

# Dose efetiva de radiação nos exames de tomografia computadorizada: um estudo retrospectivo e descritivo

Jorge Augusto dos Santos Junior<sup>I</sup>, Mônica Silva Costa JansonNey<sup>II</sup>, Giuliana Vasconcelos de Souza Fonseca<sup>III</sup>

Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD), Rio de Janeiro (RJ)

## RESUMO

**Contexto:** A tomografia computadorizada revolucionou os estudos radiológicos convencionais. Porém, tal avanço se deu associado com o aumento das doses de radiação ionizante. A tomografia computadorizada representa 15% de todos os exames de imagem e contribui com 75% de radiação para a população. **Objetivo:** Estimar a dose efetiva de radiação imprimida aos pacientes durante os exames de tomografia computadorizada. **Desenho e local:** Estudo retrospectivo e descritivo em instituição hospitalar de nível terciário no Rio de Janeiro. **Métodos:** Foram selecionados 1.476 pacientes que realizaram exames de tomografia computadorizada de crânio, tórax e abdome/pelve, sem contraste endovenoso, no serviço de radiodiagnóstico do hospital no período de 1 de janeiro a 31 de março de 2018 para os exames de tórax, e no período de 1 de janeiro a 28 de fevereiro de 2018 para os exames de crânio e de abdome/pelve. Os dados foram coletados a partir do Picture Archiving and Communication System (PACS) da instituição para avaliar a dose de radiação utilizada por cada tipo de exame, por meio do cálculo das doses efetivas médias em cada tipo de exame. **Resultados:** As médias das doses efetivas encontradas foram de 1,57 mSv, 8,37 mSv e 12,28 mSv para os exames de crânio, tórax e abdome/pelve, respectivamente. **Conclusão:** O estudo verificou que os exames de crânio e abdome/pelve foram realizados com as médias das doses efetivas dentro dos valores típicos preconizados, enquanto nos exames de tórax as doses efetivas estavam acima da faixa fornecida pela Associação Americana de Física Médica (American Association of Physicists in Medicine, AAPM) (relatório # 96).

**PALAVRAS-CHAVE:** Tomografia computadorizada por raios x, radiação ionizante, doses de radiação, dosimetria, proteção radiológica

## INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada foi introduzida na imagiologia médica em 1972 e, desde então, tem-se desenvolvido rapidamente tanto em termos de desempenho técnico como no uso clínico.<sup>1</sup> A evolução dos equipamentos de tomografia computadorizada e a introdução de tecnologia de equipamentos multidetectores, aliadas ao surgimento do meio de

contraste, possibilitaram a ocorrência de um salto revolucionário, pela possibilidade de realizar estudos detalhados dos diferentes órgãos e sistemas, de suas estruturas vasculares e do comportamento patológico das diferentes doenças.<sup>2</sup>

Porém, tal evolução associada à maior acessibilidade a tais equipamentos pelos médicos e seus pacientes, resulta em um grande incremento na dose de radiação ionizante recebida pela população. Isso porque a tomografia computadorizada fornece doses de radiação ionizante muito maior que os

<sup>I</sup>Médico, aluno do programa de pós-graduação em radiologia e diagnóstico por imagem do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD), Rio de Janeiro (RJ).

<sup>II</sup>Médica, mestre em Ciências Médicas e chefe do Departamento de Radiologia do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD), Rio de Janeiro (RJ).

<sup>III</sup>Estatística, encarregada da Seção de Bioestatística do Instituto de Pesquisas Biomédicas do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD), Rio de Janeiro (RJ).

Apresentado como trabalho de conclusão do curso de aperfeiçoamento em radiologia e diagnóstico por imagem do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD) em dezembro de 2019.

Endereço para correspondência:

Jorge Augusto dos Santos Junior

Departamento de Radiologia do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD)

R. César Zama, 185 – 3º andar — Lins de Vasconcelos — Rio de Janeiro (RJ) — CEP 20725-090

Tel. (21) 98177-6205 — E-mail: maisqueprospero@gmail.com

Fonte de fomento: nenhuma declarada. Conflito de interesse: nenhum.

