


Análise de dose em pacientes pediátricos submetidos a exames de tomografia computadorizada de tórax em um hospital infantil

Dose analysis in pediatric patients undergoing chest computed tomography examinations in a children's hospital

Matheus B. Tkatchuk, Linda V. E. Caldas 

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN/CNEN), São Paulo, Brasil

Resumo

A Tomografia Computadorizada (TC) tem sido um recurso bastante acessível e eficaz tanto no diagnóstico quanto no acompanhamento de patologias em geral. Este trabalho tem como principal objetivo a análise de dose de radiação emitida por um tomógrafo em exames de TC do tórax, tratando-se de um estudo retrospectivo de 377 exames pediátricos em um tomógrafo *Siemens Spirit*, no período de 2019 a 2022, em que foram analisados parâmetros individuais de cada exame como o Índice de Dose Volumétrica em Tomografia Computadorizada (CTDIvol), o Produto Dose Comprimento (DLP) e Dose Efetiva (E), na tentativa de verificar a compatibilidade destes fatores com os Níveis de Referência de Diagnóstico (NRD) internacionais bem como investigar a influência da pandemia do coronavírus no aumento no número de exames e nos protocolos de dose. Os resultados do estudo evidenciaram a influência da pandemia tanto nos protocolos de dose quanto no número de exames realizados para a maioria das faixas etárias pediátricas estudadas, em que foram verificados aumentos progressivos nos parâmetros de dose entre 2019 e 2021, com posterior queda em 2022. Além disso, ficou claro o aumento no número de exames realizados em 2020 quando comparado com qualquer outro período. Foi possível observar a urgente necessidade de readequação dos protocolos de dose, tendo em vista a exposição excessiva, principalmente, de crianças à radiação durante os períodos mais críticos da pandemia do COVID-19.

Palavras-chave: COVID-19; tomografia computadorizada pediátrica; tórax; dose efetiva.

Abstract

Computed Tomography (CT) has proven to be a highly accessible and effective tool both for diagnosis and for monitoring pathologies in general. The main objective of this study is to analyze the radiation dose delivered by a CT scanner in chest examinations, through a retrospective study of 377 pediatric scans performed on a Siemens Spirit CT scanner between 2019 and 2022. Individual parameters from each examination were analyzed, including the Computed Tomography Dose Index volume (CTDIvol), the Dose–Length Product (DLP), and the Effective Dose (E), in an attempt to assess their compliance with international Diagnostic Reference Levels (DRLs) as well as to investigate the influence of the coronavirus pandemic on the increase in the number of examinations and on dose protocols. The study results revealed the impact of the pandemic both on dose protocols and on the number of examinations performed for most of the pediatric age groups studied, with progressive increases in dose parameters observed between 2019 and 2021, followed by a subsequent decline in 2022. Furthermore, a clear increase in the number of examinations performed in 2020 was observed when compared to any other period. The findings highlight the urgent need to readjust dose protocols, considering the excessive exposure of children to radiation, particularly during the most critical periods of the COVID-19 pandemic.

Keywords: COVID-19; Pediatric computed tomography; chest; effective dose.

1. Introdução

O setor de diagnóstico por imagem é essencial nos hospitais, tendo papel central na identificação e acompanhamento de diversas patologias, como infecções, neoplasias, embolias pulmonares e, mais recentemente, na gestão de casos de COVID-19. Dentre os métodos disponíveis, a tomografia computadorizada (TC) destaca-se por ser uma das principais fontes artificiais de radiação, tendo a maior média de dose efetiva por procedimento (1,37 mSv) (1). Desde sua introdução em 1971, a TC tem evoluído rapidamente, oferecendo imagens de alta resolução e aquisição veloz de dados, o que a torna fundamental na medicina diagnóstica contemporânea (2,3).

Contudo, essa tecnologia também levanta preocupações significativas sobre a exposição à radiação ionizante, especialmente entre populações mais vulneráveis, como crianças. A TC de tórax, em particular, está associada a doses de radiação

significativamente mais elevadas do que exames convencionais, sendo responsável por mais de 70% da exposição artificial à radiação da população (4). Em pacientes pediátricos, essa preocupação se intensifica em função da maior radiosensibilidade decorrente do alto índice mitótico das células desses indivíduos (5).

Dessa forma, a utilização de ferramentas de controle e monitoramento de dose, como o Índice de Dose Volumétrica em Tomografia Computadorizada (CTDIvol – Volume Computed Tomography Dose Index) e o Produto Dose Comprimento (DLP – Dose–Length Product), torna-se essencial para garantir a segurança e otimização dos protocolos aplicados (6,7). A adoção de tecnologias como o controle automático de exposição (CAE) e práticas rigorosas de radioproteção são fundamentais para minimizar riscos e maximizar os benefícios diagnósticos (4).

Durante a pandemia do COVID-19, o uso da TC do tórax aumentou expressivamente, com um crescimento de 113% no início de 2021, quando

comparado a um período pré-pandêmico (junho a novembro de 2018) (8), destacando sua relevância na detecção precoce de alterações pulmonares (9-11). Esse contexto reforça a necessidade de analisar a dose de radiação em pacientes pediátricos submetidos a esse exame, sobretudo no período pandêmico. Com isso, o objetivo principal foi avaliar a evolução dos parâmetros CTDIvol, DLP e dose efetiva ao longo do período, buscando identificar eventuais influências da pandemia nos exames de TC pediátrica do tórax.

2. Materiais e Métodos

O estudo tem caráter documental, retrospectivo, descritivo e quantitativo, baseado em dados secundários extraídos do cabeçalho DICOM de exames de tomografia computadorizada de tórax pediátrica em um tomógrafo Siemens Spirit de 2 canais.

A coleta foi realizada por meio da plataforma DrTis, disponibilizada por um hospital infantil localizado na cidade de São Paulo. Nesta plataforma, constavam os relatórios de dose emitidos após cada exame de TC, os quais possuíam informações relevantes, como: CTDIvol, DLP e produto corrente-tempo, conforme a Figura 1.

