

## CAPÍTULO 4

# DOSES RECEBIDAS POR PACIENTES PEDIÁTRICOS NA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.3771102410124>

*Data de aceite: 09/12/2024*

**Carlos Eduardo dos Reis**

**Leonardo Takamori Varela da Silva**

**Robson Ferreira Borges**

**Erick Fernando de Moura Germano**

**Tainara Gomes da Cruz**

**RESUMO:** A tomografia computadorizada (TC) é uma das modalidades da radiologia que teve mais avanços tecnológicos na última década, com isso o seu uso se tornou cada vez mais rotineiro consequentemente. Esses avanços permitem que os exames realizados sejam feitos com mais qualidade e menos tempo de duração em relação aos equipamentos das primeiras gerações. Tais motivos de certa forma justificam o grande uso da tomografia, sendo responsável por aproximadamente 43% da dose coletiva mundial de radiação ionizante provenientes dos meios radiodiagnósticos (UNSCEAR, 2010). No entanto é necessário manter a atenção para essa consequência, o aumento de doses de radiação para os pacientes, principalmente para o grupo de pacientes pediátricos, que por se encontrarem ainda em fase de crescimento os efeitos biológicos

são mais impactantes. Estudos a respeito desse tema são de suma importância para mensurar e poder tomar medidas que otimizem as doses recebidas pelos pacientes, afim de cada vez mais realizar exames com uma boa qualidade diagnóstica sem irradiar desnecessariamente o paciente pediátrico. Cada estudo e experimento realizados chegam a conclusões diferentes, como incoerência de protocolo, doses não otimizadas, movimentação do próprio paciente e possíveis falhas humanas. Conciliando diversos estudo é possível alcançar métodos que permitam a correta utilização da tomografia computadorizada especialmente para os pacientes infantis.

**PALAVRAS-CHAVE:** tomografia computadorizada, doses, pacientes pediátricos.

## DOSES RECEIVED BY PEDIATRIC PATIENTS IN COMPUTED TOMOGRAPHY

**ABSTRACT:** Computed tomography (CT) is one of the radiology modalities that has seen the most technological advances in the last decade, meaning its use has consequently become increasingly routine. These advances allow exams to be carried out with higher quality and take less time compared to the equipment of the first generations. These reasons somehow justify the widespread use of tomography, being responsible for approximately 43% of the global collective dose of ionizing radiation from radio diagnostic means (UNSCEAR, 2010). However, it is necessary to pay attention to this consequence, the increase in radiation doses for patients, especially for the group of pediatric patients, who, as they are still in the growth phase, have more impactful biological effects. Studies on this topic are extremely important to measure and be able to take measures that optimize the doses received by patients, in order to increasingly perform exams with good diagnostic quality without unnecessarily irradiating the pediatric patient. Each study and experiment carried out arrives at different answers, such as protocol inconsistency, non-optimized doses, patient movement and possible human errors. By combining several studies, it is possible to achieve methods that allow the correct use of computed tomography, especially for pediatric patients.

**KEYWORDS:** computed tomography, doses, pediatric patients.

### OBJETIVO

A tomografia computadorizada tem sido muito utilizada nos dias de hoje graças a capacidade dela de obtenção de imagem, produzindo assim uma imagem onde é possível se ver mais detalhes e assim tornando o radiodiagnóstico mais efetivo porém para se usar a tomografia é necessário altas doses de radiação e isso afeta mais o paciente, isto se torna ainda mais preocupante quando se tem pacientes pediátricos que estão em fase de crescimento e a alta dose de radiação pode se tornar prejudicial ao paciente, podendo desenvolver algo relacionado a isto no futuro.

Realizamos assim uma pesquisa utilizando estudos e experimentos, aliando os seus resultados a revisões de literatura com o objetivo de dar ciência aos profissionais da saúde que o uso excessivo da tomografia pode ser prejudicial que em alguns casos o uso de uma ressonância magnética que não se usa radiação ou o uso de um raio-x, que apresenta doses muito menores, pode se chegar no resultado efetivo para o diagnóstico.

### INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada (TC) demonstra em sua história uma grande e rápida evolução tecnológica, esses rápidos avanços estão ligados diretamente com o desenvolvimento dos processadores computacionais. Na era da tecnologia a cada novo lançamento de um equipamento são obtidas novas possibilidades no estudo de lesões em um exame, e com isso o seu uso tem se intensificado cada vez mais (DINIZ, et al. 2016).