Entrada: 8 de janeiro de 2020. Última modificação: 18 de abril de 2020. Aceite: 7 de maio de 2020.

praticados pela radiologia diagnóstica convencional, como é o caso, por exemplo, da tomografia de tórax que produz doses de radiação ionizante equivalentes a mais de 100 vezes que uma radiografia de tórax de rotina (nas incidências pósterio-anterior e perfil).<sup>3</sup>

É notório que a quantidade de equipamentos de tomografia computadorizada instalados vem crescendo anualmente e, em proporção, o número de exames realizados e a dose de radiação efetiva pela qual a população se expõe. As tomografias representam 15% de todos os exames de imagem e contribuem com 75% das fontes artificiais de radiação para a população.<sup>4</sup>

De acordo com Dovalles, no período de 2008 a 2011, houve crescimento de 70,62% no número de exames de tomografia computadorizada realizadas no Sistema Único de Saúde Brasileiro (SUS), com taxa composta de crescimento anual de 19,5%, maior do que o descrito em países desenvolvidos como Inglaterra e Austrália no mesmo período, devido em parte ao aumento do número de equipamentos instalados na rede pública.<sup>5</sup>

Atualmente, existe uma preocupação da comunidade científica mundial sobre os efeitos biológicos da radiação ionizante e o seu potencial risco de indução ao desenvolvimento de câncer. Estudos concluíram que existe uma probabilidade de indução de câncer de 1 em 1.000 para uma exposição de 10 mSv. E isso é ainda mais perigoso nas crianças, devido à tenra idade de exposição e a maior sensibilidade de suas células à radiação ionizante.<sup>5</sup> Nesse sentido, estudos indicam que entre 1,5% e 2% de todos os cânceres estão relacionados à radiação ionizante por exames de tomografia computadorizada.<sup>6</sup>

Os protocolos utilizados para realização dos exames de tomografia computadorizada diferem muito entre os serviços radiológicos, levando a grandes variações na dose de radiação imprimida ao paciente. Como evidenciado por Ney, no estudo em que comparou a dose de radiação para o paciente em 4.821 exames de tomografia computadorizada, em três instituições hospitalares de nível terciário, com equipamentos multidetectores de marcas e modelos diferentes, a partir das doses efetivas médias nos exames de crânio, tórax e abdome/pelve, foram identificadas variações significativas nas doses de radiação administradas aos pacientes nos diferentes equipamentos e serviços.<sup>7</sup>

Infelizmente, o controle das doses de radiação para o paciente não é uma prática habitual, o que contribui para o aumento desnecessário das doses de exposição à radiação ionizante e dos riscos envolvidos já mencionados.

Portanto, pelo exposto, o presente estudo passa a ter extrema relevância para que medidas de proteção radiológica sejam implantadas, no sentido de evitar as irradiações desnecessárias e a utilização de doses elevadas nos exames de tomografia computadorizada realizados. Para tal, devemos primeiro

conhecer as doses de radiação que estão sendo administradas aos pacientes durante os exames de tomografia computadorizada, prevenindo e minimizando, assim, os eventos adversos envolvidos no uso da radiação ionizante na prática médica.

## OBJETIVO

Estimar a dose efetiva de radiação administrada aos pacientes durante os exames de tomografia computadorizada realizados em uma instituição hospitalar de nível terciário.

## MÉTODOS

A presente pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) em 12 de dezembro de 2019, sendo dispensada a utilização do termo de consentimento livre e esclarecido (parecer substanciado do CEP # 3.765.332).

O estudo tem como escopo metodológico ser um estudo retrospectivo e descritivo de análise das doses de radiação efetiva para os pacientes nos exames de tomografia computadorizada.

Foram selecionados os pacientes que realizaram exames de tomografia computadorizada no serviço de radiodiagnóstico da instituição hospitalar no período de 1 de janeiro a 31 de março de 2018 para os exames de tórax, e no período de 1 de janeiro a 28 de fevereiro de 2018 para os exames de crânio e abdome/pelve, todos realizados em caráter ambulatorial, internados ou em atendimento no setor de emergência.

Foram selecionados para este estudo os três tipos de exames mais frequentemente realizados no serviço, na seguinte ordem: abdome/pelve, crânio e tórax, realizados consecutivamente nos períodos supracitados, sendo excluídos somente os que não se enquadravam nos critérios adotados pelos autores. O período para seleção dos exames de tórax foi estendido por mais um mês para permitir a obtenção de um número maior de amostras. Os dados desses exames foram obtidos a partir do sistema de arquivo/visualização de exames de imagens da instituição - Picture Archiving and Communication System (PACS).