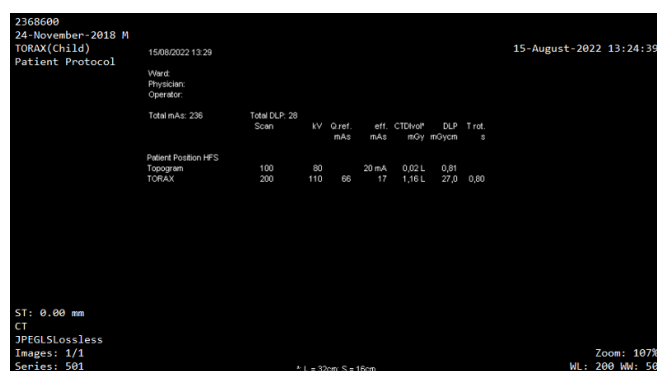


Figura 1. Exemplo de relatório de dose do tomógrafo Siemens Spirit de 2 canais

Foram analisados 377 exames realizados entre 2 de setembro de 2019 e 2 de setembro de 2022, abrangendo as fases pré-pandêmica, pandêmica e pós-pandêmica (12). A amostra contemplou pacientes de 0 a 18 anos, com predominância de hipóteses diagnósticas relacionadas à síndrome respiratória aguda, embora os protocolos clínicos envolvessem investigações mais amplas, como doenças intersticiais, pleurais e embolias pulmonares.

Os dados coletados incluíam sexo, idade, data do exame, parâmetros técnicos como produto corrente-tempo, tensão, DLP, CTDIvol e, quando disponível, comprimento da varredura. O pitch, especificamente, foi calculado com base no *effective* mAs e no *reference* mAs (13). Para o comprimento da varredura, quando não fornecido, foi utilizada a razão entre o DLP e o CTDIvol (14).

O cálculo da dose efetiva foi realizado por meio do software Virtual Dose®, baseado em simulações de Monte Carlo e com ponderações segundo a ICRP 103

(15). Previamente ao cálculo, é possível inserir informações como a idade do paciente, o modelo do tomógrafo, o pitch e o produto corrente-tempo, conforme a Figura 2.

Figura 2. Painel de inserção de dados para cálculo de dose efetiva no software Virtual Dose®.

Para a caracterização da amostra foi feita uma análise descritiva com frequências absolutas e relativas. Como os dados não apresentaram distribuição normal (segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov), as análises estatísticas foram baseadas nas medianas e nos percentis 25 e 75 (16), com apoio em gráficos de linhas e *box-plots* (17).

As comparações entre anos foram feitas com o teste de Kruskal-Wallis, seguido da correção de Bonferroni (18). A análise por sexo utilizou o teste de Mann-Whitney (19). Adicionalmente, foram aplicados os testes qui-quadrado de Pearson e exato de Fisher para investigar associações entre variáveis categóricas, como sexo, ano e frequência de exames com doses acima dos níveis de referência (17).

Todos os testes adotaram um nível de significância de 5%, sendo conduzidos com os softwares SPSS v.21.0 e Microsoft Excel 2010.

2.1. Questões Éticas e Legais

Após aprovação do estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa e registrado na Plataforma Brasil sob o número de aprovação CAAE:78695223.3.0000.5390, foi dispensado o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) e a administração do hospital cedeu o acesso remoto à plataforma de exames DrTis. A coleta não foi feita no setor de radiologia do hospital e, portanto, não houve contato com os pacientes do estudo.

3. Resultados e Discussão

Os dados coletados referentes ao CTDIvol, ao DLP e à dose efetiva foram tabelados e comparados aos diferentes níveis de referência de dose, por faixa etária, segundo as diretrizes específicas de cada referência.

3.1. Caracterização da Amostra

Na Tabela 1 são apresentados dados relativos às características mais gerais dos exames coletados, como quantidade de exames, frequência de exames repetidos, uso ou não de contraste, sexo e idade do paciente que realizou o exame. Nesse sentido, tendo em vista os resultados apresentados na Tabela 1, foram analisados um total de 377 exames, relativos a 337 pacientes. Observa-se que 4,2% dos exames foram repetidos em até 1 semana e 4,8% em até 2 meses. Em 15,1% dos exames foi utilizado contraste e na maioria dos casos analisados, os exames foram realizados nos anos de 2021 (37,9%) e 2022 (27,3%). Com relação aos 337 pacientes, 53,7% eram do sexo masculino e a idade média foi de 7,54 anos ($\pm 5,64$ anos), com mediana de 6 anos, mínimo de 0,04 anos e máximo de 18,76 anos.

Tabela 1. Caracterização das variáveis relacionadas aos exames (n=377) e das variáveis sociodemográficas dos pacientes (n=337)

	Frequência	Percentual
Número de exames (n=377)		
Apenas um exame	337	89,4
Repetiu em até 1 semana	16	4,2
Repetiu em até 2 meses	18	4,8
Repetiu em até 1 ano	3	0,8
Repetiu em mais de 1 ano	3	0,8
Uso de contraste (n=377)		
Não	320	84,9
Sim	57	15,1
Ano de realização do exame (n=377)		
2019	36	9,5
2020	95	25,2
2021	143	37,9
2022	103	27,3
Sexo (n=337)		
Feminino	156	46,3
Masculino	181	53,7
Idade (n=337)		
Média \pm Desvio-padrão	7,54 anos \pm 5,64 anos	
Mediana (P25 – P75)	5,89 anos (2,55 anos – 13,00 anos)	
Mínimo – Máximo	0,04 anos – 18,76 anos	

Fonte: O autor (2025).

3.2. Análise da Dose Efetiva (E)

A análise da dose efetiva por ano e faixa etária, apresentada na Tabela 2 e na Figura 3, baseou-se nas recomendações da UNSCEAR (20) e foi avaliada estatisticamente por meio do teste de Kruskal-Wallis, conforme indicado por Pagano e Gauvreau (16). Os resultados não revelaram diferenças estatisticamente significativas entre os anos analisados, independentemente da faixa etária. No entanto, observou-se uma elevação dos valores de dose efetiva nos anos de 2020 e 2021 em comparação a 2019, com exceção dos pacientes com 11 anos ou mais.

A Figura 3 evidenciou um aumento marcante no número de *outliers* nos anos de 2020 e 2021, especialmente neste último, o que sugere maior variabilidade nos protocolos de imagem durante o período pandêmico. Esse comportamento pode ser atribuído à intensificação do uso da tomografia computadorizada como ferramenta diagnóstica, impulsionada pela emergência sanitária da COVID-19 e pela necessidade urgente de elucidação de sintomas respiratórios.