As imagens provenientes desse exame são muito importantes, já que além de ter a capacidade de detectar tumores ósseos de forma precoce também auxiliar no planejamento do tratamento, por meio das imagens geradas em cortes axiais do corpo humano (ORELLANA, et al. 2023).

Com a tecnologia dos tomógrafos multislice os equipamentos são capazes de obter cortes de menor espessura, no entanto isso acarreta em um aumento na dose de radiação recebida pelo paciente. (PETENUCCI, et al. 2018). Para efeito de comparação um exame de tórax da tomografia pode gerar ao paciente uma dose até 400 vezes maior comparando a uma radiografia (PINA et al., 2009).

Dentre todas as modalidades da radiologia uma das mais crescentes é a tomografia computadorizada (RICO, 2022). Segundo o Comitê Científico das Nações Unidas para Estudos dos Efeitos da Radiação Atômica, a dose coletiva do mundo dentro do radiodiagnóstico, 43% é proveniente da tomografia computadorizada (UNSCEAR, 2010; SUTIL, et al.2022).

O uso da tomografia computadorizada tanto em adultos quanto na pediatria aumentou em 8 vezes desde a década de 1980, crescendo cerca de 10% ao ano (MOHD TAP, et al., 2018).

Dentro do cenário nacional segundo a Sociedade Brasileira de Pediatria, a tomografia computadorizada era utilizada em 3,3 exames em um grupo de mil crianças e adolescente no ano de 2008, já em 2017 essa taxa passou para 7,4 exames considerando o mesmo grupo, mais que dobrando em uma década (SBP, 2018).

Devido ao diagnóstico é rápido o aumento do uso dessa modalidade e também aos seus avanços tecnológicos, o consequente aumento das doses de radiação ionizante absorvida pelo corpo humano é estimado que aumenta a probabilidade de surgimento de tumores no paciente (ABURJAILE, 2017).

Entretanto, essa estimativa é considerada controversa devido à dificuldade de atrelar a origem do tumor a radiação provenientes de exames de radiodiagnóstico no geral (PETENUCCI, et al. 2018).

Levando em consideração os riscos e danos biológicos decorrentes de altas doses de radiações ionizantes, como as utilizadas na TC, é preciso avaliar recorrentemente dados referentes a essas taxas, especificamente no grupo pediátrico, considerado o grupo com idade entre 0 e 19 anos, já que por se tratar de um grupo que ainda está em alto desenvolvimento é mais suscetível ao ônus dos exames que utilizam radiações ionizantes (SUTIL, et al.2022).

## HISTÓRIA DA TOMOGRAFIA

Na literatura disponível sobre a descoberta da Tomografia Computadorizada (TC), pode-se encontrar dois cientistas principais, Allan M. Cormack e Sir Godfrey Hounsfield, que influenciaram e criaram essa ferramenta de diagnóstico. Ao se tratar do físico Cormack, a sua contribuição foi na criação do método matemático para determinar coeficientes de doses absorvidas pelo corpo humano, em diferentes regiões anatômicas, mas em especial aquelas constituídas de tecido mole, no ano de 1963 (CORMACK, 1963).

Já o engenheiro Hounsfield, concentrou-se na formulação, construção e no processo mecânico da TC, com o objetivo de visualizar tecidos moles compostos na estrutura cerebral, e assim ele foi considerado o inventor da TC (HOUNSFIELD, 1973).

O protótipo criado por Hounsfield utilizava fatias (partes) de cérebro de animais, como porco e boi, para realizar a obtenção de imagens por meio da radiação ionizante, 22 produzida pelo tubo de Raios X. O objetivo de Hounsfield era obter imagens de um objeto tridimensional (3D) por meio de fatias (axiais) com o intuito de mostrar partes de tecidos moles presentes no cérebro.

Seguindo Ambrose et al. (1973), Hounsfield percebeu que era mais eficiente obter imagens em cortes do cérebro do que considerá-lo por inteiro (volume) durante o processo de radiação, porém a duração para coleta de informações era em torno de 9 dias, e mais 2,5 horas para reconstruir a imagem no mainframe ICL 1905.