Os critérios de inclusão no estudo foram:

- Exames com somente uma das seguintes seqüências de exposição: tomografia computadorizada de crânio, tomografia computadorizada de tórax e tomografia computadorizada de abdome/pelve, sem administração do meio de contraste venoso;
- Exames cujo protocolo de exame do paciente esteja disponível no PACS;
- Exames cuja qualidade técnica das imagens permita a emissão de laudo;
- Exames cujo protocolo utilizado tenha sido o protocolo de rotina para exame de pacientes com idade superior a 14 anos; e

- Exames cujo caráter e finalidade foram exclusivamente para diagnóstico.

Foram excluídos da análise da presente pesquisa todos os demais exames realizados na instituição que não se enquadravam nos critérios de inclusão acima.

Os exames de crianças menores que 14 anos não foram incluídos neste estudo porque na instituição são usados parâmetros técnicos diferentes, podendo caracterizar um viés na comparação da dose efetiva dos exames.

O estudo foi realizado no equipamento Siemens Somatom Definition de 64 canais, da Siemens Healthcare, Alemanha, instalado no serviço de radiodiagnóstico do hospital.

Os dados selecionados foram: idade em 2018, sexo, área do corpo estudada, valores dos parâmetros utilizados no exame, o pico de quilovoltagem (kVp) e a corrente aplicada no tubo de raios-x pelo tempo de exposição em miliamperagem por segundos (mAs), além do CTDI<sub>vol</sub> (índice dose por volume em tomografia computadorizada) e do DLP (produto dose por comprimento) fornecidos pelo equipamento nos protocolos individuais dos pacientes registrados ao final de cada exame, a partir do qual foram calculadas as doses efetivas de cada exame por meio da fórmula:  $E \text{ (mSv)} = k \times \text{DLP}$ , em que os valores de  $k$  dependem de cada região do corpo a ser avaliada (**Tabela 1**).<sup>8</sup>

Estabeleceu-se uma análise descritiva dos dados obtidos com apresentação de porcentagens, cálculo dos valores médio e desvios-padrão das doses efetivas obtidas da amostra para realizar a estimativa de dose efetiva em cada exame específico, sendo construído um intervalo de confiança de 95%.

Essas doses efetivas médias de radiação foram, então, comparadas com os valores das doses efetivas típicas fornecidas pela Associação Americana de Física Médica (American Association of Physicists in Medicine, AAPM), registradas em 2008 em seu relatório # 96 (**Tabela 2**).<sup>9</sup> Os valores de referência das doses efetivas publicados pela AAPM são aqueles utilizados na prática de tomografia nos Estados Unidos, calculados a partir dos coeficientes de conversão  $k$  para adultos, conforme determinado pelo National Radiological Protection Board (NRPB) do Reino Unido e utilizados na maioria dos estudos sobre dose de radiação nos exames de tomografia computadorizada.

**Tabela 1.** Valores de  $k$ , para adultos, utilizados para os cálculos da dose efetiva

Regiões de exame	k (mSv mGy <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )
	Adultos
Crânio	0,0021
Tórax	0,014
Abdome/pelve	0,015

Adaptação do relatório # 96 da American Association of Physicists in Medicine de 2008.

## RESULTADOS

Foram selecionados para o estudo 1.476 exames de tomografia computadorizada, dos quais 760 (51,5%) foram de pacientes do sexo feminino e 716 (48,5%) do sexo masculino. Desse total, 579 (39,2%) foram da região abdome/pelve, 515 (34,9%) crânio e 382 (25,9%) tórax (**Gráfico 1**).

Com relação à idade, observou-se variação entre 15 a 101 anos, com valores médios de 60 anos para amostra geral, 64 anos para os exames de crânio, 66 anos para os exames de tórax e 53 anos para os exames de abdome. Observa-se uma frequência maior dos pacientes acima de 60 anos nos exames de crânio e de tórax. Já em relação aos exames de abdome/pelve, nota-se uma frequência maior de pacientes mais jovens (**Gráficos 2, 3 e 4**).