O número reduzido de exames com contraste corrobora a literatura, sendo indicado apenas em casos específicos, como embolias pulmonares ou

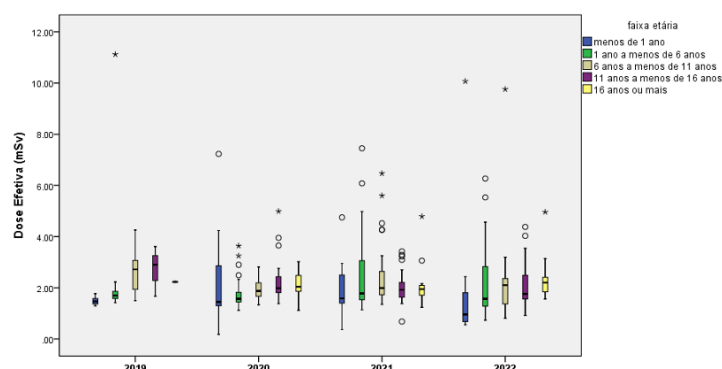
suspeita de nódulos (21). Por fim, destaca-se que a faixa etária de 1-6 anos concentrou o maior número de exames, conferindo maior robustez estatística aos achados para esse grupo.

Tabela 2. Análise da dose efetiva por ano e faixa etária segundo a UNSCEAR (20).

Faixa etária	Estatísticas	2019	2020	2021	2022
menos de 1 ano	n	7	13	14	7
	P25 (mSv)	1,36	1,30	1,38	0,55
	Mediana (mSv)	1,47	1,45	1,59	0,96
	P75 (mSv)	1,62	3,09	2,57	2,43
	Valor-p*		0,325		
1 ano a menos de 6 anos	n	17	31	51	46
	P25 (mSv)	1,57	1,43	1,52	1,26
	Mediana (mSv)	1,70	1,57	1,78	1,57
	P75 (mSv)	1,91	1,83	3,08	2,88
	Valor-p*		0,060		
6 anos a menos de 11 anos	n	7	16	27	18
	P25 (mSv)	1,69	1,66	1,71	1,35
	Mediana (mSv)	2,72	1,88	1,99	2,10
	P75 (mSv)	3,19	2,23	2,87	2,41
	Valor-p*		0,438		
11 anos a menos de 16 anos	n	3	22	34	23
	P25 (mSv)	1,67	1,79	1,62	1,55
	Mediana (mSv)	2,90	1,98	1,92	1,76
	P75 (mSv)	-	2,43	2,21	2,63
	Valor-p*		0,406		
16 anos ou mais	n	2	13	17	9
	P25 (mSv)	2,21	1,79	1,69	1,80
	Mediana (mSv)	2,23	2,04	1,95	2,20
	P75 (mSv)	-	2,53	2,11	2,78
	Valor-p*		0,392		

*Teste de Kruskal-Wallis (18)

Figura 3. Gráfico *box-plot* ilustrando os valores de dose efetiva por faixa etária e ano.



3.3. Análise do CTDIvol segundo o NRD Americano

A Tabela 3 apresenta a análise dos valores de CTDIvol por ano e faixa etária, conforme o NRD americano, entre 2019 e 2022. Foram incluídos os valores de P25 (Percentil 25), mediana, P75 (Percentil 75) e o número total de exames por ano em cada faixa etária, além dos valores de *p* do teste de Kruskal-Wallis, que indicam se houve diferenças estatisticamente significativas entre os anos analisados. A Figura 4 ilustra graficamente essa distribuição por meio de *box-plots*, evidenciando a dispersão dos dados e a ocorrência de *outliers* ao longo do período (22).

Embora os testes estatísticos não tenham revelado diferenças significativas (com $p > 0,05$ para todas as faixas etárias), as medianas indicam variações sutis entre os anos. Observa-se, por exemplo, um leve aumento no CTDIvol em 2020 em relação a 2019 em grupos de < 1 ano e 5-10 anos. Ademais, em faixas como 1-5 anos, há uma elevação contínua entre 2020

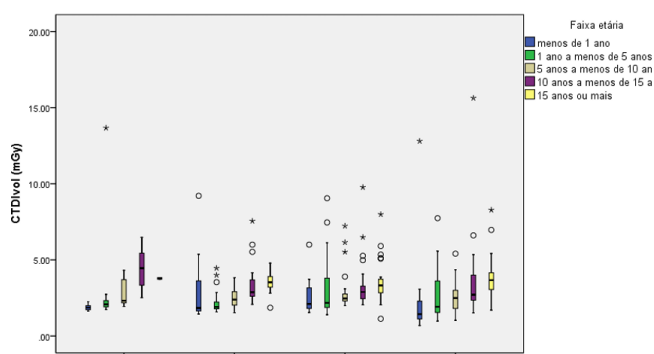
e 2021, seguida de uma redução em 2022, sugerindo instabilidade nos protocolos durante o pico da pandemia. A Figura 4 reforça essa interpretação, ao evidenciar um número elevado de *outliers* nos anos de 2020 e 2021, apontando maior variabilidade nas doses aplicadas. Tal comportamento pode ser atribuído à urgência nos atendimentos, alterações de protocolo ou diferenças operacionais nos equipamentos.

Tabela 3. Análise do CTDIvol por ano e faixa etária segundo o NRD americano (22).

Faixa etária	Estatísticas	2019	2020	2021	2022
menos de 1 ano	n	7	13	14	7
	P25 (mGy)	1,72	1,64	1,80	1,03
	Mediana (mGy)	1,86	1,84	2,10	1,44
	P75 (mGy)	2,05	3,91	3,25	3,08
	Valor-p*	0,136			
1 ano a menos de 5 anos	n	16	25	47	40
	P25 (mGy)	1,90	1,76	1,86	1,53
	Mediana (mGy)	2,08	1,91	2,18	1,92
	P75 (mGy)	2,35	2,25	3,82	3,69
	Valor-p*	0,115			
5 anos a menos de 10 anos	n	5	17	24	22
	P25 (mGy)	2,06	1,97	2,29	1,78
	Mediana (mGy)	2,32	2,39	2,47	2,49
	P75 (mGy)	4,01	2,92	2,78	3,05
	Valor-p*	0,752			
10 anos a menos de 15 anos	n	6	23	32	21
	P25 (mGy)	3,13	2,57	2,43	2,33
	Mediana (mGy)	4,45	2,88	2,89	2,71
	P75 (mGy)	5,70	3,68	3,31	4,25
	Valor-p*	0,231			
15 anos ou mais	n	2	17	26	13
	P25 (mGy)	3,73	3,09	2,82	3,02
	Mediana (mGy)	3,78	3,53	3,32	3,67
	P75 (mGy)	-	4,08	3,76	4,79
	Valor-p*	0,554			

*Teste de Kruskal-Wallis (18)

Figura 4. Gráfico *box-plot* ilustrando os valores de dose efetiva por faixa etária e ano.



