

AValiação dos Padrões de Dose em Radiologia Pediátrica*

Anderson Araújo de Lima¹, Antonio Carlos Pires Carvalho², Ana Cecília Pedrosa de Azevedo³

Resumo Neste trabalho avaliou-se o produto dose área e estimou-se a dose na entrada da pele em exames pediátricos, cujos resultados mostraram valores, em média, 100% acima do adotado como referência para a realização deste trabalho (0,070 mGy). Simultaneamente, fez-se a aferição dos parâmetros técnicos dos equipamentos usados para a obtenção das imagens radiográficas. Os resultados revelaram que o desempenho dos equipamentos está de acordo com a legislação sanitária vigente. Logo, as doses elevadas foram atribuídas ao emprego de técnicas de baixa tensão e à falta de especialização para a realização de exames pediátricos. Realizaram-se medidas das doses absorvidas na região gonadal durante as exposições radiográficas utilizando-se dosímetros termoluminescentes, que se mostraram inadequados para a obtenção destas medidas. Usou-se então uma câmara de ionização e os valores obtidos revelaram que as doses absorvidas sobre a região gonadal estão abaixo dos limites que poderiam causar esterilidade temporária ou permanente. *Unitermos:* Doses de radiação; Radiologia pediátrica; Qualidade da imagem.

Abstract *Evaluation of dose standards in pediatric radiology.* The dose area product was evaluated and the entrance skin dose was subsequently estimated by means of suitable calculations for pediatric examinations. Results showed values around 100% above the reference levels (0.070 mGy). The technical parameters of the X-ray tubes were periodically checked since a routine quality assurance program is implemented in the hospital. Results showed a good performance of the equipment complying with recommended limits according to Brazilian legislation. Therefore, the high doses can be attributed to the low kV techniques and the lack of appropriate training of the radiographers to perform pediatric examinations. Measurements of scattered radiation were performed in the gonads with the use of thermoluminescent dosimeters which proved to be inadequate for these measurements. Therefore an ionization chamber was used instead and the values obtained showed that the doses were far below the values that can cause permanent or transient sterility. *Key words:* Radiation doses; Pediatric radiology; Image quality.

INTRODUÇÃO

A prática do acompanhamento clínico de pacientes pediátricos, inclusive envolvendo a utilização de radiação ionizante para o diagnóstico e terapia, tornou-se uma realidade e seus benefícios, inquestionáveis⁽¹⁻⁵⁾. Todavia, ainda que se justifique a utilização de radiações ionizantes em práticas médicas, em razão do benefício que estas trarão para o paciente, não devem ser excluídas as técnicas de proteção radioló-

gica, ou seja, todos os pacientes devem receber a máxima atenção no intuito de minimizar a possibilidade de ocorrência de efeitos biológicos agudos e/ou tardios, resultantes das exposições a esta radiação. Deste modo, se a proteção radiológica de pacientes expostos à radiação ionizante é importante, esta o é, sobretudo, nos pacientes pediátricos^(3,6-10).

A Comunidade Européia, considerando esta situação e as seguintes variáveis — a) diferenciação anatômica; b) discrepâncias nas técnicas empregadas para a obtenção das imagens radiográficas pediátricas; c) diferentes doses às quais os pacientes são expostos —, elaborou um documento intitulado “Critérios de qualidade das imagens para fins diagnósticos em pediatria – Programa da Comunidade Européia de Radiologia Pediátrica”, em que foram definidos os critérios de qualidade das imagens e os níveis de referência para as exposições decorrentes desses procedimentos⁽¹⁰⁾. Ainda que programas de garantia de

qualidade (PGQ) sejam adotados em muitos dos serviços de radiodiagnóstico nos países desenvolvidos, no Brasil a implantação deste programas é bastante recente. A Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (SVS/MS)⁽¹¹⁾, recentemente, publicou a Portaria nº 453/98, tornando obrigatória esta implantação.

Contrariando esta situação, o Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) iniciou o PGQ nas áreas que envolvem o uso das radiações ionizantes, em 1991, resultando esta aplicação na melhoria da qualidade da imagem radiográfica, na redução das doses fornecidas aos pacientes e na diminuição dos custos do serviço de radiodiagnóstico, devido à redução dos índices de rejeição dos filmes radiográficos^(12,13).

