

# Estimativa de Risco Biológico das Radiações Ionizantes na Medula Óssea, Glândula Tireóide e Glândulas Salivares: Considerações sobre Pacientes Infantis

## *Biological Risk Estimative of Ionizing Radiations in Red Bone, Thyroid Gland and Salivary Glands: Concerns to Pediatric Patients*

Thiago Machado Ardenghi\*  
 Ruben Alberto Bayardo\*\*  
 Jeferson Xavier Oliveira\*\*\*

Ardenghi TM, Bayardo RA, Oliveira JX. Estimativa de risco biológico das radiações ionizantes na medula óssea, glândula tireóide e glândulas salivares: considerações sobre pacientes infantis. *J Bras Odontopediatr Odontol Bebê* 2003; 6(32):339-43.

Durante os últimos anos, tem sido crescente a preocupação, tanto do profissional como da população, a respeito dos possíveis efeitos adversos provenientes das radiações. Apesar da magnitude desse risco ainda ser incerta, há consenso por parte da comunidade científica de que altas doses de radiação têm potencial capacidade de produzir danos ao organismo, principalmente à órgãos considerados críticos, como medula óssea, glândula tireóide e glândulas salivares. Também há concordância geral de que crianças são mais sensíveis a esses danos do que adultos. Entretanto, esse risco ainda não é bem definido em se tratando de radiação em baixas doses como as produzidas por exames radiográficos dentais. Assim, é de extrema responsabilidade profissional o entendimento e o conhecimento a respeito dos possíveis efeitos biológicos de radiografias dentais, principalmente, quando tratar-se de pacientes infantis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Radiação; Odontopediatria; Risco; Neoplasias.

\*Mestrando em Odontopediatria pela FOU SP; Especialista em Odontopediatria pela FUNDECTO-FOUSP; Rua Professor Celso Quirino dos Santos, 250/22-E, Butantã – CEP 05353-030, São Paulo, SP; e-mail: thima@usp.br

\*\*Mestrando em Odontopediatria pela FOU SP

\*\*\*Professor Doutor da Disciplina de Radiologia da FOU SP

craniofacial, representadas por ossos e dentes, característica esta que possibilita o amplo emprego da radiologia em suas diversas indicações (Rosa, 1990).

Entretanto, quando um indivíduo é exposto a radiações ionizantes provenientes de exames com finalidade odontológica, existe a possibilidade de se produzir danos para o organismo, tanto nos tecidos somáticos quanto nos germinativos (Väyrynen, 1983; Underhill *et al.*, 1988a; Langlais, Langland, 1995; Freitas *et al.*, 1998). Dentre esses danos, muitas doenças neoplásicas desenvolvem-se devido à tendência ou suscetibilidade genética aumentada por certos fatores aceleradores ou iniciadores, entre eles as radiações ionizantes (Whitmyer *et al.*, 1997).

Segundo Langlais, Langland (1995), em radiografias dentais há um risco maior de ocorrer danos

na medula óssea, na glândula tireóide e nas glândulas salivares, principalmente em crianças, onde há um número menor de células diferenciadas.

Assim, este trabalho tem como objetivo fazer uma revisão da literatura a respeito do risco das radiações ionizantes induzirem tumor de glândulas salivares, carcinoma de tireóide e leucemia em pacientes infantis.

### REVISÃO DA LITERATURA Radiações Ionizantes

As radiações ionizantes afetam os tecidos vivos através de um processo que transforma os átomos e as moléculas eletricamente estáveis em

## INTRODUÇÃO

A Odontopediatria possui seu campo de ação baseado praticamente nas estruturas do complexo

eletricamente instáveis (Wuehrmann, Manson-Hig, 1985).

As primeiras evidências dos efeitos biológicos da radiação ionizante foram verificadas entre 1920 e 1930 em mineiros, radiologistas e trabalhadores de indústrias expostos a radiações (Goaz, White, 1982; Smith, 1988 *apud* Abbott, 2000).

Entretanto, a maioria dos conhecimentos a respeito dos efeitos biológicos da radiação foram adquiridos a partir da II Guerra Mundial, em estudos e observações realizados nos sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki (Whitmyer *et al.*, 1997).

Os efeitos biológicos das radiações ionizantes podem ser classificados em somáticos (efeitos em indivíduos irradiados) ou germinativos (na prole dos indivíduos irradiados), sendo que as biomoléculas podem ser lesadas por dois mecanismos: direto e indireto (Freitas *et al.*, 1998).

