

MINISTÉRIO DA SAÚDE



COORDENAÇÃO DE ENSINO  
RESIDÊNCIA EM FÍSICA MÉDICA/FÍSICA MÉDICA - IMAGEM

LEONARDO RODRIGUES

AVALIAÇÃO DAS DOSES DE RADIAÇÃO EM EXAMES DE TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA A PARTIR DO PACS

Rio de Janeiro  
2018

LEONARDO RODRIGUES

AVALIAÇÃO DAS DOSES DE RADIAÇÃO EM EXAMES DE TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA A PARTIR DO PACS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Nacional de  
Câncer José Alencar Gomes da Silva  
como requisito parcial para a conclusão  
da Física Médica em Imagem.

Orientador: Fernando Mecca Augusto

Rio de Janeiro  
2018

# **AValiação DAS DOSES DE RADIAÇÃO EM EXAMES DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA A PARTIR DO PACS**

Rodrigues, L.<sup>1\*</sup>; Augusto, F. M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, INCA

\*leorodrigues.fm@gmail.com

**Resumo:** Apesar dos benefícios da tomografia computadorizada (TC), existe uma preocupação crescente com as doses de radiação ao paciente neste tipo de procedimento. Espera-se que a monitoração dos índices de dose de radiação em TC e sua comparação com níveis de referência contribuam para a otimização de protocolos de dosimetria. O objetivo deste artigo foi verificar a viabilidade do uso da tecnologia de Arquivamento de Imagens e Sistema de Comunicação (PACS) para o levantamento e monitoração dos índices de dose de radiação de pacientes submetidos a exames de TC no Hospital do Câncer I do Instituto Nacional de Câncer (INCA/RJ) e compará-los com níveis de referência diagnóstica encontrados na literatura. O software de livre acesso DoseUtility foi utilizado para coleta de dados. Foram coletados dados para os protocolos de TC de crânio, tórax, pelve, abdômen / pelve e tórax/ abdômen/ pelve. Os resultados de terceiro quartil indicam que as doses estão acima dos níveis recomendados pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica, embora estejam abaixo de outros estudos disponíveis na literatura.

**Palavras – chave:** Tomografia Computadorizada; Dose Efetiva; PACS.

## **1. Introdução**

Procedimentos de tomografia computadorizada (TC) têm aumentado significativamente nos últimos anos (1). Essa modalidade de imagem diagnóstica tem sido preferencial na prática clínica por sua velocidade e precisão em fornecer informações tridimensionais em relação a outras ferramentas de imagem (2). Como resultado do uso preferencial da TC aliado a sua rápida evolução, aquisições de corpo inteiro e multifásicas tem se tornado mais comum (3).

Apesar dos benefícios, existe uma preocupação crescente com as doses de radiação empregadas nesta modalidade de exame. A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) ressalta a importância da aplicação de níveis de referência diagnóstica (NRD) como uma ferramenta no processo de otimização da proteção em exposições médicas (4).

A grandeza produto dose - comprimento (DLP) viabiliza uma estimativa razoável de dose de radiação a qual o paciente foi submetido em exames de TC. A dose efetiva (E) está relacionada com os riscos estocásticos da radiação (5). A comparação dessas métricas com o NRD internacional atua como orientação para a prática de TC em países e suas instituições (6).

Recentemente, ferramentas de software tornaram possível coletar e monitorar automaticamente a DLP e parâmetros de aquisição da imagem. Tais ferramentas extraem automaticamente informações de exposição diretamente do sistema de comunicação e arquivamento de imagens (PACS) ou diretamente do sistema de imagem (7).

Há muitos estudos relacionados à avaliação de doses em pacientes por meio de programas de leitura de arquivos DICOM. Lin *et al.* (8) utilizaram um programa para ler imagens DICOM de TC e extrair automaticamente informações sobre o valor da corrente do tubo empregada nos exames. Os autores utilizaram esses dados para calcular a dose ministrada aos pacientes submetidos à TC com controle automático de modulação.

Em 2011, AlSuwaidi *et. al* (9), monitoraram as doses de radiação em TC em dois hospitais de Dubai. Os autores coletaram dados de dose de 2502 pacientes adultos e 178 pacientes pediátricos do PACS utilizando software Cognos. Os resultados mostraram que para um modelo de equipamento, os níveis de dose em TC estão dentro dos níveis de referência internacionais enquanto outros dois equipamentos apresentaram níveis maiores.