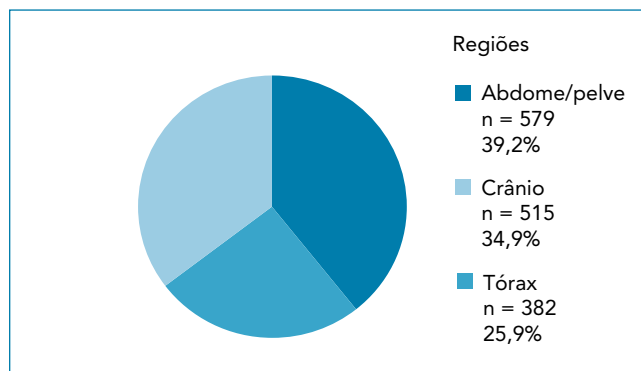
Os parâmetros dos exames variavam em relação ao kVp e à mAs em todos os três tipos de exames avaliados. O kVp utilizado nos exames de crânio foi de 100 kV (97,3%), 120 kV (2,5%) e 140 kV (0,2%), nos exames de tórax foi de 80 kV (0,5%), 100 kV (29,8%), 120 kV (57,1%) e 140 kV (12,6%) e nos exames de abdome/pelve foi de 100 kV (18,2%), 120 kV (46,6%) e 140 (35,2%). Já a corrente aplicada no tubo de raios-x pelo tempo de exposição foi em média de 388 mAs, 221 mAs e 192 mAs nos exames de crânio, tórax e abdome/pelve, respectivamente.

Os valores do CTDI<sub>vol</sub> médios encontrados foram 39,5 mGy, 16,3 mGy e 16,6 mGy nos exames de crânio, tórax e abdome/pelve, respectivamente.

**Tabela 2.** Valores típicos de doses efetivas para exames de tomografia computadorizada fornecidos pela Associação Americana de Física Médica (American Association of Physicists in Medicine, AAPM)

Regiões de exame	mSv
Crânio	1-2
Tórax	5-7
Abdome/pelve	8-14

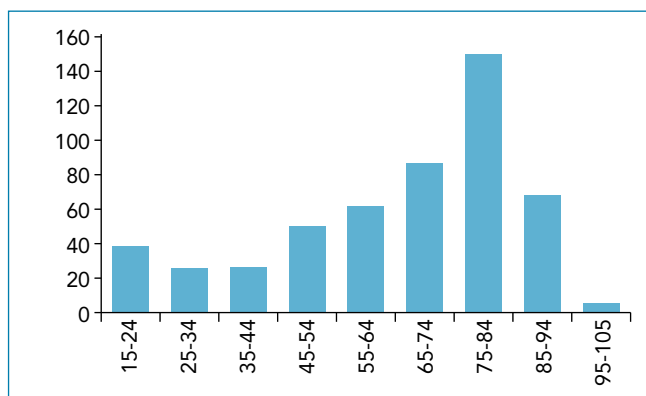
Adaptação do relatório # 96 da AAPM de 2008.



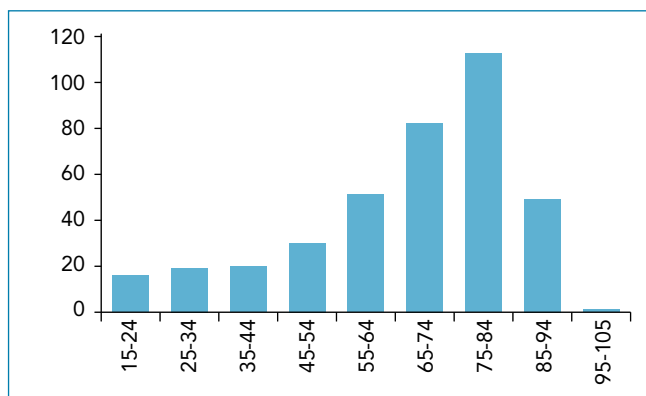
**Gráfico 1.** Composição amostral por exames de tomografia computadorizada.

As médias das doses efetivas de radiação encontradas nos exames de crânio, tórax e abdome/pelve foram de 1,57 mSv, 8,37 mSv e 12,28 mSv, respectivamente.

