

## Avaliação de Dose em radiologia pediátrica numa Unidade de Cuidados Intensivos Neonatal

### *Dose evaluation in pediatric radiology at a Neonatal Intensive Care Unit*

Susana Cardoso, Joana Hilário, Nuno Matela, Paulo Pereira

Direcção de Radiologia - Escola Superior de Saúde Ribeiro Sanches (ERISA), Rua Fernando Palha, 69, Poço do Bispo, 1900-693 Lisboa Portugal  
E-mail: susanacardoso@gmail.com

#### Resumo

A radiosensibilidade em crianças é superior à dos adultos, pelo que a avaliação dos parâmetros de dose utilizados em pediatria, principalmente em recém-nascidos, assume particular importância. Também importante é a avaliação da quantidade de dose de radiação a que os pacientes, pelo simples facto de estarem perto, ou na vizinhança, de outros que vão realizar exames radiológicos, estão sujeitos. Neste estudo, efectuado no Hospital D. Estefânia em Lisboa, avaliou-se a dose de radiação ionizante com dosímetros (ATOMTEX 3509B) no paciente examinado e no paciente adjacente. Foram calculadas as doses à entrada da pele (DEP) utilizando os parâmetros físicos empregados. Nos 28 exames efectuados por 8 técnicos diferentes, as leituras obtidas com os dosímetros eram praticamente insignificantes, quer para o paciente examinado (0.09  $\mu\text{Sv}$  para o género feminino e 0.04  $\mu\text{Sv}$  para o género masculino) quer para o adjacente (0  $\mu\text{Sv}$ ). Os valores de DEP calculados estavam abaixo do limite recomendado internacionalmente para recém-nascidos, de 80  $\mu\text{Gy}$ . Apesar de haver uma diferença estatisticamente significativa entre os pesos das crianças do género masculino e feminino, não se verificou uma diferença semelhante para as DEP calculadas.

Este estudo demonstrou que a DEP calculada com os parâmetros físicos utilizados ficava abaixo da DEP recomendada internacionalmente, e que as leituras obtidas nos pacientes examinados, bem como no paciente adjacente, atingiram níveis insignificantes.

**Palavras chave:** Raios-x; Unidade de Cuidados intensivos Neonatal; Dose à entrada da Pele; Níveis de Referência de Diagnóstico; Paciente Adjacente.

#### Abstract

Radio-sensitivity in children is much larger than in adults. Hence, x-ray examinations in newborns staying in Neonatal Intensive Care Units (NICU's) is a concern. Simultaneously, given the close proximity of neighboring patients in NICU's, x-ray examinations can have repercussions on adjacent patients. In this study, carried out at the D. Estefânia Pediatric Hospital in Lisbon, Portugal, the dose of ionizing radiation administered to newborns undergoing the examination was evaluated using dosimeters (ATOMTEX 3509B), as well as in the adjacent patient. Entrance skin doses (ESD) were calculated given the physical parameters registered during each examination. In the 28 examinations performed by 8 different technicians, dosimeter readings were practically insignificant, both for the examined patient (0.09  $\mu\text{Sv}$  for female gender e 0.04  $\mu\text{Sv}$  to the male gender) as well as for the adjacent patient (0  $\mu\text{Sv}$ ). Calculated ESD values were all below the internationally recommended value of 80  $\mu\text{Gy}$ . Although a statistically significant difference was observed between the weights of male and female patients, no such difference was identified in the calculated ESD values.

This study showed that the ESD calculated with the physical parameters used in the examinations were below the internationally recommended ESD and those dosimeters readings in both examined and adjacent patient reached insignificant levels.

**Key words:** x-rays, neonatal intensive care unit, skin entrance dose, reference diagnostic levels, adjacent patient.

Recebido em 31/03/2009

Aceite em 08/04/2009

Rev. Lusófona de Ciências e Tecnologias da Saúde, 2009; (6) 1: 45-55

Versão electrónica: <http://revistasaude.ulusofona.pt>

## Introdução

Os raios – x (Rx) utilizados no diagnóstico e na terapia têm conhecidos benefícios, no entanto existem riscos inerentes aos efeitos biológicos estocásticos e determinísticos. O conhecimento das doses absorvidas pelos tecidos e a protecção radiológica são aspectos essenciais na diminuição dos riscos inerentes a estes procedimentos radiológicos. Existe um interesse crescente na metodologia que permite reduzir a dose recebida pelos pacientes aquando da realização de exames de Rx, tendo várias entidades publicado directrizes sobre a protecção radiológica e a optimização técnica<sup>(1-3)</sup>.

Dois parâmetros têm sido usados para definir os níveis de referência de diagnóstico: a dose de absorção na entrada da pele (DEP) e o produto dose área. A DEP pode ser calculada de forma directa através de instrumentos próprios (câmaras de ionização ou dosímetros) ou de forma indirecta através de programas informáticos (ex: programa de simulação PCXMC v.1.5.1) utilizando fórmulas matemáticas.

A radiosensibilidade nas crianças é mais elevada devido a vários factores: taxa de proliferação celular mais elevada, maior esperança média de vida, diferentes tamanhos e composição corporal e aspectos funcionais distintos dos adultos (respiração mais rápida, batimentos cardíacos acelerados)<sup>(4)</sup>. Os doentes na Unidade de Cuidados Intensivos Neonatal (UCIN) costumam ser submetidos frequentemente à realização de radiografias, devido a co-morbilidades e à realização de procedimentos invasivos<sup>(5,6)</sup>. Vários estudos já efectuados em UCIN's avaliaram a exposição à radiação ionizante, nos quais a DEP foi quantificada através de dosímetros ou câmaras de ionização<sup>(7,8)</sup>. Resumidamente, devem ser usadas doses baixas (reduzindo o tempo de exposição e a kilovoltagem por pico (kVp)), adequadas ao tamanho e à idade da criança, mas sem comprometer o valor diagnóstico da imagem.