Considerando-se o perfil deste hospital (HCPA) e, sobretudo, o fato de este serviço não ser especializado em exames radiográficos pediátricos, avaliaram-se os padrões de doses praticadas nos exames desta natureza neste hospital. Para a avaliação das

* Trabalho realizado no Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), Porto Alegre, RS.

1. Mestre em Ciências pela Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

2. Professor Adjunto Doutor do Departamento de Radiologia, Coordenador Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Radiologia da Faculdade de Medicina da UFRJ.

3. Física Doutora do Centro de Estudos de Saúde da Trabalhador e Ecologia Humana da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz (CESTE/ENSP/Fiocruz) e da Faculdade de Medicina da UFRJ.

Endereço para correspondência: Prof. Dr. Antonio Carlos Pires Carvalho. Rua Pereira Nunes, 71, cob-01, Tijuca. Rio de Janeiro, RJ, 20511-120. E-mail: acporj@hucff.ufrj.br

Recebido para publicação em 26/5/2003. Aceito, após revisão, em 22/8/2003.

doses foram empregados três métodos: dosímetros termoluminescentes, câmara de ionização e o Diamentor^(4,5,14).

A boa técnica radiográfica em pacientes pediátricos difere muito dos pacientes adultos^(9,15-17). Muitos técnicos radiologistas e o pessoal de apoio não dispõem de conhecimento, formação e experiência suficientes no domínio da radiologia pediátrica^(2,16,18). Um programa de controle de qualidade é de suma importância para manter a qualidade das imagens radiográficas, em especial as imagens pediátricas, e para controlar as doses absorvidas pelos pacientes⁽¹⁹⁻²²⁾, uma vez que estas podem apresentar variações de um fator igual a 10 de um serviço radiológico para outro^(2,4,23-25).

Os objetivos deste trabalho são: mensurar o produto dose área (DAP) e estimar a dose de entrada na pele (DEP) e a dose absorvida na área colimada; avaliar a dose absorvida sobre a região gonadal dos pacientes submetidos a exames de tórax.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Serviço de Radiologia do HCPA, nos períodos de janeiro a outubro de 2001 e março a maio de 2002. Os equipamentos utilizados encontravam-se nas salas 03 e 07 (ambos fabricados pela Siemens, modelo Polimat B). Para a avaliação do desempenho dos equipamentos de raios X, utilizaram-se monitor de radiação tipo câmara de ionização, equipamento para análise não invasiva da qualidade do feixe de raios X e a carga transportável, conjunto para teste de alinhamento do raio central e colimação do feixe, sendo os testes realizados trimestralmente. Os valores médios obtidos apresentaram variações comparáveis aos índices permitidos no país, de acordo com a legislação sanitária vigente^(11,26). As medidas do nível de radiação de fuga foram realizadas com câmara de ionização Victoreen, 450P, e os resultados deste teste foram confrontados aos níveis permitidos no país.

A avaliação das doses às quais os pacientes são submetidos ocorreu concomitantemente à execução do PGQ no Serviço de Radiologia, sendo os equipamentos utilizados no processo de obtenção das imagens radiográficas aferidos conforme os procedimentos indicados pelo PGQ.

O DAP foi medido com o auxílio do Diamentor M4⁽²⁷⁾. Anterior à medida dos valores de DAP, foi determinado o valor do fator de recalibração (FRC).

Para se obter a dose absorvida nas gônadas dos pacientes, foram monitorados, individualmente, 32 pacientes. A monitoração individual foi realizada mediante colocação de dois conjuntos de dosímetros termoluminescentes — um de fluoreto de lítio, LiF: Mg, Ti, também conhecido como TLD-100, e o outro de sulfato de cálcio, CaSO₄: Dy — sobre a região gonadal de cada paciente^(14,28). Os dosímetros foram obtidos junto à empresa TecRad e calibrados no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen). Após os exames, os dosímetros foram enviados para a leitura na própria empresa fornecedora. Observe-se que não foi possível verificar nenhum nível de dose nos testes realizados com esses dosímetros, uma vez que a exposição na região gonadal daqueles pacientes foi menor que 0,10 mGy, que é o limite mínimo de sensibilidade para detecção dos dosímetros empregados^(5,14).

