

# Estudo da dose nos exames de tomografia computadorizada abdominal em um equipamento de 6 cortes\*

*Dosimetry in abdominal imaging by 6-slice computed tomography*

Sónia Isabel Rodrigues<sup>1</sup>, António Fernando Abrantes<sup>2</sup>, Luis Pedro Ribeiro<sup>3</sup>, Rui Pedro Pereira Almeida<sup>4</sup>

**Resumo** **Objetivo:** Determinar a dose efetiva recebida nos exames de tomografia computadorizada abdominal e estudar a influência das características dos pacientes na dose recebida. **Materiais e Métodos:** Foram realizadas medições dos valores de dose com uma câmara de ionização em objetos simuladores, de forma a verificar se os valores obtidos estavam de acordo com os valores apresentados pelo equipamento de tomografia computadorizada e se estes não ultrapassavam os níveis de referência de dose recomendados. Posteriormente, foram medidos os valores de dose recebida pelos pacientes, com autonomia física, nos exames de tomografia computadorizada abdominal ( $n = 100$ ) e a relação existente com as suas características antropométricas. Por último, foi simulada a dose nos órgãos por meio do método de Monte Carlo utilizando o *software* de simulação CT-Expo V 1.5, e estudado o efeito do controle automático de exposição nestes exames. **Resultados:** As principais características com influência direta na dose são a massa corporal, o perímetro abdominal e o índice de massa corporal do paciente, cuja relação é linear e positiva. **Conclusão:** A dose de radiação recebida nos exames abdominais depende de algumas características dos pacientes, sendo importante ajustar os parâmetros de aquisição às suas dimensões.

**Unitermos:** Tomografia computadorizada; Dosimetria; ALARA; CTDI; Otimização; Índice de massa corporal.

**Abstract** **Objective:** To determine the effective dose in abdominal computed tomography imaging and to study the influence of patients' characteristics on the received dose. **Materials and Methods:** Dose values measurements were performed with an ionization chamber on phantoms to check the agreement between dose values and those presented by the computed tomography apparatus, besides their compliance with the recommended reference dose levels. Later, values of dose received by physically able patients submitted to abdominal computed tomography ( $n = 100$ ) were measured and correlated with their anthropometric characteristics. Finally, the dose to organs was simulated with the Monte Carlo method using the CT-Expo V 1.5 software, and the effect of automatic exposure control on such examinations. **Results:** The main characteristics directly influencing the dose include the patients' body mass, abdominal perimeter and body mass index, whose correlation is linear and positive. **Conclusion:** The radiation dose received from abdominal CT scans depends on some patient's characteristics, and it is important to adjust the acquisition parameters to their dimensions.

**Keywords:** Computed tomography; Dosimetry; ALARA; CTDI; Optimization; Body mass index.

Rodrigues S, Abrantes AF, Ribeiro LP, Almeida RPP. Estudo da dose nos exames de tomografia computadorizada abdominal em um equipamento de 6 cortes. *Radiol Bras.* 2012 Nov/Dez;45(6):326-333.

\* Trabalho realizado na Escola Superior de Saúde da Universidade do Algarve, Portugal.

1. Mestre, Técnica de Radiologia no Hospital de Faro, EPE, Professora no Departamento de Radiologia da Escola Superior de Saúde da Universidade do Algarve, Portugal.

2. Mestre, Doutorando em Sociologia, Membro do Centro de Investigação CESNOVA da Universidade Nova Lisboa, Professor no Departamento de Radiologia da Escola Superior de Saúde da Universidade do Algarve, Portugal.

3. Doutor, Membro do Centro de Investigação CIDAD da Universidade de Coimbra, Professor no Departamento de Radiologia da Escola Superior de Saúde da Universidade do Algarve, Portugal.

4. Licenciado, Doutorando em Biomedicina na Universidade da Beira Interior, Professor no Departamento de Radiologia da Escola Superior de Saúde da Universidade do Algarve, Portugal.

Endereço para correspondência: Prof. Rui Almeida. Avenida Doutor Adelino da Palma Carlos, 8000-510. Faro, Portugal. E-mail: rpalmeida@ualg.pt

Recebido para publicação em 11/6/2012. Aceito, após revisão, em 11/9/2012.

## INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada (TC) foi introduzida na imagiologia médica em 1972 e, desde então, tem-se desenvolvido rapidamente, tanto em termos de desempenho técnico como no uso clínico. A TC em espiral e, em particular, a última geração de detectores com capacidade multicorte, permitiram um melhoramento no tempo de aquisição e na qualidade de imagem, o que resulta numa informação de elevada confiança, acerca de todas as partes do corpo humano, sem artefatos de movimento provenientes dos movimentos

peristálticos e respiratórios<sup>(1)</sup>. A gama de aplicações tem aumentado, por exemplo, por meio da angiografia por TC, da endoscopia virtual, de estudos multifase com contraste, reformatações multiplanares e volumétricas<sup>(2,3)</sup>.

Com o crescente aumento de aplicações, a contribuição relativa da TC para a dose resultante de exames médicos tem aumentado proporcionalmente<sup>(4)</sup>. Em razão de essas doses serem relativamente elevadas, acabam por ter um grande impacto sobre as doses na população, pelo que a avaliação das exposições médicas nos exames de TC é particularmente importante<sup>(5)</sup>.

Em 2007, nos EUA, a dose efetiva coletiva estimada para os exames de TC, mesmo após ajuste para o tamanho da população, era de 440.000 Sv em comparação com 18.000 Sv no Reino Unido, sendo que a dose de radiação atribuída à TC foi 0,35 mSv *per capita* da população no Reino Unido e 1,5 mSv nos EUA<sup>(5)</sup>.