Durante a realização de radiografias em UCIN's, os pais, médicos, enfermeiros e auxiliares costumam sair da sala, ficando apenas os Técnicos de Radiologia (que usam o avental para sua protecção radiológica) e as outras crianças que se encontram nas incubadoras. Donadieu et al.<sup>(9)</sup> verificaram que a dose de exposição em pediatria é moderada não ultrapassando os valores da radiação ionizante ambientais recebida em períodos aproximados. No entanto, salientaram a sua preocupação com o coeficiente de radiosensibilidade específico para cada órgão por este não depender da idade mas sim da sua dimensão<sup>(9)</sup>. Um outro problema associado a exames de Rx em UCIN's é a proximidade dos doentes, implicando que o paciente vizinho possa ser indevidamente irradiado durante o exame do paciente sob estudo<sup>(7,8,10)</sup>.

## Introduction

X-rays used for diagnosis and therapy have known benefits, however, there are inherent risks to stochastic and deterministic biological effects. Knowledge of the absorbed doses by the tissues and radiological protection are essential aspects to the decrease of inherent risks to these radiological procedures. There is a growing interest in the methodology that allows for the reduction of the dose received by the patients at the time of their x-ray examinations, with several entities publicizing guidelines about radiological protection and technical optimization<sup>(1-3)</sup>.

Two parameters have been used to define diagnosis reference levels: dose absorption at skin entrance (ESD) and dose area product. ESD can be calculated in a direct way through specific instruments (ionization chambers or dosimeters) or indirectly through computer programs that use mathematical formulas (e.g. the PCXMC simulation program, v.1.5.1).

Radiosensitivity in children is higher due to several factors: a higher rate of cellular proliferation; a longer average life expectancy; different sizes and corporal composition as well as functional aspects are distinct from those of adults (quicker breathing and accelerated heartbeats)<sup>(4)</sup>. The patients at a Neonatal Intensive Care Unit (NICU) are usually submitted to frequent radiographies due to comorbidities and invasive procedures (5,6). Many studies already carried out at NICUs evaluated the exposition to ionizing radiation, where the ESD was quantified through dosimeters or ionization chambers<sup>(7,8)</sup>.

In sum, low doses that are appropriate for the child's size and age should be used (reducing the time of exposure and kVp – peak kilovoltage), without compromising the diagnostic value of the image.

During the radiographies at NICUs, the parents, doctors, nurses and auxiliaries usually leave the room and only the Radiology Technicians (who wear an apron for radiological protection) and the children who are in incubators stay. Donadieu et al.<sup>(9)</sup> verified that dose exposition in pediatrics is moderate and does not exceed the environmental values of ionizing radiation received in approximate periods. However, they stressed their worries about the specific radiosensitivity coefficient for each organ given that it does not depend on age but rather on its dimension<sup>(9)</sup>. Another problem associated to x-rays in NICUs is the patients' proximity, implying that the adjacent patient may be irradiated by mistake during the examination of the patient under study<sup>(7,8,10)</sup>.

There are several studies about patient and nurse radiation exposure in NICUs<sup>(5,6,11)</sup>. However, information on radiation exposure to adjacent patients and staff in an NICU are rare. In 1974 Poznanski et al.<sup>(12)</sup> used phantoms to evaluate staff radiation exposure in a

Existem vários estudos sobre a exposição à radiação de doentes e enfermeiros de UCIN's<sup>(5,6,11)</sup>. No entanto, informações sobre a exposição às radiações de pacientes adjacentes e de pessoal na UCIN são raras. Em 1974 e utilizando fantasmas, Poznanski et al.<sup>(12)</sup> avaliaram a exposição à radiação de pessoal de uma enfermaria neonatal, demonstrando um risco insignificante de exposição à radiação dispersa para outras pessoas na sala, e concluindo que o abandono da sala não seria necessário. Mas, novas tecnologias entretanto introduzidas na área da imagiologia levam à necessidade de uma reavaliação dos parâmetros de dose utilizados em UCIN's<sup>(7)</sup>.

Duetting et al.<sup>(7)</sup> também utilizando fantasmas, mostraram que a dose de radiação de uma criança adjacente ao paciente que realiza o exame de Rx ao tórax AP de feixe vertical era geralmente inferior ao limite de registo dos dosímetros utilizados. Para exames efectuados através de um feixe horizontal, a dose na criança adjacente era tecnicamente não mensurável. Em ambos os tipos de exames, a dose era minimizada quando o técnico de radiologia usava um avental de chumbo, e ficava entre os doentes (o examinado e o paciente adjacente)<sup>(7)</sup>. Burrage et al.<sup>(10)</sup> analisaram a DEP associada a cada tipo de exame em fantasmas, confirmando a reduzida dose no paciente adjacente.

Na pesquisa da literatura relevante, não foi encontrado nenhum trabalho referente à exposição de dose em crianças recém-nascidas e pacientes adjacentes sem a utilização de fantasmas, havendo a única excepção do estudo de Milkovic et al.<sup>(8)</sup>, onde foi avaliada a DEP numa criança de 2 anos. Neste contexto, os objectivos deste estudo são avaliar a dose recebida in vivo 1) pelo paciente sujeito ao exame radiológico de tórax e abdómen AP em UCIN's e 2) a dose recebida pelos pacientes adjacentes ao paciente sob estudo. Pretendeu-se posteriormente comparar estas doses com as doses de referências estipuladas internacionalmente.

