



FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM
RADIOLOGIA

MIZAELY FERNANDES DA SILVA NASCIMENTO

O USO DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM CRIANÇAS: UMA ANÁLISE DOS
BENEFÍCIOS E RISCOS

JOÃO PESSOA-PB

2025

MIZAELY FERNANDES DA SILVA

**O USO DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM CRIANÇAS: UMA ANÁLISE DOS
BENEFÍCIOS E RISCOS**

Artigo entregue à Faculdade de Enfermagem Nova Esperança como exigência parcial para obtenção do título de Graduada em Tecnologia em Radiologia.

ORIENTADORA: Prof. Dra. Débora Teresa

JOÃO PESSOA-PB

2025

FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM
RADIOLOGIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado pela aluna Mizaely Fernandes da Silva, do Curso de Graduação em Tecnologia em Radiologia, tendo obtido o conceito ___ conforme a apreciação da banca examinadora.

Aprovado em _____ de _____ de 2025.

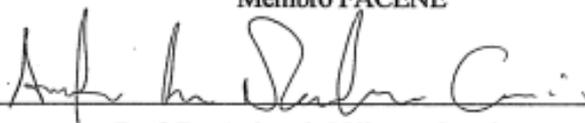
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Débora Teresa da Rocha Gomes Ferreira de Almeida
Orientadora FACENE



Prof. Dr. Alex Cristóvão Holanda de Oliveira
Membro FACENE



Prof. Dr. Arthur da Nóbrega Carreiro
Membro FACENE

RESUMO

A radiologia pediátrica desempenha um papel essencial no diagnóstico de diversas condições clínicas em crianças, utilizando exames de imagem como radiografia e tomografia computadorizada (TC). No entanto, a exposição à radiação ionizante nessa faixa etária exige atenção especial devido à maior sensibilidade biológica dos pacientes pediátricos, aumentando o risco de efeitos adversos, como mutações genéticas e neoplasias. Este estudo teve como objetivo analisar criticamente os benefícios e riscos do uso da radiação em crianças. A metodologia adotada foi uma revisão sistemática da literatura, baseada em artigos científicos publicados entre 2016 e 2023, selecionados a partir de bases de dados como PubMed, SciELO e Cochrane Library. Os resultados apontam para a necessidade da aplicação do princípio ALARA e da substituição de técnicas ionizantes por métodos alternativos, sempre que possível. Conclui-se que a prática da radiologia em crianças deve estar fundamentada em diretrizes éticas, técnicas e científicas, visando à proteção da saúde infantil sem prejuízo do diagnóstico clínico.

Palavras-chave: Radiologia Pediátrica; Radiação ionizante; Proteção radiológica.

ABSTRACT

Pediatric radiology plays an essential role in the diagnosis of various clinical conditions in children, utilizing imaging exams such as radiography and computed tomography (CT). However, exposure to ionizing radiation in this age group requires special attention due to the greater biological sensitivity of pediatric patients, increasing the risk of adverse effects such as genetic mutations and neoplasms. This study aimed to critically analyze the benefits and risks of radiation use in children. The methodology adopted was a systematic literature review, based on scientific articles published between 2016 and 2023, selected from databases such as PubMed, SciELO, and the Cochrane Library. The results indicate the need for the application of the ALARA principle and the replacement of ionizing techniques with alternative methods whenever possible. It is concluded that the practice of radiology in children must be based on ethical, technical, and scientific guidelines, aiming to protect child health without compromising clinical diagnosis.

Keywords: Pediatric Radiology; Ionizing Radiation; Radiation Protection.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, a Deus, fonte de toda sabedoria, força e luz, que guiou meus passos e iluminou meu caminho durante toda a jornada de elaboração deste trabalho. Sem Sua presença constante, nada disso teria sido possível. Manifesto minha profunda gratidão aos professores membros da banca examinadora, pela disponibilidade, atenção e pelas valiosas contribuições que enriqueceram ainda mais este estudo, ajudando a torná-lo mais completo. Expresso minha sincera e especial gratidão à professora Débora, cuja orientação dedicada, paciência e apoio técnico e acadêmico foram essenciais para a realização desta pesquisa. Sua expertise e incentivo foram verdadeiros pilares ao longo deste percurso.