Um dos efeitos biológicos da radiação ionizante é a indução de câncer. Estudos recentes concluíram que existe uma probabilidade de indução de câncer de 1 em 1.000 para uma exposição de 10 mSv. Nas crianças ainda é mais crítico, dado que a ocorrência de câncer tem mais tempo para se manifestar<sup>(6)</sup>.

Por todas estas razões, a redução de dose em TC é extremamente importante, devendo existir uma justificação adequada dos exames realizados, o uso de parâmetros técnicos apropriados, a realização de controle de qualidade do equipamento e a aplicação de níveis de referência de diagnóstico o mais baixos possíveis<sup>(1)</sup>.

Devido a geometria e aplicação da técnica de TC, esta é uma modalidade que possui um conjunto de grandezas para quantificar a exposição à radiação, nomeadamente: índice de dose em tomografia computadorizada (CTDI), produto dose-comprimento (DLP) e dose efetiva<sup>(7)</sup>. A medição da dose em TC pode ser efetuada pelo método de simulação Monte Carlo ou por dosímetros, tais como, filmes radiofotográficos, dosímetros termoluminescentes e câmaras de ionização.

Assim, e na sequência do referido anteriormente, o presente estudo teve como objetivo a determinação dos valores de dose recebidos nos exames de TC abdominal e a sua relação com as características antropométricas do paciente, a saber, o sexo, a idade, a massa corporal, a estatura, o índice de massa corporal (IMC) e o perímetro abdominal.

A realização deste trabalho de investigação é considerada de grande importância, uma vez que os exames abdominais são os mais frequentes entre os exames de TC, sendo também os que mais contribuem para a dose de radiação recebida. É também objetivo do presente estudo, em função dos resultados obtidos, a apresentação de um conjunto de recomendações que permitem otimizar a dose neste tipo de exames.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A população alvo deste estudo consistiu nos pacientes que realizaram exames de TC abdominal, no Serviço de Imagiologia do Hospital de Faro, EPE, região sul de Portugal. A amostra utilizada é formada por 100 pacientes, os quais realizaram exame com marcação prévia e com autonomia física. A idade dos pacientes é compreendida entre os 14 e os 87 anos, sendo 44 do sexo feminino e 56 do sexo masculino.

Anteriormente à determinação da dose recebida pela amostra deste estudo, foram realizadas medições dos valores de dose com uma câmara de ionização em fantomas, de forma a verificar se os valores obtidos estavam de acordo com os valores apresentados pelo equipamento de TC e se estes não ultrapassavam os níveis de referência de diagnóstico recomendados pela European Guidelines<sup>(1)</sup>.

Posteriormente, foram medidos os valores de dose recebida pelos pacientes nos exames de TC abdominal e estudada a relação existente com as características antropométricas dos pacientes. Por fim, foi simulada a dose nos órgãos pelo método de Monte Carlo utilizando o *software* de simulação CT-Expo V 1.5 e estudado o efeito do controle automático de exposição nestes exames. Os resultados obtidos foram analisados utilizando o *software* SPSS V 16.0.

### Verificação dos valores de dose do equipamento de TC

Os valores de dose de CTDI obtidos por meio do equipamento de TC foram verificados mediante medição da dose em fantomas de acrílico, com uma câmara de ionização e um eletrômetro<sup>(8)</sup>. Os valores de dose foram medidos para os protocolos de rotina do crânio, tórax, abdome superior e pelve. Para medir a dose no exame de crânio, foi utilizado um fantoma de cabeça, com 16 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento, ao passo que nos exames de tórax, abdome e pelve foi utilizado um fantoma de corpo com 32 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento.

O valor de CTDI<sub>100</sub> foi medido no centro de cada fantoma e em quatro pontos diferentes da periferia, a partir dos quais se calculou a média ponderada, o CTDI<sub>w</sub> (equação 1)<sup>(7)</sup>.

$$CTDI_{100} = \frac{1}{NT} \int_{-50\text{ mm}}^{50\text{ mm}} D(z) dz$$

$$CTDI_w = \left(\frac{1}{3} \cdot CTDI_{100}\right)_{\text{centro}} + \left(\frac{2}{3} \cdot CTDI_{100}\right)_{\text{periferia}}$$

Finalmente, obtemos o CTDI<sub>Vol</sub>, tendo em conta o *pitch* (fator de passo) utilizado na aquisição (equação 2)<sup>(7)</sup>.

$$CTDI_{Vol} = \frac{CTDI_w}{pitch}$$

O valor de DLP foi calculado através do produto do CTDI<sub>Vol</sub> pelo comprimento da aquisição *L* (equação 3)<sup>(7)</sup>.

$$DLP = CTDI_{Vol} \cdot L$$

A dose efetiva (*E*) foi calculada multiplicando o valor de DLP por um fator de conversão específico para cada região, *E*<sub>DLP</sub> (equação 4)<sup>(7)</sup>.

$$E = E_{DLP} \cdot DLP$$

### Medição das características antropométricas dos pacientes

Os dados relativos aos pacientes que integram a amostra foram obtidos utilizando uma balança de impedância e fitas métricas: massa corporal, massa gorda, massa magra, total de água corporal, estatura, IMC e perímetro abdominal (ao nível das cristas ilíacas). Os pacientes foram devidamente abordados, sendo-lhes explicado o tipo de medições a realizar e o motivo para o estudo, pedindo-lhes seu consentimento.

