	0,005	>1%
Uso médico	0,6	
- Radiação para diagnóstico em Medicina Dentária	0,06	12%
Exposição ocupacional	0,005	>1%
Total	0,61 (aprox)	
Total (Natural + Artificial)	3,0 (aprox)	

Segundo os dados observados na tabela 1 as fontes de radiação natural correspondem a cerca de 87% de toda a radiação que o ser humano absorve anualmente. Por sua vez, a radiação absorvida, anualmente, em diagnósticos de Medicina Dentária representa cerca de 12% de toda a radiação absorvida (Whaites, 2009).

Paradoxalmente ao avanço do conhecimento humano acerca dos efeitos indesejáveis da radiação, tem-se verificado um aumento das atividades humanas que envolvem o uso de radiação e substâncias radioativas, causando uma exposição adicional à exposição natural, denominada de exposição artificial. Essa exposição ocorre devido a uma série de atividades médicas, comerciais e industriais. O uso médico da radiação, onde está

incluída a radiologia, é a maior fonte de exposição a radiação artificial (UNSCEAR, 2008).

5 – Imagiologia Médico-Dentária

5.1 – Imagiologia Intraoral

A radiografia intraoral é uma técnica que combina um equipamento com emissão de radiação-x com um filme, de reduzidas dimensões, que capta a radiação e que depois é interpretada consoante o tipo de filme. Este exame é mais útil para deteção de cáries e lesões apicais (Creanga et al., 2015).

Dentro da radiologia intraoral podemos distinguir a radiografia periapical e a radiografia interproximal, também chamada de *bitewing*. A primeira é utilizada para visualização de dentes completos, pelo que tendo em conta que envolve o ápice, é considerada periapical. Já na *bitewing*, o foco da imagem será a coroa dos dentes e os seus contactos, assim será mais utilizada para observação de cáries interproximais e oclusais. Estes dois exames são úteis para a observação da estrutura interna do dente e o seu osso de suporte, para observação de cáries, perda de osso alveolar associada a doenças periodontais, doenças periapicais e para avaliação de muitas outras condições dos dentes e do osso (White and Pharoah, 2008).

Inicialmente, eram utilizadas películas radiográficas de brometo e iodeto de prata, que ao serem atingidas pela radiação ionizante fixam-se, produzindo uma imagem latente. Após passarem por diversas reações químicas, produzem prata metálica que tem cor negra. A parte da película que recebe menor quantidade de radiação, por atravessar estruturas duras, não forma brometo de prata, tornando a imagem clara quando revelada. Este método constitui um método analógico da imagiologia (Castro, 2000).

Têm surgido outras alternativas como os métodos de imagem digital, tais como o CCD (Dispositivo de Carga Acoplada) que utiliza um sensor de silicone sensível à radiação-x, envolvido em plástico, que é acoplado a um computador que exhibe a imagem. É um

método direto pois exhibe a imagem de imediato sem necessitar de procedimentos extra para a sua revelação (Botelho et al., 2003).

Outro dos sistemas de imagem digital é a película de Fósforo Foto-Estimulável (FFE). O recetor do tipo de película de FFE é uma placa ótica constituída por uma base de poliéster coberta por uma camada de flúor-halogeneto de Hilo ativado por *europium*. Ao contrário do recetor tipo CCD, este sistema não possui cabo que conecte ao computador e apresenta-se com tamanho e espessura semelhantes à película convencional. No entanto, é necessário um sistema de leitura conectado a um computador que transforma o sinal recebido pela placa ótica em sinal digital. Este processamento demora entre 20 a 30 segundos. Por este motivo, este sistema também é classificado como indireto. Após a captura da imagem, o mesmo recetor pode ser reutilizado indefinidas vezes. Ao serem expostos à radiação-x, os eletrões do fósforo são levados a um estado energético mais elevado (excitação dos eletrões). Em temperatura ambiente, estes eletrões permanecem em estado excitado. Para a obtenção da imagem, estes recetores de FFE, são colocados numa câmara de leitura situada no interior de um *scanner*. Na câmara de leitura, o recetor é digitalizado por um feixe de raios *laser*, fazendo com que os eletrões excitados voltem à sua posição e estado energético original. Qualquer informação que fica na placa é removida, ficando, deste modo, pronta para ser reutilizada (Botelho et al., 2003, Sanderink and Miles, 2000).

5.2 – Imagiologia Extraoral

Os exames radiográficos extraorais incluem todas as projeções da região orofacial, onde a fonte de radiação-x e o recetor de imagem (película ou sensores eletrónicos) estão posicionados extraoralmente. O objetivo desta tipologia consiste em examinar áreas não passíveis de avaliação pela radiografia intraoral e a visualização do crânio e/ou estruturas faciais. Podem ser subdivididos em projeções extraorais radiográficas e imagem tomográfica. Enquanto as projeções convencionais são especialmente úteis para avaliação do esqueleto facial ou seu crescimento, a necessidade de informação tridimensional na Medicina Dentária conduziu a desenvolvimentos na área da imagem tomográfica (White and Pharoah, 2014).

5.2.1 - Breves conceitos sobre Imagem Ortopantomográfica

As radiografias panorâmicas, também chamadas de Ortopantomografias, ganharam popularidade nos últimos 30 anos, apresentando como vantagens, comparativamente às radiografias intraorais, o facto de possibilitarem uma imagem de maior área de tecidos, quer sejam duros ou moles. Estas radiografias permitem ainda que se possa visualizar essas áreas num único exame, possibilitando uma forma de análise, pelo clínico, das relações entre essas estruturas. Apresenta ainda como vantagem o facto de a sua execução ser rápida mas, como desvantagens o facto de frequentemente mostrar distorção e duplicação das estruturas (Gupta et al., 2015).

A radiografia panorâmica é o exame bidimensional mais comumente utilizado, em inúmeras áreas como Dentística, Oclusão e Implantologia, entre outras (Tadinada et al., 2015).

5.2.2 - Telerradiografia de Perfil

Os ortopantomógrafos mais recentes têm a capacidade de efetuar telerradiografias de perfil. O equipamento apenas terá de mudar a sua posição para que a radiação seja emitida de um lado do paciente (de perfil) e seja captada lateralmente no lado oposto do mesmo. Além disso, o equipamento tem de ter um suporte, fixador de cabeça, que consiste numa haste que se posiciona no ouvido do paciente, e um posicionador nasal (Gaddam et al., 2015).

A cefalometria consiste no estudo de dimensões craniofaciais a partir da imagem gerada pela telerradiografia de perfil; Este tipo de análise e radiografia é maioritariamente utilizada na Ortodontia e na Cirurgia Ortognática, podendo também ser útil na avaliação de desdentados totais para aplicação de mini-implantes. Este exame apresenta como principal vantagem o facto de permitir uma visualização geral da relação entre os diferentes ossos e entre os ossos e os tecidos moles (Meleşcanu Imre et al., 2013).

5.2.3 - Tomografia Axial Computorizada

Em Medicina Dentária a radiografia convencional é a mais utilizada pela sua facilidade de aplicação e pelo facto de fornecer imagens que auxiliam adequadamente o profissional na resolução de inúmeras situações clínicas. No entanto, a limitação na visualização destas imagens em determinadas regiões e em duas dimensões, pode dificultar o diagnóstico em casos específicos. Para superar estas limitações, pode ser utilizada uma técnica de radiodiagnóstico que permite a captação de imagens de finas secções de tecidos e conteúdo corporal a três dimensões: a Tomografia Axial Computorizada (TAC) (Karatat and Toy, 2014, Whaites, 2009).

A TAC apresenta algumas vantagens importantes comparativamente à imagiologia convencional. A primeira, é que as informações tridimensionais são apresentadas na forma de séries de cortes individuais da estrutura interna da parte estudada. Como o feixe de radiação está rigorosamente colimado para aquele corte em particular, a imagem resultante não é sobreposta por estruturas anatómicas sobrejacentes e também não é degradada por radiação secundária e difusa de tecidos fora do corte que está em estudo. A segunda, é que este exame é mais sensível na diferenciação de tipos de tecido quando comparado com a radiografia convencional. Por último, a terceira vantagem é a possibilidade de manipular e ajustar a imagem após esta ter sido captada. Esta função inclui características tais como, ajustes de brilho e contraste, realce de bordos e aumento de áreas específicas. Neste exame, a radiação não incide sobre a película radiográfica, mas sobre sensores, que transformam a radiação em sinais elétricos que passam por um processo de interpretação e armazenamento em computador, originando assim uma imagem formada por múltiplos pontos, através de cálculos matemáticos consideravelmente complexos (Whaites, 2009, White and Pharoah, 2008).

A TAC tem diversas aplicações na área da Medicina Dentária como auxiliar no diagnóstico de lesões intraósseas, como tumores odontogénicos e quistos, alterações degenerativas do osso, fraturas radiculares, infeções ósseas. Permite também detetar a localização precisa de algumas estruturas anatómicas, facilitando desta forma a avaliação, por exemplo, da proximidade do nervo alveolar inferior a um dente a ser

extraído e avaliação da articulação temporomandibular, para estudo de colocação de implantes ou para elaboração de guias cirúrgicos (White and Pharoah, 2008).

Contudo este método apresenta algumas limitações como a criação de artefactos quando a radiação atinge objetos metálicos como os implantes e restaurações, bem como os elevados custos de aquisição e as elevadas doses de radiação emitidas (Karatas and Toy, 2014).

5.2.3.1 - Tomografia Computorizada de Feixe Cónico

A evolução tecnológica verificada nas últimas décadas ao nível do diagnóstico radiológico, levou a que Arai e colaboradores (1999) descrevessem pela primeira vez a aplicação da técnica de tomografia computadorizada de feixe cónico (TCFC) desenhada para a recolha de imagens do complexo maxilofacial (Arai et al., 1999, Dawood et al., 2009, Lauber et al., 2012).

Esta técnica consiste na aquisição de imagem médica baseada num feixe cónico de radiação-x que capta uma série de imagens a duas dimensões coronais, sagitais e/ou oblíquas, envolvendo apenas uma passagem de 360° com o *scanner*, onde a fonte de radiação-x se move à volta da cabeça do paciente. Posteriormente, o *software* de digitalização recolhe os dados e converte-os em imagens a três dimensões (Dawood et al., 2009, Scarfe et al., 2006).

A sua utilização tem aumentado em várias áreas da Medicina Dentária, tais como cirurgia oral e maxilofacial, ortodontia, implantologia, endodontia, periodontia, oclusão, entre outras (Correia and Salgado, 2012, Scarfe et al., 2006).

Comparativamente à TAC convencional, a TCFC apresenta como vantagens melhor qualidade da imagem (nitidez e contraste), menos artefactos na presença de metais, preço de aquisição mais acessível, tamanho do aparelho mais reduzido, redução de dose de radiação emitida e rapidez de execução (Correia and Salgado, 2012, Scarfe et al., 2006).

6 – Riscos e Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes

Como referido anteriormente, durante a realização de um exame radiográfico, a radiação atravessa o corpo do indivíduo exposto, ou seja, os fótons que compõem a radiação atravessam o corpo interagindo com as suas moléculas. Durante este processo, através da ionização, a radiação pode danificar algumas moléculas do corpo, nomeadamente o Ácido Desoxirribonucleico (ADN) do indivíduo. A maior parte desse ADN é reparado logo após a exposição, mas por vezes pode ocorrer uma mutação – alteração permanente. Estas mutações podem levar à formação de tumores que podem vir a desenvolver-se muitos anos após a exposição (ADA, 2001, Lima et al., 2009).