Em 2016, Higashigaito *et al.* (10) demonstraram a importância do monitoramento das doses de radiação de tomografia computadorizada, por meio de software, de pacientes traumáticos ao longo do tempo. Os autores coletaram parâmetros de dose de radiação em um período de 18 meses de 378 exames de CT torácico – abdominal. Os pesquisadores concluíram que a partir dos dados é possível avaliar os efeitos de doses de radiação em protocolos de TC ao longo do tempo.

O objetivo deste estudo é verificar a viabilidade do uso da tecnologia do Sistema de Comunicação e Arquivamento de Imagens (PACS) para o levantamento e monitoração dos índices de dose de radiação de pacientes submetidos a exames de TC no Hospital do Câncer I do Instituto Nacional de Câncer (INCA/RJ). O Produto Dose – Comprimento de verificações completas de pacientes (DLP total) e estimativas de Dose Efetiva para os protocolos de TC mais comuns (crânio, tórax, pelve, abdômen/pelve e

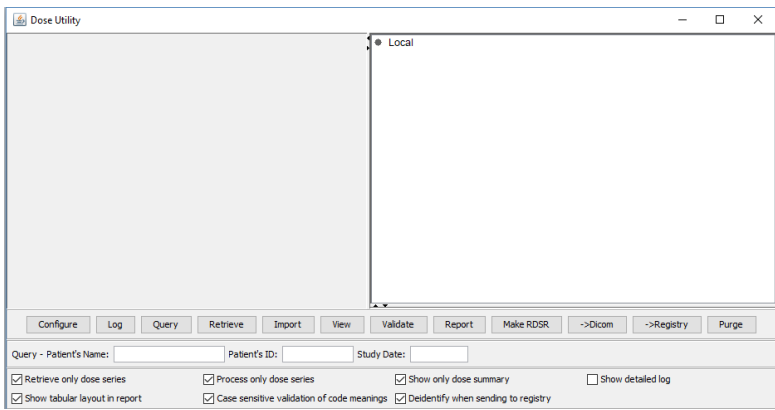
tórax/abdômen/pelve) são demonstrados. Os resultados foram comparados com os NRD disponíveis na literatura.

## 2. Materiais e Métodos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do INCA (protocolo 80012717.6.0000.5274).

Os dados foram coletados retrospectivamente no período de 01 de maio de 2017 a 13 de junho de 2017. Todos os dados dosimétricos foram coletados das folhas de dose DICOM disponíveis no PACS da unidade 1 (HC1) do Instituto Nacional de Câncer (INCA/RJ). Foram analisadas imagens de 3 equipamentos de tomografia computadorizada: Scanner 1 (Philips Brilliance 6), Scanner 2 (Philips Brilliance 16) e Scanner 3 (Philips Big Bore).

A extração de dados foi realizada utilizando software de acesso livre capaz de realizar uma leitura óptica das imagens em padrão DICOM, as quais contem as informações dos parâmetros utilizados para o protocolo de exame de tomografia. DoseUtility® foi o software escolhido para a extração dos parâmetros. Após o escaneamento dos arquivos DICOM armazenados no PACS, o programa exporta essas informações para um formato tabular em HTML, as quais podem ser transferidas para qualquer programa editor de planilhas. A **Figura 1** ilustra a saída do relatório gerado pelo software.



The screenshot shows the DoseUtility software interface. At the top, there is a window titled "Dose Utility" with a "Local" drive icon. Below the window, there is a toolbar with buttons: Configure, Log, Query, Retrieve, Import, View, Validate, Report, Make RDSR, ->Dicom, ->Registry, and Purge. Below the toolbar, there are input fields for "Patient's Name:", "Patient's ID:", and "Study Date:". Below these fields, there are several checkboxes: "Retrieve only dose series" (checked), "Process only dose series" (checked), "Show only dose summary" (checked), "Show detailed log" (unchecked), "Show tabular layout in report" (checked), "Case sensitive validation of code meanings" (checked), and "Deidentify when sending to registry" (checked).

Below the software interface, there is a "DoseUtility Report" window containing a table with the following data:

ID	Name	Sex	DOB	Age	Weight kg	Height m	Accession	Date	Modality	Description	DLP Total mGy.cm	DLP HEAD16 mGy.cm	DLP BODY32 mGy.cm	Manufacturer	Model
0000	xxxxx	F	19271028	089f	71	0	01516476CT	2017/05/01 01:34:47	CT	TORAX	251.4			Philips	Brilliance 16

**Figura 1** – Interface do software DoseUtility e relatório de dose com a informação de DLP total para protocolo TC de tórax.