Em 2022, nota-se uma redução na dispersão dos dados e no número de valores extremos, o que indica um possível retorno à padronização das práticas clínicas e ao controle mais rigoroso das doses administradas.

3.4. Análise do DLP segundo o NRD Americano

A Tabela 4 e a Figura 5 apresentam a variação dos valores de DLP por ano e faixa etária, com base no NRD americano, evidenciando variações importantes

na exposição à radiação em populações pediátricas (22).

A Figura 5, por meio do *box-plot*, permite observar oscilações interanuais nas doses aplicadas, com destaque para faixas etárias mais jovens, nas quais os valores de DLP se mostraram mais elevados.

De acordo com os dados, foram identificadas diferenças estatisticamente significativas nos valores de DLP ao longo dos anos nas faixas etárias de < 1 ano ($p = 0,043$) e de 1-5 anos ($p = 0,019$), com base no teste de Kruskal-Wallis. Especificamente, na faixa de < 1 ano, observou-se uma elevação relevante da mediana do DLP entre 2019 (24,70 mGy·cm) e 2021 (45,85 mGy·cm). Na faixa 1-5 anos, o DLP aumentou progressivamente de 36,80 mGy·cm em 2019, para 37,40 mGy·cm em 2020, atingindo 48,82 mGy·cm em 2021, seguido por uma queda em 2022.

Tabela 4. Análise do DLP por ano e faixa etária segundo o NRD americano (22).

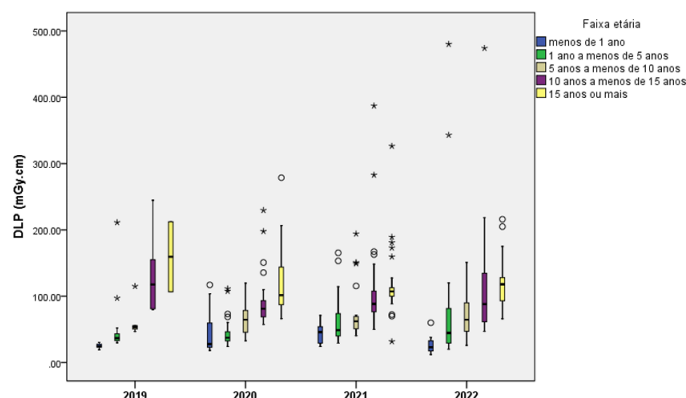
Faixa etária	Estatísticas	2019	2020	2021	2022
menos de 1 ano	n	7	13	14	7
	P25 (mGy.cm)	21,85	22,04	28,80	13,00
	Mediana (mGy.cm)	24,70¹	27,80	45,85¹	23,00
	P75 (mGy.cm)	29,85	71,80	56,57	38,00
	Valor-p*	0,043			
1 ano a menos de 5 anos	n	16	25	47	40
	P25 (mGy.cm)	32,47	32,20	40,00	28,70
	Mediana (mGy.cm)	36,80¹	37,40²	48,82^{1,2}	44,70
	P75 (mGy.cm)	43,72	47,53	74,20	83,10
	Valor-p*	0,019			
5 anos a menos de 10 anos	n	5	17	24	22
	P25 (mGy.cm)	48,65	44,46	50,72	46,25
	Mediana (mGy.cm)	53,65	64,50	62,14	64,59
	P75 (mGy.cm)	85,35	79,10	69,82	92,25
	Valor-p*	0,934			
10 anos a menos de 15 anos	n	6	23	32	21
	P25 (mGy.cm)	80,80	66,30	75,39	61,23
	Mediana (mGy.cm)	117,70	81,10	88,41	88,10
	P75 (mGy.cm)	177,35	93,40	108,05	134,75
	Valor-p*	0,313			
15 anos ou mais	n	2	17	26	13
	P25 (mGy.cm)	106,72	87,10	97,85	92,05
	Mediana (mGy.cm)	159,46	101,50	107,11	118,00
	P75 (mGy.cm)	-	144,65	116,42	151,50
	Valor-p*	0,685			

*Teste de Kruskal-Wallis (18)

¹Diferença significativa entre os anos 2019 e 2021 – correção Bonferroni ($p < 0,008$) (18)

²Diferença significativa entre os anos 2020 e 2021 – correção Bonferroni ($p < 0,008$) (18)

Figura 5. Gráfico *box-plot* ilustrando os valores do DLP por faixa etária, NRD americano (22) e ano.



De acordo com os dados, foram identificadas diferenças estatisticamente significativas nos valores de DLP ao longo dos anos nas faixas etárias de < 1 ano ($p = 0,043$) e de 1-5 anos ($p = 0,019$), com base no teste de Kruskal-Wallis. Especificamente, na faixa < 1 ano observou-se uma elevação relevante da mediana do DLP entre 2019 (24,70 mGy·cm) e 2021 (45,85 mGy·cm). Na faixa de 1-5 anos, o DLP aumentou progressivamente de 36,80 mGy·cm em 2019, para 37,40 mGy·cm em 2020, atingindo 48,82 mGy·cm em 2021, seguido por uma queda em 2022.

Esse aumento progressivo do DLP entre 2019 e 2021, especialmente nas faixas etárias mais jovens, aponta para uma maior exposição à radiação nesse período, possivelmente em decorrência de adaptações emergenciais nos protocolos durante a pandemia do COVID-19. Para faixas etárias a partir de 5 anos, não foi identificado um padrão consistente de variação.

Embora o DLP seja proporcional ao CTDIvol, observou-se que sua elevação foi mais acentuada, o que pode indicar não apenas um aumento nas doses por unidade de volume, mas também um acréscimo no comprimento da varredura — fator diretamente multiplicativo no cálculo do DLP (14). Esses resultados reforçam a necessidade de atenção especial aos protocolos adotados para crianças pequenas, grupo mais suscetível aos efeitos da radiação ionizante.