Sendo assim, os exames radiográficos de tórax foram realizados com o acompanhamento de uma câmara de ionização, quando esta não interferisse na imagem, e com o consentimento dos responsáveis pelo paciente, para aferir a exposição na região gonadal. A medida da exposição sobre a área gonadal foi realizada com a câmara de ionização modelo 450 P da Victoreen. As medidas foram realizadas após a determinação do nível de radiação do ambiente, sendo este valor subtraído dos valores obtidos durante os testes.

RESULTADOS

Em função deste trabalho, os referidos parâmetros técnicos foram avaliados mensalmente. A tensão apresentou variações inferiores a 5% do valor especificado nos equipamentos de raios X, não sendo motivo para alterações na qualidade das imagens geradas por estes equipamentos^(10,18). A carga transportável manteve-se, de janeiro a outubro de 2001, com variações inferiores a 5%. O tempo de exposição também se manteve com variações inferiores a 5%. A perpendicularidade do feixe de raios X e a colimação foram aferidas mensalmente,

o campo irradiado apresentou conformidade com o campo luminoso ao longo do período, estando as variações observadas dentro do limite de 2% da distância foco-filme. Ressalte-se que o feixe de raios X, em nenhuma das aferições, apresentou ângulo maior que 0,5° em relação ao centro do campo luminoso. Os testes de radiação de fuga do cabeçote apresentam níveis de radiação em conformidade com as recomendações da literatura especializada e dentro do limite permitido no país^(10,11).

A avaliação do DAP foi realizada com o Diamentor M4, o qual foi posicionado na saída do tubo de raios X. Foram acompanhados 71 procedimentos na sala 03 e 32 procedimentos na sala 07. O DAP foi normalizado para o campo de incidência utilizado, de 20 × 20 cm, e posteriormente os valores foram corrigidos conforme a energia de feixe e campo de irradiação, o que resultou na dose superficial à entrada da pele do paciente na área colimada. Os resultados desta avaliação encontram-se dispostos nas Tabelas 1 e 2

No que se refere à exposição sobre a região gonadal dos pacientes pediátricos, verificou-se que nos 32 pacientes monitorados não foi possível medir as doses absorvidas. Este fato significa que as referidas exposições foram menores que 0,10 mGy, limite mínimo necessário para que os cristais com maior sensibilidade usados mostrassem algum registro⁽⁸⁾.

Uma vez caracterizada a inabilidade daqueles dosímetros, optou-se pela utilização de uma câmara de ionização para avaliar o real valor da exposição. A câmara de ionização foi colocada sobre a região gonadal em 21 pacientes, quando houve consentimento formal dos pais e quando a presença do dispositivo de medida não causasse interferência na imagem. Foram acompanhadas 13 exposições na projeção ântero-posterior e oito exposições na projeção lateral, todas realizadas na sala 07. O incremento das exposições sobre a região gonadal dos pacientes pediátricos num exame de tórax é mostrado no Gráfico 1 para a projeção ântero-posterior e no Gráfico 2 para a projeção lateral.

Durante a realização dos exames de tórax, em suas projeções básicas (ântero-posterior e lateral), verificou-se que a soma das exposições resultantes deste procedi-

Tabela 1 Medidas do produto dose área (DAP) durante a realização de procedimentos radiográficos de tórax em pacientes pediátricos, na sala 03, dose absorvida em um campo (0,2 × 0,2)m, e estimativa da dose na entrada da pele (DEP)^(13,17,22).

Grandezas	DAP (μGy.m ²)	D (0,2 × 0,2) mGy	DEP (mGy)
Média	4,077	0,102	0,148
Desvio-padrão	0,610	0,016	0,025
Máximo	6,942	0,173	0,252
Mínimo	1,597	0,039	0,058
Mediana	4,020	0,100	0,140

Tabela 2 Medidas do produto dose área (DAP) durante a realização de procedimentos radiográficos de tórax em pacientes pediátricos, na sala 07, dose absorvida em um campo (0,2 × 0,2)m, e estimativa da dose na entrada da pele (DEP)^(13,17,22).