Atualmente, os efeitos das altas doses são bem conhecidos, contudo não existe evidência científica suficiente que permita estabelecer um limiar de dose abaixo do qual não existe risco de aparecerem efeitos nocivos, considerando-se apenas que existe uma probabilidade indefinida da sua ocorrência e, também, que o risco é diretamente proporcional à dose de radiação envolvida. A extensão dos danos depende também da fonte de radiação, intensidade e duração da exposição, das características dos tecidos, particularmente da radiosensibilidade e da fase de divisão celular (ICRP, 2007).

6.1 - Classificação dos Efeitos Biológicos

A maioria dos efeitos adversos para a saúde, por exposição a radiação ionizante, podem agrupar-se em diferentes categorias. Assim, em função da dose absorvida, são classificados em determinísticos e estocásticos, em função do nível de dano, em somáticos e genéticos, e em termos do tempo de manifestação, em imediatos e tardios (ICRP, 2007, Whaites, 2009).

6.1.1 - Efeitos Determinísticos e Estocásticos

Os efeitos determinísticos são aqueles relacionados com a exposição a uma determinada dose de radiação a partir da qual estes ocorrem ($>1\text{Sv}$), podendo conduzir à morte ou perda de função de um órgão ou tecido, se um elevado número de células for afetado. A incidência e gravidade dos danos estão diretamente relacionadas com a dose recebida. Lesões cutâneas, anemias, esterilidade, queda de cabelo, cataratas oculares são

exemplos típicos de efeitos determinísticos, cujo aparecimento pode ser imediato ou tardio. Como resultam da exposição a níveis muito elevados de radiação que, geralmente não são contemplados em radiologia dentária, estes efeitos, geralmente, não são produzidos, sobretudo se a técnica for otimizada (IAEA, 2004, ICRP, 2007, Whaites, 2009).

Os efeitos probabilísticos ou estocásticos são os que resultam da exposição crónica a baixas doses de radiação, levando a transformações aleatórias de células que mantêm a sua capacidade de divisão. Estas células modificadas podem, em alguns casos, iniciar uma transformação maligna e conduzir ao desenvolvimento de um cancro. Por outro lado, quando o dano ocorre por irradiação das gâmetas, podem ocorrer efeitos genéticos. Relativamente aos efeitos cumulativos, a incidência dos efeitos é proporcional à dose recebida e não apresenta um limiar mínimo de dose; o dano pode ser causado por uma dose mínima de radiação, tendo períodos de latência muito longos (superiores a 8-10 anos). No entanto, o aumento da dose não aumenta a gravidade do dano, sendo esta determinada pelo tipo e localização do tumor ou pela anomalia resultante. No entanto, o organismo apresenta mecanismos de defesa muito eficientes pelo que a maioria das transformações neoplásicas não evolui para cancro (IAEA, 2004, ICRP, 2007, Whaites, 2009).

Os efeitos determinísticos são sempre somáticos, enquanto os efeitos estocásticos podem ser somáticos ou genéticos (ICRP, 2007).

6.1.2 – Efeitos Somáticos e Genéticos

Em função dos tipos de tecidos e das células irradiadas os efeitos das radiações no organismo podem ser agrupados em efeitos somáticos e efeitos genéticos.

Os efeitos somáticos são aqueles observados nas células do próprio indivíduo exposto à radiação ionizante. Podem ser classificados em efeitos imediatos e tardios. Os efeitos imediatos são aqueles que ocorrem num período de horas até algumas semanas após a irradiação. Os efeitos tardios surgem vários meses ou anos após a exposição à radiação (IAEA, 2004).

Os efeitos genéticos são aqueles que se relacionam com a possibilidade de ocorrer mutações nas células reprodutoras que, tendo em conta a sua função, transmitem defeitos genéticos à descendência. A probabilidade de ocorrência dos efeitos genéticos, depende da dose efetiva. Os danos genéticos ocorrem após irradiação dos testículos e dos ovários. Estes efeitos podem ser encontrados na descendência direta ou só passado várias gerações, dependendo dos genes mutados (dominantes ou recessivos) (IAEA, 2004).

A evidência científica tem mostrado que o risco de surgirem efeitos somáticos devido à exposição às radiações ionizantes é superior ao aparecimento de efeitos genéticos. Existem três possíveis motivos para tal se suceder: o processo de reparação celular, particularmente eficaz no ser humano, a variabilidade genética e o facto de metade das interrupções espontâneas de gravidez deverem-se a alterações cromossómicas. Assim, e considerando a espécie humana os riscos genéticos são demasiados débeis para serem postos em evidência (Frade, 2009).

A dose utilizada nos raio-x dentários é bastante baixa limitando ou mesmo impossibilitando a ocorrência de efeitos determinísticos somáticos, contudo os efeitos estocásticos genéticos e somáticos podem ocorrer a partir da exposição a qualquer radiação ionizante, pelo que poderão ser encontrados em pessoas expostas a radiação-x. Por outro lado, os exames radiológicos na prática clínica de Medicina Dentária não envolvem via da regra, a aplicação de radiação-x nos órgãos reprodutores, pelo que nesta área da Medicina existe uma maior preocupação em relação à possibilidade de surgirem efeitos estocásticos somáticos (Whaites, 2009).

6.2 - Avaliação do Risco em Medicina Dentária

Em relação ao risco para o paciente submetido a radiação-x é possível verificar que tanto para a comunidade científica como para as entidades que regulam a Medicina nos países mais desenvolvidos, existe uma preocupação crescente em quantificar o risco associado a cada exame. É também importante perceber quais são os fatores envolvidos nesse risco e qual a preponderância do mesmo (EC, 2014).

Em relação ao risco ocupacional, existem dois grupos: o grupo A, referente aos profissionais suscetíveis de receber uma dose efetiva de radiação-x de mais de 6 mSv ou uma dose equivalente a mais de três décimos dos limites de dose anual num ano; e o grupo B, que contempla os restantes profissionais que trabalham com radiação-x, sendo que os limites são de 100 mSv por um período de 5 anos consecutivos ou, por ano, a dose efetiva não pode ultrapassar os 50mSv. É neste último grupo que estão representados os profissionais de Medicina Dentária (Reis and Provenzano, 2010).

Durante um exame radiográfico, a ampola radiográfica emite radiação-x denominando-se essa radiação de feixe principal. O feixe principal após atingir o paciente dispersa-se sob a forma de radiação secundária. A radiação que abandona o aparelho por imperfeições deste é chamada radiação de fuga ou radiação secundária. Todas estas formas de radiação podem ter intensidades significativas e, por isso, aumentam o risco quer para profissional quer para paciente (Biasoli Jr., 2016).

Qualquer pessoa exposta à radiação, seja paciente ou profissional, tem um risco de desenvolver patologias associadas. A avaliação do risco para profissionais e utentes depende de inúmeros fatores, como a idade, o sexo, o tipo de exame, mais propriamente a quantidade e tipo de radiação envolvida, o órgão ou tecido irradiado, etc. (EC, 2004).

Nos exames extraorais com emissão de radiação-x, os profissionais não necessitam de estar expostos à radiação, isto porque os dispositivos médicos utilizados têm a capacidade de estabilizar o paciente. Em relação aos intraorais, os profissionais muitas vezes, e indevidamente, sujeitam-se a exposições, por forma a estabilizar os dispositivos de captação da radiação (Reis and Provenzano, 2010).

No que toca aos profissionais e aos exames intraorais quanto mais próximo do feixe principal o profissional estiver maior o risco associado. O mesmo acontece se este estiver no caminho do feixe (Reis and Provenzano, 2010).

Para observar de que forma a distância do clínico ao paciente e a angulação em relação a ampola radiográfica influenciam a exposição do profissional à radiação-x, nos exames

radiográficos intraorais, Selvamuthukumar e colaboradores (2014) fizeram um estudo em que colocaram um fantoma numa cadeira de Medicina Dentária, com um equipamento de radiologia intraoral na posição de efetuar um disparo para a maxila e outro para a mandíbula e, simultaneamente, colocaram na sala grupos de dosímetros termoluminescentes suspensos. Foram colocados dosímetros com diferentes angulações, em relação à ampola radiográfica nomeadamente a 0°, 20°, 40°, 60°, 80°, 90°, 140°, 160° e 180° e atrás da ampola a uma distância de mais ou menos 0,60, 1,21 e 1,68 metros e a uma altura de mais ou menos 1 metro, para simular um possível posicionamento espacial do clínico. O equipamento utilizado apresentava uma quilovoltagem de 70Kv e o disparo foi efetuado durante 0,3 segundos. Os autores concluíram que as doses recebidas aumentaram significativamente com a diminuição da distância ao paciente. Por exemplo, entre as distâncias de 1,21 metros e os 1,68 metros obteve-se uma maior dose recebida na primeira distância. Quanto à angulação, a que apresentou maior dose recebida foi 180°, ou seja, na direção do feixe principal, e a que apresentou menor dose absorvida foi entre os ângulos 60° e 80° e atrás da ampola radiográfica. A partir da angulação de 140° até 180°, a dose absorvida foi crescendo significativamente. Juntando todas as informações do estudo, os autores registaram que a zona de menor risco para o profissional seria entre os ângulos de 90° a 140°, a uma distância do paciente de 1,68 metros, por estas características estarem associadas a menor exposição à radiação-x (Selvamuthukumar et al., 2014).

6.2.1 - O tipo de exame

Segundo a *International Commission on Radiological Protection* (ICRP), nenhuma exposição à radiação ionizante é justificada, exceto se o benefício for maior para o indivíduo do que os riscos provocados por essa exposição. O recurso aos exames radiológicos constitui um dos elementos aceites, justificando-se se houver claras vantagens para o doente que contrabalancem largamente o pequeno risco associado às radiações (ICRP, 2007).

O risco de determinado exame está diretamente relacionado com a quantidade de radiação envolvida. Em princípio, o nível de dose aplicado, durante um exame imagiológico, é determinado pela qualidade de imagem necessária e pela região

anatômica que se pretende observar, de maneira a satisfazer os objetivos clínicos específicos. Na prática, inúmeros fatores estão relacionados, nomeadamente as características do equipamento utilizado e os procedimentos adotados. Por outro lado, quanto maior o tempo de exposição a determinada radiação-x, maior será o risco para o órgão e/ou tecido exposto devido à radiação envolvida ser obviamente superior. Assim, tempos maiores de exposição à radiação aumentam o risco (Linet et al., 2012, UNSCEAR, 2008).

Na tabela 2 estão representadas as doses efetivas nos diferentes exames médicos imagiológicos, com recurso à radiação-x, em Portugal e no Reino Unido.

Tabela 2 – Sumário das doses médias efetivas para o indivíduo exposto à radiação-x, nos diferentes exames médicos radiográficos, em Portugal^a e Reino Unido^b (EC, 2004, Hart et al., 2010).

Exames com recurso a radiação-x	Dose Efetiva (mSv)
Raio-x Cervical^a	0,05
Raio-x Tórax^a	0,06
Mamografia^a	0,13
Raio-x Abdominal^a	0,72
Raio-x Lombar AP/PA^a	1,07
Tomografia Computorizada de Cabeça^a	1,9
Tomografia Computorizada da Coluna Vertebral^a	9,3
Raio-x Intraoral^b	0,005
Raio-x Panorâmico^b	0,019

De notar que a quantidade de radiação envolvida nos exames dentários mais usuais (a ortopantomografia e os raio-x periapicais) é significativamente inferior àquelas utilizadas noutros exames, igualmente usuais, como o raio-x do tórax (CDA, 2013, EC, 2004, Whaites, 2009).

Dula e colaboradores com o objetivo de calcularem a probabilidade de determinado exame radiográfico dentário provocar um cancro fatal, realizaram cálculos dos riscos biológicos por meio de mensurações de doses em exames radiográficos convencionais.

Para isso, utilizaram 2 fantasmas diferentes e diversos sensores de radiação que foram espalhados pelos fantasmas afim de simular a dose recebida pelos órgãos radiosensíveis. Utilizando o modelo de cálculo do risco da radiação da Comissão Europeia, conseguiram determinar a relação entre o risco de desenvolver um cancro fatal e determinado exame radiográfico dentário. Os resultados estão descritos na tabela 3 (Dula et al., 2001).