3.5. Análise do CTDIvol segundo o NRD Europeu

A Tabela 5 apresenta a distribuição dos valores de CTDIvol por ano e faixa etária, com base no NRD europeu (23). A análise evidencia variações relevantes nos valores registrados ao longo dos anos, especialmente entre 2020 e 2021, sendo essa tendência corroborada visualmente pela Figura 6, que destaca o aumento expressivo de *outliers* nesses dois anos, sugerindo maior variabilidade nas doses aplicadas.

Tabela 5. Análise do CTDIvol por ano e faixa etária segundo o NRD europeu (23).

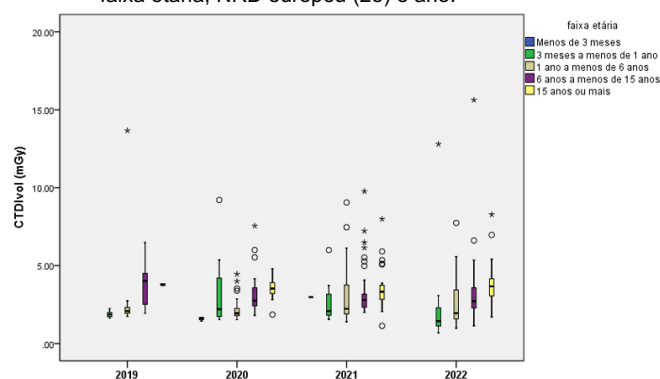
Faixa etária	Estatísticas	2019	2020	2021	2022
menos de 3 meses	n		3	1	
	P25 (mGy)		1,45	2,98	
	Mediana (mGy)		1,63	2,98	
	P75 (mGy)		-	2,98	
	Valor-p*		0,180		
3 meses a 1 ano	n	7	10	13	7
	P25 (mGy)	1,72	1,72	1,79	1,03
	Mediana (mGy)	1,86	2,20	2,08	1,44
	P75 (mGy)	2,05	4,49	3,34	3,08
	Valor-p*		0,128		
1 ano a menos de 6 anos	n	17	31	51	46
	P25 (mGy)	1,91	1,79	1,89	1,56
	Mediana (mGy)	2,08	1,94	2,23	1,95
	P75 (mGy)	2,34	2,28	3,78	3,52
	Valor-p*		0,104		
6 anos a menos de 15 anos	n	10	34	52	37
	P25 (mGy)	2,43	2,41	2,32	2,28
	Mediana (mGy)	4,01	2,75	2,79	2,71
	P75 (mGy)	4,73	3,06	3,19	3,61
	Valor-p*		0,331		
15 anos ou mais	n	2	17	26	13
	P25 (mGy)	3,73	3,09	2,82	3,02
	Mediana (mGy)	3,78	3,53	3,32	3,67
	P75 (mGy)	-	4,08	3,76	4,79
	Valor-p*		0,554		

*Teste de Kruskal-Wallis (18)

Embora os resultados do teste de Kruskal-Wallis não tenham indicado diferenças estatisticamente significativas entre os anos para nenhuma das faixas etárias consideradas segundo o NRD europeu, observa-se uma tendência consistente de elevação do CTDIvol entre 2020 e 2021 nas faixas etárias com maior representatividade amostral.

Esse padrão acompanha os achados obtidos com base nos protocolos americanos, apontando para uma possível influência da pandemia de COVID-19 sobre a prática clínica, com impactos na dosimetria aplicada a exames pediátricos de tomografia computadorizada.

Figura 6. Gráfico *box-plot* ilustrando os valores de CTDIvol por faixa etária, NRD europeu (23) e ano.



Cabe ressaltar que a ausência de exames para a faixa etária inferior a três meses nos anos de 2019 e 2022 limita a análise de tendências nessa população específica, comprometendo uma avaliação mais abrangente do comportamento do CTDIvol nos anos menos críticos da pandemia. Ainda assim, os dados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo e otimização dos protocolos utilizados, especialmente em faixas etárias mais sensíveis.

3.6. Análise do DLP segundo o NRD Europeu

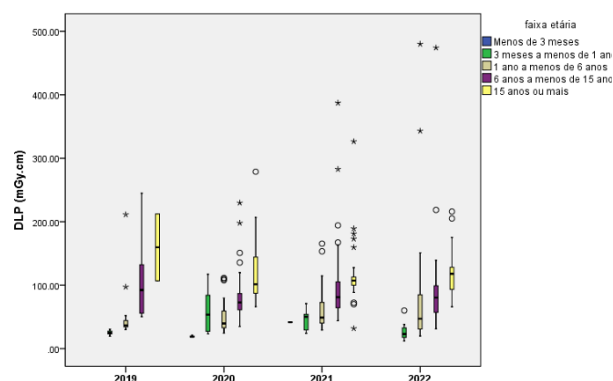
A Tabela 6 e a Figura 7 apresentam a variação dos valores de DLP entre os anos de 2019 e 2022, conforme o NRD europeu (23). Os resultados revelam diferenças estatisticamente significativas para a faixa etária de 3 meses a 1 ano, com destaque para o aumento expressivo da mediana do DLP, que passou de 24,70 mGy·cm em 2019 para 50,20 mGy·cm em 2021 ($p < 0,05$). Esse crescimento é evidenciado também na Figura 7, que mostra a ampliação da dispersão dos dados e o aumento de *outliers* durante o período crítico da pandemia.

De forma semelhante à análise baseada no protocolo americano, o DLP calculado segundo o NRD europeu também apresentou tendência de aumento entre 2020 e 2021, sobretudo nas faixas etárias mais jovens. O grupo de 1-6 anos, por exemplo, registrou um salto da mediana de 36,80 mGy·cm para 48,82 mGy·cm no mesmo intervalo.

Tabela 6. Análise do DLP por ano e faixa etária segundo o NRD europeu (23).