Grandezas	DAP (μGy.m ²)	D (0,2 × 0,2) mGy	DEP (mGy)
Média	4,297	0,052	0,156
Desvio-padrão	0,884	0,020	0,026
Máximo	7,823	0,195	0,284
Mínimo	1,240	0,031	0,032
Mediana	4,140	0,103	0,058

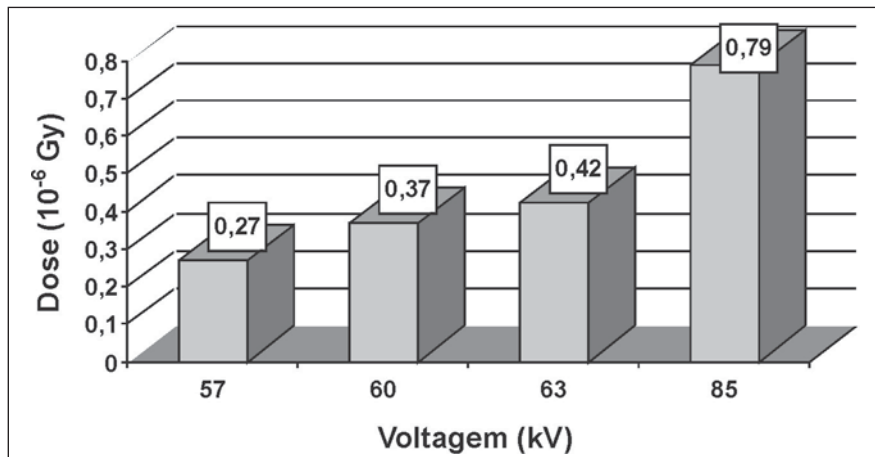


Gráfico 1. Dose (μGy) sobre a região gonadal dos pacientes pediátricos em função das voltagens aplicadas para a realização da exposição ântero-posterior do exame de tórax.

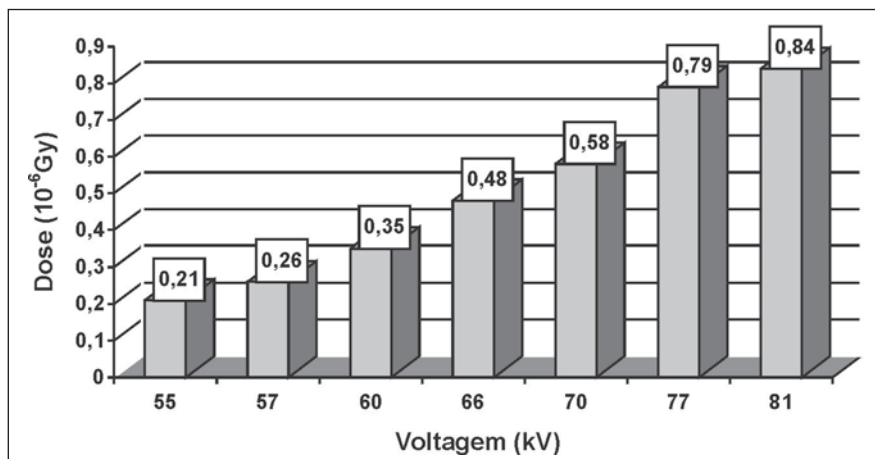


Gráfico 2. Dose (μGy) sobre a região gonadal dos pacientes pediátricos em função das voltagens aplicadas para a realização da exposição lateral do tórax.

mento sobre a região gonadal está no intervalo entre 48 mR e 163 mR.

Conhecendo-se a exposição, a dose absorvida pelas gônadas pode ser calculada a partir da equação:

$$D_{(mat)} = 0,00873 \text{ (J/kg.R)}.X.[(m/r_{(água)})/(m/r_{(ar)})]$$

onde: $m/r_{(água)}$ e $m/r_{(ar)}$ são os coeficientes de atenuação da massa da água e do ar, respectivamente. Observe-se que foram utilizados os valores no intervalo de energia de interesse.

A dose absorvida sobre a região estudada, em função da radiação espalhada, encontra-se entre 0,48 mGy e 1,50 mGy.