O IMC, sendo um parâmetro que interpreta a massa corporal em relação a diferenças individuais de estatura, é uma ferramenta eficaz na identificação de obesidade, possibilitando a sua classificação em sub-grupos<sup>(9)</sup>: peso insuficiente (< 18,5 kg/m<sup>2</sup>); peso normal (18,6–24,9 kg/m<sup>2</sup>); excesso de peso (25,0–29,9 kg/m<sup>2</sup>); obesidade classe I (30,0–34,9 kg/m<sup>2</sup>); obesidade classe II (35,0–39,9 kg/m<sup>2</sup>); e obesidade classe III (> 40,0 kg/m<sup>2</sup>).

### Determinação da dose nos exames de TC abdominal

Os exames realizados neste estudo foram efetuados com um equipamento Siemens Somatom Emotion 6, um sistema espiral multicorte de 6 cortes. Nos exames de TC abdominal, foram utilizados dois protocolos: a) numa parte da amostra (80 pacientes) aplicou-se protocolo de rotina

do Serviço, com 130 kVp, 100 mAs de referência,  $6 \times 2,0$  mm de colimação, *pitch* de 1,25, tempo por rotação de 0,6 s; b) na amostra restante (20 pacientes) foi aplicado protocolo mais antigo, com 120 mAs de referência e *pitch* de 0,85, mantendo inalteráveis os parâmetros restantes. A utilização destes dois protocolos permitiu comparar os valores de dose obtidos.

Alguns dos pacientes, apesar de terem realizado exames de TC abdominal, realizaram também exames de TC pélvico. Os parâmetros destes últimos exames foram utilizados para complementar este estudo e comparar os valores de dose.

A maioria dos exames realizados é constituída por duas séries, uma sem contraste (pré-contraste) e outra com contraste (pós-contraste) intravenoso, dependendo das indicações clínicas.

#### Determinação da dose nos órgãos

A dose nos órgãos foi calculada apenas para os pacientes que realizaram exame de TC abdominal e pélvico, usando o *software* de simulação CT-Expo V 1.5, baseado no método de Monte Carlo. Todos os cálculos de dose são efetuados em fantasmas matemáticos, em que o sexo masculino é representado por um fantoma com 1,70 m de estatura e 70 kg de massa corporal, enquanto o sexo feminino é representado por um fantoma com 1,60 m de estatura e 60 kg de

massa corporal<sup>(10)</sup>. Neste cálculo foram introduzidos alguns dos parâmetros de aquisição: kVp, mAs, *feed/rotation*, colimação, início e fim da aquisição.

#### Efeito do controle automático de exposição

O equipamento de TC utilizado neste estudo possui uma aplicação de controle automático de exposição, o CARE Dose 4D, que permite modular a corrente do tubo de acordo com as dimensões do paciente. Esta aplicação possibilita obter um equilíbrio entre a qualidade da imagem e os baixos níveis de dose de radiação, ou seja, permite reduzir ou aumentar o valor de mAs efetivos, dependendo das dimensões do paciente<sup>(11,12)</sup>.

### RESULTADOS

Os principais resultados obtidos neste estudo são apresentados a seguir. Em primeiro lugar, são apresentados os resultados referentes à verificação dos valores de dose medidos pelo equipamento de TC, seguindo-se os resultados das características antropométricas dos pacientes, dos valores de dose dos exames e da relação da dose efetiva com as características antropométricas dos pacientes. Por fim, são mostrados os resultados da dose nos órgãos e do efeito do controle automático de exposição.

#### Verificação dos valores de dose do equipamento de TC

Os valores de dose obtidos com a câmara de ionização e com o equipamento de TC Siemens Somatom Emotion 6 em fantasmas são apresentados na Tabela 1 para os exames de rotina de crânio, tórax, abdome e pelve. Os valores de referência de dose recomendados pela European Guidelines<sup>(1)</sup> são apresentados na Tabela 2.

#### Características antropométricas dos pacientes

Os pacientes que constituem a amostra deste estudo têm idade compreendida entre 14 e 87 anos, sendo 44 do sexo feminino e 56 do sexo masculino. A massa corporal dos pacientes varia entre 39,2 e 104,2 kg, e a estatura entre 1,40 e 1,82 m, estando o IMC da amostra compreendido entre 15,9 e 45,4 kg.m<sup>2</sup>. Os valores médios dos parâmetros antropométricos da amostra são: 59,5 anos de idade, 1,55 m de estatura, 63,63 kg de massa corporal, 21,99 kg de massa gorda, 41,64 kg de massa magra, 30,49 kg de total de água corporal, 93 cm de perímetro abdominal e 26,51 kg.m<sup>2</sup> de IMC.

#### Dose nos exames de TC abdominal

Todos os pacientes da amostra realizaram exame de TC abdominal, dos quais 41 realizaram apenas exame sem contraste intravenoso, enquanto os restantes realizaram

**Tabela 1** Resultados dos cálculos dos valores de CTDI<sub>Vol</sub>, DLP e dose efetiva, para os exames de TC de rotina de crânio, tórax, abdome e pelve, medidos com a câmara de ionização e com o equipamento de TC em fantasmas.

Exame	Câmara de ionização			Equipamento de TC		
	CTDI <sub>Vol</sub> (mGy)	DLP (mGy.cm)	Dose efetiva (mSv)	CTDI <sub>Vol</sub> (mGy)	DLP (mGy.cm)	Dose efetiva (mSv)
Crânio	65 ± 3	1131 ± 54	2,6 ± 0,1	61,6 ± 0,0	1078,0 ± 0,0	2,5 ± 0,0
Tórax	13 ± 1	401 ± 35	6,8 ± 0,6	11,9 ± 0,1	357,0 ± 2,1	6,8 ± 0,0
Abdome	14,1 ± 1,6	282,2 ± 33,0	4,8 ± 0,6	16 ± 0	328,8 ± 3,8	5,6 ± 0,1
Pelve	14 ± 3	274 ± 31	5 ± 1	15,7 ± 0,2	314 ± 3	4,3 ± 0,1

**Tabela 2** Valores de CTDI<sub>Vol</sub>, DLP e dose efetiva, para os exames de TC de rotina de crânio, tórax, abdome e pelve, recomendados pela European Guidelines<sup>(1)</sup>.