Faixa etária	Estatísticas	2019	2020	2021	2022
menos de 3 meses	n		3	1	
	P25 (mGy.cm)		18,20	41,50	
	Mediana (mGy.cm)		18,50	41,50	
	P75 (mGy.cm)		-	41,50	
	Valor-p*		0,180		
3 meses a 1 ano	n	7	10	13	7
	P25 (mGy.cm)	21,85	26,77	28,40	13,00
	Mediana (mGy.cm)	24,70¹	53,50	50,20¹	23,00
	P75 (mGy.cm)	29,85	89,01	59,05	38,00
	Valor-p*		0,011		
1 ano a menos de 6 anos	n	17	31	51	46
	P25 (mGy.cm)	33,05	32,70	40,10	30,10
	Mediana (mGy.cm)	36,80	39,60	48,82	46,95
	P75 (mGy.cm)	45,52	60,40	73,20	85,10
	Valor-p*		0,058		
6 anos a menos de 15 anos	n	10	34	52	37
	P25 (mGy.cm)	55,19	61,00	63,67	56,82
	Mediana (mGy.cm)	92,20	71,76	80,94	80,20
	P75 (mGy.cm)	137,87	88,30	105,92	101,30
	Valor-p*		0,665		
15 anos ou mais	n	2	17	26	13
	P25 (mGy.cm)	106,72	87,10	97,85	92,05
	Mediana (mGy.cm)	159,46	101,50	107,11	118,00
	P75 (mGy.cm)	-	144,65	116,42	151,50
	Valor-p*		0,685		

*Teste de Kruskal-Wallis (18)

¹Diferença significativa entre os anos 2019 e 2021 – correção Bonferroni ($p < 0,008$) (18)**Figura 7.** Gráfico *box-plot* ilustrando os valores de DLP por faixa etária segundo o NRD europeu (23) e ano.

A ausência de exames para pacientes com menos de 3 meses nos anos de 2019 e 2022 representa uma limitação estatística relevante, restringindo a avaliação contínua da exposição nessa faixa etária. Ainda assim, os dados demonstram que o DLP foi particularmente impactado em populações pediátricas mais radiosensíveis, reforçando a importância do controle rigoroso dos parâmetros de dose em tomografia computadorizada.

3.7. Compatibilidade entre os Níveis de Dose dos Exames e os Protocolos Internacionais

A Tabela 7 apresenta a evolução percentual dos exames com valores de CTDIvol, DLP e dose efetiva acima dos níveis de referência internacionais (NRD europeu e americano), entre 2019 e 2022 (22,23).

Esses dados permitem observar o impacto da pandemia da COVID-19 sobre a compatibilidade dos parâmetros de dose com os protocolos estabelecidos.

Tabela 7. Quantidade de exames com valores de CTDIvol e DLP acima do valor de referência segundo o NRD americano (22) e o NRD europeu (23), além da dose efetiva segundo a UNSCEAR (20), ao longo dos anos.

	2019 (n=36)	2020 (n=95)	2021 (n=143)	2022 (n=103)	Valor-p
	n (%)				
CTDIvol (NRD americano)	16 (44,4%)	28 (29,5%)	52 (36,4%)	34 (33,0%)	0,398*
CTDIvol (NRD europeu)	11 (30,6%)	21 (22,1%)	40 (28,0%)	28 (27,2%)	0,699*
DLP (NRD americano)	8 (22,2%)	23 (24,2%)	46 (32,2%)	33 (32,0%)	0,398*
DLP (NRD europeu)	6 (16,7%)	19 (20,0%)	6 (25,2%)	24 (23,3%)	0,651*
Dose efetiva (UNSCEAR)	2 (5,6%)	5 (5,3%)	21 (14,7%)	14 (13,6%)	0,074**

*Teste Qui-quadrado de Pearson (17)

**Teste exato de Fisher (17)

Para o CTDIvol, notou-se uma redução no percentual de exames acima do valor de referência em 2020, seguida por um aumento em 2021 e leve queda em 2022. O DLP apresentou tendência crescente de 2019 a 2021, com discreta redução no último ano. A dose efetiva manteve-se estável entre 2019 e 2020, aumentou em 2021 e voltou a cair em 2022. Apesar dessas variações, as diferenças entre os anos não foram estatisticamente significativas ($p > 0,05$). Além disso, a Tabela 7 mostra um aumento expressivo nos percentuais de exames incompatíveis entre 2020 e 2021, especialmente para o DLP, sugerindo que o período pandêmico pode ter influenciado diretamente a elevação das doses aplicadas. Esse padrão reforça a hipótese de mudanças nos protocolos clínicos ou maior frequência de exames durante a pandemia, contribuindo para a elevação de exposição radiológica em pacientes pediátricos.

A Tabela 8, que estratifica os dados por sexo, evidencia uma diferença significativa nos valores de DLP segundo o NRD europeu ($p < 0,05$): 26,6% dos exames do sexo masculino apresentaram DLP acima do valor de referência, em comparação com 17,8% no sexo feminino. Embora diferenças também tenham sido observadas nos demais parâmetros, essas não alcançaram significância estatística. Esses achados reforçam a necessidade de análises contínuas e específicas por grupo, visando otimizar a segurança dos protocolos pediátricos.

Tabela 8. Quantidade de pacientes com valores de CTDIvol, DLP e da dose efetiva acima dos valores de referência, por sexo.

NRD	Feminino (n=174)	Masculino (n=203)	Valor-p*
	n (%)		
CTDIvol (americano)	57 (32,8%)	73 (36,0%)	0,514
CTDIvol (europeu)	41 (23,6%)	59 (29,1%)	0,228
DLP (americano)	45 (25,9%)	65 (32,0%)	0,190
DLP (europeu)	31 (17,8%)	54 (26,6%)	0,042
Dose efetiva (UNSCEAR)	16 (9,2%)	26 (12,8%)	0,266

*Teste Qui-quadrado de Pearson (17)

3.8. Influência da Pandemia no Número de Exames por Paciente

A Tabela 9 demonstra um aumento no percentual de exames de TC do tórax repetidos em 2020, coincidindo com o início da pandemia. Em comparação a 2019, quando 97,2% dos pacientes realizaram apenas um exame, esse número caiu para 82,1% em 2020, sugerindo uma maior necessidade de monitoramento clínico em um

contexto de incertezas diagnósticas. O pico de repetições (18%) em 2020 reforça essa tendência, refletindo uma possível intensificação da demanda por exames para acompanhar casos suspeitos ou confirmados de síndrome respiratória aguda.