De acordo com o próprio Hounsfield (1973), ele apresentou os resultados obtidos com o cérebro de animais no 32º Congresso Britânico Instituto de Radiologia. Isto despertou o interesse dos médicos e cientistas de aplicarem os estudos de Hounsfield na área da neurologia humana, além de empresas, como a Electrical Musical Instruments (EMI) Ltda, em desenvolver um tomógrafo para humanos.

De acordo com Kalender et al. (2011), as primeiras imagens médicas de TC foram realizadas em Londres, no ano de 1972, no hospital Atkinson Morley. As imagens foram obtidas pelo tomógrafo da empresa britânica EMI, com o intuito de diagnosticar um tumor neural, localizado na região do lobo frontal, de uma paciente mulher de 41 anos. Em decorrência de suas pesquisas, o sucesso e a eficiência da TC na área da medicina para diagnóstico, A. M. Cormack e S. G Hounsfield ganharam o Prêmio Nobel de medicina, em 1979. Além disso, influenciaram nos avanços dos estudos na área da neurociência por meio dos exames de TC do crânio (CALZADO, 2010).

Apartir daí, começou o grande aumento na produção e comercialização de tomógrafos no mundo. Em 1972, dois anos depois das primeiras imagens médicas, já existiam em torno de 60 equipamentos da EMI espalhados no mundo, e em 1980, esse número foi para mais de 10 mil. Isto impulsionou outras empresas, como Siemens, a investirem no mercado de produção de tomógrafos.

De acordo com Bontrager et al. (2010) as diferenças entre os tomógrafos atuais e os primeiros equipamentos residem no modo de obtenção de imagens, determinado pela quantidade de detectores, do tubo de Raios X, da aparelhagem mecânica, reconstrução e o tempo de exposição para obtenção da imagem.

Toda a história da tomografia foi marcada pelo planejamento e criação de mecanismos do tubo de Raios X com detectores para obter melhores imagens no menor tempo possível. O primeiro protótipo de tomógrafos produzia um feixe de radiação X tipo lápis (pencil beam) e possuía um único detector (MOURÃO, 2007), além disso, os seus movimentos eram lineares e semicirculares resultando mais de um dia para a obtenção de todas as imagens da região estudada (KALENDER, 2006).

O segundo mecanismo foi marcado pela utilização de até 30 detectores e na mudança do feixe tipo lápis para partial fan beam, resultando em uma diminuição do tempo de obtenção da imagem para 300 segundos (BONTRAGER, 2010).

No terceiro mecanismo destacou-se o movimento do feixe em um estreito leque com mais de 800 detectores levando a um tempo de aquisição de apenas 1 a 5 segundos (CALZADO, 2010).

O quarto mecanismo compreende o movimento rotacional contínuo da fonte em uma abertura em leque e com múltiplos detectores fixos no arco, levando o tempo de aquisição para menos de 1 segundo (KALENDER, 2006).

O quinto mecanismo é a mais recente tecnologia em TC, que utiliza dois tubos de Raios X e duplo conjunto de detectores, que proporcionam ótimas qualidades de imagens em apenas 0,33 segundos (KALENDER, 2006).

A diferença entre a qualidade das imagens de um exame, por exemplo de crânio, obtidas no primeiro modelo comercial de tomógrafo de 1972 e de um tomógrafo da Siemens de 2004 (configurações de mecanismos mais comum nos hospitais e utilizado como estudo neste trabalho). Para a aquisição da imagem cada tomógrafo teve as suas configurações de resolução da matriz, tamanho dos cortes e tempo de aquisição, de acordo com o trabalho de Kalender et al. (2006) e do Siemens (2020).

## RADIOSSENSIBILIDADE: CRIANÇA X ADULTO

Ocorre uma mudança nos efeitos biológicos e doses recebidas pela interação com a radiação, graças a idade do paciente, como quando um adulto e criança fazem um exame de Tomografia, com os mesmos fatores de obtenção de imagem, na criança os efeitos serão mais danosos, isso se dá porque a criança tem uma maior radiosensibilidade, de aproximadamente 3 vezes maior que um adulto, isto influencia num aumento da probabilidade de haver alguma reação tecidual ou estocástica. Claro que não com 100% de certeza, já que cada paciente tem um sistema imunológico diferente, o que interfere se haverá alguma reação com a radiação ou não. (BRENNER et al., 2001).