Exame	Níveis de referência de dose para exames de TC em pacientes adultos		
	CTDI <sub>Vol</sub> (mGy)	DLP (mGy.cm)	Dose efetiva (mSv)
Crânio	60	1050	2
Tórax	30	650	12
Abdome	35	780	13
Pelve	35	570	10

exame sem e com contraste intravenoso. Adicionalmente ao exame abdominal, 63 pacientes realizaram exame de TC pélvico, em que 29 pacientes efetuaram exame apenas sem contraste intravenoso, 14 pacientes efetuaram exame apenas com contraste e 20 pacientes efetuaram exame sem e com contraste intravenoso.

A principal indicação clínica para a realização destes exames foi tumoral (75%),

sendo os principais tumores o carcinoma do cólon (17%) e a neoplasia do pulmão (12%). Assim, os principais órgãos de interesse para diagnóstico nos exames abdominais foram o fígado e as glândulas suprarrenais, nomeadamente na pesquisa de metástases, e o principal órgão de interesse nos exames pélvicos foi o cólon, uma vez que o carcinoma neste órgão é a principal indicação clínica.

Em relação à dose de radiação recebida pelos pacientes durante os exames de TC abdominal e pélvico realizados com os diferentes protocolos, os valores médios de  $CTDI_{vol}$ , DLP e dose efetiva são apresentados na Tabela 3. O  $CTDI_{vol}$  e DLP foram retirados dos protocolos do equipamento de TC e a dose efetiva foi calculada com base na equação 4.

### Relação da dose efetiva com as características antropométricas

De forma a relacionar os valores de dose efetiva (calculada de acordo com a equação 4) com as características antropométricas dos pacientes, foram efetuados testes estatísticos de regressão linear e de correlação. Assim, a dose efetiva foi analisada em função do sexo, idade, altura, perímetro abdominal, massa corporal, massa gorda, massa magra, total de água corporal e IMC. No estudo em função do sexo observou-se que os pacientes do sexo masculino recebem uma dose superior nos exames de TC abdominal e inferior nos exames de TC pélvico, em relação ao sexo feminino. No que diz respeito a idade e altura, verificou-se que não influenciam a dose efetiva re-

cebida. Em relação ao perímetro abdominal dos pacientes, verificou-se que tem influência na dose recebida, o mesmo acontecendo para a sua composição corporal, ou seja, a dose efetiva aumenta com o aumento da massa corporal, massa gorda, massa magra, total de água corporal e IMC. Na Figura 1 é representada graficamente a dose efetiva recebida nos exames de TC abdominal e TC pélvico, em função do perímetro abdominal, da massa corporal e do IMC. Estes parâmetros são os que mais influenciam a dose efetiva, tendo sido agrupados em intervalos, para evitar alguma dispersão dos resultados, apresentando-se a dose efetiva média para cada um desses intervalos.

O resultado da regressão linear ( $R^2$ ) entre a dose efetiva e perímetro abdominal, massa corporal e IMC foi 0,868, 0,949 e 0,969, respectivamente, ao passo que a correlação ( $R$  de Pearson) entre a dose efetiva e estes parâmetros foi 0,694, 0,754 e 0,695, respectivamente, para  $p < 0,01$ .

### Dose nos órgãos

Como referido anteriormente, a dose média nos órgãos foi calculada para cada tipo de exame com base no método de Monte Carlo e é representada no gráfico da Figura 2.

No total, os órgãos que recebem mais dose de radiação são o intestino grosso, o intestino delgado, os rins, o baço, o estômago e o fígado. Nos exames abdominais são os rins, as glândulas suprarrenais, o pâncreas, o baço, o estômago e o fígado. Já nos exames pélvicos os órgãos que rece-

bem mais dose são o útero, o intestino delgado, a bexiga, os ovários e o cólon.

