

Riscos dos exames radiográficos em recém-nascidos internados em um hospital público de Belo Horizonte, MG*

Risks of radiographic procedures for neonates admitted to a public hospital in Belo Horizonte, MG, Brazil

Marco Aurélio de Sousa Lacerda¹, Teógenes Augusto da Silva², Helen Jamil Khoury³, José Nelson Mendes Vieira⁴, João Paulo Kawaoka Matushita⁵

Resumo **OBJETIVO:** Os objetivos deste trabalho são: a) avaliar os procedimentos radiográficos e estimar o valor do kerma no ar na superfície de entrada nos recém-nascidos prematuros submetidos a exames de tórax e abdome, realizados no setor de neonatologia de um hospital público de Belo Horizonte; b) estimar as doses nos órgãos e os respectivos riscos de ocorrência de câncer nesses órgãos em decorrência das exposições à radiação. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Foram analisados os prontuários dos pacientes internados no setor de neonatologia desse hospital durante o período de maio a setembro de 2004, anotando-se os dados antropométricos, data de internação/alta, exames de raios X realizados. O kerma no ar na superfície de entrada foi determinado a partir do rendimento do tubo de raios X e dos parâmetros de irradiação utilizados nos exames. As doses nos órgãos foram estimadas com o *software* PCXMC e o risco, durante o restante da expectativa de vida, com o *software* IREP. **RESULTADOS:** O valor médio do kerma no ar na superfície de entrada por exame foi abaixo do nível de referência da publicação da Comunidade Européia. Para o paciente mais severamente irradiado, os órgãos mais suscetíveis à ocorrência de câncer foram fígado, mama e estômago, com valores máximos de *excess relative risk*, respectivamente, de 3,4%, 2,3% e 1,7%. **CONCLUSÃO:** Foi constatada a necessidade de otimização dos procedimentos radiográficos com vista à diminuição do risco para os recém-nascidos, que apesar de ser considerado baixo (comparativamente ao benefício), deve ser sempre diminuído para valores tão baixos quanto razoavelmente exequíveis.

Unitermos: Dosimetria do paciente; Proteção radiológica; Radiologia pediátrica; Risco de câncer.

Abstract **OBJECTIVE:** The present study was aimed at: a) evaluating radiographic procedures and estimating entrance surface air kerma in preterm neonates submitted to chest and abdominal radiography at the unit of neonatology in a public hospital of Belo Horizonte, MG, Brazil; b) estimating the dose to organs and respective risks for cancer as a result from radiation exposure. **MATERIALS AND METHODS:** Records of patients admitted to the unit of neonatology of this hospital in the period between May and September 2004 were reviewed. Anthropometric data, admission/discharge dates and radiographic studies performed were recorded for each of the patients. The calculation of the entrance surface air kerma was based on the x-ray tube output and irradiation parameters adopted for examinations. Dose to organs was calculated with the aid of the software PCXMC, and the lifetime risk for cancer, with the software IREP. **RESULTS:** Mean entrance surface air kerma per examination was below the diagnostic reference levels recommended by the European Community. In the most severely irradiated patients, liver, breast and stomach were the organs at highest risk for cancer, with maximum excess relative risk of respectively 3.4%, 2.3%, and 1.7%. **CONCLUSION:** The present study demonstrated the need for optimization of radiographic procedures in order to reduce the risks for neonates that, in spite of being considered to be low as compared with the benefits, should be reduced to values as low as reasonably achievable.

Keywords: Patient dosimetry; Radiological protection; Pediatric radiology; Cancer risk.

Lacerda MAS, da Silva TA, Khoury HJ, Vieira JNM, Matushita JPK. Riscos dos exames radiográficos em recém-nascidos internados em um hospital público de Belo Horizonte, MG. *Radiol Bras.* 2008;41(5):325–329.

* Trabalho realizado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN-CNEN), Belo Horizonte, MG, Brasil.

1. Doutor, Pesquisador Assistente do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN-CNEN), Belo Horizonte, MG, Brasil.