Tabela 3 – Doses médias efetivas dos exames radiográficos orais e o risco de desenvolver efeitos estocásticos (Dula et al., 2001).

Técnica	Dose por exame (μSv)	Risco de desenvolver um cancro fatal (por milhão)
Raio-x periapical ou <i>bitewing</i>	1-8.3	0.02-0.6
Ortopantomografia	3.85-30	0.21-1.19
Telerradiografia de Perfil (Cefalometria)	2-3	0.34
Tomografia Computorizada da Mandíbula	364-1202	18.2-88
Tomografia Computorizada da Maxila	100-3324	8-242

As doses provenientes dos exames intraorais estão, regra geral, abaixo das doses devidas a um dia de exposição à radiação natural. As doses em ortopantomografia são semelhantes às que se obtêm numa radiografia ao tórax e apresentam uma maior diferença, correspondendo a uma exposição de alguns dias a fontes naturais (EC, 2004, IAEA, 2013).

Devido à quantidade de dose envolvida nos exames, é possível observar-se que os exames de maior risco de desenvolvimento de tumores são as tomografias, quer sejam elas maxilares ou mandibulares, e a de menor risco são as *bitewings* e os raio-x periapicais (Dula et al., 2001).

A tomografia computadorizada maxilar emite, em geral, maior radiação do que a tomografia computadorizada mandibular, pelo facto da primeira envolver uma extensão óssea bastante superior (Suomalainen et al., 2009).

Embora se considere que a radiação recebida em exames dentários seja bastante inferior à que os indivíduos recebem diariamente de fontes naturais e inferior a outros exames que envolvem radiação-x, deve ser sempre considerado que a exposição do paciente a radiação-x, aumenta o risco de desenvolvimento de doenças malignas (ADA, 2001, 2012, CDA, 2013, EC, 2004).

Atualmente, a maioria dos equipamentos utilizados para fazer os diferentes exames imagiológicos, incluindo na área da Medicina Dentária, têm *softwares* integrados de captação de imagem que monitorizam a qualidade da radiação, selecionando automaticamente a dose necessária para cada procedimento e minimizando assim, o risco de exposição profissional e do utente à radiação (UNSCEAR, 2008).

6.2.2 – Sexo

Wall e colaboradores através de *softwares* próprios desenvolvidos a partir de bases de dados acerca de exposições acidentais e o estudo à *posteriori* desses indivíduos acidentados, investigaram a relação entre o risco de cancro por dose efetiva e a idade e o sexo dos indivíduos expostos, sendo que esta relação está representada na Figura 2 (Wall et al., 2011).

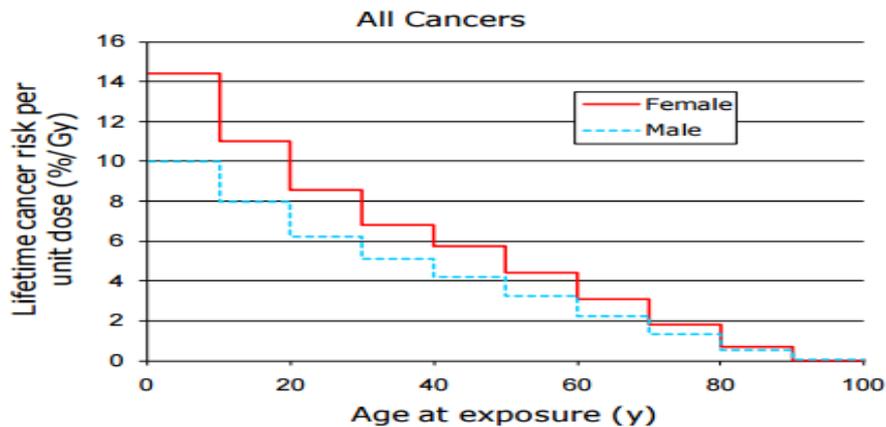


Figura 2 - Representação gráfica da probabilidade de desenvolver cancro com a idade e o sexo (Wall et al., 2011).

Estes autores concluíram que de forma geral, para a mesma dose efetiva de radiação-x, as pessoas do sexo feminino apresentam maior risco de desenvolver cancro, com percentagens que variam entre 27% e 44%, dependendo da idade. Existe apenas uma exceção após os 90 anos de idade, em que o risco é negligenciável para ambos os sexos. A causa para o maior risco no sexo feminino está relacionada com a maior suscetibilidade de alguns órgãos femininos para o desenvolvimento de tumores, nomeadamente os ovários e a mama (Wall et al., 2011).

6.2.3 - A idade

A *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) criou bases de dados que contemplam os indivíduos expostos a desastres nucleares e que avaliam a preponderância da idade no risco de desenvolvimento de efeitos estocásticos em indivíduos expostos a radiação-x (Tabela 4). Este modelo possibilitou que a idade do indivíduo passasse a ser alvo de análise e um fator a ter em conta na proteção radiológica, visto que em modelos anteriores este fator não era referenciado (EC, 2004, ICRP, 2007).

Tabela 4 – Relação do risco de exposição a radiação-x e a faixa etária (EC, 2004).

Idade	Número de vezes que o risco aumenta
Menos de 10	3
10-20	2
20-30	1,5
30-50	0,5
50-80	0.3
Mais de 80	Negligenciável

Como se pode observar na tabela 4, no grupo dos 30-50 anos, o risco é 0,5 vezes maior, o que significa que ao risco de desenvolver um efeito estocástico no exame é ainda acrescido metade do risco inicial, devido ao facto do indivíduo ter entre 30 a 50 anos de idade (EC, 2004).

Os resultados do ensaio descrito permitiram aos autores concluir que um indivíduo com idade superior a 80 anos tem um risco negligenciável, pois muito provavelmente não viverá tempo suficiente para que se desenvolva um efeito estocástico, devido a esse exame. Pelo contrário, quanto menor for idade do indivíduo exposto a radiação-X, maior será o risco de exposição, pois os tecidos e órgãos mais imaturos estão mais suscetíveis a desenvolver mutações celulares, e o efeito estocástico terá muito mais tempo para ficar latente podendo desenvolver-se no decurso da vida do indivíduo (EC, 2004).

6.2.4 – Órgão ou tecido

O tipo de órgão irradiado influencia o risco de exposição na medida em que existem órgãos mais sensíveis à radiação do que outros. Sendo assim, o risco de desenvolver um efeito estocástico somático varia de tecido para tecido (ICRP, 2007).

Afim de relacionar o risco de exposição com o tipo de órgão, foi criado o fator de peso do tecido. Na criação deste fator, foi tido em conta a irradiação total de todos os órgãos e tecidos do corpo humano considerados sensíveis para indução de efeitos estocásticos. Os valores foram atribuídos de acordo com os registos existentes em bases de dados (Tabela 5), valores esses que sofreram alterações ao longo do tempo, de acordo com o aumento de registos que iam sendo obtidos, por exemplo, do acompanhamento de indivíduos expostos a desastres nucleares (Whaites, 2009).

Quanto maior o fator de peso do tecido maior a radiosensibilidade e maior a possibilidade de se desenvolverem efeitos somáticos determinísticos, como por exemplo alterações do sistema hematopoiético, as cataratas, as radiodermites, a baixa de fecundidade. Existe assim, uma grande variedade de respostas dos órgãos e tecidos à radiação, tanto no tempo do aparecimento das lesões como no tipo de gravidade de atingimento dos tecidos. Em geral, os órgãos apresentam um grau de radiosensibilidade que é inversamente proporcional ao seu grau de diferenciação. A mama, a medula, o colón e o pulmão foram considerados como tendo risco elevado de radiosensibilidade (Lukat et al., 2013, Matsubara et al., 2009).

Tabela 5 - Fatores de peso de diferentes tecidos ou órgãos em 1990, com as atualizações de 2007 (Whaites, 2009).

Tecido ou órgão	Fator de Peso de Tecido em 1990	Fator de Peso de Tecido em 2007 (w_T)
Medula	0,12	0,12
Mama	0,05	0,12
Cólon	0,12	0,12
Pulmão	0,12	0,12
Estômago	0,12	0,12
Bexiga	0,05	0,04
Esófago	0,05	0,04
Gónadas	0,20	0,08
Fígado	0,05	0,04
Tiróide	0,05	0,04
Cortical Óssea	0,01	0,01
Cérebro	-	0,01
Rins	-	0,01
Glândulas Salivares	-	0,01
Pele	0,01	0,01
Demais tecidos	0,05	0,12

Muitas destas estruturas, caso não se utilizem barreiras protetoras físicas, podem ser atingidas por radiação-x nos exames imagiológicos utilizados em Medicina Dentária (ICRP, 2007).

Lorenzoni e colaboradores no seu estudo avaliaram e compararam a capacidade de mutação (micronucleolos) e citotoxicidade (pícnose, cariólise e cariorrexe) em exfoliações da mucosa bucal de crianças antes e após tomografias computadorizadas de feixe cónico (CBCT) e raio-x convencional, utilizadas no tratamento ortodôntico. Dividiram 49 crianças em dois grupos: um grupo foi submetido a raio-x convencional

(25 crianças) e o outro grupo a tomografia computadorizada de feixe cónico (24 crianças). Procederam a exfoliação para obtenção das células da mucosa oral para análise. Segundo os resultados do ensaio não foram apresentadas diferenças significativas na avaliação dos micronucleolos entre o momento antes do exame e após o exame. Contudo, no que toca a alterações nucleares por toxicidade, observou-se que nos dois grupos um aumento significativo de picnose, cariólise e cariorrexe. O grupo da tomografia computadorizada de feixe cónico registou um maior aumento de morte celular que o grupo submetido a raio-x convencional. Estes dados permitiram aos autores concluir que nenhum efeito mutagénico foi induzido pela tomografia computadorizada de feixe cónico ou pela radiografia convencional, mas estes exames foram capazes de gerar citotoxicidade, especialmente a CBCT. Isto deverá ter acontecido devido às quantidades de radiação envolvidas serem superior no grupo exposto ao CBCT (Lorenzoni et al., 2013).

KB e colaboradores avaliaram a toxicidade do raio-x panorâmico em 50 indivíduos com idades compreendidas entre os 15 e 75 anos, considerados com mucosa oral saudável, sem hábitos adversos e sem lesões orais incluídas. Foram obtidos da mucosa oral, células epiteliais por exfoliação, imediatamente antes e após 10 ± 2 dias do exame radiográfico. Os resultados da observação ao microscópio permitiram aos autores concluir que ocorreu um aumento significativo de micronucleolos nos indivíduos após exposição ao raio-x panorâmico, provando assim que este exame tem capacidade de provocar mutações nas células da cavidade oral. Pode assim verificar-se que as células da cavidade oral têm fraca capacidade de reparar o seu ADN, o que pode levar a maior instabilidade genómica no tecido epitelial (KB et al., 2014).

6.2.5 – Gravidez

A sensibilidade do feto na placenta materna à exposição da radiação-x tem sido bem documentada na literatura (EC, 2004).

Brent enumerou os riscos de utentes grávidas relacionados com exposições a radiações ionizantes, através de conhecidas exposições acidentais e de testes de toxicidade em animais. Os riscos descritos associados a essa exposição foram abortos, malformações

congénitas, problemas neurológicos, baixo desenvolvimento do feto e aumento da probabilidade de desenvolver cancro ao longo da vida. Quanto maior a dose efetiva de exposição, maior a possibilidade de desenvolver estas anomalias e maior a sua gravidade. Neste estudo, o autor concluiu que só um elevado número de exames realizados durante a gravidez seria capaz de provocar as anomalias referidas anteriormente, pois com uma exposição à radiação-x de 1mSv, o risco não é significativamente maior do que com a dose efetiva a 0 (Brent, 2009).