Também influencia na possibilidade da ocorrência de câncer, na criança por exemplo seria a expectativa de vida. Se espera que a crianças vivam mais que os adultos, já que está em fase de desenvolvimento e multiplicação celular, com isso a expectativa de vida maior que um adulto para desenvolver certas patologias. As patologias possuem um período de latência para se desenvolverem no organismo de uma pessoa, considerando que uma determinada patologia tenha um período de 25 anos para se desenvolver e dois pacientes são expostos a radiação ionizante, um adulto de 60 e um pediátrico de 6 anos. Tem uma probabilidade maior da criança sofrer dessa patologia pois se espera que tenha uma expectativa de vida maior que o adulto de 60 anos citado após a radiação ionizante. (Brody et al. 2007)

Nos estudos de Pierce et al. (1996), com adultos de diferentes faixas etárias, determinaram que um paciente de 50 anos tem um terço da probabilidade de ocorrência de patologia em decorrência da exposição radiológica, se comparado com um paciente de 30 anos.

Brenner et al. (2001) criaram um gráfico baseado nos dados das estimativas da National Academy of Sciences (BEIR V - Biological Effects of Ionizing Radiation) e da International Commission on Radiological Protection (Report 60), para ilustrar o Potencial Oncogênico e a probabilidade de mortalidade por câncer variando de acordo com a dose de exposição em função da idade do paciente exposto a altas doses de radiação.

Também nos estudos de Brody et al. (2007) demonstram estimativas de probabilidade da ocorrência de um câncer fatal em pacientes pediátricos, ao longo da vida, após a exposição à radiação ionizante em exames diagnósticos de baixas doses. Na realização de exames na região do abdome, estimaram a probabilidade da ocorrência de um câncer a 1 em cada 550 crianças de um ano de idade. Já para o crânio a probabilidade é de 1 a cada 1500 crianças submetidas ao exame.

Estudos de Brenner et al. (2001), nos Estados Unidos da América, determinaram que anualmente 600 mil exames de diagnósticos que utilizam radiação ionizante das regiões anatômicas abdome, tórax e crânio são realizados em crianças, e a estimativa é de que aproximadamente 500 crianças desenvolverão um câncer fatal (radioinduzido).

Segundo Pearce (2012), as doses recebidas nas crianças durante o procedimento de TC são de, aproximadamente, 30 mGy e 50 mGy, o que triplicaria a probabilidade de ocorrência de leucemia e tumores cerebrais, respectivamente.

## ESTUDO UTILIZANDO CILINDRO SIMULADOR

Se tratando do uso de radiações ionizantes é necessário se tomar todos os cuidados indicados pela proteção radiológica, levando em consideração o princípio da justificativa, é preciso que o paciente tenha o benefício do diagnóstico para que este realize o exame (SILVA, 2020).

Para poder estudar e mensurar a radiação recebida por um paciente um dos métodos é utilizando um objeto que simula o corpo humano.

Para realizar essa atividade ABURJAILE, WADIA NAMEN, 2017 criou um objeto cilíndrico feito de polimetilmetacrilato que possuía medidas e densidades que simulava o tórax de uma criança de oito anos de idade, aplicou protocolos para este exame e realizou o mesmo processo com o simulador de tórax de um adulto para efeitos de comparação.

Ao comparar os resultados quando o mesmo protocolo era aplicado foi constatado que a dose para o paciente pediátrico foi aproximadamente 50% maior do que no modelo do adulto, otimizando as doses por meio do fator técnico da miliamperagem, reduzindo em até 60% do valor utilizado para um adulto, a dose também reduzia proporcionalmente (ABURJAILE, 2017).

No entanto esse método pode ser considerado como padrão, dentro do cenário nacional, pois uma grande parte dos equipamentos instalados no Brasil ainda não possuem tecnologia de ajuste automático de corrente (ABURJAILE, 2017).