2. Doutora, Pesquisadora Titular do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN-CNEN), Belo Horizonte, MG, Brasil.

3. Doutora, Professora Titular do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (DEN-UFPE), Recife, PE, Brasil.

4. Médico Radiologista, Professor Auxiliar da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

5. Doutor, Professor Associado da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

Endereço para correspondência: Dr. Marco Aurélio de Sousa Lacerda, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Unidade de Pesquisa e Produção de Radiofármacos (UPPR), Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Prédio 28, sala 02, Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31270-901. Caixa Postal 941. E-mail: masl@cdtn.br

INTRODUÇÃO

A radiologia diagnóstica é considerada a principal fonte artificial de radiação a que o ser humano está exposto, sendo responsável por cerca de 14% do total da dose

Recebido para publicação em 10/3/2008. Aceito, após revisão, em 17/7/2008.

recebida anualmente em decorrência de todas as fontes de radiação⁽¹⁾. Uma vez que se assume que qualquer exposição à radiação pode induzir a um risco de ocorrência de efeitos deletérios, é imprescindível que a solicitação de um exame de raios X seja antecedida por uma correta análise de risco *versus* benefício⁽²⁾.

Atenção especial deve ser dada aos exames radiográficos em crianças, uma vez que estas são mais suscetíveis aos efeitos deletérios da radiação do que o restante da população⁽³⁾. Em unidades de neonatologia, especialmente onde os pacientes se encontram em condições clínicas normalmente adversas, a solicitação de grande número de radiografias pode aumentar significativamente o risco para esses pacientes⁽⁴⁾.

Estudos realizados em unidades de neonatologia têm demonstrado grande variação nas condições de técnicas radiográficas (tensão, filtração, carga, combinações tela-filme, etc.) e, em conseqüência, nas doses recebidas pelos pacientes recém-nascidos⁽⁵⁻⁸⁾. Nesse sentido, a otimização dos procedimentos radiográficos, principalmente com a aplicação dos critérios de qualidade propostos pela Comunidade Européia^(9,10), pode reduzir significativamente as doses nos pacientes, sem prejuízo na qualidade da imagem radiográfica.

A estimativa do kerma no ar na superfície de entrada (K_e) em pacientes internados em unidades de neonatologia pode ser realizada utilizando dosímetros termoluminescentes, medidores dose-área, ou pode ser avaliada indiretamente a partir dos parâmetros de técnica radiográfica. Este último método, que emprega os parâmetros de técnica radiográfica em conjunto com medidas do rendimento do equipamento de raios X, é usualmente adequado para esse propósito⁽⁶⁾.

A partir do K_e , grandezas relacionadas ao risco, como as doses nos órgãos, podem ser obtidas utilizando coeficientes de conversão adequados, dispostos em tabelas disponíveis na literatura^(11,12) ou por meio de alguns programas computacionais⁽¹³⁻¹⁶⁾. Assim, a partir da dose no órgão, o risco do indivíduo exposto desenvolver um determinado tipo de câncer (naquele órgão) relativamente a um indivíduo não-exposto pode ser determinado utilizando modelos apropriados fornecidos pela literatura⁽¹⁷⁾.

O presente trabalho tem dois objetivos: a) avaliar os procedimentos radiográficos e K_e nos recém-nascidos prematuros submetidos a exames de tórax/abdome, realizados no setor de neonatologia (não UTI) de um hospital público de Belo Horizonte, MG; b) estimar as doses nos órgãos e os respectivos riscos de ocorrência de cânceres nesses órgãos atribuídos às exposições.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os prontuários dos pacientes internados no setor de neonatologia de um hospital público de Belo Horizonte, MG, durante o período de maio a setembro de 2004, foram analisados, anotando-se os seguintes dados para cada paciente: a) número de identificação; b) sexo; c) peso; d) altura; e) data de internação; f) data de alta; g) exames de raios X realizados. Os exames de raios X avaliados neste estudo foram os de tórax e abdome, que respondem por cerca de 75% dos procedimentos radiográficos realizados em recém-nascidos do hospital.