Segundo indicações da Comissão Europeia não existe uma proibição acerca da utilização de radiação-x em Medicina Dentária, em pacientes grávidas ou mulheres em idade fértil, devido às baixas doses de radiação-x envolvidas. No entanto, é recomendado que se evite essas exposições e que se utilize avental de chumbo e todas as medidas de proteção à exposição, perante a necessidade de execução de um meio auxiliar de diagnóstico que envolva recurso a radiação ionizante (EC, 2004).

7 - Evolução da Legislação Nacional quanto à Proteção Radiológica

Em Portugal, existem vários Decretos-Lei que regulam a utilização de radiações ionizantes, enquadrando evidentemente a utilização da radiação-x.

Estas disposições iniciaram-se no ano de 1961, com o Decreto-Lei 44 060, que foi criado devido ao conhecimento crescente dos perigos da utilização deste tipo de radiação. Neste Decreto-Lei foram estabelecidas uma dose máxima limite, a obrigatoriedade da medição dessas mesmas doses e a obrigatoriedade da formação dos profissionais dos centros de radiologia. Neste documento foi também definida a proibição do exercício da atividade nos locais que envolvessem radiação ionizante, por menores de 18 anos. Contudo, o principal avanço na legislação foi a criação da Comissão de Proteção contra as Radiações Ionizantes, uma entidade que tinha como funções a fiscalização, a possibilidade de propor alteração das leis que abordassem a radiação ionizante e a divulgação de medidas de proteção (Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, 1961).

Com o crescimento continuado das instalações de radiologia, o Estado sentiu a necessidade de regulamentar essas mesmas instalações. Além disso, verificou-se que existia uma escassez de meios técnicos e de fiscalização que formassem e promovessem a fiscalidade dessas instalações. Além disso, a legislação anterior não estava de acordo com a da Comissão Europeia. Assim, o Decreto-Lei 348/89 visou, primeiramente, um “definir de competências” entre quem forma, quem fiscaliza, quem licencia e quem regulamenta. Neste documento foi concebida a Comissão Nacional de Proteção Contra Radiações, com funções consultivas, ou seja, que se pronunciava ou formulava recomendações em matéria que envolvesse radiação. Neste acórdão, foi tornado obrigatório um licenciamento, por parte do Diretor-Geral dos Cuidados de Saúde Primário, prévio ao início da atividade por parte das instalações com equipamento radiológico e, por outro lado, a obrigatoriedade de vigilância de qualidade por parte do Estado (Ministério da Saúde, 1989).

Com a subjetividade de algumas temáticas, surgiu o Decreto-Lei 492/99. Neste artigo, foram objetivadas a “qualidade dos serviços” tendo em consideração a qualidade dos equipamentos e seus *softwares* de análise, o tipo e periodicidade da manutenção dos equipamentos, a qualidade dos procedimentos e, por fim, a garantia de qualidade dos exames. Neste Decreto-Lei, foram definidos o funcionamento do processo de licenciamento e os seus requisitos. Um dos seus pressupostos seria uma vistoria por Parte da Comissão de Verificação Técnica, que foi outra das instituições criadas para o cumprimento da fiscalidade (Ministério da Saúde, 1999).

No ano seguinte, o Governo Nacional aprovou um novo Decreto-Lei, o 240/2000, mas apenas com o intuito de corrigir algumas imprecisões e retificar alguns pormenores (Ministério da Saúde, 2000).

No dia 17 de julho do ano de 2002, foi publicado o Decreto-Lei 165/2002. Foi criada uma comissão que responderá a situações de emergência radiológica e, foram definidos os seus princípios gerais de proteção (Ministério da Saúde, 2002b).

Com o Decreto-Lei 167 de 18 de julho de 2002, regulamentam-se os princípios e as normas de segurança de base destinados à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes, bem como as medidas fundamentais relativas à proteção contra radiações das pessoas submetidas a exames e a tratamentos médicos. Ficam definidos no âmbito deste diploma a aplicação do mesmo às entidades que desenvolvam as seguintes atividades na área da proteção contra as radiações ionizantes, nomeadamente, a) Estudos das condições de proteção radiológica das instalações que produzam ou utilizem radiações ionizantes; b) Dosimetria individual e de área; c) Formação na área da proteção contra radiações. Com este diploma foi definido o controlo de dose recebida pelos profissionais, através do conceito de “dosimetria” e o modo como esta leitura deve ser efetuada. Com este artigo, passou a ser obrigatória a utilização de dosímetros. O valor da dose efetiva foi alterado, bem como a sua unidade; anteriormente utilizava-se a unidade Rem e, a partir da criação deste artigo, passou a utilizar-se o Sv, unidade 100 vezes menor que o Rem. Foi também criado um programa de formação em radiologia para os profissionais que trabalhassem nessa área (Ministério da Saúde, 2002a).

Nesse mesmo ano, foi criado mais um Decreto-Lei sobre esta matéria, desta vez o 180/2002 que colocou ordenamento jurídico interno, a Diretiva n.º 97/43/EURATOM, aproximando assim a legislação dos Estados Membros da União Europeia. Este Decreto-Lei coloca o Diretor Clínico como responsável pelos exames efetuados na sua clínica, bem como pelo licenciamento do equipamento radiográfico. Foram especificados os requisitos para os estabelecimentos, caso fossem de Radiodiagnóstico, Radioterapia ou Medicina Nuclear, especificações essas exaustivas e bastante minuciosas, especificando desde o tipo de aparelhos aceites, passando pela espessura das paredes e até mesmo abordando que quantidade de volume de ar tem de ser renovado nessas instalações. Como especificações técnicas na área da Medicina Dentária, para os aparelhos intraorais, mesmo que usados extraoralmente, o Estado determinou a Quilovoltagem que deverá de ser no mínimo de 50kV (kilovolt); a distância do foco à pele, que deverá de ser de pelo menos 20 centímetros com quilovoltagens superiores a 60kV e de 10 centímetros com quilovoltagens inferiores a 60kV e o diâmetro do feixe, que não deverá exceder os 60 milímetros. Para

ortopantomógrafos, a Quilovoltagem deverá ser de 85kV e de 120kV nas tomografias computadorizadas (Ministério da Saúde, 2002c).

No ano seguinte foi aprovado o despacho 258/2003 que, para além de regras gerais sobre a instalação, organização e funcionamento, determinou a elaboração de um manual de boas práticas em radiologia que definia as regras e os processos de garantia de qualidade destas unidades de saúde. Foi objeto deste documento melhorar e credibilizar os serviços prestados nas unidades de saúde, bem como o aumento do nível de proteção de saúde, permitindo a acreditação destas unidades e a sua integração no sistema de qualidade de saúde. Este artigo contemplou ainda as especificações técnicas dos aparelhos envolvidos na emissão de radiação (Ministério da Saúde, 2003).

Com a finalidade de transpor parcialmente para a ordem jurídica interna a Diretiva 96/29 da EURATOM, foi criado o Decreto-Lei 222/2008, um documento que modificou e acrescentou algumas normas para trabalhadores e população em contacto com radiações. Foram revistas algumas doses limites, para funcionários e para estudantes (Ministério da Saúde, 2008).

Em 2009 (5 Julho), foi criada a Portaria n.º 596/2009 em que se fixaram as taxas a pagar, à Direção Geral de Saúde, para aprovação da licença de funcionamento, sendo que na área da Medicina Dentária, ficou determinado que para o equipamento de raio-x intraoral, o valor é de 100 euros e de 150 para os restantes equipamentos (Ministérios das Finanças e da Administração Pública e da Saúde, 2009).

Ficou assim completa a legislação existente até aos dias de hoje, sendo observável que as preocupações com a radiação foram sendo crescentes. A incorporação de Portugal na União Europeia, e sendo a Comunidade Europeia de Energia Atómica uma das suas instituições, que tem como um dos principais objetivos o tratamento da problemática da radiação, fez com que a legislação nacional nesse campo começasse a crescer significativamente, apresentando neste momento grande complexidade, o que tende a proporcionar melhor qualidade na prestação dos serviços quanto ao uso, avaliação de

risco e proteção das radiações ionizantes em Medicina dentária e noutras especialidades médicas.

8 – Proteção Radiológica em Medicina Dentária

Embora as intensidades das emissões dos equipamentos radiográficos em Medicina Dentária sejam reduzidas, o sistema de proteção radiológica recomendado pela ICRP, baseia-se na suposição de que, para doses abaixo de 100 mSv, um aumento da dose produzirá um aumento proporcional na probabilidade de desenvolver cancro ou efeitos hereditários atribuídos à radiação. Assim, tendo em conta o número crescente destes exames efetuados anualmente, é crucial considerar-se a gestão dos riscos na exposição a baixas doses de radiação. Para isso, é fundamental que se adotem medidas e procedimentos de proteção que limitem a exposição radiológica. O objetivo destas medidas passa por ter presente o princípio de ALARA, isto é, manter as doses de radiação, para os pacientes e para os profissionais, tão baixas quanto razoavelmente possível (ADA, 2001, EC, 2004, ICRP, 2007).

8.1 - Justificação do Exame

A forma mais eficaz de se reduzir a dose em radiologia dentária é evitar procedimentos radiológicos desnecessários. Antes de se decidir a realização de um exame radiológico, deve ser sempre ponderado o benefício clínico para cada paciente. Assim, a realização de exames radiológicos de rotina para todos os pacientes, não é uma prática justificada (EC, 2004, Reis and Provenzano, 2010).

8.2 – Equipamento de Raio-X Intraoral

As doses de radiação e os riscos podem ser reduzidos com a aplicação de algumas medidas de manutenção e controlo de qualidade dos diferentes equipamentos radiológicos e técnicas dentárias. Estas medidas passam pela verificação de uma série de características básicas, como a voltagem, filtração, colimação, distância foco-pele e tipo de recetor de imagem. Segundo as recomendações europeias e internacionais, é possível reduzir a quantidade da radiação envolvida nos exames radiológicos, sem que se obtenha uma qualidade de imagem mais fraca (ADA, 2012, CDA, 2013, EC, 2004).

Assim, de seguida, abordar-se-ão as características dos exames, mais propriamente a dos dispositivos médicos e outros dispositivos complementares, que interferem na quantidade da dose que o paciente poderá absorver e no risco de exposição do profissional.

8.2.1 - Ajuste da quilovoltagem

A quilovoltagem de um aparelho é a diferença de potencial existente no interior no aparelho durante o seu uso. Esta característica determina o valor de energia emitida de radiação-x. Baixos valores na quilovoltagem nos aparelhos emissores de radiação-x emitem baixos valores de energia e, portanto, a dosagem rececionada e absorvida na pele vai ser maior. Em contrapartida, o tempo de exposição terá de ser maior para se obter uma imagem radiológica de qualidade com esse tipo de quilovoltagem. Pelo contrário, valores de quilovoltagens superiores reduzem a dose absorvida pela pele, mas aumentam a dose em profundidade (EC, 2004, Whaites, 2009).

Assim, na radiografia intraoral, ao aumentar a quilovoltagem muito acima dos 70 kV, obtém-se um espectro mal combinado, o que influenciará negativamente a qualidade da imagem. Se a quilovoltagem se situar muito abaixo dos 60 kV, obter-se-ão imagens de maior contraste, pois a radiação é facilmente atenuada nos tecidos, resultando numa imagem deficiente (EC, 2004).

Para fornecer a segurança adequada para o paciente, além de uma boa qualidade de imagem, a quilovoltagem ideal para os aparelhos intraorais deve variar entre os 60 e os 70 kV (ADA, 2012, EC, 2004, HAS, 2006).