Ao todo 1514 exames de TC foram coletadas do PACS-HC1. Antes de serem armazenados em um banco de dados, os dados a partir do PACS foram revisados para excluir exames com informações incompletas. Foram excluídos 22 exames devido à falta de informação quanto à idade do paciente. Portanto, 1492 restaram após a revisão. Dos 1492 exames foram separados os protocolos de TC de crânio (n=97); tórax (n=148), pelve (n=54), abdômen/pelve (A/P) (n=244) e tórax/abdômen/pelve (Tx/A/P) (n=204), os quais são os mais frequentes em procedimentos de TC (11) e que juntos corresponderam a 50% do total de exames coletados.

As doses efetivas foram calculadas a partir dos valores de DLP total reportados usando fatores de peso apropriados  $k$  (mSv / mGy.cm) (12).

$$E(mSv) = k \times DLP \quad (1)$$

Os valores de DLP total e dose efetiva foram segregados de acordo com o modelo de equipamento de TC utilizado e faixa etária, a qual foi dividida em pacientes com idade  $\leq 15$  anos e  $> 15$  anos. A divisão dos pacientes em duas faixas etárias foi para verificar se os protocolos para pacientes pediátricos estavam otimizados, uma vez que esses possuem um maior risco de exposição à radiação ionizante.

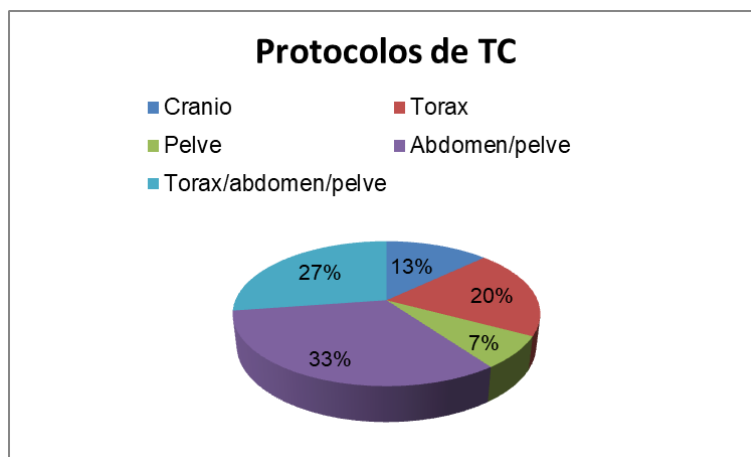
Para cada região anatômica estudada foram reportados os valores de DLP total com as indicações de mínimo e máximo, primeiro e terceiro quartil, *outliers*, mediana e média. A partir destes dados foram calculadas as doses efetivas correspondentes. Representações gráficas como histograma e Boxplot também foram utilizadas para a visualização da variabilidade dos dados. Os resultados dosimétricos foram comparados com os reportados por outros estudos disponíveis na literatura.

### 3. Resultados

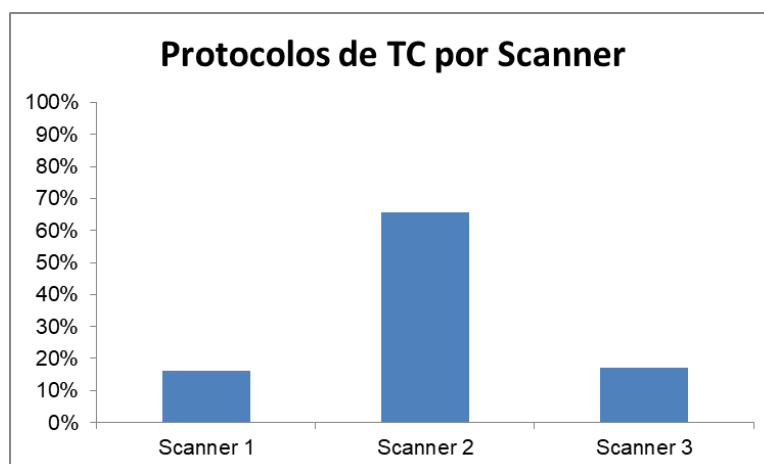
A **Figura 2** mostra o percentual de protocolos de TC analisados neste estudo. Os protocolos de TC de crânio, tórax, pelve, abdômen/pelve e tórax/abdômen/pelve corresponderam a 50% do total de exames registrados no período de estudo. A maior incidência de avaliações de TC é de abdômen/pelve, sendo responsável por 33% do número total de procedimentos tomográficos.