O equipamento de raios X utilizado nos procedimentos radiográficos foi um portátil monofásico com retificação de onda completa, filtração igual a 1,5 mm de alumínio, modelo Movix 120, de uso exclusivo do setor. Todos os exames foram realizados nas respectivas incubadoras. Os valores de K_e foram estimados a partir do rendimento do tubo de raios X. Para isso, medidas de kerma no ar livre no ar foram realizadas utilizando uma câmara de ionização MDH 10X5-6 (Radcal Corp.; Monrovia, EUA) previamente calibrada, acoplada a um eletrômetro MDH 9015 (Radcal Corp.; Monrovia, EUA), também calibrado. A câmara foi posicionada no centro do campo de radiação, a uma distância de 100 cm do foco e a 20 cm do chão. A partir do rendimento do tubo e dos parâmetros de irradiação utilizados nos exames, foi possível estimar o kerma no ar incidente (K_i) e o K_e , utilizando as seguintes equações.

$$K_i = R_i \cdot Q \cdot (D_{ref} / DFP)^2 \quad (1)$$

$$K_e = K_i \cdot BSF \quad (2)$$

onde: R_i é o rendimento do tubo de raios X para a técnica radiográfica empregada no exame, em mGy/mAs; Q é o produto da corrente do tubo (I) pelo tempo de exposição (t), empregado no exame, em miliam-

père-segundo (mA.s); D_{ref} é a distância em que o rendimento foi medido (1 m); DFP é a distância foco-pele, em metro, estimada pela diferença entre a distância foco-filme e o diâmetro equivalente (D_e) do paciente (equação 3)⁽¹⁸⁾; BSF é o fator de retroespalhamento, adimensional. Este é função do tamanho de campo, filtração do equipamento e técnica radiográfica empregada no exame. Foi adotado, neste trabalho, um valor fixo 1,16 para o BSF⁽¹⁹⁾.

$$D_e = 2 \cdot [W / (H \cdot \pi)]^{1/2} \quad (3)$$

onde: H é a altura do paciente, em metro; W é o peso do paciente, em grama.

A partir do K_i , das características dos pacientes e das técnicas radiográficas empregadas nos exames, as doses nos órgãos mais expostos foram avaliadas utilizando o *software* PCXMC⁽¹⁴⁾, desenvolvido pelo Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety. Assim, o risco de ocorrência de câncer, durante o restante da expectativa de vida dos pacientes, foi estimado para alguns dos órgãos mais expostos, utilizando o *software* IREP (Interactive RadioEpidemiological Program)⁽¹⁷⁾, desenvolvido pelo Instituto Nacional do Câncer dos Estados Unidos. O IREP calcula, a partir de modelos de risco (*excess relative risk* – ERR; o ERR é uma medida da mudança no risco relativo de câncer ou morte para um grupo de indivíduos expostos a uma dose conhecida de radiação, comparativamente a um grupo não-exposto), a grandeza denominada *assigned share* (AS), definida pela equação 4, para uma idade específica em que foi diagnosticado o câncer. No presente trabalho, o AS foi estimado pelo IREP para o indivíduo mais severamente irradiado, em cada ano subsequente à exposição (totalizando 50 anos) e convertido em ERR, procedimento semelhante ao adotado por Thierry-Chef et al.⁽²⁰⁾.

$$AS = ERR / (1 + ERR) \quad (4)$$

RESULTADOS

Como no hospital estudado é comum a irradiação das duas regiões (tórax e abdome), simultaneamente, no mesmo exame, os resultados foram reportados conjuntamente, como se fosse uma única incidência tórax/abdome. Dessa forma, as estimativas das doses nos órgãos foram realizadas supondo

um campo de irradiação que delimita as duas regiões.