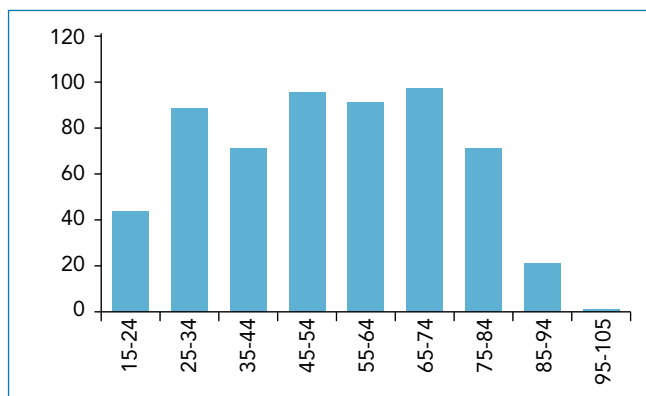
No total, foram observados 471 (31,9%) pacientes expostos a doses efetivas acima dos valores típicos para exames de tomografia computadorizada fornecidos pelo relatório # 96 da AAPM. O exame com maior número de pacientes acima de



**Gráfico 2.** Frequência amostral de idade nos exames de tomografia computadorizada de crânio.



**Gráfico 3.** Frequência amostral de idade nos exames de tomografia computadorizada de tórax.



**Gráfico 4.** Frequência amostral de idade nos exames de tomografia computadorizada de abdome/pelve.

tais referências foi o exame de tórax com 221 (57,9%) doses acima de 7 mSv. Para abdome/pelve foram observados 211 (36,4%) pacientes como doses acima de 14 mSv e em exames de crânio foram observados 39 (7,6%) pacientes acima de 2 mSv. Observa-se um maior número de doses acima da referência para o sexo masculino 247 (34,5%), quando comparado aos 223 (29,5%) do sexo feminino. A maior ocorrência observada foi entre pacientes do sexo masculino que realizaram exame de tórax, cujas doses efetivas superaram a referência em 122 (64,5%) dos pacientes (**Tabela 3**).

Considerando intervalos de 95% de confiança para as doses efetivas médias de acordo com a região examinada por sexo, foi observado que a média para o exame de tórax é significativamente maior que os valores de referência, visto que ela está entre 7,17 e 8,34 para o sexo feminino e entre 8,32 e 9,69 para o sexo masculino. Em média, os exames de abdome/pelve e crânio encontram-se dentro dos intervalos de referência (**Tabela 4**).

## DISCUSSÃO

Estudos que objetivam estimar o nível de radiação administrados durante os exames de tomografia computadorizada por meio do cálculo da dose efetiva, sem dúvida são o primeiro passo para que estratégias de controle e otimização das doses de radiação para os pacientes sejam implementadas,

**Tabela 3.** Quantidade de pacientes com doses efetivas acima dos valores típicos para exames de tomografia computadorizada fornecidos pela Associação Americana de Física Médica (American Association of Physicists in Medicine, AAPM)

Região	Sexo		Total
	Feminino	Masculino	
Abdome/pelve	112 (37,1%)	99 (35,7%)	211 (36,4%)
Crânio	13 (4,9%)	26 (10,4%)	39 (7,6%)
Tórax	99 (51,3%)	122 (64,5%)	221 (57,9%)
<b>Total</b>	<b>223 (29,5%)</b>	<b>247 (34,5%)</b>	<b>471 (31,9%)</b>

**Tabela 4.** Intervalos de confiança para a média de doses efetivas comparadas com os valores típicos para exames de tomografia computadorizada fornecidos pela Associação Americana de Física Médica (American Association of Physicists in Medicine, AAPM)

Região	AAPM	Sexo	
		Feminino	Masculino
Abdome/pelve	8-14	11,39-13,05	11,50-13,21
Crânio	1-2	1,44-1,50	1,64-1,72
Tórax	5-7	7,17-8,34	8,32-9,69

Adaptação do relatório # 96 da AAPM de 2008.

prevenindo, assim, as irradiações desnecessárias e doses elevadas nos exames.

Além das questões já comentadas, a utilização de doses elevadas na realização dos exames leva ao aumento do aquecimento e conseqüente desgaste do tubo de raios-x, aumentando, dessa forma, os gastos envolvidos com a manutenção dos equipamentos de tomografia computadorizada.