Os mecanismos diretos são provenientes da interação das radiações com as moléculas de DNA e RNA resultando em mutações, morte celular, carcinomas e anormalidades genéticas. Os mecanismos indiretos ocorrem devido à interação das radiações com a água ou as moléculas de oxigênio resultando na formação de íons pares, metabólitos do oxigênio reativo, como peróxido de hidrogênio e radicais hidroxilas (Smith, 1988 *apud* Abbott, 2000; Whitmyer *et al.*, 1997; Freitas *et al.*, 1998).

Segundo White (1992), a maior parte dos danos advindos das radiações ionizantes ao organismo causa alterações somáticas.

As alterações biológicas dependem da dose recebida pelo organismo, do tamanho da área irradiada, da idade do paciente e da "radiossensibilidade" do tecido (Underhill *et al.*, 1988a). Assim sendo, em crianças há uma suscetibilidade, aproximadamente, duas vezes maior de ocorrer danos do que em adultos (White, 1992).

Segundo Wuehrmann, Manson-Hig (1985), os tecidos mais radiossensíveis seqüencialmente são: tecidos hematopoiéticos e células reprodutivas, osso jovem e epitélio do tubo digestivo, pele e músculo, e tecido nervoso.

Para Gregg (1977) *apud* Underhill *et al.* (1988a), os órgãos expostos a radiografias odontológicas considerados críticos, bem como o tipo de dano induzido são, respectivamente: medula óssea e leucemia, glândula tireóide e câncer, e cristalino do olho e formação de catarata.

De acordo com White (1992), as glândulas salivares, especialmente as parótidas, também podem ser consideradas órgãos de risco para o desenvolvimento de tumores induzidos por radiação ionizante.

## Tumores de Glândulas Salivares

A exposição da cabeça e do pescoço à radiação pode induzir fibrose, degeneração da gordura, atrofia acinar e necrose celular em glândulas salivares, alterando com isto a função de secreção salivar (Salisbury, 1997; Whitmyer *et al.*, 1997; Silverman, 1999).

O fator etiológico mais importante que pode ser associado com a incidência de tumores nas glândulas salivares é a radiação ionizante. Pode-se afirmar isso devido à grande incidência de tumores encontrados nas pessoas sobreviventes às bombas atômicas (Lucas, 1984).

De acordo com Hanlon (1985) e White (1992), a incidência de tumores nas glândulas salivares é incrementada nos pacientes irradiados terapêuticamente para doenças de cabeça e pescoço, assim como nos pacientes que recebem radiação dental.

Muitos estudos encontraram associação entre tumores de glândulas salivares e radiações provenientes de radiografias dentais (Gibbs *et al.*, 1982; Underhill *et al.*, 1988b; White, 1992; Langlais, Langland, 1995; Abbott, 2000), risco considerado maior em pessoas menores de 20 anos (Preston-Martin, White, 1990).

Hanlon (1985) observou que, as glândulas salivares incorrem no grande risco dos efeitos carcinogênicos das radiografias, atingindo de um a três casos de câncer por milhão de exames radiográficos.

Gibbs *et al.* (1982) verificaram que, nas glândulas salivares, o epitélio dos seios paranasais, a faringe, a tireóide e a laringe são os órgãos que mais radiação recebem em um estudo radiográfico completo (14 radiografias periapicais).

Um estudo feito em Los Angeles (Califórnia) mostrou que a incidência de tumores nas glândulas salivares é, anualmente, de oito pessoas por milhão. Dessas oito pessoas, somente uma foi afetada por radiografias dentais, quando considerados pacientes expostos a múltiplos exames radiográficos antes de 1960 (Preston-Martin, White, 1990).

Entretanto, num estudo feito por Danforth & Torabinejad (1990), verificou-se que a probabilidade de desenvolver câncer após a realização de oito radiografias periapicais durante um tratamento endodôntico (aparelho de raios X de 70kVp com filme de velocidade rápida) é de 1 em 1,43 milhões de pessoas.

O risco de desenvolver câncer nas glândulas salivares, em um estudo radiográfico completo feito com colimação retangular, é de 1,1 a 2,3 por milhão de exames (Underhill *et al.*, 1988b).