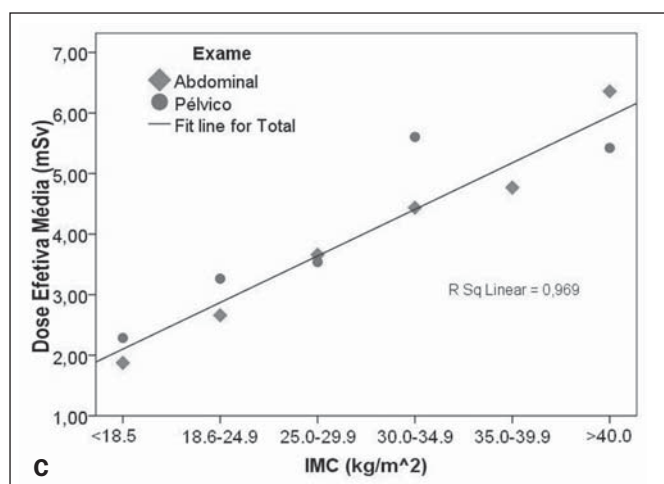
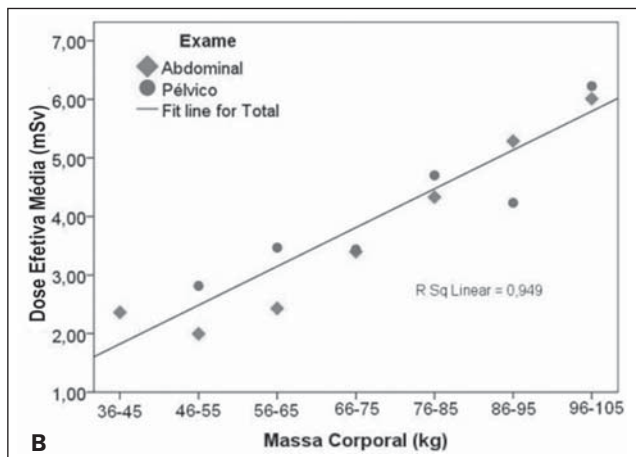
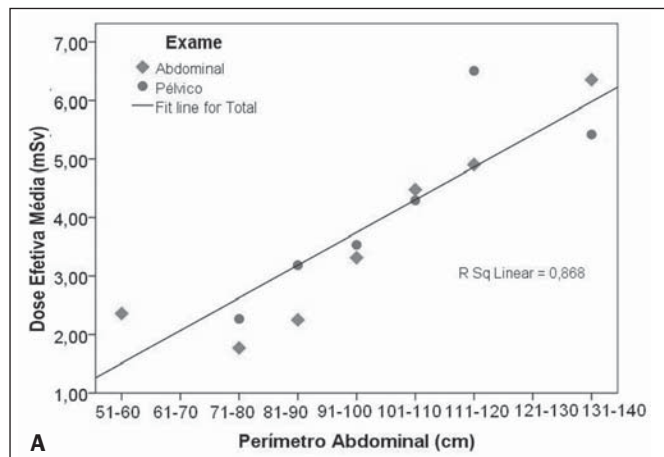
### Efeito do controle automático de exposição

No estudo do efeito do controle automático de exposição, foram apenas analisados os exames realizados com 100 mAs de referência. A aplicação de *software* do equipamento utilizado, o CARE Dose 4D, permitiu ajustar o valor dos mAs nos exames realizados, considerando as séries sem e com contraste, reduzindo esse valor em 173 dessas séries, aumentando-o em 22 séries e mantendo-o inalterado em apenas 4 séries. Nos exames de TC abdominal, em que ocorreu redução de mAs, o valor de mAs efetivos variou entre 37,0 e 97,0 mAs, enquanto nos exames de TC pélvico, nas mesmas condições, o valor de mAs efetivos variou de 48,0 a 96,0 mAs. A redução média de mAs nos exames de TC abdominal foi 35,34% e nos exames de TC pélvico foi 31,03%. Na Figura 3 são apresentados os gráficos da redução do valor de mAs em função do IMC dos pacientes, nos exames abdominais e pélvicos.

O CARE Dose 4D, como referido anteriormente, também permite aumentar o valor de mAs no caso dos pacientes com IMC superior, de maneira a manter a boa qualidade de diagnóstico da imagem. Nos exames de TC abdominal, o valor de mAs variou entre 104,0 e 146,0 mAs, e nos exames de TC pélvico variou entre 107,0 e 148,0 mAs. O valor médio de aumento de mAs nos exames abdominais foi 22,8%, enquanto nos exames pélvicos foi 20,1%.

**Tabela 3** Valores médios de dose de  $CTDI_{vol}$ , DLP e dose efetiva relativos às séries pré-contraste e pós-contraste dos exames de TC abdominal e TC pélvico (intervalo de confiança: 95%).

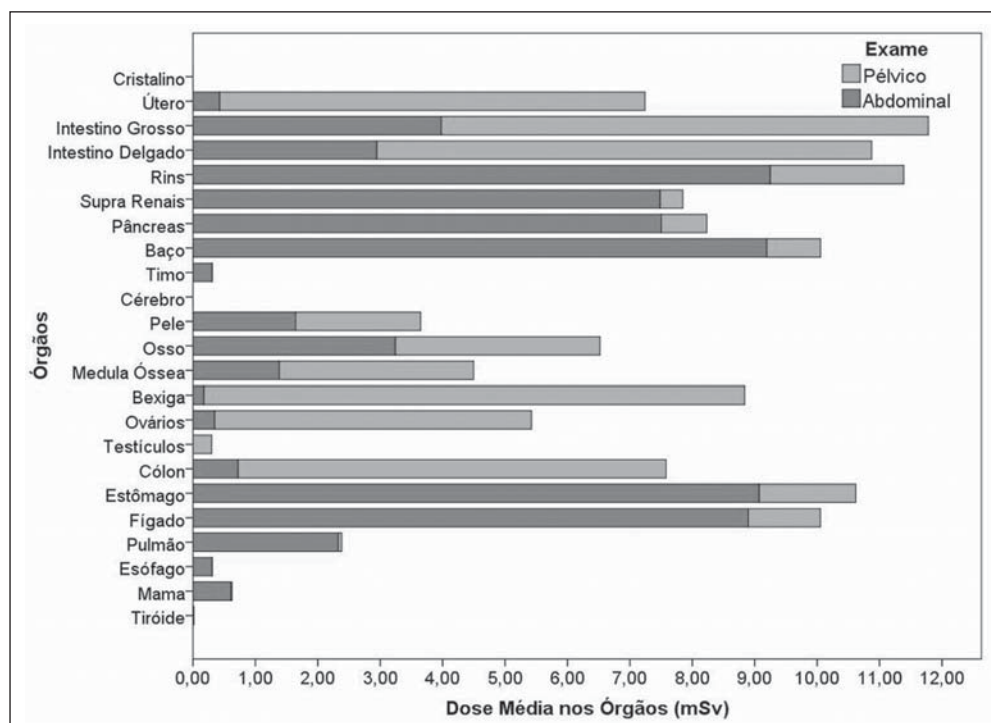
mAs referência	Exame	Série	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy.cm)	Dose efetiva (mSv)	
120 mAs	Abdominal	Pré-contraste	11 ± 4	252 ± 106	4 ± 2	
		Pós-contraste	11 ± 4	251 ± 122	4 ± 2	
		Total (n = 28)	11 ± 4	252 ± 108	4 ± 2	
	Pélvico	Pré-contraste	11 ± 2	254 ± 77	4 ± 1	
		Pós-contraste	8 ± 2	195 ± 43	3 ± 1	
		Total (n = 15)	10 ± 2	243 ± 75	4 ± 1	
	100 mAs	Abdominal	Pré-contraste	8 ± 3	186 ± 68	3 ± 1
			Pós-contraste	8 ± 3	179 ± 66	3 ± 1
			Total (n = 131)	8 ± 3	183 ± 67	3 ± 1
Pélvico		Pré-contraste	9 ± 2	212 ± 64	4 ± 1	
		Pós-contraste	9 ± 3	206 ± 61	3 ± 1	
		Total (n = 68)	9 ± 2	209 ± 62	4 ± 1	