A avaliação da dose para o paciente nos exames de tomografia computadorizada tem grande importância, pois a redução da dose levará a uma diminuição no risco de desenvolvimento de câncer e um aumento na vida útil do tubo de raios-x, com redução do custo relacionado ao equipamento.

Em relação ao sexo, observou-se maior frequência de pacientes do sexo feminino com um total de 760 (51,5%), em relação à quantidade de pacientes do sexo masculino com um total de 716 (48,5%). Esse predomínio feminino também é visualizado quando são analisados os dados por exame específico. Além disso, houve diferença significativa nos valores das doses efetivas médias entre os pacientes do sexo feminino e masculino em relação aos três tipos de exames analisados, sendo observada uma dose efetiva média maior nos pacientes do sexo masculino. Tal fato corrobora com a literatura que relatou que os pacientes do sexo masculino recebem, principalmente nos exames de abdome/pelve, uma dose de radiação maior que o sexo feminino, devido às diferenças anatômicas já que os homens têm em média dimensões de circunferência abdominal maior do que as mulheres.<sup>10</sup>

Quando fizemos o comparativo entre as doses efetivas médias encontradas na presente pesquisa com os valores de dose efetiva preconizados pelo relatório # 96 da AAPM, verificou-se que os valores médios nos exames de crânio e abdome/pelve estavam dentro da faixa especificada. Já os exames de tórax apresentaram valores médios acima das faixas típicas preconizadas pelo referido relatório.

Sendo assim, de acordo com o princípio da otimização de dose, que significa manter as doses de radiação “tão baixas quanto razoavelmente possível”, mantendo uma qualidade de imagem adequada à obtenção da informação diagnóstica, o equipamento avaliado está conseguindo realizar exames de crânio e abdome/pelve com doses adequadas. Por outro lado, no que diz respeito aos exames de tórax que foram realizados com valores médios de dose efetiva acima daqueles preconizados, devem ser efetuados esforços para redução dessas doses atualmente utilizadas.

Ao analisarmos especificamente os exames de tórax, visando identificar possíveis causas para seus níveis de radiação relativamente mais elevados em relação àqueles preconizados no relatório # 96 da AAPM, vemos que nos 221 exames de tórax que tiveram doses acima de 7 mSv foram utilizados parâmetros técnicos mais elevados, com kVp de

140 kV (21,7%), 120 kV (77%) e, apenas, 1,3% de 100 kV, além de uma corrente elétrica pelo tempo de exposição mais elevada em torno de 251 mAs. Já os CTD<sub>ivol</sub> observados nesses exames também se encontravam elevados, com valores médios de 21,34 mGy. Sabendo que a dose de radiação utilizada durante determinado exame é diretamente proporcional ao valor destes parâmetros selecionados, podemos inferir que estes certamente influenciaram nos níveis mais elevados de radiação encontrados.

Na literatura, encontramos vários métodos que podem ser utilizados visando a redução da dose de radiação usada durante os exames de tomografia computadorizada, dentre eles destacamos o desenvolvimento técnico do equipamento (modulação automática da corrente do tubo de raios-x, controle de exposição automático, ajuste do kVp com base no tamanho do paciente, filtração dos feixes de radiação e colimação), seleção de parâmetros de imagem (diminuição do potencial do tubo ou da corrente do tubo ou ambos), modificação de protocolos de exames (redução da área escaneada e redução do número de fases do exame), utilização de níveis de referência de doses já preestabelecidas para o biótipo do paciente e região a ser estudada e a criação de programas de educação continuada. Esses métodos visam o controle periódico dos níveis de radiação, a aplicação de estratégias de redução de doses e a instrução continuada aos médicos radiologistas e aos técnicos em radiologia que operam os tomógrafos da instituição.<sup>11,12</sup>

O presente estudo apresentou algumas limitações que devem ser citadas neste momento: (1) não foram levados em consideração o peso e altura dos pacientes, pois não são rotineiramente anotados pela instituição; e (2) não foram analisados os níveis de ruído e *pitch* na avaliação da qualidade das imagens por não estarem disponíveis. Porém, este estudo foi importante para trazer à luz o conhecimento das doses efetivas de radiação e as variações nos parâmetros técnicos utilizados na realização dos exames de tomografia computadorizada na instituição hospitalar onde o estudo foi desenvolvido.