## VARREDURA TARDIA EM EXAME DE TOMOGRAFIA

No estudo realizado por MOHD TAP, et al. 2018; além do tórax outra área do corpo humano foco de estudos em relação a absorção de radiação é a região do abdômen, foram avaliados durante um ano 211 exames de TC cerebral, de tórax e de abdômen em pacientes de 1,5,10 e 15 anos de idade, com o intuito de mensurar a dose efetiva recebida por essa classe. Sendo que os exames mais realizados foram de crânio, com 49%, em seguida de temporal, com 14% e tórax com 11%, os exames de abdômen registraram 9%, no entanto em termos de doses efetiva foi o que registrou o maior índice, com uma média de 11,12 mSv. O motivo apontado para essa maior dose efetiva foi a varredura tardia na região da pelve, realizada nos protocolos de abdômen e pelve, como indica o seguinte gráfico:

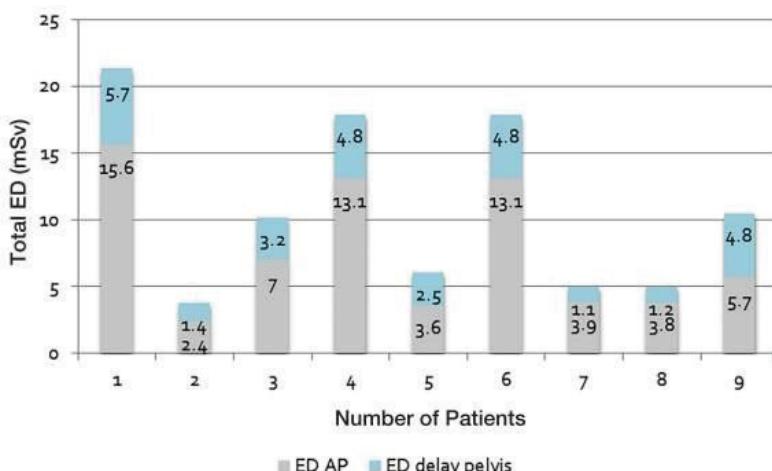


Figura 1- Valores de dose absorvida no protocolo de abdômen com a varredura tardia.

Fonte: MOHD TAP, 2018

Para isso foi recomendado que essa fase do exame não fosse realizada, a mesmo que fosse a área de estudo principal. Além disso é possível reduzir a dose efetiva adequando os fatores técnicos, em específico o,  $M_{as}$  (miliamperagem por segundo), que quando reduzido pela metade nos testes mostrou a redução proporcional de dose efetiva (MOHD TAP, et al. 2018).

No entanto para se realizar a otimização de dose em pacientes pediátricos alterando os fatores técnicos é preciso respeitar a capacidade dos detectores do tomógrafo de captar uma faixa limitada de energia proveniente dos feixes de radiação, assim a otimização de doses para pacientes pediátricos se torna também limitada (ASSIS, et al, 2020).

## ESTUDOS COM SOFTWARE PARA MENSURAR DOSES

O estudo quantitativo realizado por SUTIL, et al. Entre setembro e dezembro de 2020, utilizou o sistema *VirtualDose™* e informações de exames realizados em pacientes com idade entre 0 a 18 anos, disponibilizadas pelo Sistema Catarinense de Telemedicina e Teles saúde de Santa Catarina, que ficam descritas no cabeçalho DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), Comunicação de Imagens Digitais em Medicina. Todos os exames foram realizados no equipamento *Brilliance 6* da marca *Philips*, sendo este um tomógrafo de tecnologia helicoidal e multislice de 6 canais.



Figura 2- Tomógrafo *Brilliance 6* da marca *Philips*.

Fonte: *Philips*

O *VirtualDose™*; de acordo com a sua desenvolvedora, a *Virtual Phantoms, Inc*; é um software capaz de realizar cálculos precisos de doses recebidas por paciente que já realizaram um exame de tomografia computadorizada. Inserindo as informações provenientes do software do aparelho de TC e as do paciente (*Virtual Phantoms, Inc.* 2023).

Esse tipo de software de monitoramento não é comum de serem utilizados, devido a sua não obrigatoriedade e ao seu custo não ser considerado barato, para um serviço como o Sistema Único de Saúde (SUS), por exemplo, se torna uma ferramenta completamente inviável, mesmo que de suma importância (RICO, 2002).

Dos 35 exames que foram utilizados no estudo foi registrado que a dose efetiva variou entre 2,75 mSv (registrado no grupo de 0 a 6 anos) e 13,44 mSv (registrado no grupo de 11 a 14 anos). Os índices demonstraram uma média de 3,14 mSv e 5,09 mSv para os respectivos grupos. Os dados obtidos estavam de acordo com os parâmetros adequados estipulados na literatura (SUTIL, et al,2022).