Dentro dos protocolos avaliados, 71% foram realizados em pacientes do sexo feminino e 29% no de sexo masculino. Entre os equipamentos, 66% foram realizados no

Scanner 2 e 17% em ambos os Scanners 1 e 3 (**Figura 3**). Pacientes com idade acima de 15 anos corresponderam a 96% dos exames analisados e os com idade  $\leq 15$  anos corresponderam a 4%.

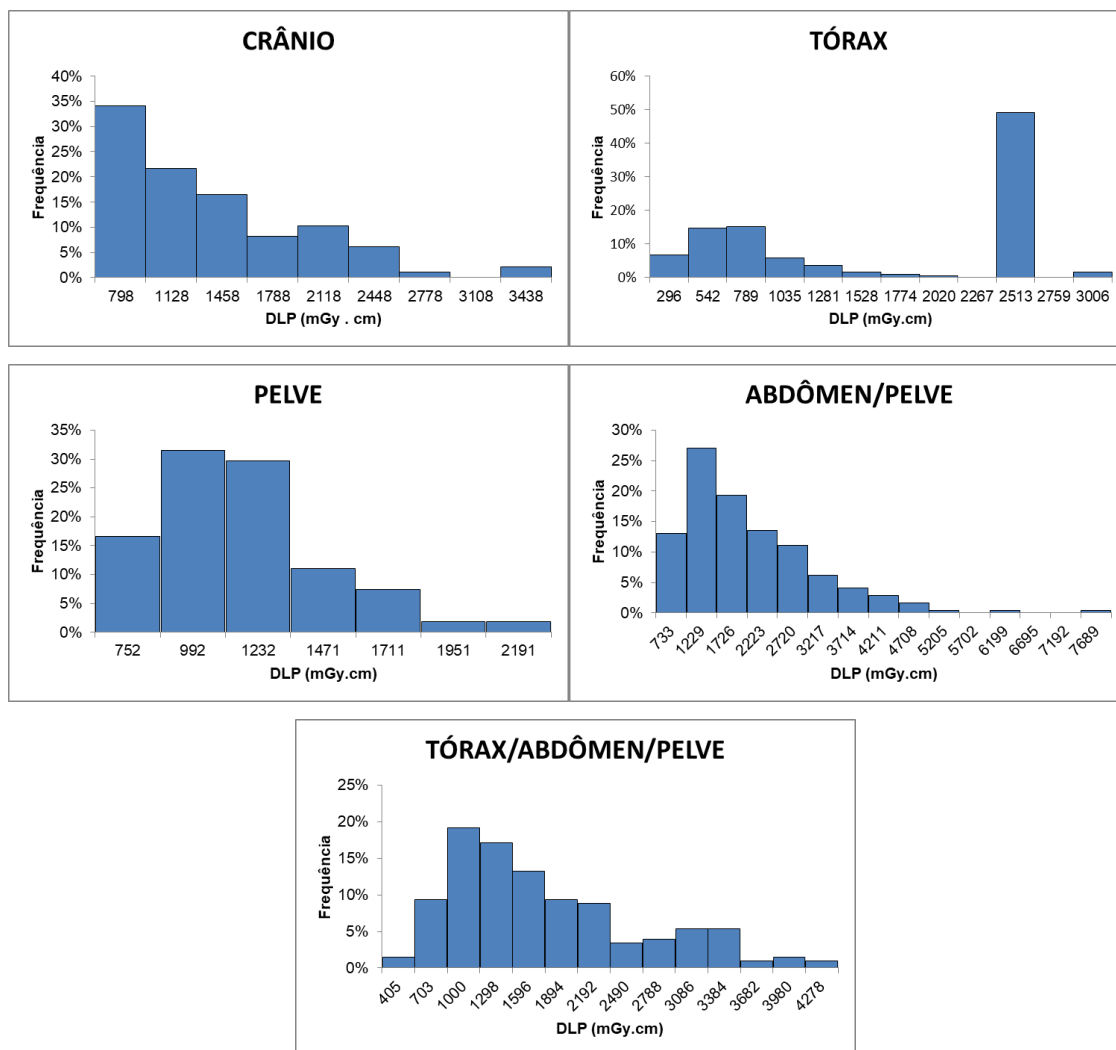


**Figura 2** - Percentual de avaliações de CT por protocolo.



**Figura 3** – Percentual de avaliações de CT por equipamento.

A **Figura 4** apresenta as frequências de DLP para os tipos de TC registrados. Os resultados indicam que apenas 34% dos valores de DLP para o protocolo de crânio estão na faixa de até 798 mGy.cm, a qual está abaixo do NRD de 1050 mGy.cm recomendado pelo ICRP. Para os protocolos de tórax, abdômen/pelve e tórax/abdômen/pelve, os resultados indicam que 22%, 13% e 10% dos procedimentos encontram-se abaixo dos respectivos NRD (650 mGy.cm, 780 mGy.cm e 940 mGy.cm, respectivamente). Para o protocolo de pelve, nenhum procedimento esteve abaixo do NRD relacionado (570 mGy.cm).