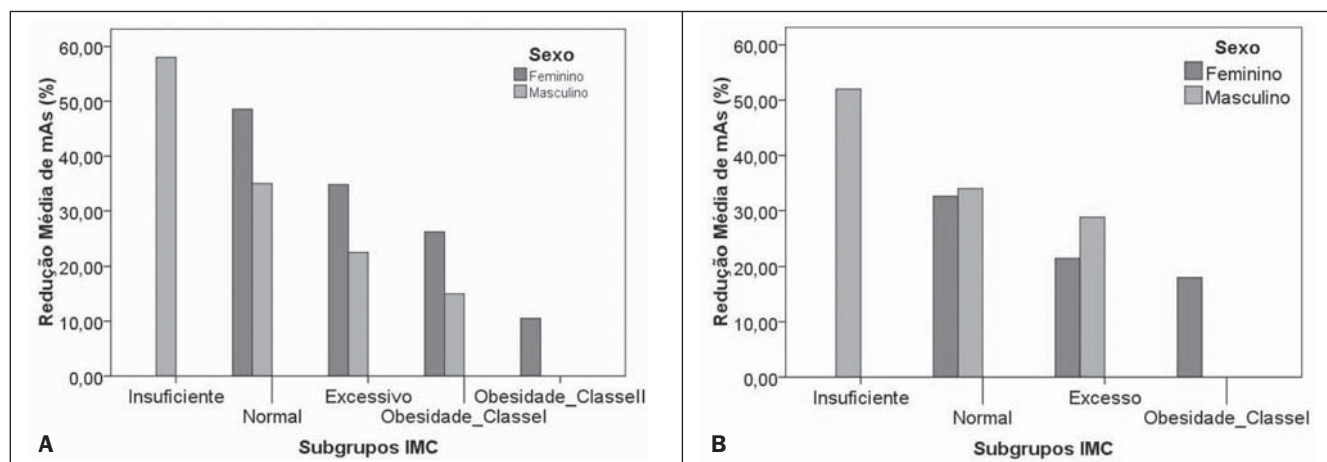
**Figura 1A.** Representação gráfica da dose efetiva média em função do perímetro abdominal, e da respectiva regressão linear, nos exames de TC abdominal e pélvico.

**Figura 1B.** Representação gráfica da dose efetiva média em função da massa corporal, e da respectiva regressão linear, nos exames de TC abdominal e pélvico.

**Figura 1C.** Representação gráfica da dose efetiva média em função do IMC, e da respectiva regressão linear, nos exames de TC abdominal e pélvico.



**Figura 2.** Dose média nos órgãos para os exames de TC abdominal e pélvico, calculada com o software CT-Expo V 1.5.



**Figura 3.** Representação gráfica da redução média de mAs em função do subgrupo de IMC, nos exames de TC abdominal (A) e pélvico (B), realizados com 100 mAs de referência, para o sexo feminino e masculino.

## DISCUSSÃO

### Verificação dos valores de dose do equipamento de TC

Os resultados obtidos na verificação dos valores da dose do equipamento de TC, medidos com a câmara de ionização nos fantomas de cabeça e de corpo, demonstraram que o equipamento Siemens Somatom Emotion 6 utilizado neste estudo se encontra calibrado relativamente às condições de dose aplicadas nos protocolos de rotina de crânio, tórax, abdome e pelve. Os resultados obtidos evidenciam também que os valores de dose nestes exames não ultrapassam os níveis de referência de diagnóstico recomendados pela European Guidelines<sup>(1)</sup>.

### Dose nos exames de TC abdominal

Nos exames realizados observou-se que a maioria dos pacientes realizou exames sem e com contraste (59 pacientes) e que 63 também realizaram exame de TC pélvico, dos quais 20 realizaram igualmente duas séries. Com base nos resultados de dose obtidos nestes exames, verificamos que um paciente que tenha realizado exame de TC abdominal e de TC pélvico, ambos com duas séries, receberam uma dose efetiva total de 13,29 mSv. Tal como referido anteriormente, este valor de dose representa algum risco na indução de câncer, uma vez que uma dose de 10 mSv tem uma probabilidade de 1/1.000 de indução de câncer<sup>(6)</sup>.