## CONCLUSÃO

No que diz respeito aos exames de crânio e abdome/pelve, podemos concluir que as doses efetivas utilizadas durante os exames de tomografia computadorizada realizados no tomógrafo Somatom Definition de 64 canais, da Siemens Healthcare, Alemanha, instalado no serviço de radiodiagnóstico da instituição, estavam dentro das faixas especificadas pelo relatório # 96 da AAPM. Já os exames de tórax apresentaram valores das doses efetivas significativamente acima dos valores típicos preconizados pela literatura, devendo ser efetuados esforços para redução das doses atualmente utilizadas.

## REFERÊNCIAS

1. Carvalho ACP. História da tomografia computadorizada. *Rev Imagem*. 2007;29(2):61-6. Disponível em: [https://www.kodakleiria.com/wp-content/uploads/2014/03/cbct\\_historia\\_tomografia\\_computadorizada.pdf](https://www.kodakleiria.com/wp-content/uploads/2014/03/cbct_historia_tomografia_computadorizada.pdf). Acessado em 2020 (22 jan).
2. Vieira HBM, Leitão GLNC, Valença CPV, Trigueiro CDL, Neto MVT. O uso do contraste em exames de tomografia computadorizada: uma revisão bibliográfica. Disponível em: <https://docplayer.com.br/58249815-O-uso-do-contraste-em-exames-de-tomografia-computadorizada-uma-revisao-bibliografica.html>. Acessado em 2020 (22 jan).
3. Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, et al. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *ArchIntern Med*. 2009; 169(22):2078-86. PMID: 20008690; doi: 10.1001/archinternmed.2009.427.
4. Smith AB, Dillion WP, Lau BC, et al. Radiation dose reduction strategy for CT protocols: successful implementation in neuroradiology section. *Radiology*. 2008;247(2):499-506. PMID: 18372456; doi: 10.1148/radiol.2472071054.
5. DovalésACM, SouzaAA, VeigaLHS. Tomografia computadorizada no Brasil: frequência e padrão de uso em pacientes internados no Sistema Único de Saúde (SUS). *Revista Brasileira de Física Médica..* 2015;9(1):11-4. Disponível em: <http://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/327/v9n1p11>. Acessado em 2020 (22 abr).
6. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography - an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med*. 2007;357(22):2277-84. PMID: 18046031; doi: 10.1056/NEJMra072149.
7. Ney MSCJ, Dos Santos AASMD, Fonseca GVS, Lodi CS. Effective doses radiation to the patients in examinations performed in three CT scanners in Brazil. *RadiatProtDosimetry*. 2017;176(4):444-9. PMID: 28383681; doi: 10.1093/rpd/ncx030.
8. Committee to Assess the Health risks from exposure to Low Levels of ionizing radiation. *Health risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2*. Washington: The NationalAcademies Press. Disponível em: [http://www.philrutherford.com/Radiation\\_Risk/BEIR/BEIR\\_VII.pdf](http://www.philrutherford.com/Radiation_Risk/BEIR/BEIR_VII.pdf). Acessado em 2020 (22 jan).
9. American Association of Physicists in Medicine (AAPM). Report N° 96. *The Measurement, Reporting and Management of Radiation Dose in CT*. College Park: American Association of Physicists in Medicine One Physics Ellipse; 2008. Disponível em: [https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT\\_96.pdf](https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_96.pdf). Acessado em 2020 (22 jan).
10. Rodrigues SI, Abrantes AF, Ribeiro LP, Almeida RPP. Estudo da dose nos exames de tomografia computadorizada em um equipamento de 6 cortes. *Radiol Bras*. 2012;45(6):326-33.doi: 10.1590/S0100-39842012000600008.
11. Dalmazo J, Elias Jr J, Brocchi MAC, Costa PR, de Azevedo-Marques PM. Otimização da dose em exames de rotina em tomografia computadorizada: estudo de viabilidade em um hospital universitário. *Radiol Bras*. 2010;43(4):241-8. doi: 10.1590/S0100-39842010000400008.
12. McCollough CH, Bruesewitz MR, Kofler JM Jr. CT dose reduction and dose management tools: overview of available options. *Radiographics*. 2006;26(2):503-12. PMID: 16549613; doi: 10.1148/rg.262055138.