**Figura 4** – Frequências dos valores de DLP (mGy.cm) para os protocolos de TC de crânio, tórax, pelve, abdômen/pelve e tórax/abdômen/pelve.

A **Tabela 1** mostra os valores de mediana e o terceiro quartil (Q3) de DLP total (mGy.cm) dos protocolos de TC realizados somente no scanner 2, devido a significância estatística, comparados com valores de DLP total reportados em estudos multifásicos disponíveis na literatura (11), (13), (14). Os resultados indicam que para o protocolo de crânio, a mediana para os valores de DLP é 78% menor do que os reportados por Liang et al. e 10% menor do que o descrito por Palorini et al. Em relação ao 3º quartil, os valores encontrados neste estudo estão 17% menor, 10% maior e 27% menor do que os relatados por Liang *et al*, Palorini *et al* e Bindman *et al*, respectivamente. No entanto, tanto os valores de mediana quanto terceiro quartil para o protocolo de Tx/A/P estão acima dos reportados por todos os autores.

DLP é um importante parâmetro para promover protocolos de otimização de dose de radiação entregue a pacientes em TC. Além disso, a dose efetiva para avaliações



completas de TC são úteis para comparação com outros tipos de procedimentos radiológicos (15). A mediana de uma distribuição dosimétrica é usada como NRD dentro de instituições radiológicas e o valor do terceiro quartil permite a comparação de protocolos de TC entre diferentes instituições (16).

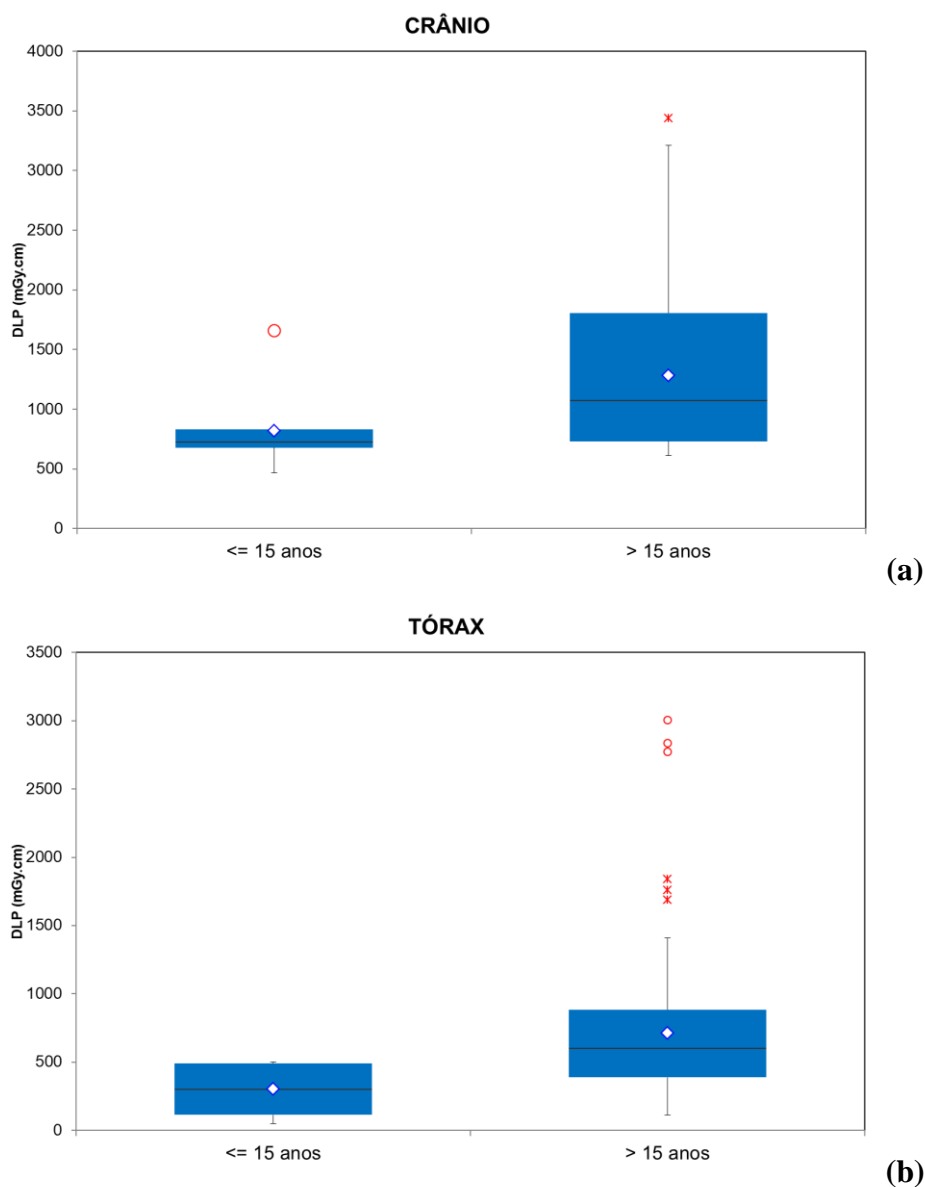
**Tabela 1** – Valor da mediana e terceiro quartil (Q3) do DLP total (mGy.cm) reportado neste estudo para protocolos de TC realizados no scanner 2 comparado com valores disponíveis na literatura.