A Tabela 1 apresenta a análise estatística do peso, altura, período de internação, número de exames de tórax/abdome realizados por paciente e o K_e estimado para os

recém-nascidos internados no setor de neonatologia. Os valores médios dos parâmetros de técnica radiográfica (tensão, carga, tempo e distância foco-filme) comumente adotados pelos técnicos para os exames de raios X de tórax/abdome dos recém-nasci-

dos foram, respectivamente, de 53 kV, 1,5 mA.s, 50 ms e 95 cm.

A Tabela 2 mostra uma comparação dos parâmetros de técnica radiográfica e dos valores médios de K_e , por exame, encontrados para os recém-nascidos do hospital público estudado e daqueles fornecidos pela literatura.

A Tabela 3 apresenta os valores mínimos, médios e máximos das doses em alguns dos órgãos mais expostos, estimados por exame.

A Figura 1 mostra a variação do ERR com o tempo subsequente à exposição, estimado para alguns dos órgãos do recém-nascido mais severamente exposto (ou seja, o que realizou 50 exames).

Tabela 1 Análise estatística do peso, altura, período de internação, número de exames realizados por paciente e K_e estimado para os recém-nascidos do setor de neonatologia do hospital estudado.

	Peso (kg)	Altura (cm)	Pl. (dias)	n	K_e (mGy)
Média	2,26	44,5	16,0	3,9	0,075
Mínimo	0,53	30,0	1,0	0,0*	0,070*
1º quartil	1,69	42,0	4,0	0,0*	0,074
Mediana	2,25	45,0	10	2,0	0,075
3º quartil	2,84	48,0	21,5	5,0	0,077
Máximo	4,80	62,0	137	50,0	0,080

n, número de exames realizados por paciente; Pl., período de internação.

* O K_e mínimo se refere ao menor dos valores de kerma entre os pacientes internados que realizaram exames. Os pacientes que não realizaram exames e, portanto, não-expostos, não entraram na análise estatística do K_e .

Tabela 2 Valores médios dos parâmetros de técnica de irradiação e do K_e , por exame, para o hospital estudado e outros apresentados na literatura.

Referência	Exame	Valores médios por exame		
		Tensão (kV)	Carga (mA.s)	K_e (mGy)
Este trabalho	Tórax/abdome	53	1,5	0,075
Chapple et al. ⁽⁶⁾	Não informado	Não informado	Não informado	0,055
Wraith et al. ⁽⁷⁾	Tórax	60	1,0-2,0	0,036
	Abdome	60	1,0-2,0	0,038
McParland et al. ^{(4)*}	Tórax	52-60	0,8	0,020
	Abdome	52-60	0,8	0,020
	Tórax	62-70	0,4-0,5	0,016
	Abdome	62-70	0,4-0,5	0,015
Jones et al. ⁽²¹⁾	Tórax	62	2,0	0,057
	Abdome	62	2,5	0,074
Armpilia et al. ⁽¹⁹⁾	Tórax	53	2,0	0,036
	Abdome	53	2,0	0,039
Brindhavan e Al-Khalifah ^{(22)†}	Tórax	52	1,6	0,102
	Abdome	52	1,6	0,102
	Tórax	57	1,6	0,060
	Abdome	57	1,6	0,060
	Tórax	60	0,5	0,051
	Abdome	60	0,5	0,058

* Resultados utilizando técnica convencional e técnica otimizada; † Resultados de três hospitais do Kuwait.

Tabela 3 Valores mínimos, médios e máximos das doses (D_T) em alguns dos órgãos mais expostos, estimados por exame, para os recém-nascidos no hospital estudado.