8.2.2 - Filtragem

Durante a produção de radiação-x, os átomos de tungsténio são atingidos pelos eletrões bombardeados no tubo que sofrem, na sua maioria, pequenos desvios, criando fotões de radiação-x de baixa energia. Grande parte destes fotões, que não contribuem para o feixe útil de radiação-x, não tem energia suficiente para abandonar o tubo, contudo é

importante que os que conseguem abandoná-lo sejam filtrados, de modo evitar a ocorrência de danos na pele (Whaites, 2009).

Os filtros devem ser colocados na saída do dispositivo, levando a que o feixe ao atravessá-los perca a radiação de baixa energia, contudo é importante que se assegure uma qualidade de imagem satisfatória. Os filtros de alumínio (mais utilizados), e os filtros feitos com alguns “metais de transição”, são ambos efetivos na redução da dose da radiação indesejada, devendo ser equivalente a pelo menos 1,5 mmAl para tubos com voltagem até 70kV (EC, 2004, Ministério da Saúde, 2002c).

8.2.3 - Colimador

8.2.3.1 - Tamanho

O tamanho de saída da radiação-x, não deve ser superior a 6 cm de diâmetro no final do colimador, e preferencialmente limitado às dimensões do recetor de imagem, ao ponto de, simultaneamente, a qualidade do exame não ser comprometida. A principal vantagem é limitar a dose de radiação recebida pelo paciente (EC, 2004, IAEA, 2006).

8.2.3.2 – Forma

A utilização de colimadores retangulares pode levar a uma redução da dose de radiação de 3,5 a 5 vezes em comparação com colimadores circulares, sem efeitos adversos na qualidade da imagem obtida. Ao aproximar o tamanho e forma do colimador à da película, consegue-se uma diminuição significativa da dosagem de radiação para o paciente, rondando os 60% (ADA, 2012, EC, 2004, Whaites, 2009).

Por outro lado, é possível modificar os emissores de raio-x que possuem um colimador circular, adicionando um colimador retangular de chumbo ao dispositivo de modo a dirigir o feixe, bloqueando a radiação que passaria por fora da retangular (Whaites, 2009).

8.2.3.3 - Distância Foco-Pele (Paciente)

Aumentando a distância do colimador ao paciente, diminui-se a divergência dentro do seu organismo, diminuindo, assim, o volume irradiado e conseguindo limitar a dose absorvida pelo mesmo. Contudo, distâncias reduzidas entre a fonte de radiação e a pele originam má distribuição das doses, podendo prejudicar a nitidez das imagens, levar a um aumento excessivo ou distorção da imagem e, por vezes, limitar a cobertura anatômica desejada. Assim, a distância entre a fonte e a pele, na radiografia intraoral, não deve ser inferior a 20 cm nem superior a 40 cm (ADA, 2001, EC, 2004).

8.2.4 - Seleção do Método de Captação - Digital ou Analógico

Os sistemas de captação de imagem digital têm sido introduzidos como alternativa às técnicas de captação analógicas. A principal vantagem da captação digital é a capacidade para alterar as propriedades da imagem obtida, através do recurso ao *software*, como por exemplo, ajustar a densidade e o contraste da imagem (otimizando a qualidade da imagem após a sua obtenção). Estes procedimentos eliminam a necessidade de novo exame, evitando uma nova exposição do paciente à radiação (EC, 2004, Farman et al., 2008).

Outras vantagens da digitalização da imagem são a segurança no seu armazenamento e a possibilidade de serem transferidas sem que haja uma diminuição da sua qualidade, evitando também que estas se extraviem (ao contrário das analógicas) e, precavendo uma repetição do exame (Farman et al., 2008).

Desta forma, no caso da radiologia intraoral, os detetores digitais oferecem um potencial significativo (entre 40 a 60%) na redução da dose de radiação à qual o paciente é exposto (ADA, 2012, EC, 2004, ICRP, 2004).

No entanto, apesar da literatura confirmar a contribuição da captação digital para uma redução significativa da dose, na prática o uso abusivo desta forma de captação pode levar a um aumento da dose para o paciente, sem benefícios clínicos adicionais. Isto pode estar relacionado com a tendência para se obter um maior número de imagens

devido à sua facilidade de captação; usar uma qualidade de imagem superior ao necessário e tempos de exposição excessivamente longos. Para isso, é importante que o profissional valorize a justificação do exame e conheça os benefícios e limitações de qualquer sistema que utilize, seja ele analógico ou digital, de modo a manter as doses de radiação para o paciente tão baixas quanto razoavelmente possível (ICRP, 2004, Muhamedagic, 2009).

8.3 – Equipamento da Tomografia Computorizada de Feixe Cônico

A atual evidência admite que a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) pode oferecer imagens de alta resolução a doses de exposição à radiação-x significativamente baixas comparativamente à tomografia convencional (TAC). Contudo, são ainda bastante superiores às doses emitidas pela radiografia dentária convencional (intraoral e panorâmica) (Correia and Salgado, 2012, EC, 2012).

Relativamente aos valores de dose efetiva emitidos pela TCFC em comparação com outros exames imagiológicos dentários, não existe ainda concordância entre autores. Segundo Scarfe e colaboradores, a dose de radiação da TCFC equivale a aproximadamente 4 a 15 vezes a dose de uma radiografia panorâmica. Ludlow e colaboradores afirmam que a dose efetiva da TCFC se situa entre 4 a 42 vezes superior à dose efetiva da radiografia panorâmica. Okano e colaboradores registaram que a dose efetiva da TCFC foi de 2 a 8 vezes superior à da radiografia panorâmica e quase 10 vezes menor que na TAC. Roberts e colaboradores, por sua vez, registaram no seu estudo valores de dose efetiva da TCFC cinco a 16 vezes superiores à da radiografia panorâmica convencional. Não se encontram referências na literatura quanto a estudos que tenham avaliado e comparado diretamente a dose efetiva da radiação entre a radiografia intraoral e a usada na TCFC (Correia and Salgado, 2012, Li, 2013, Ludlow et al., 2006, Okano et al., 2009, Roberts et al., 2009, Scarfe et al., 2006).

No entanto, é importante considerar que existem diferentes parâmetros que influenciam as doses de radiação efetiva neste tipo de equipamentos TCFC, nomeadamente: voltagem utilizada (kVp), feixe de radiação pulsátil ou contínuo, quantidade, tipo e forma de filtro do feixe, tamanho do campo de visão (FOV), tamanho do *voxel* (volume

digital composto tridimensional), a quantidade de imagens adquiridas e o grau de rotação, isto é, se o scan é feito de uma forma completa (360°) ou parcial. Alguns destes parâmetros podem ser selecionados pelo operador de forma a reduzir a dose de radiação emitida pelo equipamento (Scarfe et al., 2009).

8.3.1 – Campo de visão (FOV)

Um dos fatores que pode ser regulado e corrigido pelo operador e que tem uma influência considerável na dosagem de radiação emitida pela TCFC é o ajuste do campo de visão (FOV). Assim, pode afirmar-se que reduzindo o tamanho do campo de visão (FOV), é possível reduzir a dose de radiação-x emitida (EC, 2012, Li, 2013, Pauwels et al., 2012, Scarfe et al., 2009).

8.3.2 – Tamanho do *voxel*

De forma similar, quanto maior o tamanho do *voxel* (relacionado com uma melhor resolução espacial), menor é a dose efetiva de radiação emitida (EC, 2012, Horner et al., 2009, Li, 2013).

8.3.3 – Grau de rotação

Alguns equipamentos permitem também definir um grau de rotação menor (por exemplo, 180° em vez dos comuns 360°), reduzindo, assim, número de projeções obtidas. Este parâmetro permite, desta forma, reduzir o tempo de exposição à radiação-x e, conseqüentemente, reduzir a dose efetiva em cerca de 50% (EC, 2012, Rehani, 2015).

De notar que o exame de CBCT, apesar das suas inúmeras vantagens, deve ser indicado quando as técnicas radiológicas convencionais (2D), com uma dosagem de radiação-x mais baixa, não são suficientes para auxiliar o profissional no diagnóstico (EC, 2012, Horner et al., 2009)

8.4 - Vestuário de Proteção

8.4.1 - Aventais de Chumbo

Segundo algumas entidades internacionais o uso rotineiro do avental de chumbo nos exames intraorais não é justificado, uma vez que não promove proteção total contra a radiação dispersa no interior do corpo. Por outro lado, este tipo de proteção interfere fisicamente com a execução da radiografia panorâmica e degrada a imagem final. Nos atuais exames imagiológicos médico-dentários, em que são usadas tecnologia e procedimentos mais recentes, a dose de radiação recebida na região das gónadas também não mostrou ser significativamente diferente quando é utilizado avental de chumbo comparativamente aos exames em que este não é utilizado (EC, 2004, NRPB, 2001).

No entanto, apesar da sua eficácia reduzida, a utilização de avental de chumbo deverá ser um meio acessível para a limitação da dose sobre o paciente, tendo em conta o baixo custo económico e a facilidade de utilização, mantendo presente o princípio “ALARA”. O seu uso revela também preocupação da parte do profissional de saúde pelo bem-estar do paciente, podendo contribuir para diminuir a ansiedade deste. Também poderá ser prudente utilizar avental de chumbo em exames oclusais com incidências do feixe de radiação de angulação vertical, bem como meio de proteção em pacientes grávidas e crianças (ADA, 2012, HAS, 2006, IAEA, 2013, NRPB, 2001).

8.4.2 - Colar de Proteção da Tiróide

A glândula tiróide é dos órgãos situados na região da cabeça e pescoço mais radiosensíveis e, apesar deste conhecimento, é frequentemente exposta a radiação dispersa e, ocasionalmente, ao feixe primário de radiação-x durante a radiografia dentária (EC, 2004, IAEA, 2013).

A evidência tem indicado que o colar de proteção para a glândula tiróide pode reduzir até um terço a dose de radiação absorvida pela mesma e não interfere com a qualidade da imagem, constituindo uma medida de proteção importante em exames radiográficos dentários (ADA, 2012, Geist and Katz, 2002).

Por outro lado, por vários motivos, os efeitos adversos da radiação na glândula tireóide são muito maiores nas crianças, comparativamente a outras faixas etárias, daí ser sobretudo recomendada a utilização deste componente nos exames radiográficos de indivíduos mais jovens (EC, 2004, IAEA, 2013, Sinnott et al., 2010).

Assim, este tipo de proteção contra radiações deve ser usada em adultos e sobretudo em crianças e jovens, sempre que a glândula estiver exposta ao feixe primário e a sua utilização não interferir com o exame de diagnóstico (EC, 2004, IAEA, 2013).

8.5 – Proteção Radiológica dos Profissionais de Medicina Dentária

As medidas anteriormente referidas fornecem noções relativamente à diminuição da dose de radiação-x recebida pelos pacientes, contudo também é importante que existam medidas de proteção em relação aos profissionais de Medicina Dentária que manuseiam equipamentos emissores de radiação-x.

As doses limites foram criadas com o intuito de proporcionar segurança para os profissionais que trabalham com a radiação ionizante, assim o seu cumprimento é a principal medida de proteção. Como referido anteriormente, para os profissionais existem doses limites de exposição, ao contrário do que se sucede com os pacientes, pois neste último caso uma exposição excessiva, se for devidamente justificada, é aceite (Reis and Provenzano, 2010).

Num exame de imagiologia intraoral, a distância do clínico à cabeça do paciente (onde ocorre a dispersão da radiação), afeta a intensidade recebida ao quadrado. Se um clínico estiver a 2 metros do feixe principal, a radiação recebida será 4 vezes inferior. Este método é considerado suficientemente protetor na Medicina Dentária. As recomendações europeias consideram uma distância à cabeça do paciente de 2 a 3 metros. No entanto, esta medida só será protetora se, para a distância recomendada, o profissional não estiver no caminho do feixe principal (EC, 2004).