É importante ressaltar que para os pacientes, independentemente da idade ou sexo, não há limites de doses determinados, visto que a dose de radiação é justificada pelo benefício do diagnóstico, para isso é importante realizar o controle de doses, por meio das DLR's (Níveis de referência de diagnóstico) e sempre se utilizar das práticas de proteção radiológica, assim minimizando ao máximo a dose recebida pelo paciente sem prejudicar o resultado do exame (VASCONCELOS, 2023; SUTIL, et al,2022).

De acordo com International Atomic Energy Agency (Agência Internacional de Energia Atômica) as DLR's servem para identificar se os níveis de doses estão adequados, altas, ou baixas a depender do procedimento. A DLR é considerada uma das diretrizes que fazem para da otimização de dose de radiação ionizante recebida pelo paciente, com o conhecimento desse índice é possível adequar da melhor forma o protocolo de exames de paciente pediátricos.

Em estudo que utilizou a mesma metodologia foi realizado no Hospital Geral de Cotia (SP), com o equipamento ACT Revolution fabricado pela *General Eletic* (Figura 3), porém utilizando o software *DoseUtility™*, no caso dos pacientes pediátricos foi detectado que o principal motivo de que ocorre uma grande variação na dose efetiva é a reexposição do paciente por conta de movimento que prejudiquem o andamento do exame, independente do protocolo, sendo necessário que o exame seja feito novamente (RICO, 2022).



Figura 3- ACT Revolution fabricado pela *General Eletic*.

Fonte: *General Eletic*

No que diz respeito a protocolos também é preciso se ter cuidados, agora já relacionados ao procedimento dos profissionais, no mesmo estudo de RICO, 2022; foi demonstrado que alguns técnicos realizavam aquisições que estavam fora do Procedimento Operacional Padrão (POP) do hospital, para avaliar fases pré e pós contraste no exame de tórax contrastado, conforme é demonstrado nas figuras 4 e 5:

Exam Description: ANGIOTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DO TORAX						
Relatório de Dose						
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm	
1	Scout	-	-	-	-	
2	Scout	-	-	-	-	
200	Axial	I110.392-I110.392	3.94	3.94	Body 32	
201	Axial	I107.638-I107.638	55.23	55.23	Body 32	
→ 3	Helical	I12.265-I282.265	7.19	218.78	Body 32	
Total Exam DLP:					277.95	

Figura 4- Relatório de doses onde se seguiu as instruções do POP

Fonte: RICO FREITAS, 2022

Exam Description: ANGIOTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DO TORAX						
Relatório de Dose						
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm	
1	Scout	-	-	-	-	
200	Axial	I116.230-I116.230	15.78	15.78	Body 32	
→ 2	Helical	I29.630-I294.630	6.80	203.44	Body 32	
→ 6	Helical	I29.630-I294.630	6.79	203.06	Body 32	
Total Exam DLP:					422.28	

Figura 5- Relatório de doses onde não se seguiu as instruções do POP

Fonte: RICO FREITAS, 2022

Aumentando o número de imagens automaticamente houve o aumento de aproximadamente 51% da radiação a que a criança foi exposta (RICO, 2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É perceptível que os estudos feitos em relação as doses em pacientes pediátricos na tomografia computadorizada são renovadas ano após ano, para que assim possa acompanhar os avanços tecnológicos da modalidade. A cada um deles é possível perceber que existem diversas variáveis que determinam a dose efetiva que atinge o paciente. Sendo detectados incoerências de protocolos e técnicas, que não são ajustados adequadamente para os pacientes pediátricos, a falhas humanas durante a realização dos exames.

De acordo com International Atomic Energy Agency (Agência Internacional de Energia Atômica) é imprescindível que o conhecimento das doses recebidas pelo paciente seja sempre considerado, para que assim o serviço possa sempre estar tomando medidas de proteção radiológica durante os exames.

## **CONCLUSÃO**

No decorrer deste trabalho podemos concluir que a tomografia computadorizada é um exame de alta efetividade no radiodiagnóstico, podendo captar diversos detalhes e ajudar o médico a dar o melhor diagnóstico, porém isso tudo com uso elevado da radiação, isso sendo prejudicial em crianças e adolescentes, já que estão em fase de crescimento.