DISCUSSÃO

Os valores estimados para a DEP (Tabelas 1 e 2) apresentam-se acima do nível de referência adotado para este trabalho (0,070 mGy), e em média um incremento de 100% foi observado nas medidas, sendo a máxima variação observada quatro vezes maior que o nível de referência^(9,28). Foram obtidos valores médios, nas duas salas, acima do nível de referência para a dose superficial à entrada da pele. Essa realidade não é específica do HCPA, pois em recente trabalho realizado na Eslováquia⁽¹³⁾, em que pese a faixa etária dos pacientes ter sido de cinco a nove anos, a DEP apresentou variação de 0,326 mGy a 0,586 mGy, em nove hospitais investigados, sendo estes valores superiores ao nível de referência adotado pela Comunidade Européia. Os resultados obtidos, tanto no HCPA como no estudo realizado na Comunidade Européia⁽¹³⁾, mostram a necessidade da adoção de procedimentos que busquem o binômio qualidade de imagem e baixas doses absorvidas pelo paciente.

Neste trabalho, um dos fatores que contribui para a magnitude das doses superficiais à entrada da pele é a falta de uniformidade nas técnicas radiográficas empregadas para a obtenção das imagens, como demonstrado nas Tabelas 3 e 4.

Embora se tenha limitado a faixa etária para minimizar a influência das discrepâncias anatômicas e estruturais, é evidente que para uma mesma faixa estas variações estão presentes e acarretam, sobretudo, um atendimento não especializado a pacientes pediátricos, variações na dose a que estes

Tabela 3 Valores médios das grandezas utilizadas na realização dos exames radiográficos de tórax e o peso dos pacientes masculinos e femininos submetidos a estes procedimentos na sala 03.

Grandezas	mAs	kVp	Peso (kg) masculino	Peso (kg) feminino
Média	1,20	65,20	9,25	8,75
Desvio-padrão	0,94	3,40	1,03	0,90
Máximo	5,00	81,00	11,50	10,10
Mínimo	0,80	60,00	8,00	7,15
Mediana	0,80	65,00	9,10	8,20

Tabela 4 Valores médios das grandezas utilizadas na realização dos exames radiográficos de tórax e o peso dos pacientes masculinos e femininos submetidos a estes procedimentos na sala 07.

Grandezas	mAs	kVp	Peso (kg) masculino	Peso (kg) feminino
Média	2,63	62,63	9,50	9,00
Desvio-padrão	1,08	7,15	1,05	0,95
Máximo	5,00	80,00	11,10	10,45
Mínimo	0,80	45,00	8,25	7,75
Mediana	2,50	65,00	9,00	8,50

estão expostos. Observe-se que o emprego de técnicas de baixa tensão, sem as demais adequações dos parâmetros técnicos empregados, como as evidenciadas neste trabalho, resultaram nas doses de radiação acima do nível de referência^(3,10).

Por fim, a avaliação das doses sobre a região gonadal mostra que os resultados obtidos são aceitáveis, pois os dados indicam que a dose absorvida nesta região foi inferior às que sabidamente causam esterilidade temporária ou permanente em homens (0,15 Gy e 3,5 Gy) e esterilidade permanente em mulheres (2,5 Gy)^(8,28).

CONCLUSÕES

1) A DEP apresentou variações acima do valor especificado para este trabalho (0,070 mGy), existindo uma razão entre o maior e o menor valor obtido na sala 03 (0,258 mGy e 0,058 mGy) de 4:1, e na sala 07 uma razão de 8:1, onde o maior e o menor valor de DEP obtidos foram 0,284 mGy e 0,032 mGy. Os valores médios obtidos nas duas salas estão 100% acima do nível de referência adotado para este trabalho. Os valores médios do DAP e da dose no campo de incidência do feixe de radiação para as salas 03 e 07 foram, respectivamente: 4,077 µGy.m² e 0,102 mGy, e 4,297 µGy.m² e 0,052 mGy.

2) As doses na região gonadal obtidas nos exames de tórax apresentaram variações nos intervalos 0,48 µGy a 1,50 µGy, sendo estas doses inferiores às doses que

comprovadamente provocariam esterilidade temporária ou permanente em homens (0,15 Gy e 3,5 Gy) e esterilidade permanente em mulheres (2,5 Gy).

3) O PGQ mostra a sua eficácia, pois os resultados obtidos na avaliação dos parâmetros técnicos (tensão, carga transportável, tempo, alinhamento, colimação e medida dos níveis de fuga de radiação) demonstram que o desempenho destes está de acordo com a literatura, bem como com a legislação sanitária vigente no país. Dessa forma, estão descartadas as exposições desnecessárias dos pacientes pediátricos em virtude de variações involuntárias desses parâmetros. Obviamente, repousa sobre esta conclusão a importância maior da aplicação do PGQ em instituições médicas que utilizam radiações ionizantes.