Ainda que os profissionais devam respeitar a distância de segurança, é ainda recomendado que estes se coloquem num ângulo, em relação à ampola radiográfica, de 90° a 135° de acordo com o posicionamento descrito na Figura 3 (Reis and Provenzano, 2010).

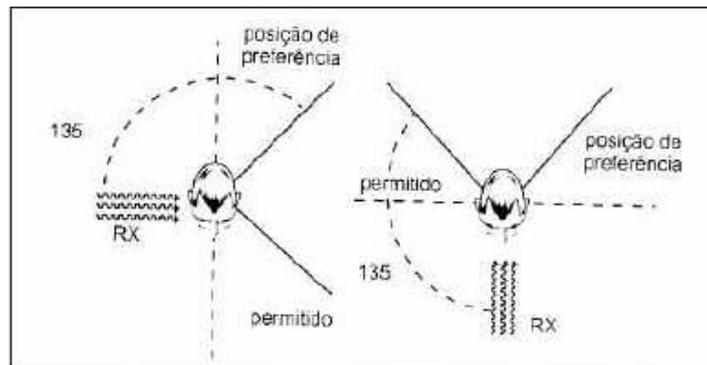


Figura 3 - Regra da posição e da distância. O operador deve-se posicionar no mínimo a 1.8 metros do paciente num ângulo de 90° a 135° do feixe central de radiação-x (Reis and Provenzano, 2010).

A diminuição do risco biológico associado à exposição da radiação-x, nos profissionais de saúde, pode também ser controlada através do uso das barreiras físicas referidas anteriormente, tais como o uso do avental de chumbo, e do uso de posicionador de película (para que não haja necessidade de este ficar a estabilizar a película radiográfica) (Reis and Provenzano, 2010).

Nos exames extraorais a distância ao paciente deverá ser superior a 1,5 metros, em casos em que o profissional opte por não abandonar a sala. Por outro lado, se não o fizer, deverá ter-se em consideração se este profissional não possui um ritmo de trabalho semanal de 100 raio-x intraorais ou 50 extraorais. O profissional deverá utilizar avental de chumbo como medida de proteção alternativa e efetuar dosimetria (EC, 2004).

A dosimetria é um método de quantificação de dose de radiação-x recebida por profissionais com exposição ocupacional à radiação-x, para que assim se consiga obter informações acerca do cumprimento das doses de exposição evitando, ultrapassar valores de exposição limite e possíveis efeitos biológicos.

As 3 formas mais vulgares de controlar a dosimetria são através de:

- Filmes Dosimétricos (filme-crachá);
- Dosímetros Termoluminescentes:
 - Crachá;
 - Monitor de Extremidade;
- Câmaras de Ionização (Rehani, 2015, Whaites, 2009).

Para perceber se o controlo da dosimetria deveria ser uma prática comum nos consultórios de Medicina Dentária, Reddy e colaboradores realizaram o controlo da dosimetria em 14 Faculdades de Medicina Dentária Indianas, tendo sido abrangidos pelo estudo 90 técnicos de radiologia dentária, 72 médicos dentistas e 18 assistentes, sendo que todas as Faculdades possuíam dois aparelhos de radiologia intraoral e um extraoral. A média mensal de exames efetuados foi de 3200 radiografias intraorais e de 450 extraorais. No estudo, foram utilizadas películas digitais e os profissionais das unidades utilizaram barreiras de chumbo. Este registo foi efetuado durante 3 anos. Os autores deste estudo concluíram que a radiação recebida pelos indivíduos foi bastante baixa, muito inferior à dose ocupacional permitida por lei. Concluíram também que a probabilidade de um elemento que trabalhe com radiação, no âmbito da Medicina Dentária, receber uma dose superior a 1mSv por ano é inferior a 1%. Já a Comissão Europeia considera que não é necessário efetuar dosimetria, exceto nos casos em que há uma exposição ocupacional superior a 50 exames extraorais e/ou de 100 intraorais (EC, 2004, Reddy et al., 2015).

8.5.1 - Filmes Dosimétricos

Os filmes dosimétricos são dos dispositivos mais utilizados no controle da dosagem da radiação-x. São constituídos por uma estrutura de plástico e no seu interior apresentam uma variedade de filtros metálicos diferentes e um pequeno filme radiográfico que reage com a radiação. São colocados no lado de fora da roupa, na direção dos órgãos reprodutores, entre 1 a 3 meses antes de serem processados. Após o seu processamento, apresentam através de uma escala a dosagem absorvida nesse período (Devic et al., 2004).

As suas principais vantagens são o facto de serem dispositivos baratos, robustos, simples, que permitem um registo permanente e a possibilidade de se voltar a ler o registo. Assim, em caso de perda dos registos, é possível voltar a obter a leitura. Contudo, apresentam como desvantagens o facto de não indicarem a exposição em tempo-real, pois é necessário o seu processamento, a possibilidade de se perderem os filtros e o valor obtido ter de ser interpretado numa escala de cores, impossibilitando uma leitura cem por cento precisa. (Devic et al., 2004, Low et al., 2011).

8.5.2 - Dosímetros Termoluminiscentes

Estes dosímetros têm vindo a substituir os filmes dosimétricos devido à sua possibilidade de reutilização o que representa a sua maior vantagem. Podem ser constituídos por diversos tipos de cristais, o mais comumente utilizado é o fluoreto de lítio que, ao receber radiações ionizantes, formam iões. Esses iões, na leitura, são recombinados e essa energia latente origina luz, que é então avaliada por medição. Quanto maior a energia absorvida, maior a intensidade da luz emitida (Low et al., 2011, Reddy et al., 2015).

Estes dispositivos podem ser utilizados para monitorizar as extremidades (monitor de extremidades, por exemplo em forma de anel) ou para colocar na anca, ou ao peito (crachá). Assim quando o seu portador é atingido por radiação, estes elementos também o são, ficando assim o profissional, no momento da revelação, a quantidade de radiação a que esteve exposto (Lee et al., 2009).

Tem como desvantagem o facto da leitura não ser instantânea. Assim caso ocorra danos ou extravio do dispositivo, não é possível recuperar o os dados de registo do mesmo (Low et al., 2011).

8.5.3 - Câmaras de Ionização

O funcionamento destes aparelhos tem como base a ionização das moléculas de ar existentes dentro dessa câmara pela radiação, promovendo uma descarga mensurável que é lida num dispositivo (Frelin et al., 2005).

No entanto, estes só costumam ser utilizados com radiações de ordem de grandeza muito elevadas pois o seu custo, bem como o seu tamanho são bastante elevados. Assim estes são úteis na verificação da não contaminação de zonas que não deveriam receber radiação, não pode ser utilizado como dosímetro individual (Low et al., 2011).

Tem como vantagens o facto de ser o método mais preciso na medição da dose e de possibilitar a leitura de dados de exposição em tempo real (Frelin et al., 2005).

8.6 – Formação Profissional

É de esperar que médicos dentistas e técnicos de radiologia apresentem conhecimentos básicos para efetuar radiografias. No entanto, outros profissionais como os assistentes dentários e os higienistas orais recebem pouca ou nenhuma formação em Proteção Radiológica, sendo que estes profissionais têm, geralmente, um papel importante no processo da obtenção da imagem (EC, 2004).

O artigo 7º do “Medical Exposures Directive” estabelece que todos os profissionais da Medicina Dentária que operam equipamentos emissores de radiação-x, devem ter formação teórica e prática adequada para a utilização de dispositivos de radiodiagnóstico dentário, bem como devem apresentar competência apropriada na utilização dos diferentes meios de Proteção Radiológica. Este documento recomenda também formação e atualização contínuas após a graduação básica destes profissionais de saúde, bem como a introdução de um curso sobre proteção contra radiações no currículo básico das escolas de Medicina Dentária (EC, 2004) .

Além da Comissão Europeia, também outras identidades internacionais reconhecem que os profissionais de Medicina Dentária devem ter um conhecimento básico dos riscos de saúde inerentes à exposição da radiação-x e devem demonstrar familiaridade com as regras básicas de segurança e proteção radiológica. Para isso, as autoridades reguladoras incentivam a acreditação das faculdades e a frequência obrigatória de programas de educação e formação em Segurança e Proteção Radiológica para os profissionais envolvidos em radiologia diagnóstica (CDA, 2013, IAEA, 2006, ICRP, 2007, NRPB, 2001).

Em Portugal, a legislação refere: “A utilização de radiações ionizantes em atos médicos é feita sob a responsabilidade de (...) médicos dentistas habilitados para tais atos e que tenham adquirido ao longo da sua formação uma especialização em proteção contra radiações apropriada às técnicas aplicadas em radiologia diagnóstica, sendo que esta formação deve ser ministrada e avaliada por entidades de formação devidamente reconhecidas pela Direcção-Geral da Saúde, mediante o reconhecimento de diplomas, certificados ou qualificações formais, nacionais ou estrangeiras” (Ministério da Saúde, 2002c).

III - CONCLUSÃO

Tendo em consideração os objetivos delineados para este trabalho de revisão descritiva, é possível enumerar as seguintes conclusões:

- A Radiação Ionizante distingue-se da Radiação Não-Ionizante pelo facto da primeira conseguir remover eletrões dos átomos da maioria dos elementos, sendo, por esse motivo uma radiação que transporta maior energia por fotão. Além disso, os fotões da Radiação Ionizante têm energia suficiente para realizarem reações fotoelétricas e de *Compton* nos tecidos.

- A base do funcionamento dos dispositivos de radiologia médica relaciona-se com o aquecimento do cátodo, gerando eletrões, que devido à alta voltagem existente no tubo, são acelerados em direção ao ponto focal no alvo, e ao serem subitamente parados produzem radiação-x. O bloco de cobre dissipa o calor do sistema e o invólucro de chumbo impede que a radiação se propague para zonas indesejadas.

- As unidades de medida da radiação-x incluem: (1) a dose de radiação absorvida, que considera a dose de radiação recebida por unidade de massa; (2) a dose de radiação equivalente, que acrescenta à quantificação anterior o facto de considerar o tipo de radiação envolvida; (3) a dose de radiação efetiva, que considera o tipo de órgão ou tecido que está a ser irradiado, pois há órgãos mais sensíveis à radiação do que outros.

- A dose de radiação natural é a quantidade de radiação a que todos os seres humanos estão expostos diariamente e que é recebida de inúmeras fontes e em quantidade bastante superior à recebida nos mais variados exames de diagnóstico com recurso a radiação-x.

- Os principais dispositivos médicos imagiológicos que emitem radiação-x, usados em Medicina Dentária, são os equipamentos ou dispositivos médicos de diagnóstico

intraoral e extraoral. Estes últimos contemplam os ortopantomógrafos, que podem ou não permitir efetuar cefalometrias, e os aparelhos de Tomografias Axiais Computorizadas.

- Relativamente aos exames de imagiologia intraoral, podem classificar-se em periapicais e interproximais (as *bitewings*). O primeiro exame permite visualizar o ápice do dente enquanto que o segundo não permite. No entanto, com esta técnica é possível verificar com maior rigor os contactos entre as coroas e estruturas anexas aos tecidos dentários.

- Para captação da radiação em exames imagiológicos em Medicina Dentária, existem as películas convencionais (meio analógico), que ao serem atingidas pela radiação formam uma imagem latente que ao ser revelada gera a imagem; o CCD (digital), que é um dispositivo rígido acoplado ao computador e que possui sensores no seu interior, gerando a imagem no momento; o FFE (digital), que é um dispositivo de fósforo com capacidade de reagir quando atingida pela radiação, posteriormente colocado num scanner que interpreta essas modificações e permite que o dispositivo volte a ser utilizado. Só o método CCD é considerado um método direto, os restantes são considerados métodos indiretos.