Órgão	D_T (mSv)		
	Mínimo	Média	Máximo
Estômago	0,040	0,045	0,049
Pulmão	0,028	0,031	0,037
Ovário	0,020	0,022	0,025
Testículo	0,032	0,049	0,065
Mama	0,050	0,056	0,078
Fígado	0,035	0,037	0,042
Tireóide	0,010	0,027	0,055

DISCUSSÃO

A análise estatística do peso e da altura dos recém-nascidos, bem como do período de internação, apresentada na Tabela 1, permite constatar a condição prematura dos pacientes internados no setor de neonatologia do hospital estudado e a necessidade de cuidados especiais para com eles. Esses cuidados especiais se traduzem em um número significativo de radiografias por paciente. Os recém-nascidos realizaram, em média, 3,9 exames de raios X de tórax/abdome, em um período médio de internação de 16 dias. É importante destacar que um dos pacientes realizou um número elevado de exames (50) em um período de 137 dias de internação.

A análise dos parâmetros de técnica radiográfica mostra que o valor da tensão (kV) do tubo de raios X utilizada para o exame de tórax é inferior do que o recomendado pela Comunidade Européia, que é entre 60 e 65 kV. Já o tempo de exposição utilizado é maior do que o recomendado, que é de 4 ms, e a distância foco-filme é menor do que a recomendada pela publicação européia (100 a 150 cm). Além disso, não se utilizam, nos procedimentos, filtros adicionais de cobre, como recomendado pela Comunidade Européia⁽¹⁰⁾.

A análise da Tabela 2 permite constatar que a média do K_e por exame encontrado no presente trabalho está abaixo do nível de referência sugerido pela publicação européia⁽¹⁰⁾ (0,080 mGy). Porém, esse valor é maior que os valores médios encontrados

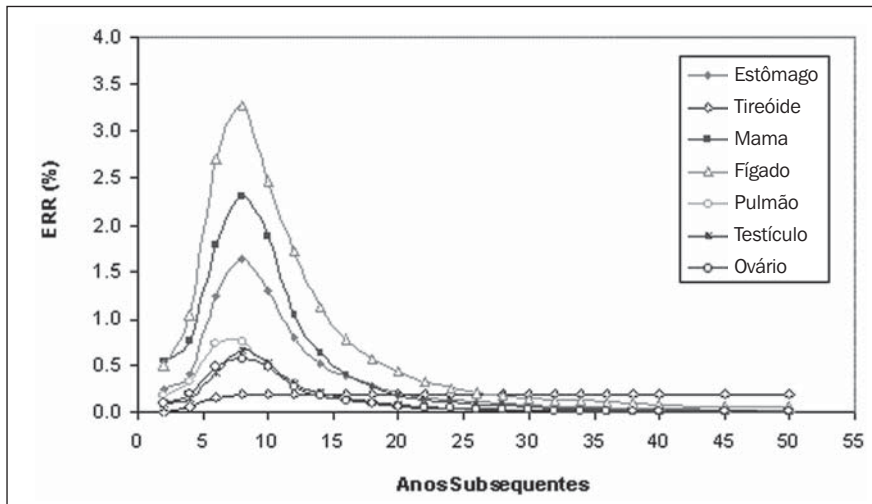


Figura 1. Variação do ERR com o tempo subsequente à exposição, estimado para alguns dos órgãos do recém-nascido mais severamente exposto.

em boa parte dos trabalhos publicados na literatura^(4,6,7,18,20).

O fato do valor médio de K_e por exame ter sido maior que o nível de referência da Comunidade Européia, apesar dos parâmetros de irradiação não serem otimizados, pode ser explicado, em parte, pelo baixo rendimento do equipamento de raios X. Os resultados dos testes de controle de qualidade, efetuados anteriormente, mostraram que o equipamento possui exatidão e reprodutibilidade do tempo e tensão dentro dos padrões de desempenho estabelecidos pela norma técnica nacional⁽²³⁾. No entanto, a camada semi-redutora a 80 kV (1,75 mm de Al) foi significativamente menor que o mínimo (2,3 mm de Al) estabelecido pela mesma norma. Ou seja, o rendimento do tubo é baixo, mesmo com o equipamento possuindo filtração inadequada. Como os técnicos de radiologia do hospital já trabalham com o valor mínimo de tempo e corrente, pode-se concluir que, além do equipamento de raios X não ser adequado para a realização de exames em recém-nascidos, a otimização das técnicas de acordo com as recomendações propostas pela Comunidade Européia não é possível. Esse fato mostra que pode estar havendo um comprometimento da qualidade das imagens radiográficas obtidas. Porém, esta última assertiva somente pode ser confirmada com um estudo que envolva uma avaliação conjunta da dose e qualidade da imagem⁽²⁴⁾.