Agradeço de coração ao meu esposo Léo e ao meu filho Tarso, pelo amor incondicional, pela paciência e pelo incentivo constantes. Vocês foram meu suporte emocional e minha motivação diária para superar desafios e seguir adiante. Também sou imensamente grata a toda a minha família, cujo apoio inabalável e palavras de encorajamento foram fundamentais para que eu pudesse concretizar este sonho. A vocês, meu muito obrigada por estarem sempre ao meu lado.

Que Deus continue abençoando a todos nós, guiando nossos caminhos e fortalecendo nossos propósitos.

INTRODUÇÃO

A radiologia pediátrica desempenha um papel fundamental no diagnóstico e monitoramento de diversas condições clínicas em crianças, oferecendo suporte essencial para a prática médica. Com o avanço tecnológico das últimas décadas, houve um aumento no uso de métodos de imagem que envolvem radiação ionizante, como tomografia computadorizada (TC). No entanto, a aplicação dessas técnicas em pacientes pediátricos exige atenção especial, uma vez que as crianças são mais sensíveis aos efeitos biológicos da radiação. Essa sensibilidade é explicada por características fisiológicas próprias, como a alta taxa de proliferação celular e a expectativa de vida prolongada, que aumentam o risco de efeitos adversos em longo prazo, incluindo mutações genéticas e o desenvolvimento de neoplasias malignas [1].

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) [2], a exposição à radiação ionizante em exames médicos é uma preocupação global, especialmente na população pediátrica. Estudos epidemiológicos demonstram que crianças submetidas a múltiplos exames de TC têm um risco aumentado de desenvolver leucemia e tumores cerebrais ao longo da vida [3]. No Brasil, a Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP) alerta para a importância de ponderar os riscos e benefícios associados à exposição à radiação, destacando a necessidade de adaptação dos equipamentos às características anatômicas das crianças e de capacitação contínua dos profissionais de saúde envolvidos no processo [4].

A segurança radiológica em pediatria é amparada por princípios internacionais, como o ALARA (As Low As Reasonably Achievable), que enfatiza a minimização da exposição à radiação sem comprometer a qualidade diagnóstica. Estratégias como o ajuste de parâmetros técnicos, o uso de sistemas de colimação e a adoção de métodos alternativos, como a ultrassonografia e a ressonância magnética, têm sido amplamente recomendadas para reduzir os riscos associados à radiação ionizante [5]. Além disso, a educação e a conscientização de pais e cuidadores desempenham um papel crucial na tomada de decisão informada, contribuindo para a escolha de abordagens mais seguras e apropriadas para cada caso [6].

Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo principal realizar uma análise crítica sobre o uso da radiação em crianças, avaliando os benefícios e riscos envolvidos nesse processo. Busca-se, ainda, fomentar a discussão sobre a importância da adoção de práticas baseadas em evidências para a otimização dos recursos radiológicos em pediatria, além de destacar o papel dos profissionais de saúde na promoção de uma assistência segura e ética. Para tanto, foram abordados os principais benefícios diagnósticos e terapêuticos do uso da

radiação, os riscos biológicos associados à exposição e as estratégias para minimizar os impactos negativos, mantendo a eficácia diagnóstica e terapêutica.

Ademais, este estudo se justifica pela necessidade de aprofundar a compreensão dos benefícios e riscos da radiação em crianças, fornecendo evidências científicas para a adoção de estratégias que minimizem a exposição sem comprometer a qualidade diagnóstica. Dessa forma, espera-se contribuir para a melhoria da prática radiológica pediátrica e a segurança dos pacientes infantis.

METODOLOGIA

Tipo de Estudo

Este estudo se caracteriza como uma revisão sistemática da literatura, com abordagem qualitativa e quantitativa. A revisão sistemática foi escolhida por permitir uma análise crítica e abrangente dos estudos já publicados sobre o uso da radiação em crianças, avaliando os benefícios, riscos e estratégias de redução de exposição. A abordagem qualitativa foi utilizada para interpretar os dados contextuais.

Local de Estudo

O estudo foi conduzido com base em fontes bibliográficas disponíveis em bases de dados científicas reconhecidas, como PubMed, SciELO, World Medical Association e Cochrane Library. Essas plataformas foram escolhidas por sua relevância na área da saúde e por oferecerem acesso a artigos científicos, revisões sistemáticas e diretrizes internacionais sobre radiologia pediátrica e radioproteção.