REFERÊNCIAS

1. Attix F. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. New York: John Wiley & Sons, 1986.
2. Carlton RR, Adler AM. Principles of radiographic imaging. Albany: Delmar Publishers, 1992.
3. Kaplanis PA, Christofides S. Evaluation of the radiation dose in a paediatric X-ray department. IEC 2000;85:544-7.
4. Kyriou JC, Fitzgerald M, Pettett A, Cook JV, Pabló SM. A comparison of doses and techniques between specialist and non-specialist centres in the diagnostic X-ray imaging of children. Br J Radiol 1996; 69:437-50.
5. Knoll GF. Radiation detection and measurement. New York: John Wiley & Sons, 1989.
6. Ardran GM, Crooks HE. Checking diagnostic X-ray beam quality. Br J Radiol 1968;41:193-8.
7. Bitelli T. Dosimetria e higiene das radiações. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1982.
8. Borio R, Antonini A, Chiocchini S, Esposti PD,

Papa V. Evaluation of dose absorbed by personnel or parents accompanying children in a radiodiagnostic pediatric department. Health Phys 1985;49: 1295-8.

9. Bushong SC. Manual de radiología para técnicos. Física, biología y protección radiológica. 2ª ed. Missouri: Mosby-Year Book, 2001.
10. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. European Commission, 1996. EUR 16261.
11. Brasil. Ministério da Saúde. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Portaria nº 453, 1/6/1998.
12. Cullinan AM, Cullinan JE. Producing quality radiographs. 2nd ed. Philadelphia: JB Lippincott, 1994.
13. Wall BF. Quality control of dose-area product meters. In: Moores BM, Stieve FE, Eriskat H, Schibilla H, eds. Technical and physical parameters for quality assurance in medical diagnostic radiology. BIR Report 18. London: British Institute of Radiology, 1989:140-2.
14. Borges V. Confecção de dosímetros termoluminescentes de fluoreto de lítio sinterizado. (Tese de Doutorado). Porto Alegre: Faculdade de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1983.
15. Bontrager KL. Tratado de técnica radiológica e base anatômica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.
16. Godderidge C. Pediatric imaging. Philadelphia: WB Saunders, 1995.
17. Monnier JP, Tubiana JM. Manual de diagnóstico radiológico. Rio de Janeiro: Editora Médica e Científica, 1999.
18. Mooney R, Thomas PS. Dose reduction in a paediatric X-ray department following optimization of radiographic technique. Br J Radiol 1998;71:852-60.
19. Lowe A, Finch A, Boniface D, Chaudhuri R, Shekhdar J. Diagnostic image quality of mobile neonatal chest X-rays and the radiation exposure incurred. Br J Radiol 1999;72:55-61.
20. Ruiz MJ, González L, Vañó E, Martínez A. Measurement of radiation doses in the most frequent simple examinations in paediatric radiology and its dependence on patient age. Br J Radiol 1991;64: 929-33.
21. Saure D, Hagemann G, Stender HS. Image quality and patient dose in diagnostic radiology. Radiat Prot Dosimetry 1995;57:167-70.
22. Wall BF, Shrimpton PC. The historical development of reference doses in diagnostic radiology. Radiat Prot Dosimetry 1998;80:15-20.
23. Carlsson GA, Chan HP. Commentary: Progress in optimization of patient dose and image quality in X-ray diagnostics. Phys Med Biol 1999;44:321-2.
24. Cook JV, Kyriou JC, Pettett A, Fitzgerald MC, Shah K, Pabló SM. Key factors in the optimization of paediatric X-ray practice. Br J Radiol 2001;74: 1032-40.
25. Schneider K, Fendel H, Bakawski C, et al. Results of a dosimetry study in the European Community on frequent X ray examination in infants. Radiat Prot Dosimetry 1992;43:31-6.
26. Schiabel H, Cury NSM, Frère AF. Novo dispositivo para aferição de kVp e dose em equipamentos de radiodiagnóstico. Radiol Bras 1997;30:257-62.
27. Manual do equipamento Diamentor M4, modelo 11006. Freiburg, Alemanha: PTW, 1996.
28. Bushong SC. Radiation control in diagnostic roentgenology. Health Phys 1970;19:557-61.