Segundo Underhill *et al.* (1988b), a dose de radiação absorvida pelas glândulas salivares é de aproximadamente 393 $\mu$ Gy em uma tomada radiográfica panorâmica e o risco de carcinogênese

estimado é de 0,2 a 0,4 por milhão de exames radiográficos. Os autores relatam que, apesar da dose absorvida pelas glândulas salivares ser maior que a dose absorvida por outros órgãos críticos como a tireóide, o risco de desenvolver danos é menor, devido às glândulas salivares serem órgãos menos sensíveis.

Entretanto, apesar de se verificar uma relação entre radiação ionizante e o aumento na incidência de câncer nas glândulas salivares, a literatura demonstra que este risco é muito baixo em tomadas radiográficas dentais (Bengtsson *et al.*, 1978; Danforth, Torabinejad, 1990; Preston-Martin, White, 1990; Abbott, 2000).

### **Carcinoma de Tireóide**

Numerosos estudos demonstraram que há um aumento na incidência de carcinoma de tireóide após a exposição às radiações ionizantes (Underhill *et al.*, 1988a; Gibbs *et al.*, 1982; Preston-Martin, White, 1990; White, 1992; Hallquist, Nasman, 2001).

Embora a magnitude deste risco ainda permaneça incerta, principalmente quando utilizados aparelhos de raios X dentais, atualmente é aceito que existe uma maior suscetibilidade de "órgãos críticos", como a tireóide, aos efeitos biológicos das radiações (Underhill *et al.*, 1988a).

Dados do Comitê Científico dos Efeitos das Radiações Atômicas das Nações Unidas (UNSCEAR) demonstram que o risco de se induzir câncer de tireóide em uma população de 1 milhão de pessoas expostas a 1Gy de radiação, é de 5.000 a 15.000 indivíduos, embora Danforth & Gibbs (1980) *apud* Underhill *et al.* (1988a) verificaram que 4 de 11 casos de câncer ocorrem por milhão de exames panorâmicos.

Danforth & Gibbs (1980) *apud* Underhill *et al.* (1988a) verificassem que a dose absorvida pela tireóide em uma tomada radiográfica panorâmica é de 16 $\mu$ Gy a 370 $\mu$ Gy.

White (1992), fazendo um estudo de 11 diferentes técnicas radiográficas, verificou que o risco de desenvolver câncer da tireóide era de 0,06 casos por milhão de exposições.

Segundo Inskip (2001), o carcinoma papilar foi o tipo predominante de câncer de tireóide associado a altas doses de radiação.

Underhill *et al.* (1988b) verificaram que, em radiações provenientes de radiografias dentais, a tireóide é o órgão mais radiosensível ao risco de desenvolvimento de neoplasias. O estudo foi realizado com o objetivo de estimar o risco de carcinogênese utilizando diferentes técnicas radiográficas. Os autores verificaram que o risco de se induzir carcinoma de tireóide era de 0,1 a 0,4 por milhão de exames (radiografias panorâmicas), com

média de 47 $\mu$ Gy de dose absorvida pela glândula e no exame radiográfico completo (14 radiografias periapicais), com uso de colimador retangular, era de 3,1 a 9,4 por milhão de exames.

Devido à extrema radiosensibilidade da glândula tireóide, o risco de indução de câncer neste órgão é maior, mesmo quando a tireóide não é o sítio irradiado (Inskip, 2001).

Orsini *et al.* (1992) verificaram que a dose absorvida pela glândula tireóide em um exame radiográfico completo era de 72,2 $\mu$ Gy, utilizando colar de proteção (aparelho de 70kVp e 14 filmes de velocidade rápida). Os autores também verificaram que o risco da radiação induzir carcinoma na glândula tireóide era de 3.6 por milhão, ou seja, muito baixo.

Wingren *et al.* (1997) verificaram a associação entre o risco de desenvolvimento de carcinoma papilar de tireóide em exposição a baixas doses, em relação ao sexo e à profissão. Os autores observaram que houve um maior risco de indução da neoplasia em mulheres, Cirurgiões-dentistas e assistentes dentais.

### **Leucemia**

A leucemia é uma doença caracterizada pela produção descontrolada de glóbulos brancos e conseqüente aumento no número de leucócitos imaturos na corrente sanguínea, causado por mutação de célula mielogênica ou linfogênica (Guyton, 1989). A doença é classificada de acordo com o tipo celular predominante, ou seja, linfogênica (aproximadamente 85% dos casos) ou mielogênica, podendo se apresentar na forma aguda ou crônica (Stewart, 1982).