## Materiais e Métodos

Este estudo foi realizado na UCIN do Hospital Dona Estefânia em Lisboa. Estes serviços estão equipados com um Rx móvel GE VMX (kV máx: 125; mA máx: 80), adquirido em 1994 com o último teste de controlo de qualidade realizado a 19 de Dezembro de 2007. As incubadoras eram todas da marca Air-Shields Isolette C2000.

A população examinada era composta por crianças recém - nascidas, com dias de vida até 3 meses de idades. Foram todos avaliados na incidência AP (antero-posterior) ao tórax e abdómen com o feixe na vertical e na horizontal.

Os dosímetros utilizados (Atomtex 3509B) foram

neonatal infirmary which showed an insignificant risk of exposure to radiation dispersed to other people in the room. They concluded therefore that abandoning the room was not necessary. But in the meanwhile new technology has been introduced in the area of Imagiology and this has led to a necessary reevaluation of the dose parameters used in NICUs<sup>(7)</sup>.

Duetting et al.<sup>(7)</sup>, who also used phantoms, showed that the radiation dose of a child adjacent to a patient who has an x-ray examination of the thorax AP by vertical beam was generally inferior to the limit recorded by the dosimeters used. For examinations with a horizontal beam, the dose in the adjacent child was technically immeasurable. In both types of examinations, the dose was minimized when the radiologist used a lead apron and stood between the patients (the examined and the adjacent patient)<sup>(7)</sup>. Burrage et al.<sup>(10)</sup> analyzed the ESD associated to each type of examination in phantoms and confirmed a reduced dose in the adjacent patient.

In our research of relevant literature, we did not find any study referring to dose exposure in newborns and adjacent patients without the use of phantoms. The only exception was the study carried out by Milkovic et al.<sup>(8)</sup>, where there was an evaluation of the ESD in a two-year-old child. In this context, the aims of the current study are to evaluate the received in vivo dose 1) by the patient subject to the radiological examination to the thorax and abdomen AP in NICUs and 2) the dose received by the adjacent patients under study. Afterwards we intended to compare these doses with the internationally stipulated reference doses.

## Materials and Methods

This study was carried out at the NICU at Dona Estefânia Pediatric Hospital in Lisbon. These services are equipped with a portable GE VMX x-ray machine (kV max: 125; mA max: 80) bought in 1994 with the last quality control test on the 19th of December 2007. The incubators were all Air-Shields Isolette C2000.

The examined population was composed of newborn children, with ages between a few days of life up to three months. All children were evaluated on the AP (anteroposterior) incidence of the thorax and abdomen with a vertical and horizontal beam.

The dosimeters used (Atomtex 3509B) were previously calibrated by the Scientific and Production Enterprise. One was placed on the inside of the incubator (for the patient subject to the x-ray examination) at 12cm from the chassis isocenter of the coronal plane of the examined child (Figs. 1 and 2) and another (outside of the incubator) to measure the radiation of the adjacent patient (Fig. 3). Given the need for sterilization, the dosimeter for the examined patient was placed in a sterilized bag before being positioned inside the incubator.

previamente calibrados pela empresa Scientific and Production Enterprise. Um para colocação dentro da incubadora (paciente sujeito ao exame de Rx) a 12 cm do isocentro do chassi no plano médio coronal da criança examinada (Fig. 1 e 2) e outro (fora da incubadora) para a medição da radiação no paciente adjacente (Fig. 3). Dadas as necessidades de esterilização, o dosímetro para o paciente examinado era colocado dentro de um saco esterilizado antes de ser posicionado dentro da incubadora.

Para cada paciente sujeito ao exame radiológico foi elaborada uma folha de registo, na qual foram anotadas as seguintes informações: género, idade, peso, parâmetros técnicos (kVp, miliampéres por segundo (mAs) e distância foco-filme (DFF)), direcção do feixe, posição e leitura do dosímetro. Para o paciente adjacente, registou-se o valor do dosímetro, tendo em conta 1) a distância da incubadora deste à incubadora do paciente sob estudo e 2) o posicionamento relativo da incubadora do paciente adjacente em relação à incubadora do paciente sob estudo (esquerdo, direito, à frente e na diagonal). Foi ainda registado qual a posição relativa do técnico ao paciente examinado e ao paciente adjacente, bem como as idades dos técnicos que realizaram os exames.

Posteriormente, os parâmetros físicos registados para cada exame foram introduzidos no programa de cálculo de dose por simulação de Monte-Carlo PCMXC (v.1.5.1) de modo a calcular a DEP.

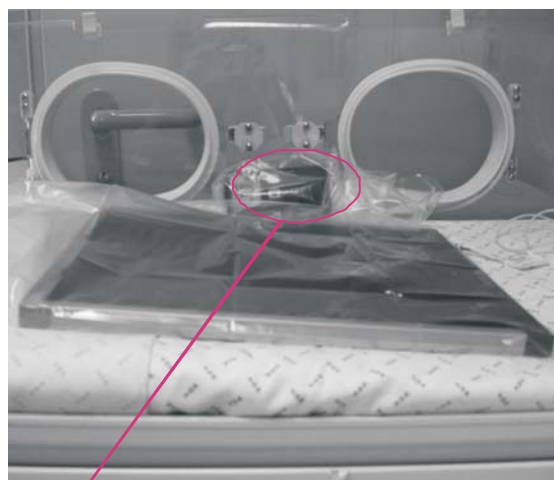
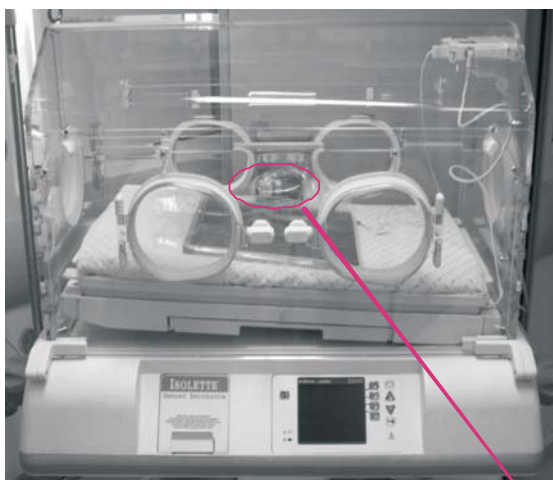
As análises estatísticas foram efectuadas com recurso ao programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