Neste estudo foram utilizados dois protocolos diferentes, um com 120 mAs e o outro com 100 mAs. No primeiro a dose

efetiva média foi 4,28 mSv no exame abdominal e 4,12 mSv no exame pélvico, enquanto no segundo a dose efetiva média foi 3,12 mSv no exame abdominal e 3,55 mSv no exame pélvico. Em ambos os protocolos os valores de dose são inferiores aos níveis de referência de diagnóstico (13,25 mSv para o abdome e 9,69 mSv para a pelve). Tal como previsto, quanto menor o produto corrente.tempo (mAs), menor a dose<sup>(7)</sup>. Nos exames pélvicos, a dose média foi superior à dos exames abdominais. Esta diferença deve-se à presença de estruturas de densidades diferentes nestas regiões. A região pélvica é constituída por mais estruturas ósseas do que a região abdominal. Outro fato observado foi que nos exames pós-contraste a dose efetiva média foi inferior em relação aos exames pré-contraste. Este fato deve-se a um ajuste mais restrito da *range* (área de aquisição) à região de interesse.

Em um estudo realizado na Malásia sobre a dose nos exames de TC abdominal, os valores de dose efetiva obtidos foram superiores (7,2 mSv) aos obtidos no presente estudo<sup>(13)</sup>. Esta diferença deve-se essencialmente ao equipamento e os parâmetros de aquisição do protocolo serem diferentes.

### Relação da dose efetiva com as características antropométricas

No estudo da relação da dose efetiva com as características antropométricas dos pacientes, os resultados demonstram que a característica com maior relação com a

dose efetiva é a massa corporal, com uma correlação linear positiva alta ( $R = 0,754$ ;  $p < 0,01$ ). O IMC ( $R = 0,695$ ), o perímetro abdominal ( $R = 0,694$ ), a massa gorda ( $R = 0,634$ ), o total de água corporal ( $R = 0,502$ ), a massa magra ( $R = 0,482$ ) e a porcentagem de massa gorda ( $R = 0,399$ ) apresentaram, por ordem decrescente, uma correlação linear positiva moderada ( $p < 0,01$ ). Em relação à idade e à estatura, estas características não apresentam significância na correlação com a dose efetiva. Os resultados da dose efetiva obtidos em função do sexo demonstram que nos exames abdominais são os homens que recebem maior quantidade de dose, enquanto nos exames pélvicos a mulher recebe mais dose. Estas diferenças devem-se à diferente forma anatômica, enquanto os homens possuem um perímetro abdominal superior ao das mulheres, as mulheres possuem um perímetro pélvico superior ao dos homens.

Em um outro estudo sobre a influência das dimensões do paciente na dose de radiação foi igualmente obtida uma correlação linear positiva entre a massa corporal do paciente e a corrente do tubo, ou seja, com a dose efetiva<sup>(7,13)</sup>.

### Dose nos órgãos

Nos resultados da dose nos órgãos, verificamos que os órgãos que recebem mais dose são o intestino delgado, o intestino grosso, o útero, os rins, as glândulas suprarrenais, o pâncreas, o baço, a bexiga, os ovários, o cólon, o estômago e o fígado, uma vez que estes são os principais órgãos

posicionados na região de interesse destes exames e os mais radiosensíveis.

Toossi e Dastgherdi estudaram a dose nos órgãos em exames de TC realizados no Irã, utilizando o *software* CT-Dose, e verificaram que os órgãos que receberam mais dose nos exames de TC abdominal e pélvico foram os mesmos que no nosso estudo<sup>(14)</sup>.

### **Efeito do controle automático de exposição**

Todos os exames deste estudo foram efetuados com controle automático de exposição, utilizando a aplicação CARE Dose 4D do equipamento de TC. Este método permitiu reduzir a dose de radiação pela diminuição do valor dos mAs. A redução máxima do valor de mAs foi 63,0% e 52,0% nos exames abdominais e nos exames pélvicos, respectivamente. A redução de mAs representa uma redução de dose equivalente, uma vez que a dose varia linearmente com os mAs, quando todos os outros parâmetros de aquisição são mantidos constantes. Não obstante a esta redução de dose, esta aplicação também permitiu aumentar os valores dos mAs, no caso de pacientes com IMC superior, de modo a manter uma boa qualidade da imagem de diagnóstico, aumentando, consequentemente, a dose nestes pacientes.

Em um estudo realizado por Tack et al. verificou-se que a redução dos mAs efetivos foi 15% a 20% e que esta redução era significativamente inferior nos homens do que nas mulheres, associando-se esta diferença à variação do IMC<sup>(15)</sup>.

### **Recomendações para otimização da dose**

O estudo realizado permitiu estudar os vários fatores que influenciam a dose efetiva recebida pelos pacientes que realizam exames de TC, possibilitando a realização de um conjunto de recomendação para otimizar a dose:

1) Sensibilidade dos detectores – Na aquisição do equipamento de TC é importante levantar questões sobre o desempenho do sistema e sobre a redução da dose. Os equipamentos de TC de diferentes fabricantes não são similares na sensibilidade dos detectores nem no seu desempenho.

2) Manutenção e controle de qualidade do equipamento – A repetição de um exame

por avaria do equipamento aumenta a dose, sem benefício para o paciente. A implementação de um programa de controle de qualidade permite reduzir este tipo de incidente.

3) Justificação dos exames – Estudar a relação risco/benefício e se o exame pode ser substituído por outro tipo de exame que não utilize radiação ionizante.

4) Níveis de referência de diagnóstico – Devem ser considerados, de modo a não serem ultrapassados nos exames realizados.

5) Limitar a área de aquisição à região de interesse – Uma redução significativa da dose pode ser obtida mediante um correto posicionamento da *range*.