População e Amostra

A população do estudo consiste em artigos científicos, diretrizes e relatórios técnicos, publicados entre 2016 e 2023, que abordem o uso da radiação em crianças, seus riscos e estratégias de proteção. A amostra foi composta por estudos que atenderam aos seguintes critérios de inclusão:

- Estudos publicados em português, inglês ou espanhol;
- Estudos que abordem o uso de radiação ionizante em pacientes pediátricos;
- Estudos que apresentem dados sobre riscos biológicos, benefícios diagnósticos ou estratégias de redução de dose.

Foram excluídos estudos que não apresentem metodologia clara ou que não estejam diretamente relacionados ao tema.

Instrumento de Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada por meio de leitura individual dos artigos selecionados

elaborado especificamente para este estudo. O formulário incluiu os seguintes campos:

- Título do estudo;
- Autores e ano de publicação;
- Objetivos do estudo;
- Metodologia utilizada;
- Principais resultados e conclusões;

Análise dos Dados

Os dados coletados foram analisados de forma quantitativa, utilizando a técnica de análise de conteúdo, que permitiu identificar padrões, temas e práticas recorrentes nos estudos.

RESULTADO E DISCUSSÕES

O processo metodológico de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos artigos está representado de forma esquemática no Fluxograma 01, que ilustra de maneira clara e objetiva cada uma das etapas percorridas até a definição da amostra final composta por dez estudos.

Inicialmente, foram identificados 249 artigos nas bases de dados, utilizando as palavras-chave previamente definidas. Após a leitura dos títulos e resumos, 199 artigos foram selecionados para uma triagem mais detalhada.

Desses, 167 artigos foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão estabelecidos, como inadequação ao tema, idioma fora do escopo ou população-alvo não pediátrica. Assim, 32 artigos foram avaliados na íntegra, resultando na exclusão de 22 estudos que não se encaixou diretamente sobre a temática da exposição à radiação ionizante em crianças.

Dessa forma, 10 artigos atenderam a todos os critérios e foram incluídos para a análise final dos dados e discussão dos resultados. Os principais achados desses artigos estão sistematizados no Quadro 01.

A análise desses estudos evidencia que, embora a radiologia pediátrica desempenhe papel essencial no diagnóstico e acompanhamento de diversas patologias, a exposição à radiação ionizante em crianças está associada a riscos importantes, como a elevação na incidência de neoplasias, alterações genéticas e danos aos tecidos em desenvolvimento [1,3,4,7,9].

Além de sua ampla recomendação normativa, como já apresentado na introdução, os resultados desta revisão reforçam empiricamente a necessidade de adoção de práticas baseadas no princípio ALARA, da utilização de protocolos técnicos ajustados ao biotipo

pediátrico e da preferência por modalidades de imagem não ionizantes sempre que possível, conforme evidenciado nos estudos analisados [1,3,7,9].

Os estudos também apontaram lacunas importantes, especialmente relacionadas à ausência de uniformidade na aplicação de protocolos pediátricos, o que leva à realização de exames com parâmetros inadequados e consequente exposição desnecessária à radiação, conforme evidenciado por Lowe (2020) e Ostrom *et al.* (2019). Além disso, destacou-se a necessidade de capacitação contínua dos profissionais de saúde, visando à adoção de práticas baseadas em evidências, bem como a importância da comunicação clara e transparente com pais e responsáveis, fator considerado essencial por Granata *et al.* (2025) para garantir decisões clínicas éticas e seguras.

FIGURA 1: Fluxograma de Processo de Identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos artigos achados na revisão



Fonte: Elaborado pela autora, (2025)

Os dados extraídos dos estudos selecionados foram organizados de maneira sistemática no Quadro 01, permitindo uma visualização consolidada das evidências científicas. Ressalta-

se que o critério adotado para a organização do quadro foi a ordem alfabética dos títulos dos artigos, com o objetivo de proporcionar maior clareza e facilitar a localização das informações, assegurando uma apresentação neutra e acessível dos resultados.