- Nos exames imagiológicos extraorais, o recetor e o emissor estão situados extraoralmente. Um desses exames é a ortopantomografia, que permite ao clínico ter uma visualização mais geral da cavidade oral do paciente. A cefalometria permite ao clínico ter perceção da relação das estruturas ósseas do paciente. A tomografia computadorizada convencional permite ao clínico ter melhor perceção a três dimensões do seu objeto de estudo, além de possuir uma maior sensibilidade na diferenciação dos tecidos e permitir fazer ajustes na imagem. Já as tomografias computadorizadas de feixe cónico, comparativamente às convencionais, apresentam uma melhor qualidade de imagem, melhor preço de aquisição, menor emissão de radiação e menor tamanho do aparelho.

- Os riscos associados à exposição de radiação-x no diagnóstico em Medicina Dentária podem ser classificados como tendo efeitos determinísticos somáticos, efeitos estocásticos somáticos, efeitos estocásticos genéticos e efeitos no embrião. Os primeiros são consequências diretas da exposição excessiva à radiação, já as segundas são efeitos que podem ou não ocorrer, estando dependentes das leis da probabilidade. Os efeitos estocásticos genéticos ocorrem por mutações nas gâmetas que originam alterações na descendência do ser exposto à radiação-x. Os últimos efeitos referidos ocorrem nos fetos e embriões por consequência de exposição da radiação-x durante a gravidez.

- Os principais fatores de risco associados à exposição de radiação-x relacionam-se com o tipo de técnica, o órgão irradiado, a idade do paciente, o sexo e a gravidez. As tomografias axiais computadorizadas são as de maior risco, por emitirem maior quantidade de radiação. Quanto aos órgãos, os mais sensíveis à radiação-x são o cólon, o pulmão e o cérebro. Em relação à idade, quanto mais jovem o irradiado, maior a possibilidade de desenvolver um efeito estocástico, pois este terá maior tempo para se manifestar. As mulheres apresentam maior probabilidade de desenvolverem uma patologia comparativamente aos homens, quando sujeitos à mesma quantidade de radiação exposta. O feto é bastante sensível à radiação, assim os clínicos devem ponderar o risco/benefício da exposição radiográfica de mulheres grávidas.

- A legislação nacional em matéria de regulação, licenciamento e fiscalização evoluiu bastante com a incorporação de Portugal na União Europeia, tornando-se cada vez mais complexa à medida que a Comunidade Europeia de Energia Atómica foi atualizando a sua. A primeira lei portuguesa de regulação da radiação ionizante data de 1961 e a mais recente de 2009.

- As principais orientações e legislação nacionais relativas à utilização e à qualidade de radiação-x, no âmbito da Medicina Dentária indicam que: a determinação da quilovoltagem deverá de ser no mínimo de 50kV; a distância do foco à pele deverá ser de pelo menos 20 centímetros com quilovoltagens superiores a 60kV e de 10 centímetros com quilovoltagens inferiores a 60kV e o diâmetro do feixe não deverá exceder os 60 milímetros. Nas ortopantomografias, a quilovoltagem deverá ser de 85kV

e nas tomografias computadorizadas de 120kV. Além disso, segundo a legislação portuguesa, a utilização da radiação-x deverá ser racional e minimizada ao máximo, cumprindo-se o princípio ALARA.

- As principais medidas de proteção e de limitação de propagação da radiação-x incluem:

- a justificação do exame, evitando exposições desnecessárias;
- o ajuste da quilovoltagem dos dispositivos emissores de radiação-x intraorais, pois quilovoltagens, quer muito altas quer muito baixas, podem provocar danos ao exposto;

- a utilização de filtragem, que se mostrou eficaz na diminuição do dano causado pela radiação;

- a utilização de colimadores, sendo os retangulares e/ou de tamanho reduzido, associados ao aumento da distância ao paciente, eficazes na redução da dose absorvida pelo mesmo;

- a utilização de métodos de captação digitais, pois conseguem uma redução da dose necessária nos exames radiográficos de até 80%, associados a um melhor armazenamento e à capacidade de alterar os contrastes sem necessitar de repetir o exame;

- a diminuição do campo de visão, o aumento do *voxel* e/ou a diminuição do grau de rotação na tomografia axial computadorizada;

- o uso de vestuário de proteção como o avental de chumbo e, particularmente, o colar de proteção da tiróide, usados como barreiras físicas e recomendados principalmente em tomografias axiais computadorizadas e em pessoas com idade inferior a 30 anos, reduzindo a dose efetiva em cerca de 45%.

- As medidas mínimas de proteção à exposição de radiação-x pelo profissional, incluem:

- o posicionamento de angulação em relação à ampola radiográfica de 90° a 135° e a distância ao paciente de 2 a 3 metros;

- a avaliação da dose mínima de radiação mediante dosimetria individual.

- A dosimetria é a quantificação da dose recebida por parte de um profissional ou local, existindo vários dispositivos que permitem essa avaliação, sendo eles os filmes dosimétricos, os dosimétricos termoluminescentes e as câmaras de ionização.

- É consenso global que a formação profissional e a formação contínua dos profissionais em contacto com dispositivos emissores de radiação-x são indispensáveis para o seu uso racional e seguro.

- Embora a radiação absorvida pelo paciente exposto a exames radiográficos, em Medicina Dentária, seja bastante inferior àquela que diariamente absorve no dia-a-dia, de forma natural, deverá ser reduzida ao máximo por ser considerada dose adicional, com efeitos cumulativos. Os dados recolhidos apontam ainda para o facto da evolução da tecnologia e dos equipamentos na radiologia médica, permitir uma melhor gestão dos seus parâmetros e, conseqüentemente, a redução da dose de radiação-x recebida pelos pacientes e profissionais de saúde, promovendo melhorias na sua segurança e proteção.

IV - BIBLIOGRAFIA

- ADA (2001) 'An update on radiographic practices: information and recommendations.', *Journal of the American Dental Association*, 132(2), pp. 234-8.
- ADA (2012) 'Dental Radiographic Examinations: Recommendations for Patient Selection and Limiting Radiation Exposure'. Available at: [http://www.ada.org/~media/ADA/Member%20Center/Files/Dental Radiographic Examinations 2012.ashx](http://www.ada.org/~media/ADA/Member%20Center/Files/Dental_Radiographic_Examinations_2012.ashx) (Accessed 06/12/2015).
- Arai, Y., Tammissalo, E., Iwai, K., Hashimoto, K. and Shinoda, K. (1999) 'Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use', *Dentomaxillofac Radiol*, 28(4), pp. 245-8.
- Biasoli Jr., A. M. (2016) *Técnicas Radiográficas*. 2ª edn.
- Botelho, T., Mendonça, E. and Cardoso, L. (2003) 'Contribuição da Radiografia Digital na Clínica Odontológica', *Robrac*.
- Brent, R. L. (2009) 'Saving lives and changing family histories: appropriate counseling of pregnant women and men and women of reproductive age, concerning the risk of diagnostic radiation exposures during and before pregnancy', *Am J Obstet Gynecol*, 200(1), pp. 4-24.
- Brodsky, A., Kathren, R. L. and Willis, C. A. (1995) 'History of the medical uses of radiation: regulatory and voluntary standards of protection', *Health Phys*, 69(5), pp. 783-823.
- Bushong, S. C. (1995) 'History of standards, certification, and licensure in medical health physics', *Health Phys*, 69(5), pp. 824-36.
- Castro, L. (2000) 'Benefícios da Tecnologia de Grãos-T nas Películas de Radiografia Industrial'. Available at: [http://www.aeende.org.ar/sitio/material/peliculas radiograficas com gr os-t.pdf](http://www.aeende.org.ar/sitio/material/peliculas_radiograficas_com_gr_os-t.pdf) (Accessed 08/02/2016).
- CDA (2013) 'Radiation Safety In Dental Practice - A study guide and excerpts from The California Radiation Control Regulations pertaining to dental practice.'. Available at: [http://www.cda.org/Portals/0/pdfs/practice support/radiation safety in dental practice.pdf](http://www.cda.org/Portals/0/pdfs/practice_support/radiation_safety_in_dental_practice.pdf) (Accessed 06/12/2015).
- Correia, F. and Salgado, A. (2012) 'Tomografia computadorizada de feixe cônico e a sua aplicação em Medicina Dentária', *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 53(1), pp. 47-52.
- Creanga, A. G., Geha, H., Sankar, V., Teixeira, F. B., McMahan, C. A. and Noujeim, M. (2015) 'Accuracy of digital periapical radiography and cone-beam computed

- tomography in detecting external root resorption', *Imaging Science in Dentistry*, 45(3), pp. 153-158.
- Dawood, A., Patel, S. and Brown, J. (2009) 'Cone beam CT in dental practice', *Br Dent J*, 207(1), pp. 23-28.
- Devic, S., Seuntjens, J., Hegyi, G., Podgorsak, E. B., Soares, C. G., Kirov, A. S., Ali, I., Williamson, J. F. and Elizondo, A. (2004) 'Dosimetric properties of improved GafChromic films for seven different digitizers', *Medical Physics*, 31(9), pp. 2392-2401.
- Dula, K., Mini, R., van der Stelt, P. F. and Buser, D. (2001) 'The radiographic assessment of implant patients: decision-making criteria', *Int J Oral Maxillofac Implants*, 16(1), pp. 80-9.
- EC (2004) 'European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology'. Available at: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/136.pdf> (Accessed 17/11/2015).
- EC (2012) 'Cone Beam CT for dental and maxillofacial radiology (Evidence-based guidelines)'. Available at: http://www.sedentexct.eu/files/radiation_protection_172.pdf (Accessed 05/01/2016).
- EC (2014) 'Radiation Protection n°180 - Medical Radiation Exposure of the European Population'. Available at: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/RP180.pdf> (Accessed 17/01/2016).
- Farman, A. G., Levato, C. M., Gane, D. and Scarfe, W. C. (2008) 'In practice: how going digital will affect the dental office', *J Am Dent Assoc*, 139 Suppl, pp. 14s-19s.
- Frade, M. S. (2009) 'Estudo do comportamento no âmbito da radioproteção de uma população trabalhadora na área da medicina dentária'. Available at: <http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/1156/2/martafrade.pdf> (Accessed 06/12/2015).
- Freitas, A. D., Rosa, J. E. and Souza, I. F. D. (1998) *Radiologia Odontológica*. São Paulo.: Ed. Artes Medicas.
- Freitas, L. D. O. and Nacif, M. S. (2003) *Radiologia Prática para o Estudante de Medicina*. Brasil.
- Frelin, A.-M., Fontbonne, J.-M., Ban, G., Colin, J., Labalme, M., Batalla, A., Isambert, A., Vela, A. and Leroux, T. (2005) 'Spectral discrimination of Čerenkov radiation in scintillating dosimeters', *Medical Physics*, 32(9), pp. 3000-3006.
- Gaddam, R., Shashikumar, H. C., Lokesh, N. K., Suma, T., Arya, S. and Shwetha, G. S. (2015) 'Assessment of Image Distortion from Head Rotation in Lateral Cephalometry', *Journal of International Oral Health : JIOH*, 7(6), pp. 35-40.