Embora a leucemia possua uma etiologia desconhecida (Shafer, 1985), uma série de fatores podem estar relacionados, entre eles as radiações ionizantes (Bengtsson *et al.*, 1978; Underhill *et al.*, 1988b; Preston-Martin, White, 1990; White, 1992; Abbott, 2000).

As primeiras observações a respeito da relação entre a exposição à radiação ionizante e a possibilidade de ocorrência de leucemia foram verificadas em crianças, filhas dos sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki (Langlais, Langland, 1995).

Embora nestas observações o risco de indução de leucemia tenha ocorrido devido à exposição destes indivíduos, ou até mesmo do feto, a grandes doses de radiação, alguns estudos demonstram que este risco é mínimo quando se utilizam baixas doses de exposição (Bengtsson *et al.*, 1978; Doll, Wakeford, 1997).

Doll (1998) verificou que doses abaixo de 0,1Gy recebidas por mulheres no período de gestação, não são capazes de induzir leucemia na criança, fato comprovado por observações longi-

tudiniais em fetos irradiados.

Entretanto, apesar de se ter um baixo risco de indução de leucemia quando utilizamos baixas doses de radiação, este risco não deve ser desprezado (Abbott, 2000).

De acordo com o UNSCEAR, a medula óssea é um dos órgãos mais sensíveis aos efeitos radioativos e, portanto, há uma maior possibilidade na indução de leucemias em radiografias dentais (Gibbs *et al.*, 1982), fato explicado devido ao grande número de células indiferenciadas encontradas neste órgão (Guyton, 1989).

Porém, a possibilidade da radiação ionizante induzir danos à medula óssea vai depender, entre outros fatores, da quantidade de dose por ela absorvida (Underhill *et al.*, 1988a).

De acordo com White (1992), o risco de se ter leucemia é de 0,7 novas neoplasias por milhão de exames radiográficos dentais completos (14 filmes, ultra-rápidos) e 0,06 novos cânceres por milhão de radiografias panorâmicas.

Underhill *et al.* (1988b) verificaram, porém, que este risco em radiografias panorâmicas era de 0,02 a 0,03 tumores por milhão de exames.

Danforth, Torabinejad (1990) verificaram que a quantidade de dose absorvida pela medula óssea, por exemplo, num tratamento endodôntico com oito radiografias periapicais (aparelho com 70kVp e filmes ultra-rápidos) é de aproximadamente 56,3 $\mu$ Gy, levando a uma estimativa de risco de desenvolvimento de leucemias fatais de 1 em 909 milhões. Este mesmo risco é equivalente à probabilidade de um indivíduo dirigir 3Km e morrer de acidente automobilístico.

Entretanto, muitos autores relatam que, mesmo tratando-se de um baixo risco, qualquer dose, ainda que pequena, tem potencial de induzir danos aos tecidos, principalmente àqueles menos diferenciados, o que leva a concluir que não há um limiar para doses realmente seguras (Underhill *et al.*, 1988b; Preston-Martin, White, 1990; White, 1992; Whitmyer *et al.*, 1997; Abbott, 2000).

Isto pode ser explicado pelo fato de que, uma vez que a neoplasia seja induzida, ela segue seu curso normalmente, até ser clinicamente detectada. Este "período de latência" para leucemia pode durar até 20 anos (White, 1992).

## DISCUSSÃO

Atualmente, há um consenso de que baixas doses de radiações ionizantes possuem risco de produzir efeitos biológicos adversos ao organismo, principalmente aos tecidos somáticos (Nowak *et al.*, 1981; Gibbs *et al.*, 1982; Underhill *et al.*, 1988b; Abbott, 2000).

Entretanto, a magnitude deste risco, bem

como o estabelecimento de uma relação direta entre causa-efeito ainda são incertos quando se trata de radiografias dentais (Underhill *et al.*, 1988b; White, 1992).

Embora os estudos demonstrem que o risco de se induzir carcinogênese em um exame radiográfico dental seja mínimo, quando comparado com outros riscos a que um indivíduo é exposto diariamente (Gibbs *et al.*, 1982), é importante considerar que os efeitos biológicos provenientes destas radiações são cumulativos e estocásticos por natureza, e assim sendo, não há uma dose limite abaixo da qual não ocorra risco de danos biológicos (Väyrynen, 1983; Underhill *et al.*, 1988a e b; Martin, White, 1990; White, 1992; Whitmyer *et al.*, 1997; Abbott, 2000).