**QUADRO 01: TÍTULOS, AUTORES, ANO, REVISTA E PRINCIPAIS
ACHADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS NA REVISÃO DE LITERATURA**

Nº	Título do Artigo	Autores	Ano	Revista	Achados Principais
1	Exposições Pediátricas à Radiação Ionizante: Considerações Cancerígenas	Kutanzi KR, Lumen A, Koturbash I, et al.	2016	Int J Environ Res Public Health	Concluiu que mesmo baixas doses de radiação em crianças estão associadas a maior risco de câncer, destacando a necessidade de estratégias de redução da exposição.
2	Radiação Ionizante de Tomografia Computadorizada versus Anestesia para Ressonância Magnética em Bebês e Crianças	Callahan MJ, MacDougall RD, Bixby SD, et al.	2018	Pediatr Radiol	Apontou que a TC, apesar de rápida, eleva o risco biológico, enquanto a RM, embora mais segura, demanda anestesia em muitos casos pediátricos.
3	Uso de Radiação Ionizante e Síndromes de Predisposição ao Câncer em Crianças	Reid JR, States LJ	2018	J Am Coll Radiol	Destacou que crianças com síndromes genéticas predisponentes ao câncer são mais vulneráveis aos efeitos carcinogênicos da radiação médica.
4	Fatores de Risco para Tumores Cerebrais Primários na Infância e na Idade Adulta	Ostrom QT, Adel Fahmideh M, Cote DJ, et al.	2019	Neuro Oncol	Relatou que a exposição precoce à radiação ionizante é um fator de risco modificável para tumores cerebrais em crianças e jovens adultos.
5	Radiação Ionizante de Tomografia Computadorizada versus Anestesia para Ressonância Magnética em Bebês e Crianças	Callahan MJ, MacDougall RD, Bixby SD, et al.	2018	Pediatr Radiol	Apontou que a TC, apesar de rápida, eleva o risco biológico, enquanto a RM, embora mais segura, demanda anestesia em muitos casos pediátricos.
6	Radiação Ionizante para Indicações Médicas Maternas	Lowe SA	2020	Prenat Diagn	Concluiu que a exposição pré-natal à radiação pode impactar negativamente o desenvolvimento fetal, elevando o risco de efeitos adversos na infância.
7	Cérebro e Olho como Alvos Potenciais para o Impacto da Radiação Ionizante	Loganovsky KM, Fedirko PA, Marazziti D, et al.	2021	Probl Radiac Med Radiobiol	Demonstrou que crianças expostas à radiação ionizante apresentam maior risco de alterações neurocognitivas e

Nº	Título do Artigo	Autores	Ano	Revista	Achados Principais
					oftalmológicas, como catarata e disfunções neurológicas.
8	Ressonância Magnética Pediátrica de Emergência	Figueiro Longo MG, Jaimes C, Machado F, et al.	2022	Magn Reson Imaging Clin N Am	Defendeu a utilização da RM como alternativa preferencial à radiação ionizante em emergências pediátricas, sempre que viável clinicamente.
9	Uso de Radiação Ionizante em uma Coorte Norueguesa de Crianças com Doença Cardíaca Congênita	Afroz S, Østerås BH, Thevathas US, et al.	2023	Pediatr Radiol	Demonstrou que crianças com doenças cardíacas congênitas estão expostas a altas doses cumulativas de radiação devido ao acompanhamento clínico contínuo.
10	Vamos Falar sobre Dose de Radiação e Proteção Radiológica em Crianças	Granata C, Sofia C, Francavilla M, et al.	2025	Pediatr Radiol	Reforçou a importância de políticas de conscientização e educação sobre proteção radiológica, promovendo o uso racional da radiação em pediatria.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

A presente revisão sistemática analisou dez estudos publicados entre 2016 e 2025, que versam sobre a utilização da radiação ionizante em pacientes pediátricos, com ênfase nas consequências biológicas da exposição, nos riscos em longo prazo e nas estratégias destinadas à mitigação dos efeitos adversos. Os achados obtidos evidenciam uma preocupação recorrente na literatura especializada: o equilíbrio entre a necessidade diagnóstica e terapêutica da radiação e a vulnerabilidade biológica da criança frente à exposição ionizante.

Kutanzi *et al.* [1] concluíram que mesmo baixas doses de radiação em crianças estão associadas a maior risco de câncer, destacando a necessidade de estratégias de redução da exposição. Esse dado reforça a necessidade de protocolos específicos e seguros para pacientes pediátricos, a fim de minimizar os efeitos deletérios da exposição acumulativa.