We elaborated a registration sheet for each patient subject to the radiological examination where the following information was included: gender, age, weight, technical parameters (kVp, milliampere second (mAs) and the focus film distance (FFD)), beam direction, dosimeter position and reading.

For the adjacent patient, we registered the dosimeter value bearing in mind 1) the distance of this patient's incubator (left, right, in front of and diagonal) to the incubator with the patient under study. We also registered the relative position of the technician to the patient being examined and the adjacent patient as well as the age of the technicians who carried out the examinations.

Afterwards, the physical parameters for each examination were registered and introduced into the Monte-Carlo PCMXC program (v.1.5.1) in order to calculate the ESD.

The statistical analysis was carried out by using the SPSS program (Statistical Package for the Social Sciences).

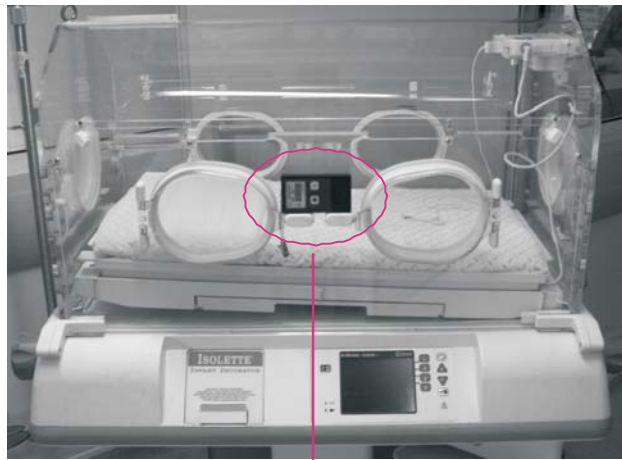


Dosímetro (Atomtex 3509B)  
Dosimeter (Atomtex 3509B)

Figura 1 e 2 - Posicionamento do dosímetro Atomtex 3509B dentro da incubadora Air-Shields Isolette C2000 (paciente sujeito ao exame de Rx).

Figure 1 and 2 - Positioning of the Atomtex 3509B dosimeter inside the Air-Shields Isolette C2000 incubator (patient subject to the x-ray examination).





Dosímetro (Atomtex 3509B)  
Dosimeter (Atomtex 3509B)

Figura 3 - Posicionamento do dosímetro Atomtex 3509B para medição da radiação no paciente adjacente.  
Figure 3 - Positioning of the Atomtex 3509B dosimeter used to measure radiation in the adjacent patient.

## Resultados

Foram registados 31 exames, mas apenas 28 foram considerados válidos para a análise devido a irregularidades na obtenção dos dados nos restantes 3 exames. Assim, a amostra consistiu em 28 exames, 13 em pacientes do género femininos e 15 do género masculino, englobando bebés prematuros e não prematuros. Na estratificação por faixas etárias (tabela 1) observou-se um reduzido número de indivíduos representativos das classes 1-2 e 2-3 meses, optando-se pelo tratamento conjunto de toda a amostra.

## Results

Of the 31 registered exams, only 28 were considered valid for the analysis due to irregularities in obtaining data from the remaining three exams. Thus, the sample consisted of 28 exams, of which 13 were female and 15 were male. This study included premature and full-term babies. In the stratification by age group (table 1), we observed a reduced number of individuals representing the 1-2 and 2-3 month groups, and for this reason decided to treat the entire sample as a whole.

Tabela 1 - Caracterização da amostra e dos parâmetros físicos utilizados.  
Table 1 - Characterization of the sample and physical parameters used.

Grupo Etário (meses) Age Group (months)	N		Peso(± DP) <sup>1</sup> (Kg) Weight (± SD <sup>1</sup> ) (Kg)		kVp(± DP) kVp (± DP)		mAs(± DP) mAs (± DP)	
	M <sup>2</sup>	F <sup>3</sup>	M	F	M	F	M	F
0-1	12	8	1.57 (0.61)	1.97 (0.73)	48.7 (1.28)	49.6 (2.06)	1.73 (0.20)	1.80 (0.21)
1-2	2	0	1.56 (0.08)	--	51.0 (1.41)	--	1.60 (0.00 <sup>4</sup> )	--
2-3	1	5	1.09 (--)	2.62 (0.09)	50.0 (--)	50.0 (1.41)	1.60 (--)	1.84 (0.21)

<sup>1</sup>DP – desvio padrão; <sup>2</sup>M – Género Masculino; <sup>3</sup>F – Género Feminino;

<sup>4</sup>Ambas as medições tiveram o mesmo valor;

<sup>1</sup>SD – standard deviation; <sup>2</sup>M – Male; <sup>3</sup>F – Female;

<sup>4</sup>Both measurements had the same value;

As DFF não foram contabilizadas devido à dificuldade da sua medição. Pelo mesmo motivo, a utilização (ou não) de colimação por parte dos técnicos também não foi registada.