Com isso é necessário que aja um consenso em usar menos este exame apenas em casos que são estritamente necessários e também ajustar os protocolos e técnicas radiológicas, para que assim, diminua a radiação, mas sem fazer o exame perder a eficácia, também é aconselhado a diminuição ou desuso da varredura tardia, já que expõe o paciente a uma dose extra de radiação, tal dose que muitas vezes não é necessária de acordo com a hipótese diagnóstica. Para que tais ajustes sejam feitos e respeitados é importante que seja feita a educação continuada dos profissionais, em conjunto com o setor de controle de qualidade, evitando a superexposição por aquisições de imagens fora do protocolo. Por último evitar a reexposição por movimento no exame, explicando bem ao paciente o que deve ser feito, para que assim ele se movimente minimamente ou fique parado durante o exame o que seria melhor.

## **REFERÊNCIAS**

- i. Aburjaile, Wadia Namen. "Desenvolvimento de objeto simulador pediátrico para dosimetria em varreduras de tomografia computadorizada do tórax." (2017).
- ii. ASSIS, B. S.; PEIXOTO, J. G. P. Estudo teórico dos detectores aplicados à Tomografia Computadorizada.
- iii. BRENNER, D. J., ELLISTON, C., HALL, E., BERDON, W. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *American Journal of Roentgenology*, 176,289-296,2001. <https://www.ajronline.org/doi/10.2214/ajr.176.2.1760289>.
- iv. BRODY, A. S. et al. Radiation risk to children from computed tomography. *Pediatrics*, 120(3), 677-682, 2007. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-1910>.
- v. da Silva, Pâmela Petenucci, and Ana Lucia Marcondes. "Otimização da dose de radiação ionizante em tomografia computadorizada." *Tekhne e Logos* 9.1 (2018): 88-98
- vi. DINIZ, K.D.; COSTA, I.K.F; SILVA, R.A.R. Segurança do paciente em serviços de tomografia computadorizada: uma revisão integrativa. *Rev. Eletr. Enf. [Internet]*, v. 18, 21 dez. 2016. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/fen/article/view/35312>.
- vii. Orellana, José Alberto Alves, and Alice Cristovão Delatorri Leite. "AVANÇOS DA RADIOLOGIA NO DIAGNÓSTICO DE TUMORES ÓSSEOS." *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação* 9.5 (2023): 2046-2058.
- viii. PEARCE, M.S. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukemia an brain tumours: a retrospective cohort study. *The Lancet*, 2012. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60815-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60815-0)

- ix. Pina, Diana Rodrigues de et al. "Controle de qualidade e dosimetria em equipamentos de tomografia computadorizada." *Radiologia Brasileira* 42 (2009): 171-177.
- x. RICO FREITAS, G. Metodologia de baixo custo para avaliação da dose de radiação ionizante em exames de tomografia computadorizada. 2022. 90 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/>.
- xi. SBP. (2018). Para evitar riscos de superexposição, SBP lança campanha para o uso racional de exames de diagnóstico por imagem em crianças e adolescentes. <https://www.sbp.com.br/imprensa/detalhe/nid/para-evitar-riscos-de-superexposicao-sbp-lanca-campanha-para-o-uso-racional-de-exames-de-diagnostico-por-imagem-em-criancas-e-adolescentes/>. Sociedade Brasileira de Pediatria.
- xii. SILVA, Monique França et al. Avaliação computacional das doses médicas e ocupacionais durante diagnóstico de COVID-19 em pacientes pediátricos empregando tomografia computadorizada. 2020.
- xiii. Sutil, Maria Rita, et al. "Estimativa de dose em tomografia computadorizada pediátrica utilizando o software Virtual Dose®." *Research, Society and Development* 11.5 (2022): e8611527800-e8611527800.
- xiv. Tap NHM, Sidek MAJ, Ridzwan SFM, Selvarajah SE, Zaki FM, Hamid HA. Computed Tomography Dose in Paediatric Care: Simple Dose Estimation Using Dose Length Product Conversion Coefficients. *Malays J Med Sci.* 2018 Jul;25(4):82-91. doi: 10.21315/mjms2018.25.4.8. Epub 2018 Aug 30. PMID: 30914850; PMCID: PMC6422547.
- xv. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Sources and effects of ionizing radiation, united nations scientific committee on the effects of atomic radiation (UNSCEAR) 2008 report, volume I: Report to the general assembly, with scientific annexes A and B-sources*. United Nations, 2010.
- xvi. Vasconcelos, Bianca Teixeira Oliveira. "A evolução e o impacto da tomografia computadorizada na medicina uma revisão bibliográfica." (2023).