Callahan *et al.* [2] apontaram que, embora a tomografia computadorizada (TC) seja um exame rápido e eficiente, ela eleva o risco biológico nas crianças, enquanto a ressonância magnética (RM), embora mais segura, frequentemente demanda anestesia em muitos casos pediátricos, o que também implica riscos. Esse debate ressalta a necessidade de avaliar cuidadosamente as indicações clínicas para cada tipo de exame, ponderando riscos e benefícios.

Reid e States [3] destacaram que crianças com síndromes genéticas predisponentes ao câncer são particularmente mais vulneráveis aos efeitos carcinogênicos da radiação médica, o

que reforça a necessidade de individualização dos protocolos de imagem, especialmente em pacientes com predisposição genética a neoplasias.

Ostrom *et al.* [4] relataram que a exposição precoce à radiação ionizante é um fator de risco modificável para tumores cerebrais em crianças e jovens adultos, destacando a importância de medidas preventivas e de vigilância rigorosa em populações pediátricas expostas.

Lowe [6] evidenciou que a exposição pré-natal à radiação pode impactar negativamente o desenvolvimento fetal, elevando o risco de efeitos adversos na infância. Esse achado reforça a necessidade de critérios rigorosos para a indicação de exames que envolvam radiação em gestantes.

Loganovsky *et al.* [7] evidenciaram que estruturas em desenvolvimento, como o cérebro e os olhos, apresentam uma radiosensibilidade elevada, tornando crianças expostas a exames radiológicos mais propensas a lesões celulares e moleculares permanentes. Os autores ressaltaram que, por apresentarem tecido neural em fase de maturação, crianças expostas à radiação ionizante podem manifestar alterações neurofuncionais em fases posteriores da vida, inclusive com possibilidade de desenvolvimento de desordens neuropsiquiátricas e neoplasias primárias no sistema nervoso central.

Figueiro Longo *et al.* [8] defenderam a utilização da RM como alternativa preferencial à radiação ionizante em emergências pediátricas, sempre que viável clinicamente, destacando que essa escolha pode reduzir consideravelmente os riscos associados à exposição cumulativa.

Afroz *et al.* [9] demonstraram que crianças com doenças cardíacas congênitas estão expostas a altas doses cumulativas de radiação devido ao acompanhamento clínico contínuo, evidenciando a importância de monitoramento rigoroso dessas exposições e da adoção de práticas de radioproteção.

Por fim, Granata *et al.* [10] reforçaram a importância de políticas de conscientização e educação sobre proteção radiológica, promovendo o uso racional da radiação em pediatria. Destacaram ainda a necessidade de programas de treinamento contínuo para radiologistas, técnicos e pediatras, abordando riscos, alternativas e formas de otimização dos parâmetros técnicos.

É importante ressaltar que, embora os artigos analisados ofereçam subsídios relevantes para a discussão científica, alguns deles apresentaram limitações metodológicas, como amostragens reduzidas, ausência de grupo controle ou falta de seguimento em longo prazo. Tais fatores devem ser considerados na interpretação dos dados, sem, no entanto, desvalorizar as contribuições práticas das evidências levantadas.

Dessa forma, a análise dos artigos revela a complexidade que envolve o uso da radiação ionizante em crianças. Conclui-se que o seu uso deve ser sempre fundamentado em critérios técnicos rigorosos, embasado por protocolos atualizados, tecnologias adequadas ao biotipo pediátrico e práticas éticas de comunicação com os responsáveis legais. A formação continuada dos profissionais da saúde e o incentivo à produção científica na área de proteção radiológica infantil são caminhos indispensáveis para garantir segurança e excelência na atenção diagnóstica pediátrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, embora a radiologia seja indispensável para o diagnóstico e o tratamento de diversas condições pediátricas, a exposição à radiação ionizante em crianças demanda cuidados específicos. Os estudos demonstraram que a maior radiosensibilidade infantil e o risco cumulativo de efeitos adversos, como neoplasias e alterações genéticas, exigem a adoção de práticas seguras. Os resultados evidenciaram que a aplicação do princípio ALARA, a adaptação de protocolos técnicos para o biotipo pediátrico e a priorização de métodos de imagem não ionizantes são estratégias essenciais para minimizar riscos. Além disso, ficou clara a necessidade de capacitação contínua dos profissionais e da promoção de uma comunicação efetiva com familiares, garantindo decisões informadas e éticas. Portanto, o uso da radiação em crianças deve ser pautado pelo equilíbrio entre o benefício diagnóstico e a proteção à saúde, com foco na segurança, atualização científica e responsabilidade profissional.