A Tabela 3 mostra que os valores médios das doses nas gônadas (testículos e

ovários) e tireóide foram relativamente altos. Esse fato mostra que uma colimação acurada do campo de raios X, que restrinja a área irradiada ao tórax ou ao abdome (quando clinicamente aceitável), e a utilização de protetores plumbíferos nas incubadoras ou no próprio colimador (anteparos) certamente reduziriam as doses em pelo menos um desses órgãos.

A análise da Figura 1 permite constatar que os órgãos mais suscetíveis à ocorrência de câncer são o fígado (máximo ERR = 3,4%), a mama (máximo ERR = 2,3%) e o estômago (máximo ERR = 1,7%). No caso do fígado, esse valor de ERR representa um acréscimo no risco de ocorrência de câncer de 89 por 10.000 (*baseline*)⁽²⁵⁾ para 92 por 10.000. O máximo valor de ERR se verifica, normalmente, oito anos após a exposição. No caso da tireóide, esse valor máximo persiste até o fim da vida do paciente. Nos demais órgãos, o ERR tende a cair a valores bem próximos de zero, à medida que o tempo passa. Considerando que os resultados apresentados se referem ao paciente mais severamente exposto, que realizou um número de exames 12 vezes superior à média do setor (~ quatro exames por paciente), pode-se concluir que o risco dos recém-nascidos desenvolverem vários tipos de câncer no futuro, em consequência da realização dos exames estudados, é relativamente baixo comparado ao benefício dos procedimentos radiográficos adequadamente justificados. Ou seja, as condições totalmente adversas em que alguns

recém-nascidos se encontram e a relevância do radiodiagnóstico como ferramenta imprescindível ao clínico na melhoria da assistência ao paciente poderiam justificar esse maior valor de risco.

CONCLUSÕES

Foi realizado levantamento das doses e riscos para os recém-nascidos prematuros internados em um hospital público de Belo Horizonte, MG. Foi constatado que a média do K_e por exame encontrado neste trabalho é menor do que o nível de referência sugerido pela publicação européia⁽¹⁰⁾ e maior do que os valores médios encontrados em boa parte dos trabalhos publicados na literatura. No entanto, o uso de parâmetros de técnica radiográfica não-otimizados, impostos pela utilização de um aparelho de raios X com baixo rendimento, não adaptado para exames em recém-nascidos, pode estar ocasionando um comprometimento da qualidade das imagens radiográficas obtidas. No entanto, para se confirmar essa hipótese, há a necessidade de um estudo que envolva uma avaliação conjunta da dose e qualidade da imagem.

Foi sugerida a colimação adequada do campo de raios X e/ou uso de protetores plumbíferos (quando clinicamente aceitável) para a redução das doses na tireóide e/ou gônadas. Os órgãos mais suscetíveis à ocorrência de câncer foram o fígado, a mama e o estômago. É evidente a necessidade de otimização dos procedimentos com vista à diminuição do risco para os recém-nascidos, que apesar de ser considerado baixo (comparativamente ao benefício), deve ser sempre diminuído para valores tão baixos quanto razoavelmente exequíveis.