- Geist, J. R. and Katz, J. O. (2002) 'Radiation dose-reduction techniques in North American dental schools', *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 93(4), pp. 496-505.
- Gupta, V., Pitti, P. and Sholapurkar, A. (2015) 'Panoramic radiographic study of mental foramen in selected dravidians of south Indian population: A hospital based study', *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 7(4), pp. e451-e456.
- Hart, D., Wall, B. F., Hillier, M. C. and Shrimpton, P. C. (2010) 'Frequency and collective dose for medical and dental x-ray examination in the UK, 2008'. Available at: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/340154/HPA-CRCE-012_for_website.pdf (Accessed 07/02/2016).
- HAS (2006) 'Guide des indications et des procédures des examens radiologiques en odontostomatologie - Recommandations pour les professionnels de santé'. Available at: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/guide_exam_rx_oct2006_2007_12_07_12_37_35_794.pdf (Accessed 16/12/2015).
- Helmrot, E., Carlsson, G. A. and Eckerdal, O. (1994) 'Effects of contrast equalization on energy imparted to the patient: a comparison of two dental generators and two types of intraoral film', *Dentomaxillofac Radiol*, 23(2), pp. 83-90.
- Horner, K., Islam, M., Flygare, L., Tsiklakis, K. and Whaites, E. (2009) 'Basic principles for use of dental cone beam computed tomography: consensus guidelines of the European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology', *Dentomaxillofac Radiol*, 38(4), pp. 187-95.
- IAEA (2004) 'Radiation, People and the Environment'. Available at: <https://www.iaea.org/sites/default/files/radiation0204.pdf> (Accessed 23/11/2015).
- IAEA (2006) 'Applying Radiation Safety Standards in Diagnostic Radiology and Interventional Procedures Using X Rays'. Available at: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1206_web.pdf (Accessed 17/01/2016).
- IAEA (2013) 'Radiation Protection of Patients. Dental Radiology.'. Available at: http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/6_OtherClinicalSpecialities/Dental/index.htm (Accessed 13/01/2016).
- ICRP (2004) 'Managing patient dose in digital radiology. A report of the International Commission on Radiological Protection', *Ann ICRP*, 34(1), pp. 1-73.
- ICRP (2007) 'The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection'. Available at: [http://www.icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37\(2-4\)-Free_extract.pdf](http://www.icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37(2-4)-Free_extract.pdf) (Accessed 06/12/2015).

- Karatas, O. H. and Toy, E. (2014) 'Three-dimensional imaging techniques: A literature review', *European Journal of Dentistry*, 8(1), pp. 132-140.
- KB, V., Kalappanavar, A. N. and M, M. (2014) 'Genotoxic effects of panoramic radiation by assessing the frequency of micronuclei formation in exfoliated buccal epithelium', *Int J Res Med Sci*, 2(2), pp. 541-544.
- Lauber, R., Bornstein, M. M. and von Arx, T. (2012) 'Cone beam computed tomography in mandibular molars referred for apical surgery', *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 122(1), pp. 12-24.
- Lee, W. J., Cha, E. S., Ha, M., Jin, Y. W., Hwang, S. S., Kong, K. A., Lee, S. W., Lee, H. K., Lee, K. Y. and Kim, H. J. (2009) 'Occupational radiation doses among diagnostic radiation workers in South Korea, 1996-2006', *Radiat Prot Dosimetry*, 136(1), pp. 50-5.
- Leszczynski, D. (2013) *Radiation Proteomics: The effects of ionizing and non-ionizing radiation on cells and tissues*. Helsinki, Finland: Springer.
- Li, G. (2013) 'Patient radiation dose and protection from cone-beam computed tomography', *Imaging Science in Dentistry*, 43(2), pp. 63-69.
- Lima, R. d. S., Afonso, J. C. and Pimentel, L. C. F. (2009) 'Raios-x: fascinação, medo e ciência', *Química Nova*, 32, pp. 263-270.
- Linnet, M. S., Slovis, T. L., Miller, D. L., Kleinerman, R., Lee, C., Rajaraman, P. and Berrington de Gonzalez, A. (2012) 'Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures', *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 62(2), pp. 75-100.
- Lorenzoni, D. C., Fracalossi, A. C. C., Carlin, V., Ribeiro, D. A. and Sant'Anna, E. F. (2013) 'Mutagenicity and cytotoxicity in patients submitted to ionizing radiation', *The Angle Orthodontist*, 83(1), pp. 104-109.
- Low, D. A., Moran, J. M., Dempsey, J. F., Dong, L. and Oldham, M. (2011) 'Dosimetry tools and techniques for IMRT', *Med Phys*, 38(3), pp. 1313-38.
- Ludlow, J. B., Davies-Ludlow, L. E., Brooks, S. L. and Howerton, W. B. (2006) 'Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT', *Dentomaxillofac Radiol*, 35(4), pp. 219-26.
- Lukat, T. D., Wong, J. C. and Lam, E. W. (2013) 'Small field of view cone beam CT temporomandibular joint imaging dosimetry', *Dentomaxillofac Radiol*, 42(10), pp. 20130082.
- Matsubara, K., Koshida, K., Suzuki, M., Shimono, T., Yamamoto, T. and Matsui, O. (2009) 'Effective dose evaluation of multidetector CT examinations: influence of the ICRP recommendation in 2007', *Eur Radiol*, 19(12), pp. 2855-61.

- Meleşcanu Imre, M., Preoteasa, E., Ţâncu, A. M. and Preoteasa, C. T. (2013) 'Imaging technique for the complete edentulous patient treated conventionally or with mini implant overdenture', *Journal of Medicine and Life*, 6(1), pp. 86-92.
- Ministério da Saúde (1989) 'Decreto-Lei n.º 348/89'. Available at: <http://www.oasrn.org/upload/apoio/legislacao/pdf/saude34889.pdf> (Accessed 13/01/2016).
- Ministério da Saúde (1999) 'Decreto-Lei n.º 492/99'. Available at: http://www.ordemenfermeiros.pt/faqs/Documents/Legislacao/DecretoLei_492_99.pdf (Accessed 13/01/2016).
- Ministério da Saúde (2000) 'Decreto-Lei n.o 240/2000'. Available at: http://www.ordemenfermeiros.pt/faqs/Documents/Legislacao/DecretoLei_240_2000.pdf (Accessed 13/01/2016).
- Ministério da Saúde (2002a) 'Decreto-Lei 167/2002'. Available at: http://www.gyrad.pt/downloads/2002_DL167.pdf (Accessed 13/01/2016).
- Ministério da Saúde (2002b) 'Decreto-Lei n.º 165/2002'. Available at: <http://www.segurancaonline.com/gca/?id=1202> (Accessed 13/01/2016).
- Ministério da Saúde (2002c) 'Decreto-Lei n.º 180/2002'. Available at: <http://www.oasrn.org/upload/apoio/legislacao/pdf/saude1802002.pdf> (Accessed 13/01/2016).
- Ministério da Saúde (2003) 'Despacho n.o 258/2003'. Available at: http://www.sprmn.pt/pdf/Despacho_258_2003_Guia_Boas_Praticas.pdf (Accessed 13/01/2016).
- Ministério da Saúde (2008) 'Decreto-Lei n.º 222/2008'. Available at: http://www.medicalconsult.pt/legislacao/13_Decreto_lei_222_2008.pdf (Accessed 13/01/2016).
- Ministério do Ambiente e Recursos Naturais (1961) 'Decreto-Lei 44 060'. Available at: <http://www.itn.pt/pt/leis/274IA61-DL44060.pdf> (Accessed 13/01/2016).
- Ministérios das Finanças e da Administração Pública e da Saúde (2009) 'Portaria n.º 596/2009'. Available at: http://www.proder.pt/ResourcesUser/Legisla%C3%A7%C3%A3o/Cooperacao_para_Inovacao/Portarian%C2%BA596-2009.pdf (Accessed 13/01/2016).
- Muhamedagic, B. (2009) 'Digital Radiography Versus Conventional Radiography in Dentistry', *Acta Informatica Medica*, 17(2), pp. 85-89.
- NRPB (2001) 'Guidance notes for dental practitioners on the safe use of X-Ray equipment.'. Available at: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/337178/misc_pub_DentalGuidanceNotes.pdf (Accessed 06/12/2015).

- Okano, T., Harata, Y., Sugihara, Y., Sakaino, R., Tsuchida, R., Iwai, K., Seki, K. and Araki, K. (2009) 'Absorbed and effective doses from cone beam volumetric imaging for implant planning', *Dentomaxillofacial Radiology*, 38(2), pp. 79-85.
- Okuno, E. (2013) 'Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia', *Estudos Avançados*, 27, pp. 185-200.
- Pauwels, R., Beinsberger, J., Collaert, B., Theodorakou, C., Rogers, J., Walker, A., Cockmartin, L., Bosmans, H., Jacobs, R., Bogaerts, R. and Horner, K. (2012) 'Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners', *Eur J Radiol*, 81(2), pp. 267-71.
- PHE (2001) 'Guidance notes for Dental practitioners: safe use of x-ray equipment'. Available at: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/337178/misc_pub_DentalGuidanceNotes.pdf (Accessed 06/12/2015).
- Reddy, S. S., Rakesh, N., Chauhan, P., Clint, J. B. and Sharma, S. (2015) 'Is dosimetry still a necessity in current dental practice?', *J Radiol Prot*, 35(4), pp. 911-6.
- Rehani, M. M. (2015) 'Radiological protection in computed tomography and cone beam computed tomography', *Ann ICRP*, 44(1 Suppl), pp. 229-35.
- Reis, A. P. and Provenzano, M. (2010) 'Princípios Básicos de Segurança e Radioproteção em Imagiologia Dentária', *Revista da OMD*, 6, pp. 6-9.
- Roberts, J. A., Drage, N. A., Davies, J. and Thomas, D. W. (2009) 'Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry', *Br J Radiol*, 82(973), pp. 35-40.
- Sanderink, G. C. and Miles, D. A. (2000) 'Intraoral detectors. CCD, CMOS, TFT, and other devices', *Dent Clin North Am*, 44(2), pp. 249-55, v.
- Scarfe, W. C., Farman, A. G. and Sukovic, P. (2006) 'Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice', *J Can Dent Assoc*, 72(1), pp. 75-80.
- Scarfe, W. C., Levin, M. D., Gane, D. and Farman, A. G. (2009) 'Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics', *International Journal of Dentistry*, 2009, pp. 634567.
- Selvamuthukumar, S. C., Nisa, S. U., Parthasarathy, V. K., Sahabudeen, M. A., Pamula, R. and Siddareddy, N. R. (2014) 'Estimation of the annual cumulative radiation dose received by the dentist in dental clinics in Chennai', *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 26(1), pp. 24.
- Sinnott, B., Ron, E. and Schneider, A. B. (2010) 'Exposing the thyroid to radiation: a review of its current extent, risks, and implications', *Endocr Rev*, 31(5), pp. 756-73.
- Suomalainen, A., Kiljunen, T., Käser, Y., Peltola, J. and Kortensniemi, M. (2009) 'Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography

scanners compared with multislice computed tomography scanners', *Dentomaxillofacial Radiology*, 38(6), pp. 367-378.

Tadinada, A., Fung, K., Thacker, S., Mahdian, M., Jadhav, A. and Schincaglia, G. P. (2015) 'Radiographic evaluation of the maxillary sinus prior to dental implant therapy: A comparison between two-dimensional and three-dimensional radiographic imaging', *Imaging Science in Dentistry*, 45(3), pp. 169-174.

Tavano, O. and Alvares, L. C. (1998) *Curso de Radiologia em Odontologia*. São Paulo.

UNSCEAR (2008) 'Sources and Effects of Ionizing Radiation'. Available at: http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_Annex_B.pdf (Accessed 14/12/2015).

Wall, B. F., Haylock, R., Jansen, J. T. M., Hillier, M. C., Hart, D. and Shrimpton, P. C. (2011) 'Radiation risks from medical X-ray examinations as a function of the age and sex of the patient'. Available at: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/340147/HPA-CRCE-028_for_website.pdf (Accessed 21/01/2016).

Whaites, E. (2009) *Princípios de Radiologia Odontológica*. 4ª edn. Rio de Janeiro: Elsevier Editora.

White, S. C. and Pharoah, M. J. (2008) 'The evolution and application of dental maxillofacial imaging modalities', *Dent Clin North Am*, 52(4), pp. 689-705, v.

White, S. C. and Pharoah, M. J. (2014) *Oral Radiology: Principles and Interpretation*. 7th edn.: Elsevier.