As doses registadas no dosímetro colocado dentro da incubadora são apresentadas na Tabela 2, bem como os valores de DEP calculados pelo programa informático. A média do peso dos pacientes do género feminino ( $2.2 + 0.65$  Kg) era superior à média do peso dos pacientes do género masculino ( $1.53 + 0.56$  Kg).

The FFD was not considered due to the difficulty in its measurement. The use (or non-use) of collimation by the technicians was also not registered for the same reason.

The doses that were registered in the dosimeter placed inside the incubator are presented in Table 2, as well as the ESD values calculated by the computer program.

The average weight of the female patients ( $2.2 + 0.65$  Kg) was higher than the average weight of the male patients ( $1.53 + 0.56$  Kg).

Tabela 2 - Doses registadas nos dosímetros e doses calculadas por género.  
Table 2 - Registered doses in the dosimeters and calculated doses by gender

<b>Género</b> <i>Gender</i>	<b>Dose Registada</b> ( $\mu$ Sv) <i>Registered Dose</i> ( $\mu$ Sv)	<b>Dose Calculada</b> ( $\mu$ Sv) <i>Calculated Dose</i> ( $\mu$ Sv)
<b>Feminino</b> <i>Female</i>	0.10	61
	0.00	61
	0.20	74
	0.10	59,3
	0.00	74
	0.10	71,5
	0.10	55,2
	0.00	53,6
	0.20	67,2
	0.00	69,5
	0.10	55,6
	0.20	68,1
	0.10	77,8
<b>Masculino</b> <i>Male</i>	0,10	24,6
	0,10	24,1
	0,00	61,4
	0,00	61,4
	0,00	61,4
	0,10	61,4
	0,00	58,5
	0,00	61
	0,00	76,2
	0,00	59,3
	0,10	59,3
	0,00	55,2
	0,00	66,8
	0,10	66,8
	0,10	68

Sendo o peso uma variável determinante, verificou-se que a diferença entre os pesos das crianças do género feminino e as do género masculino, era estatisticamente significativa ( $p=0.005$ ).

Na globalidade, para os pacientes de género feminino, a média dos parâmetros físicos foram: 49.8 (+ 1.7) kVp e 1.8 (+0.2) mAs. Para os pacientes do género masculino, a média foi de 49.1 (+1.4) kVp e de 1.7 (+0.1)mAs.

A média da DEP calculada para o género feminino (65.21 + 8.0  $\mu$ Sv) foi superior à do género masculino (57.69 + 14.4  $\mu$ Sv). O mesmo se verificou para a média das doses medidas pelo dosímetro 0.09  $\mu$ Sv para o género feminino e 0.04  $\mu$ Sv para o género masculino. É importante salientar que os dosímetros nunca ficaram dentro do campo de irradiação.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores mínimos e os máximos do peso, mAs, kVp e DEP.

Verificou-se a existência de correlações entre a variável dependente DEP calculada e as variáveis independentes género, idade e peso. Relativamente às variáveis género ( $p=0.243$ ) e idade ( $p=0.185$ ), as correlações observadas não eram estatisticamente significativas. No entanto o mesmo não aconteceu com a variável peso, verificando-se uma correlação estatisticamente significativa ( $p=0.000$ ), ou seja, a DEP, foi essencialmente influenciada pelo peso das crianças, como seria esperado que acontecesse.

Apesar disso, verificou-se que a diferença de DEP, entre géneros, não era estatisticamente significativa ( $p=0.108$ ).

Since weight was the determining variable, we verified that the difference between the weight of the children who were female and those who were male was statistically significant ( $p=0.005$ ).

In global terms, the average physical parameters for the female patients were: 49.8 (+ 1.7) kVp and 1.8 (+0.2) mAs. For the male patients, the average was 49.1 (+1.4) kVp and 1.7 (+0.1) mAs.

The average ESD calculated for the female patients (65.21 + 8.0  $\mu$ Sv) was higher than that of the male patients (57.69 + 14.4  $\mu$ Sv). The same was verified for the average of the measured doses by the dosimeter: 0.09  $\mu$ Sv for the female patients and 0.04  $\mu$ Sv for the male patients. It is important to stress that the dosimeters were never inside the irradiation field.

In Table 3 the minimum and maximum weight, mAs, kVp and ESD values are presented.

We verified the existence of correlations between the calculated dependent variable, ESD, and the independent variables, gender, age and weight. Regarding the gender ( $p=0.243$ ) and age ( $p=0.185$ ) variables, the correlations observed were not statistically significant. However, the same did not occur with the weight variable where we verified a statistically significant correlation ( $p=0.000$ ). In other words, the ESD was essentially influenced by the children's weight as had been expected.

Despite this, we verified that the ESD difference between genders was not statistically significant ( $p=0.108$ ).

Tabela 3 - Máximo e mínimo das variáveis peso, kVp, mAs e DEP calculada  
Table 3 - Maximum and minimum variables: weight, kVp, mAs and calculated ESD

	N	Mínimo <i>Minimum</i>	Máximo <i>Maximum</i>	Média <i>Average</i>	Desvio Padrão <i>Standard Deviation</i>
PESO (g) <i>WEIGHT (g)</i>	28	735.0	3765.0	1853.1	684.6
kVp	28	46	53	49.4	1.6
mAs	28	1.6	2.0	1.7	0.1
DEP ( $\mu$ Sv) <i>ESD (<math>\mu</math>Sv)</i>	28	24.1	77.8	61.1	12.3

Assim, e apesar das diferenças no peso entre os géneros na amostra estudada, não é possível afirmar-se que as crianças do género feminino, pelo facto de terem, em média, maior peso, estão sujeitas a uma maior quantidade de radiação (DEP).