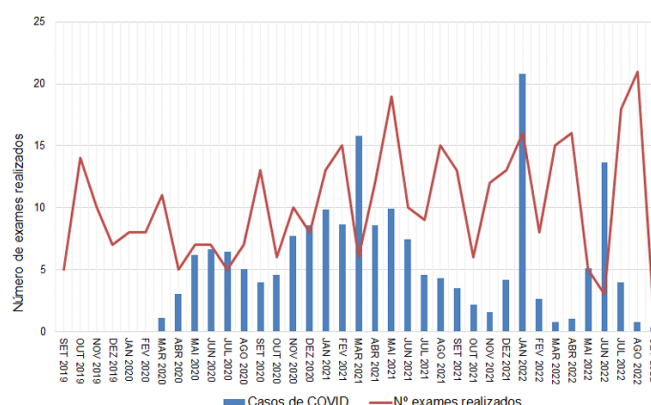
Tabela 9. Comparação da distribuição dos exames que foram repetidos ao longo dos anos analisados.

	2019 (n=36)	2020 (n=95)	2021 (n=143)	2022 (n=103)
Número exames				
Apenas um exame	35 (97,2%)	78 (82,1%)	131 (91,6%)	93 (90,3%)
Repetiu em até 1 semana	0 (0,0%)	6 (6,3%)	7 (4,9%)	3 (2,9%)
Repetiu em até 2 meses	1 (2,8%)	11 (11,6%)	2 (1,4%)	4 (3,9%)
Repetiu em até 1 ano	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (1,4%)	1 (1,0%)
Repetiu em mais de 1 ano	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (0,7%)	2 (1,9%)

Valor-p Teste exato de Fisher = 0,040 (17)

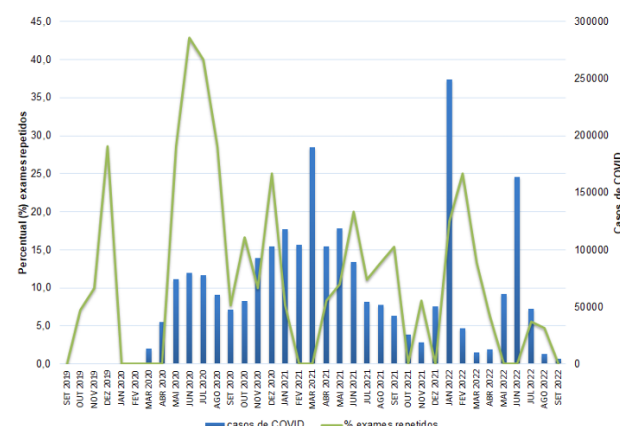
A Figura 10 estabelece uma relação temporal entre os casos confirmados de COVID-19 e o número de exames realizados, evidenciando que aumentos nos casos frequentemente precedem ou coincidem com elevações no número de exames, como observado em maio de 2021, janeiro e junho de 2022. Em contrapartida, momentos de *lockdown*, como junho de 2020, explicam quedas mesmo em contextos de alta transmissão.

Figura 10. Gráfico de linhas ilustrando o número total de exames realizados e o número de casos confirmados de COVID-19, ao longo dos meses, entre os anos de 2019 e 2022.



A Figura 11 indica uma correlação aparente entre os aumentos de casos de COVID-19 e os picos no percentual de exames repetidos.

Figura 11. Gráfico de linhas ilustrando o percentual de exames repetidos e o número de casos confirmados de COVID-19 ao longo dos meses, de 2019 a 2022.



O período entre junho de 2020 e julho de 2021, bem como janeiro de 2022, concentra os maiores índices de repetição, sugerindo que a sobrecarga dos serviços e a necessidade de acompanhamento clínico influenciaram diretamente a prática diagnóstica. Após o pico de janeiro de 2022, observa-se uma queda progressiva em ambos os indicadores, possivelmente refletindo a eficácia das campanhas de vacinação e a retomada de protocolos mais estáveis nos serviços de imagem.

4. Conclusões

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a evolução dos parâmetros CTDIvol, DLP e dose efetiva entre 2019 e 2022, buscando identificar eventuais influências da pandemia nos exames de TC pediátrica do tórax. A partir dessa análise, verificou-se que a evolução dos parâmetros no referido período demonstrou que a pandemia do COVID-19 influenciou diretamente os padrões de dosimetria em exames pediátricos de tomografia computadorizada do tórax. Na análise dos resultados, observou-se um aumento expressivo dos *outliers* para os parâmetros DLP, CTDIvol e dose efetiva nos anos de 2020 e 2021, o que sugere mudanças nos protocolos de imagem e intensificação do uso da TC em contextos de urgência respiratória. Em 2022, verificou-se uma redução desses valores, indicando possível adaptação das práticas clínicas e retomada gradual dos padrões de exposição anteriores.

Na análise por sexo, meninas entre 6-11 anos apresentaram maior mediana de dose efetiva, enquanto meninos registraram maior percentual de exames com DLP acima dos níveis de referência, com diferença estatisticamente significativa. A frequência de exames repetidos também aumentou significativamente em 2020, refletindo o cenário de incerteza e a necessidade de acompanhamento clínico durante a pandemia.

Além disso, a comparação com o NRD europeu e com o NRD americano revelou maior incompatibilidade dos valores nos anos de 2020 e 2021, com tendência de normalização em 2022.

Os achados reforçam a importância da otimização contínua dos protocolos radiológicos pediátricos, com especial atenção à proteção de populações vulneráveis em contextos emergenciais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Dr. Antonio Carlos Madeira de Arruda por viabilizar a extração dos dados, ao CNPq (projeto 305142/2021-6) e à FAPESP (projeto 2018/05982-0) pelo apoio financeiro parcial.