Neste aspecto, a probabilidade de ocorrer um dano ao organismo é decorrente, entre outros fatores, da idade do paciente, da dose absorvida e da radiosensibilidade do órgão em questão (Bengtsson *et al.*, 1978; Gibbs *et al.*, 1982; Underhill *et al.*, 1988a).

Entretanto, a estimativa de neoplasias induzidas exclusivamente por radiografias dentais é muito difícil. Isto porque a maioria dos estudos encontrados na literatura são baseados em pessoas que foram expostas a altas doses de radiação (terapêuticas ou acidentais). Assim sendo, a possibilidade de se ter um câncer devido a exposição a radiações dentais só pode ser estimada pela extrapolação das taxas observadas seguindo a exposição para doses maiores.

Também deve ser levada em consideração a dificuldade de se isolar a etiologia de um câncer. Sendo assim, as neoplasias induzidas por radiação são praticamente indistinguíveis das produzidas por outras causas.

De acordo com a literatura, há uma concordância de que as crianças são aproximadamente duas vezes mais sensíveis aos efeitos das radiações que os adultos, principalmente, devido ao seu rápido crescimento tecidual, especialmente em órgãos críticos como a tireóide e a medula óssea (Howard, 1981; Wuehrmann, Manson-Hig, 1985; Nowak *et al.*, 1981; White, 1992; Whitmyer *et al.*, 1997).

Assim sendo, é responsabilidade do profissional que trabalha com crianças a utilização de esforços (como filmes de velocidade ultra-rápida, proteção do paciente com avental plumbífero e protetor de tireóide, utilização de colimador retangular) e de técnicas radiográficas que possibilitem reduzir ao máximo a exposição do paciente às radiações ionizantes (Howard, 1981; White, 1992; Freitas *et al.*, 1998; Abbott, 2000).

## CONCLUSÕES

- A magnitude do risco de se ter uma neo-

plasia, bem como uma relação direta entre causa-efeito ainda são incertos em se tratando de exames radiográficos dentais;

- A maioria dos artigos revisados fazem uma estimativa do risco das radiações dentais embasadas em estudos feitos em populações que receberam altas doses de radiação;

- A seleção da técnica e da utilização do exame radiográfico devem estar baseados no conceito de otimização do risco-benefício, de acordo com a necessidade de cada paciente, de tal modo que se

worry in the professionals and the general population about the adverse effects of the dental radiography. Even though the magnitude of this risk is uncertain, all the scientific community has agreed that high dose radiation can induce damage to the organism, mostly to the organs considered critical like red bone marrow, thyroid gland and salivary glands. Therefore, the risk in low dose like dental X rays has not been well established. Although there is agreement that children are more sensitive than adults to damage. Thus, it is of extreme responsibility to the professional to understand and know about the possible biological effects of the X rays, mostly in children patients.

possibilite o mínimo risco ao indivíduo, com máximo benefício ao tratamento odontológico.

Ardenghi TM, Bayardo RA, Oliveira JX. Biological risk estimative of ionizing radiations in red bone marrow, thyroid gland and salivary glands: concerns to pediatric patients. *J Bras Odontopediatr Odontol Bebê* 2003; 6(32):339-43.