A distância mínima registada da incubadora do

Therefore, in spite of the weight differences between the genders in the studied sample, it is not possible to affirm that the female children, who on average had a higher weight, are subject to a higher quantity of radiation (ESD).

The minimum distance registered in the incubator of

paciente sob estudo à incubadora do paciente adjacente foi de 60 cm (Tabela 4). No dosímetro colocado no paciente adjacente, todas as leituras apresentaram um valor de 0 (zero)  $\mu\text{Sv}$ , independentemente de todas as distâncias medidas da incubadora do paciente adjacente em relação à incubadora do paciente sob estudo, e do técnico que realizava o exame.

Os exames foram efectuados por 8 técnicos diferentes, com idades entre os 30 e os 47 anos em que alguns utilizavam protecção radiológica e outros não.

A radiação ambiental registada com o dosímetro foi de  $0.07 \mu\text{Sv/h}$ , o que resulta numa exposição anual de  $0.613 \text{ mSv}$ .

the patient under study to the incubator of the adjacent patient was 60 cm (Table 4). In the dosimeter placed in the adjacent patient, all readings presented a value of 0 (zero)  $\mu\text{Sv}$ , independently of all the measured distances of the adjacent patient's incubator in relation to the incubator of the patient under study and the technician who carried out the examination.

The examinations were performed by eight different technicians between the ages of 30 and 47 where some used radiological protection and others did not.

The registered radiation environment with the dosimeter was  $0.07 \mu\text{Sv/h}$  which results in an annual exposition of  $0.613 \text{ mSv}$ .

Tabela 4 - Distâncias medidas desde a incubadora do paciente examinado à incubadora do paciente adjacente  
Table 4 - Average distances of the examined patient's incubator to the adjacent patient's incubator

Posição <i>Position</i>	Distância (m) <i>Distance (m)</i>	Distância média (m) / Desvio padrão (m) <i>Average distance (m) / Standard deviation (m)</i>
Direito <i>Right</i>	0,68	1,36  0,44
	0,76	
	1,43	
	1,54	
	1,64	
	1,65	
	1,79	
Esquerdo <i>Left</i>	0,61	1,32  0,48
	0,64	
	0,74	
	0,77	
	0,77	
	1,40	
	1,54	
	1,64	
	1,65	
	1,65	
	1,72	
	1,72	
	1,79	
1,84		
Frente <i>Front</i>	1,38	2,30  0,74
	2,04	
	2,70	
	3,07	
Diagonal <i>Diagonal</i>	0,60	0,64  0,05
	0,62	
	0,70	



## Discussão

O valor de DEP calculado com o programa informático, dados os parâmetros físicos utilizados em cada exame estava francamente abaixo do limite estabelecido pelo European Guidelines, que é de 80  $\mu\text{Gy}$ <sup>(1)</sup>. As doses medidas com os dosímetros estavam ainda mais abaixo que o valor de DEP calculada.

O facto de o dosímetro nunca ter ficado dentro do campo de irradiação, ter sido colocado a 12 cm do isocentro do chassi, e os reduzidos valores das leituras comparados com os valores de DEP calculados tendo em conta os parâmetros físicos administrados, sugere fortemente que, na realidade, a radiação medida pelo dosímetro seria proveniente de radiação difusa. Apesar de os dosímetros estarem colocados mais próximos dos que os utilizado por Burrage et al.<sup>(10)</sup>, (12 cm vs. 25 cm), a intensidade de corrente utilizada por estes foi de 3.2 mAs, enquanto que, nos 28 exames efectuados no Hospital D. Estefânia, a maior intensidade de corrente utilizada foi de 2 mAs.

O facto de o dosímetro colocado perto do paciente adjacente ao examinado não registar qualquer dose (0  $\mu\text{Sv}$ ), em todos os exames realizados, sugere que a radiação difusa para o paciente adjacente em UCIN's não é relevante.

A média do peso dos bebés do género feminino foi superior ao peso dos do género masculino o que poderia sugerir uma maior média de DEP calculada nas crianças femininas. Mas tal não se observou, provavelmente devido à inexistência de padronização no valor de kVp e mAs utilizados, bem como a utilização (ou não) de colimação.

Um facto preocupante é que dos 8 técnicos, apenas 3 utilizavam sistematicamente protecção radiológica. O Técnico de Radiologia deve ter sempre em conta a lei do inverso quadrado da distância e os princípios básicos da protecção radiológica, pois o paciente é toda uma fonte de radiação difusa. Recordar-se que a dose de radiação efectiva média anual não deve exceder 20 mSv em qualquer período de 5 anos consecutivos, não podendo exceder 50mSv nenhum ano<sup>(13)</sup>. Assim, em conformidade com as boas práticas, é importante para estes profissionais utilizarem sempre a protecção radiológica.

A radiação ambiental na UCIN era de 0.613 mSv/ano, o que está dentro do limite estabelecido internacionalmente para a população em geral de 1 mSv/ano<sup>(13)</sup>.

Poznanski et al.<sup>(12)</sup>, Duetting et al.<sup>(7)</sup> avaliaram a exposição de pessoal à radiação ionizante de pessoal numa UCIN, demonstrando que o abandono da sala seria desnecessário. Segundo Duetting et al.<sup>(7)</sup>, a equipa de trabalho ou os pais devem ter apenas em consideração a distância a que se encontram do feixe de Rx, que deverá ser no mínimo 150 cm.