REFERÊNCIAS

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effect of ionizing radiation. UNSCEAR Reports to the General Assembly of the United Nations, with annexes. New York: United Nations; 2000.
2. International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the ICRP. ICRP Publication no. 60. Oxford: Pergamon Press; 1991.
3. Ron E. Cancer risks from medical radiation. Health Phys. 2003;85:47-59.
4. McParland BJ, Gorka W, Lee R, et al. Radiology in the neonatal intensive care unit: dose reduction and image quality. Br J Radiol. 1996;69:929-37.
5. Fletcher EWL, Baum JD, Draper G. The risk of

- diagnostic radiation of the newborn. *Br J Radiol.* 1986;59:165-70.
6. Chapple CL, Faulkner K, Hunter EW. Energy imparted to neonates during x-ray examinations in a special care infant unit. *Br J Radiol.* 1994;67:366-70.
 7. Wraith CM, Martin CJ, Stockdale EJM, et al. An investigation into techniques for reducing doses from neonatal radiographic examinations. *Br J Radiol.* 1995;68:1074-82.
 8. Wilson-Costello D, Rao PS, Morrison S, et al. Radiation exposure from diagnostic radiographs in extremely low birth weight infants. *Pediatrics.* 1996;97:369-74.
 9. European Commission. Quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. CEC XII/307/91. Brussels: CEC; 1992.
 10. European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. EUR 16261 EN. Luxembourg: European Commission; 1996.
 11. Hart D, Jones DG, Wall BF. Normalised organ doses for paediatric x-ray examinations calculated using Monte-Carlo techniques. NRPB-SR279. Chilton: National Radiological Protection Board; 1996.
 12. Rosenstein M, Beck TJ, Warner GG. Handbook of selected organ doses for projections common in pediatric radiology. Rockville: U.S. Department of Health and Human Services; 1979.
 13. Le Heron JC. CHILDOSE: a user's guide. Software and manual. Christchurch: National Radiation Laboratory; 1996.
 14. Tapiovaara M, Lakkisto M, Servomaa A. PCXMC: a PC-based Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations, report STUK-A139. Helsinki: Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety; 1997.
 15. Kyriou JC, Newey V, Fitzgerald MC. Patient doses in diagnostic radiology at the touch of a button. London: The Radiological Protection Center, St. Georges Hospital; 2000.
 16. Lacerda MAS, Khoury HJ, Silva TA, et al. Radioproteção, dose e risco em exames radiográficos nos seios da face de crianças, em hospitais de Belo Horizonte, MG. *Radiol Bras.* 2007;40:409-13.
 17. Land CE, Gilbert E, Smith JM, et al. Report of the NCI-CDC Working Group to revise the 1985 NIH radioepidemiological tables. DHHS Publ No. 03-5387. Bethesda: National Institute of Health; 2003. Available in: <http://dceg.cancer.gov/docs/report03.pdf>. Interactive RadioEpidemiological Program (IREP) v.5.3. Online software available in: <http://www.irep.nci.nih.gov/>
 18. Lindskoug BA. Reference man in diagnostic radiology dosimetry. *Radiat Prot Dosimetry.* 1992;43:111-4.
 19. Armpilia CI, Fife IAJ, Croasdale PL. Radiation dose quantities and risk in neonates in a special care infant unit. *Br J Radiol.* 2002;75:590-5.
 20. Thierry-Chef I, Simon SL, Miller, DL. Radiation dose and cancer risk among pediatric patients undergoing interventional neuroradiology procedures. *Pediatr Radiol.* 2006;36 Suppl 14:159-62.
 21. Jones NF, Palarm TW, Negus IS. Neonatal chest and abdominal radiation dosimetry: a comparison of two radiographic techniques. *Br J Radiol.* 2001;74:920-5.
 22. Brindhaban A, Al-Khalifah K. Radiation dose to premature infants in neonatal intensive care units in Kuwait. *Radiat Prot Dosimetry.* 2004;111:275-81.
 23. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Radiodiagnóstico médico: desempenho de equipamentos e segurança. Brasília: Ministério da Saúde; 2005.
 24. Osibote AO, Azevedo ACP, Carvalho ACP, et al. Exposição de pacientes e qualidade da imagem em radiografias de tórax: uma avaliação crítica. *Radiol Bras.* 2007;40:119-22.
 25. Ries LA, Eisner MP, Kosary CL, et al. SEER Cancer statistics review, 1975-2002. Bethesda: National Cancer Institute; 2005.