Referências

1. NCRP. (2019). Report No. 184: Medical Radiation Exposure of Patients In The United States. National Council on Radiation Protection and Measurements. Disponível em: <https://ncrponline.org/shop/reports/report-no-184-medicalradiation-exposure-of-patients-in-the-united-states-2019/>. Acesso em: 15/09/2025
2. Mourão AP. Tomografia Computadorizada: Tecnologias e Aplicações. 2ª edição, ISBN 978-87-7808-389-2. São Caetano do Sul: Difusão, p.298, 2015. Ebook. Disponível em:

- https://books.google.com.br/books?id=ZijnDwAAQBAJ&pg=P T56&hl=ptBR&source=gbs_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 05/03/2025
3. Castro MC. Desenvolvimento e Caracterização de Câmaras de Ionização Especiais para Feixes de Tomografia Computadorizada, 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-22062016-090110/>. Acesso em: 09/05/2024.
 4. Santos JAS, Jansson MSC, Fonseca GVS. Dose efetiva de radiação nos exames de tomografia computadorizada: um estudo retrospectivo e descritivo. Arquivos Brasileiros de Medicina Naval, v.77, n.1 p.1-6, 2020. Disponível em: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/07/1115_997/rdt_0252001_29-05.pdf. Acesso em: 28/05/2025.
 5. Mondaca RA. Por que reducir las dosis de radiacion en pediatria. Revista Chilena de Radiologia, Santiago-Chile, v.12, n.1, p.28-32, 2006. Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071793082006000100008&lng=e s&nrm=isso. Acesso em: 13/02/2025
 6. Rolim, AM. Estimativa de Dose em Tomografia Computadorizada pelo Tamanho Especifico do Paciente (SSDE) no Protocolo de Abdomen Total em um Hospital Público de Porto Alegre. Dissertação de Mestrado Profissional apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Proteção Radiológica, do Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), p. 1-96. Florianópolis, 2022. Disponível em: https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2540/Dissertac%cc%a7a%cc%83o_MPPR_Alexandre_Rolim_ABR_2022_FichaCatalografica.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 15/07/2024
 7. Souza GS, Lanfredi MP, Silva AMM. et al (a). Parâmetros de aquisição em tomografia computadorizada para pacientes pediátricos: uma revisão bibliográfica. Revista Brasileira de Física Médica, v.12, n.3, p:30-34, 2018. Disponível em: <https://www.rbfm.org.br/rbfm/article/download/474/v12n3p30#:~:text=O%20pitch%20%C3%A9%20um%20par%20%C3%A2metro,tubo%20e%20o%20ru%20%C3%ADo%20constante>. Acesso em: 15/7/2024.
 8. Ferreira DB, Perfil de Aumento dos Exames de TC de Tórax no Cenário Pandêmico da Covid-19 em um Hospital Público da Cidade de São Paulo. Trabalho de Produção Intelectual apresentado ao curso de Tecnologia em Radiologia da Universidade Federal de São Paulo como requisito à obtenção do título de grau superior do Curso de Graduação em Radiologia. São Paulo, 2022. Disponível em: Versão Final Biblioteca Tcc Belize.Pdf(640.73 Kb). Acesso em: 03/04/2025.
 9. Rosa ME, Matos MJ, Furtado RS, et al. Achados da COVID-19 identificados na tomografia computadorizada de tórax: ensaio pictórico. Einstein Journal, São Paulo - SP, 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.31744/einstein_journal/2020RW5741. Acesso em: 09/08/2024.
 10. Cury AC, Medina MGM, Kfour LSA, Machado JPG, Neto JFA. Achados radiológicos da Covid-19: revisão de literatura. Brazilian Journal of Health Review, v. 6, n. 5, p. 24413-24422, 2023. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/63804>. Acesso em: 09/08/2024
 11. Prado GLM, Barjud MB. Radiologia em COVID 19: Fisiopatologia e aspectos da imagem nas diferentes fases clínicas da doença. Revista da FAESF, v. 4, número especial COVID-19, p.11-15, 2020. Disponível em: <https://www.faesfpi.com.br/revista/index.php/faesf/article/download/109/95>. Acesso em: 28/04/2025
 12. São Paulo, Secretaria Municipal da Saúde. Painel COVID-19 - Município de São Paulo [Site da Internet]. Portal da Secretaria Municipal da Saúde da cidade de São Paulo. São Paulo, 2025. Disponível em: https://capital.sp.gov.br/web/saude/w/vigilancia_em_saude/doencas_e_agrivos/coronavirus/310771. Acesso em: 5/2/2025
 13. Mckenney SE, Seibert JA, Lamba R, Boone JM. Methods for CT automatic exposure control protocol translation between scanner platforms. Journal of the American College of Radiology. v.11, n.3, p.285-291, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2013.10.014>. Acesso em: 5/2/2025.
 14. Morgan M, Chieng R, Yap J, et al. Dose length product. Reference article, Radiopaedia, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.53347/rld-57651>. Acesso em: 5/2/2025
 15. ICRP, International Commission on Radiological Protection. (2017). Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 135. ICRP, v.46, n.º1.
 16. Pagano M, Gauvreau K. Princípios de Bioestatística. São Paulo: Thomson, 2004.
 17. Siqueira AL, Tiburcio JD. Estatística na Área da Saúde: Conceitos, Metodologia, Aplicações e Prática Computacional. Belo Horizonte-MG. Editora COOPMED, 2011.
 18. Vieira S. Introdução à Bioestatística. Rio de Janeiro-RJ, editora GEN Guanabara Koogan, 2021 (6ª Edição).
 19. Triola MF. Introdução à Estatística. Rio de Janeiro- RJ, LTC Editora, 2017 (12ª Edição).
 20. UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Volume I: Sources: Report to the General Assembly, Scientific Annex A. UNSCEAR 2020/2021 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Nova York, 2022. Disponível em: https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/publication/UNSCEAR_2020_21_Annex-A.pdf. Acesso em: 5/2/2025
 21. Hochhegger B, Rottenfusser R, Marchiori E. Quando é indicado o uso de meios de contraste na TC de tórax ?. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v.43, nº 5, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37562017000000179>. Acesso em: 4/7/2024.
 22. Kanal MK, Butler PF, Chatfield MB, Wells J, Samei E, Simanowith M, et al. Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses for 10 Pediatric CT Examinations. Radiology (Radiological Society of North America Journal), v.302, n.1, p: 164-174, 2022. Disponível em: <https://pubs.rsna.org/doi/epdf/10.1148/radiol.2021211241> Acesso em: 19/05/20
 23. Bosmans H, Damilakis J, Ducou Le Pointe H, Foley JS, et al. Radiation protection no. 185 European guidelines on diagnostic reference levels for paediatric imaging, 2018. Disponível em: doi:10.2833/486256. Acesso em: 5/2/2025.

Contato:

Matheus Bitetti Tkatchuk
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
(IPEN-SP)
matheus.bitetti@usp.br