## Discussion

The ESD values calculated in the computer program, given the physical parameters used in each examination, were frankly below the limit established by the European Guidelines, which is 80  $\mu\text{Gy}$ <sup>(1)</sup>. The doses measured with the dosimeters were even lower than the calculated ESD value.

The fact that the dosimeter was never within the irradiation field, since it was placed 12cm from the chassis isocenter, and the reduced reading values in comparison with the ESD values calculated in the physical parameters administered, strongly suggests that the measured radiation by the dosimeter actually originated from the diffuse radiation. Even though the dosimeters were placed closer than those used by Burrage et al.<sup>(10)</sup>, (12 cm vs. 25 cm), the intensity of the current used by them was 3.2 mAs, while in the 28 examinations performed in the D. Estefânia Hospital, the highest intensity of the current used was 2 mAs.

The fact that the dosimeter placed near the adjacent patient did not register any dose (0  $\mu\text{Sv}$ ) in all of the examinations carried out, suggests that the diffuse radiation for the adjacent patient in NICUs is irrelevant. The average weight of the female patients was higher than the weight of the males which could suggest a higher average of ESD in female children. However, this was not observed probably due to the inexistence of standardization in the kVp and mAs values used, as well as the use (or non-use) of collimation.

A worrisome fact is that of the eight technicians, only three systematically used radiological protection. Radiology technicians should always bear in mind the inverse square law of the distance and the basic principles of radiological protection because the patient is a diffuse radiation source. We remind that the effective annual radiation dose should not exceed 20 mSv in any period of 5 consecutive years, and should not exceed 50 mSv in any year<sup>(13)</sup>. Thus, in conformity with good practices, it is important for professionals to always use radiological protection.

The environmental radiation at the NUCI was 0.613 mSv/year, which is within the internationally established limit of 1 mSv/year for the population in general<sup>(13)</sup>.

Poznanski et al.<sup>(12)</sup> and Duetting et al.<sup>(7)</sup> assessed the exposition to ionizing radiation by staff in a NUCI and showed that abandoning the room was unnecessary. According to Duetting et al.<sup>(7)</sup>, the team working or the parents only have to take into consideration their distance from the x-ray beam, which should always be at a minimum of 150 cm.

We verified in this study that the measured doses for the adjacent patient were always zero at a measured minimum distance of 60 cm. This result allows us to agree with the above mentioned studies<sup>(7,12)</sup>. However, it

Verificou-se neste estudo que as doses mensuráveis para o paciente adjacente foram sempre zero, a uma distância mínima medida de 60 cm. Este resultado permite concordar com os estudos em acima mencionados<sup>(7,12)</sup>. No entanto, é importante referir que esta comparação é grosseira uma vez que as condições destes estudos não são iguais. Contudo, é importante assegurar que as pessoas estejam fora do raio do feixe de radiação<sup>(7)</sup>. Não existe também necessidade para afastar as incubadoras adjacentes.

As doses deste estudo foram também inferiores às obtidas por Milkovic et al.<sup>(8)</sup> uma vez que todas as medições realizadas por este foram na ordem dos mSv. Esta diferença poderá ter sido devido à adaptação dos parâmetros físicos e às condições de medição que foram diferentes em ambos os estudos.

Observou-se que, para crianças recém-nascidas com pesos iguais, houve uma abordagem técnica diferente, com parâmetros físicos diferentes. Embora seja difícil avaliar por observação o peso para utilização de parâmetros técnicos adequados, a uniformização dos procedimentos seria benéfica na tentativa de minimizar a dose de radiação aplicada a este tipo de pacientes, apesar de, os valores de DEP calculados se encontrarem muito abaixo dos valores de referência.

Na prática poderá haver equipamentos entre as incubadoras que possam atenuar a radiação primária e difusa, permitindo que as incubadoras possam ser posicionadas mais perto, mas este aspecto não foi tomado em consideração neste estudo. É importante salientar que a própria incubadora atenua o feixe primário.

Embora as novas técnicas e os novos métodos de diagnóstico tenham conduzido à realização de um maior número de exames radiológicos, o melhoramento dos equipamentos de RX e as medidas de protecção radiológicas (o posicionamento correcto, a delimitação do feixe à estrutura de interesse, e a utilização de programas de controlo de qualidade) podem realmente diminuir a exposição dos pacientes à radiação ionizante<sup>(8)</sup>.

## Conclusão

Este estudo demonstrou que, na amostra estudada, a DEP calculada com os parâmetros físicos utilizados ficava abaixo da DEP recomendada pela European Guidelines. As leituras obtidas nos pacientes examinados, com os dosímetros a 12 cm do isocentro do chassi, e nos pacientes adjacentes, atingiram níveis insignificantes, estando também abaixo dos limites de dose recomendados pelo artigo 13 da Directiva do Conselho da Euratom. Sendo assim, não devem existir preocupações quanto à exposição de pessoal quando são realizados exames com Rx nesta UCIN, ou seja, não será necessário que enfermeiros, médicos,

is important to refer that this is a rough comparison since we did not have the same conditions for these studies. Nonetheless, it is important to ensure that people be outside the radiation beam<sup>(7)</sup>. There is also no need to distance the adjacent incubators.

The doses in this study were also inferior to those obtained by Milkovic et al.<sup>(8)</sup> since all of the measures carried out by them concerned the mSv. This difference could be due to the adaptation of the physical parameters to the measurement conditions that were different in both studies.

We observed that there was a technically different approach with different physical parameters for the newborn children who had an equal weight. Although it is difficult to assess by observation the weight for appropriate technical parameters, the uniformization of the proceedings would be beneficial in the attempt to minimize the radiation dose applied to these types of patients despite the fact that the calculated ESD values were well below the referenced values.