Protocolo	Este estudo		Liang <i>et al</i> (13)		Palorini <i>et al</i> (14)		Bindman <i>et al</i> (11)	
	MED	Q3	MED	Q3	MED	Q3	MED	Q3
<b>Crânio</b>	1026	1675	1822	1988	1133	1382	-	2130
<b>Tórax</b>	594	829	577	697	620	754	-	1430
<b>Pelve</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>A/P</b>	1566	2420	1153	1406	1595	2157	-	1790
<b>Tx/A/P</b>	1690	2909	1090	1349	1675	2115	-	2160

A/P = abdômen/pelve; Tx/A/P = tórax/abdomen/pelve; MED = mediana

A **Figura 5** mostra o gráfico Box-Plot do DLP para os protocolos de TC de crânio e tórax realizados no scanner 2, correspondentes as faixas etárias de pacientes com idade  $\leq 15$  anos e idade  $> 15$  anos. Os resultados indicam que há uma menor variabilidade (amplitude interquartil) dos valores de DLP total para pacientes com idades  $\leq 15$  anos em relação aos com idade acima de 15 anos tanto para avaliações de TC de crânio quanto de tórax. Os valores de terceiro quartil para a distribuição de DLP para pacientes com idade  $\leq 15$  anos estão abaixo dos NRD recomendados para avaliações de crânio e tórax.

A **tabela 2** apresenta os valores de mediana (MED) e terceiro quartil (3Q) da dose efetiva para os protocolos de TC realizados no scanner 2. Os resultados foram comparados com os dados reportados na literatura (17), (18) com os valores de NRD reportados pelo ICRP (19). De modo geral, os valores de dose efetiva para os tipos de exames de CT reportados neste estudo foram maiores do que os publicados na literatura. O valor de terceiro quartil para o protocolo de crânio foi 43% maior do que o NRD recomendado pelo ICRP. No entanto, para o protocolo de tórax, o valor foi 3% menor do que o recomendado.



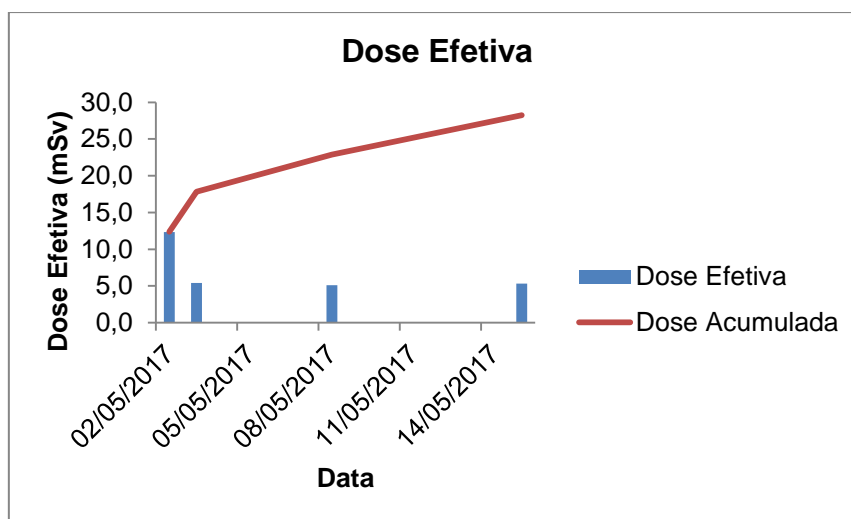
**Figura 5** – Box-plot para protocolos de crânio (a) e tórax (b) realizados no scanner 2. Pontos em vermelho representam *outliers*; linha horizontal, a mediana; ponto branco, a média.