**KEYWORDS:** Radiation; Risk; Neoplasms; Pediatric Dentistry.

## REFERÊNCIAS

- Abbott P. Are dental radiographs safe? *Aust Dent J* 2000; 45(3):208-13.
- Bengtsson G, Blomgren PG, Bergman K, Aberg L. Patient exposures and radiation risks in Swedish diagnostic radiology. *Acta Radiol* 1978; 17(2):81-105.
- Danforth RA, Gibbs SJ. Dental diagnostic radiation: What is the risk? *J Calif Dent Assoc* 1980; 6(1):27-35 *apud* Underhill TE, Chilvarquer I, Kimura K, Langlais RP, McDavid W, Preece JW *et al.* Radiobiologic risk estimation from dental radiology - part I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988; 66(1):111-20.
- Danforth RA, Torabinejad M. Estimated radiation risks associated with endodontic radiography. *Endod Dent Traumatol* 1990; 6(1):21-6.
- Doll R. Effects of small doses of ionizing radiation. *J Radiol Prot* 1998; 19(1):63-5.
- Doll R, Wakeford R. Risk of childhood cancer from fetal irradiation. *Br J Radiol* 1997; 70(2):130-9.
- Freitas A, Rosa JE, Souza IF. *Radiologia Odontológica*. 4.ed. São Paulo: Artes Médicas; 1998.
- Gibbs SJ, Pujol Jr A, Chen TS, Carlton JC, Dosmann MA, Malcolm AW *et al.* Radiation doses to sensitive organs from intraoral dental radiography. *Dentomaxillofac Rad* 1987; 16(2):67-77.
- Goaz PW, White SC. *Oral radiology – Principles and interpretation*. St. Louis: Mosby, 1982. p.3-78, *apud* Abbott P. Are dental radiographs safe? *Aust Dent J* 2000; 45(3):208-13.
- Gregg EC. Radiation risk with diagnostic x-rays. *Radiation Physics* 1997; 123:447-53 *apud* Underhill TE, Chilvarquer I, Kimura K, Langlais RP, McDavid W, Preece JW *et al.* Radiobiologic risk estimation from dental radiology - Part I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988; 66(1):111-20.
- Guyton AC. *Tratado de fisiologia médica*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1989.
- Hallquist A, Nasman A. Medical diagnostic X ray radiation and evaluation from medical records and dentist cards in a case-control study of thyroid cancer in the Northern medical region of Sweden. *Eur J Cancer Prev* 2001; 10(2):147-52.
- Hanlon PM. Radiographic consideration in Pedodontics. *J Pedod* 1985; 9:285-301.
- Howard HE. Rethinking pedodontic radiology. *J Dent Child* 1981; 48(3):192-97.
- Inskip PD. Thyroid cancer after radiotherapy for childhood cancer. *Med Pediatric Oncol* 2001; 36(5):569-73.
- Langlais RP, Langland OE. Risk from dental radiation in 1995. *J Calif Dent Assoc* 1995; 23(5):33-9.
- Lucas RB. Salivary gland tumors. In: *Pathology of tumors of oral tissues*. 4 ed. Churchill: Livingstone; 1984. p.297-353.
- Nowak AJ, Creedon RL, Musselman RJ, Troutman KC. Summary of the conference on radiation exposure in pediatric Dentistry. *J Am Dent Assoc* 1981; 103(3):426-8.
- Orsini C, Campoleoni M, Rozzia M, Conti U, Brambilla R. To measure the absorbed dose and evaluate the radiation risk of patient from full mouth series. *Radiol Med* 1992; 83(1-2):101-5.
- Preston-Martin S, White SC. Brain and salivary gland tumors related to prior dental radiograph: implications for current practice. *J Am Dent Assoc* 1990; 20:151-8.
- Rosa JE. *Radiografia em Odontopediatria*. Rio de Janeiro: Epume; 1990.
- Salisbury PL. Diagnosis and patient management of oral cancer. *Dent Clin North Am* 1997; 41(4):891-914.
- Safer WG. *Tratado de patologia bucal*. 4 ed. Rio de Janeiro: Interamericana; 1985.
- Silverman S. Oral cancer complications of therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1999; 88(2):122-6.
- Smith NJD. *Dental radiography*. 2 ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1988, p.1-53 *apud* Abbott P. Are dental radiographs safe? *Aust Dent J* 2000; 45(3):208-13.
- Stewart RE. *Pediatric Dentistry: scientific foundations in clinical practice*. St. Louis: Mosby; 1982.
- Underhill TE, Chilvarquer I, Kimura K, Langlais RP, McDavid W, Preece JW *et al.* Radiobiologic risk estimation from dental radiology - Part I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988a; 66(1):111-20.
- Underhill TE, Chilvarquer I, Kimura K, Langlais RP, McDavid W, Preece JW *et al.* Radiobiologic risk estimation from dental radiology - Part II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988b; 66(2):261-7.
- Väyrynen T. Cumulative radiation damage and cumulative radiation effect. *Acta Radiol* 1983; 22(4):281-7.
- White S. 1992: Assessment of radiation risk from dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 1992; 21(2):118-26.
- Whitmyer CC, Esposito SJ, Terezhalmay GT. Radiotherapy for head and neck neoplasms. *Gen Dent* 1997; 95(4):363-70.
- Wingren G, Hallquist A, Hardell L. Diagnostic X-ray exposure and female papillary thyroid cancer: a pooled analysis of two Swedish studies. *Eur J Cancer Prev* 1997; 6(6):550-6.
- Wuehrmann AH, Manson-Hig LR. Perigos e proteção. In: *Radiologia dentária*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1985. p.48-65.

Recebido para publicação em: 10/05/2002

Enviado para reformulação em: 23/07/2002

Aceito para publicação em: 22/10/2002