6) Limitar as séries necessárias ao diagnóstico – A realização de exames pós-contraste ou exames multifase do fígado e rins resultam automaticamente no dobro ou triplo da dose.

7) Diminuir os parâmetros de exposição – A dose nos pacientes está diretamente relacionada com os mAs. No entanto, alguns aspetos da qualidade da imagem (por exemplo, a resolução de contraste) são afetados pela redução da dose. Assim, deve ser encontrado um equilíbrio entre a dose e a qualidade da imagem, no qual se pode obter níveis de ruído mais altos (dose mais baixa) compatíveis com a precisão do diagnóstico.

8) Ajustar os parâmetros de exposição às dimensões do paciente – Uma forma de reduzir a dose de acordo com as dimensões do paciente é utilizar aplicações de controle automático de exposição. Em crianças devem ser utilizados protocolos pediátricos com os parâmetros de exposição ajustados para reduzir a dose nas crianças, de acordo com a sua idade.

9) Ajustar os parâmetros de aquisição ao tipo de exame – Em exames de *follow-up* é possível reduzir a dose, pois o principal objetivo destes exames é monitorar o progresso de uma lesão conhecida. Deve-se ainda salientar que nestes exames se pode reduzir o número de séries realizadas, por exemplo, efetuando o estudo pré-contraste apenas para o fígado.

10) Formação e investigação – Revisão dos protocolos utilizados na instituição e comparação da qualidade de imagem e dose com as recomendações da ICRP. A

formação em técnicas de redução da dose é muito importante.

De modo a complementar este trabalho, poderão ser realizados futuramente outros estudos com amostra superior, pois a escassez de tempo foi um fator limitante deste trabalho. Um estudo com outros modelos de equipamentos de TC poderá ser realizado, permitindo uma comparação dos dados obtidos com equipamentos diferentes. O *software* CT-Expo também permite simular a dose em outros equipamentos e utilizar outros parâmetros de aquisição, o que permitirá uma comparação entre resultados.

### **CONCLUSÃO**

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que a dose de radiação recebida nos exames abdominais depende de algumas características dos pacientes, sendo importante ajustar os parâmetros de aquisição às suas dimensões. Um método eficaz é utilizar o controle automático de exposição, o qual permite diminuir ou aumentar a corrente do tubo em função das dimensões do paciente. No caso de crianças, este método não é suficiente, devendo existir especial atenção, devido à sua maior radiosensibilidade, utilizando protocolos pediátricos, tendo em consideração todas as precauções e princípios de proteção radiológica.

Em alguns tipos de exames de TC é possível efetuar a aquisição com menor dose para o paciente, o que conduz ao aumento do ruído da imagem. Este aumento de ruído é aceitável desde que as imagens continuem a possibilitar um diagnóstico clínico eficiente (princípio ALARA – *As Low As Reasonable Achievable*).

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Serviço de Imagiologia do Hospital de Faro, EPE, à doutora Maria Helena Gomes, ao técnico de radiologia Vítor Ferreira, às professoras Conceição Abreu e Maria Palma e ao engenheiro João Pires, pela imprescindível colaboração.

### **REFERÊNCIAS**

1. International Commission on Radiological Protection. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. Ann ICRP. 2000;30(4).

2. Paterson A, Frush DP. Dose reduction in paediatric MDCT: general principles. *Clin Radiol*. 2007;62:507–17.
3. Silva MSR, Khoury HJ, Borrás C, et al. Dosimetria de pacientes e médicos em intervenções coronárias percutâneas em Recife, Pernambuco, Brasil. *Radiol Bras*. 2011;44:90–6.
4. Dalmazo J, Elias Jr J, Brocchi MAC, et al. Otimização da dose em exames de rotina em tomografia computadorizada: estudo de viabilidade em um hospital universitário. *Radiol Bras*. 2010; 43:241–8.
5. European Medical ALARA Network. Optimisation of Patient Exposure in CT Procedures. WG1 - SynthDoc - revised3-2011.
6. The National Academies Press. Health risks from exposure to low levels of ionization radiation: BEIR VII phase 2 (2006). [cited 2010 May 15]. Available from: <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=030909156X>
7. McNitt-Gray MF. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: topics in CT. Radiation dose in CT. *Radiographics*. 2002;22:1541–53.
8. Rothenberg LN, Pentlow KS. AAPM Tutorial. Radiation dose in CT. *Radiographics*. 1992;12: 1225–43.
9. World Health Organization. Global database on body mass index. BMI classification. 2008. [cited 2010 July 12]. Available from: [http://www.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://www.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html)
10. Stamm G, Nagel HD. User's guide CT-Expo V 1.5. A tool for dose evaluation in computed tomography. Hannover-Hamburg; 2005.
11. Imhof H, Schibany N, Ba-Ssalamah A, et al. Spiral CT and radiation dose. *Eur J Radiol*. 2003; 47:29–37.
12. Aldrich JE, Chang SD, Bilawich AM, et al. Radiation dose in abdominal computed tomography: the role of patient size and the selection of tube current. *Can Assoc Radiol J*. 2006;57:152–8.
13. Ali MH. Trends in CT abdominal doses in Malaysian practices [tese de doutoramento]. Sidney: Faculty of Health Sciences, University of Sydney; 2005.
14. Toossi MT, Dastgherdi SM. An assessment of organ and effective dose of patients who undertake CT examinations in two teaching hospitals of Mashhad&Isfahan. 11th International Congress of International Radiation Protection Association; 2004 May 23-28; Madrid, Spain.
15. Tack D, De Maertelaer V, Gevenois PA. Dose reduction in multidetector CT using attenuation-based online tube current modulation. *AJR Am J Roentgenol*. 2003;181:331–4.