**Tabela 2** - Valores de mediana (MED) e terceiro quartil (Q3) da dose efetiva (mSv) para as regiões anatômicas analisadas no scanner 2 e a comparação com NRD de outros estudos.

Protocolo	Scanner 2		Pantos et al (17)		Van der Molen (18)		ICRP (19)
	MED	Q3	MED	Q3	MED	Q3	NRD
<b>Crânio</b>	2,2	3,5	1,9	8,2	1,5	1,8	2
<b>Tórax</b>	8,3	11,6	7,5	26,0	4,6	5,0	12
<b>Pelve</b>	-	-	7,6	36,5	-	-	10
<b>A/P</b>	23,5	36,3	9,3	31,5	-	-	-
<b>Tx/A/P</b>	25,4	43,6	-	-	-	-	-

A/P = Abdômen/Pelve; Tx/A/P = Tórax/Abdômen/Pelve; MED = mediana

Na **Figura 6** é apresentado a estimativa de dose efetiva (mSv) ao longo do tempo de um paciente que foi submetido a diversos procedimentos de TC na instituição durante o período analisado neste estudo. Todas as doses são referentes a avaliações de tórax. A dose efetiva acumulada foi de 28,2 mSv.



**Figura 6** – Estimativas de dose efetiva para paciente submetido a avaliações de TC ao longo do tempo.

#### 4. Discussão

Extração de informações a partir do PACS mostrou ser útil na avaliação clínica de dosimetria de pacientes submetidos a diferentes protocolos de tomografia computadorizada.

Por meio dos dados extraídos de forma automatizada é possível analisar uma variedade de fatores associados aos protocolos de TC. Por exemplo, os protocolos mais realizados em cada período de tempo podem ser identificados (Figura 2). Também pode ser avaliado o número de exames de TC realizados por scanner (Figura 3), o que pode ajudar na estimativa sobre a distribuição da carga de trabalho em cada sítio de TC.

A diferença entre os valores de DLP (Figura 4) e os NRD recomendados por órgãos internacionais deve-se ao fato de que, em geral, muitas fases são realizadas nesses tipos de exames. Avaliações da região abdominal são particularmente importantes para estudos de câncer e de hemorragia, onde estudos multifásicos são amplamente adotados. Estudos de crânio costumam apresentar uma menor percentagem de procedimentos multifásicos (14).

Procedimentos de TC de tórax/abdômen/pelve são muito importantes para diagnóstico de tumores e imigração para outros tecidos (20). Os valores dosimétricos apresentam-se maiores do que outros protocolos (Tabela 1) devido ao maior comprimento de varredura, no qual toda a região do tronco é incluída. Neste estudo, o terceiro quartil dos valores de DLP foi 71% e 17% maior do que para as avaliações de tórax e de abdômen/pelve isoladas, respectivamente.

A identificação de *outliers* (Figura 5) leva a uma verificação mais detalhada dos parâmetros que ocasionam um aumento de dose no paciente e pode ajudar na implementação de técnicas de redução de dose, as quais são preconizadas pelo princípio do “tão baixo quanto razoavelmente exequível”. Adicionalmente, a análise de dose de radiação permite elaborar relatórios de dose retrospectivos de pacientes submetidos a avaliações de TC (Figura 6). Isso pode ser uma importante ferramenta para ajudar o especialista clínico na tomada de decisão sobre futuros estudos de imagem envolvendo exposição do paciente à radiação ionizante.

## **Conclusão**

Neste estudo, um software de acesso livre foi utilizado para coletar do sistema PACS dados de dose de radiação de pacientes submetidos a exames de tomografia computadorizada. As informações coletadas do PACS mostraram-se úteis para uso no processo de avaliação das doses aplicadas em diferentes protocolos de TC, permitindo a comparação com níveis de dose de outras instituições e as recomendadas por órgãos internacionais de proteção radiológica.

Além disso, é possível gerar relatórios de dose acumulada de pacientes individuais, permitindo melhor controle por parte de profissionais clínicos quanto à exposição de pacientes à radiação ionizante.

Ademais, vale salientar que por meio desta avaliação automática é possível verificar excessos na realização de exames e assim, mediante treinamentos melhorar questões relativas à radioproteção e até mesmo economizar a vida útil do tubo de raios X do equipamento de TC.