In practice there could be equipment between the incubators that could attenuate the primary and diffuse radiation thus allowing for the incubators to be positioned closer. This aspect, nonetheless, was not considered in this study. It is important to highlight that the incubators themselves attenuate the primary beam.

Although new techniques and new diagnosis methods have lead to the realization of a higher number of radiological examinations, the improvement of x-ray equipment and the measures of radiological protection (correct positioning, the delimitation of the beam to the interested structure, and the use of quality control programs) can truly diminish the exposition of patients to ionizing radiation<sup>(8)</sup>.

## Conclusion

This study showed that in the studied sample the calculated ESD with the physical parameters used were below the ESD levels recommended by European Guidelines. The readings obtained in the examined patients, with the dosimeters at 12 cm from the chassis isocenter, and the adjacent patients reached insignificant levels, and were also below the dose limits recommended by article 13 of the Council Directive of Euratom. Therefore, there shouldn't be any worries concerning staff exposition when x-ray examinations are carried out in this NICU, that is, it is neither necessary for nurses, doctors, auxiliaries and parents to interrupt their activities or leave the room, nor do the incubators need to be separated during an x-ray examination.

In spite of the fact that the dose readings obtained with the dosimeters were not relevant in terms of radiological protection, it is important to always

auxiliares e pais interrompam as suas actividades ou abandonem a sala, nem o afastamento das incubadoras durante a realização de um exame de Rx.

Apesar das leituras de dose obtidas com os dosímetros não serem relevantes em termos de protecção radiológica, é importante ter-se sempre em atenção as boas práticas da protecção radiológica.

### Agradecimentos

Os nossos agradecimentos ao Hospital D. Estefânia (HDE) pela disponibilidade e apoio para a realização deste estudo, ao Serviço de Radiologia em particular à Técnica Coordenadora Cristina Almeida e ao Coordenador de Radiodiagnóstico Pediátrico Dr. Francisco Abecasis. Ao Director clínico adjunto Dr. Gonçalo Cordeiro Ferreira que possibilitou a execução deste trabalho e a toda a equipa da Unidade de Cuidados Intensivos Neonatal em especial à Dra. Micaela Serralha

maintain good practices for radiological protection.

### Acknowledgements

Our thanks go out to D. Estefânia Hospital for their availability and support in carrying out this study. Our special thanks also go to the Radiology Service, in particular to the Coordinating Technician Cristina Almeida and the Pediatric Radiodiagnosics Coordinator Dr. Francisco Abecasis. We are also grateful to the Adjunct Clinical Director, Dr. Gonçalo Cordeiro Ferreira who allowed for this study to be carried out and the entire team at the Neonatal Intensive Care Unit, especially Dra. Micaela Serralha.

### Referências / References

- [1]. European Commission. European Guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic in paediatrics. Office for official publications of the European Communities 1996; Brussels, Luxembourg
- [2]. American College of Radiology. Practice guideline for the performance of pediatric and adult chest radiography. ACR Practice Guideline - Chest Radiography 2006; 307-311. Disponível: [http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality\\_safety/guidelines/dx/chest/chest\\_radiography.aspx](http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/guidelines/dx/chest/chest_radiography.aspx)  
Consultado: 12 de Maio de 2008
- [3]. American College of Radiology. Practice guideline for diagnostic reference levels in medical x-ray imaging. ACR Practice Guideline – Guideline Diagnostic Reference 2006; 753-757 Disponível: [http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality\\_safety/RadSafety/RadiationSafety/guideline-diagnostic-reference.aspx](http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/RadSafety/RadiationSafety/guideline-diagnostic-reference.aspx)  
Consultado: 12 de Maio de 2008
- [4]. Oliveira ML, Khoury H. Influência do procedimento radiográfico na dose de entrada na pele de pacientes em raios-x pediátricos. Radiol Bras 2003;36(2):105-109.
- [5]. Wandtke JC. Bedside Chest Radiography. Radiol 1994;190(1):1-10.
- [6]. Quasney MW, Goodman DM, Billow M, Chiu H et al. Routine chest radiographs in pediatric intensive care units. Pediatrics 2001; 107(2): 241-248.
- [7]. Duetting T, Foerste B, Knoch T, Darge K et al. Radiation exposure during chest X-ray in premature intensive care unit: phantom studies. Pediatr Radiol 1999; 29: 158-162.
- [8]. Milkovic D, Ranogajec-Komor M, Ivanovi-Herceg Z, Knezevic Z et al. Doses in the vicinity of mobile X-ray equipment in a children's intensive care unit. Coll. Antropol. 2000; 1:235-240.
- [9]. Donadieu J, Zeghnoun Z, Roudier C, Maccia C et al. Cumulative effective doses delivered by radiographs to preterm infants in a neonatal intensive care unit. Paediatrics 2006;117:882-888.
- [10]. Burrage JW, Peter LR, Beeson BP. Scatter and transmission doses from several pediatric X-ray examinations in a nursery. Pediatrics 2003; 33: 704-708
- [11]. Miracle VA, Wigginton MA. Nurses and ionizing radiation: a study of two institutions. Crit Care Nurse 1990; 10:58-64, In: Duetting T, Foerste B, Knoch T, Darge K et al. Radiation exposure during chest X-ray in premature intensive care unit: phantom studies. Pediatr Radiol 1999; 29: 158-162.
- [12]. Poznanski AK, Kanellitsas CH, Roloff D, Borer R. Radiation exposure to personnel in a neonatal nursery. Pediatrics 1974; 54: 139-141
- [13]. EURATOM. Council Directive 96/29/EUROATOM, laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangerous arising from ionizing radiation, 13 May 1996.