## **Referências**

1. Shannoun F. Medical exposure assessment: the global approach of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Radiat Prot Dosimetry*. julho de 2015;165(1-4):125-8.
2. Pandharipande PV, Reisner AT, Binder WD, Zaheer A, Gunn ML, Linnau KF, et al. CT in the Emergency Department: A Real-Time Study of Changes in Physician Decision Making. *Radiology*. março de 2016;278(3):812-21.
3. Li J, Udayasankar UK, Toth TL, Seamans J, Small WC, Kalra MK. Automatic patient centering for MDCT: effect on radiation dose. *AJR Am J Roentgenol*. fevereiro de 2007;188(2):547-52.
4. Tsapaki V, Aldrich JE, Sharma R, Staniszevska MA, Krisanachinda A, Rehani M, et al. Dose reduction in CT while maintaining diagnostic confidence: diagnostic reference levels at routine head, chest, and abdominal CT--IAEA-coordinated research project. *Radiology*. setembro de 2006;240(3):828-34.
5. Huda W, Magill D, He W. CT effective dose per dose length product using ICRP 103 weighting factors. *Med Phys*. março de 2011;38(3):1261-5.
6. Foley SJ, McEntee MF, Rainford LA. Establishment of CT diagnostic reference levels in Ireland. *Br J Radiol*. outubro de 2012;85(1018):1390-7.
7. Cook TS, Zimmerman S, Maidment ADA, Kim W, Boonn WW. Automated extraction of radiation dose information for CT examinations. *J Am Coll Radiol JACR*. novembro de 2010;7(11):871-7.
8. Lin P-JP, Kubo T, Krishnapillai R. Extraction of tube current values from DICOM CT images for patient dose estimation. *Med Phys*. junho de 2010;37(6):2951-5.
9. AlSuwaidi JS, Bayoumi M, Al Shibli N, Sulaiman H, Urrahman T, AlYarah M. Utilisation of PACS to monitor patient CT doses. *Radiat Prot Dosimetry*. setembro de 2011;147(1-2):321-4.
10. Higashigaito K, Becker AS, Sprengel K, Simmen H-P, Wanner G, Alkadhi H. Automatic radiation dose monitoring for CT of trauma patients with different protocols: feasibility and accuracy. *Clin Radiol*. setembro de 2016;71(9):905-11.
11. Smith-Bindman R, Moghadassi M, Wilson N, Nelson TR, Boone JM, Cagnon CH, et al. Radiation Doses in Consecutive CT Examinations from Five University of California Medical Centers. *Radiology*. outubro de 2015;277(1):134-41.
12. Christner JA, Kofler JM, McCollough CH. Estimating effective dose for CT using dose-length product compared with using organ doses: consequences of adopting International Commission on Radiological Protection publication 103 or dual-energy scanning. *AJR Am J Roentgenol*. abril de 2010;194(4):881-9.
13. Liang CR, Chen PXH, Kapur J, Ong MKL, Quek ST, Kapur SC. Establishment of institutional diagnostic reference level for computed tomography with automated dose-tracking software. *J Med Radiat Sci*. junho de 2017;64(2):82-9.

14. Palorini F, Origgi D, Granata C, Matranga D, Salerno S. Adult exposures from MDCT including multiphase studies: first Italian nationwide survey. *Eur Radiol.* fevereiro de 2014;24(2):469–83.
15. Tsapaki V, Kottou S, Papadimitriou D. Application of European Commission reference dose levels in CT examinations in Crete, Greece. *Br J Radiol.* setembro de 2001;74(885):836–40.
16. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP.* 2007;37(2–4):1–332.
17. Pantos I, Thalassinou S, Argentos S, Kelekis NL, Panayiotakis G, Efstathopoulos EP. Adult patient radiation doses from non-cardiac CT examinations: a review of published results. *Br J Radiol.* abril de 2011;84(1000):293–303.
18. van der Molen AJ, Schilham A, Stoop P, Prokop M, Geleijns J. A national survey on radiation dose in CT in The Netherlands. *Insights Imaging.* junho de 2013;4(3):383–90.
19. Managing patient dose in computed tomography. A report of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP.* 2000;30(4):7–45.
20. Hanley O, Lotfi A, Sanborn T, Friderici JL, Fitzgerald J, Manikantan P, et al. Radiologists' Recommendations for Additional Imaging on Inpatient CT Studies: Do Referring Physicians Follow Them? *South Med J.* dezembro de 2017;110(12):770–4.