REFERÊNCIAS

Afroz S, et al. Use of ionizing radiation in a Norwegian cohort of children with congenital heart disease: imaging frequency and radiation dose for the Health Effects of Cardiac Fluoroscopy and Modern Radiotherapy in Pediatrics (HARMONIC) study. *Pediatr Radiol.*

2023 Nov;53(12):2502-2514. DOI: 10.1007/s00247-023-05774-8. Acesso em: 25 Abr 2025.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 330, de 18 de outubro de 2019. Dispõe sobre os requisitos de boas práticas de funcionamento para os serviços de radiologia. Diário Oficial da União, Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/>. Acesso em: 28 jan 2025.

Brenner DJ, et al. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *Am J Roentgenol*. 2001 Feb;176(2):289-296. DOI: 10.2214/ajr.176.2.1760289. Acesso em: 24 Abr 2025.

Buchberger B, et al. Radiation exposure by medical X-ray applications. *GMS Ger Med Sci*. 2022;20:Doc06. DOI: 10.3205/000308. Acesso em: 3 fev 2025.

Callahan MJ, et al. Ionizing radiation from computed tomography versus anesthesia for magnetic resonance imaging in infants and children: patient safety considerations. *Pediatr Radiol*. 2018 Jan;48(1):21-30. DOI: 10.1007/s00247-017-4023-6. Acesso em: 25 Abr 2025.

Cochrane Collaboration. Manual Cochrane de Revisões Sistemáticas de Intervenções. Versão 6.3, 2022. Disponível em: <https://training.cochrane.org/handbook>. Acesso em: 27 jan 2025.

Figueiro Longo MG, et al. Pediatric emergency MRI. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2022 Aug;30(3):533-552. DOI: 10.1016/j.mric.2022.05.004. Acesso em: 27 Abr 2025.

Frush DP, Donnelly LF. Helical CT in children: technical considerations and body applications. *Radiology*. 2004 Mar;233(3):649-657. DOI: 10.1148/radiol.2333032155. Acesso em: 18 jan 2025.

Granata C, et al. Let's talk about radiation dose and radiation protection in children. *Pediatr Radiol*. 2025 Mar;55(3):386-396. DOI: 10.1007/s00247-024-06009-0. Acesso em: 28 Abr 2025.

International Commission on Radiological Protection (ICRP). ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP*. 2007;37(2-4). Disponível em: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>. Acesso em: 18 jan 2025.

Kutanzi KR, et al. Pediatric exposures to ionizing radiation: carcinogenic considerations. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Oct;13(11):1057. DOI: 10.3390/ijerph13111057. Acesso em: 26 Abr 2025.

Loganovsky KM, et al. Brain and eye as potential targets for ionizing radiation impact: part II - radiation cerebro/ophthalmic effects in children, persons exposed in utero, astronauts and interventional radiologists. *Probl Radiat Med Radiobiol.* 2021;26:57-97. DOI: 10.33145/2304-8336-2021-26-57-97. Acesso em: 27 Abr 2025.

Lowe SA. Ionizing radiation for maternal medical indications. *Prenat Diagn.* 2020 Sep;40(9):1150-1155. DOI: 10.1002/pd.5592. Acesso em: 25 Abr 2025.

Malone J, Zölzer F, Priestley G. Ethical issues in radiation protection in pediatric imaging. *Eur J Radiol.* 2016 Oct;85(10):1769-1774. DOI: 10.1016/j.ejrad.2016.07.018. Acesso em: 19 jan 2025.

Organização Mundial da Saúde (OMS). Radiation protection of patients. 2016. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radiation>. Acesso em: 16 jan 2025.

Ostrom QT, et al. Risk factors for childhood and adult primary brain tumors. *Neuro Oncol.* 2019 Nov;21(11):1357-1375. DOI: 10.1093/neuonc/noz123. Acesso em: 24 Abr 2025.

Pearce MS, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet.* 2012 Aug 4;380(9840):499-505. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60815-0. Acesso em: 28 jan 2025.

Rehani MM, Ortiz-López P. Radiation effects in children: what we know and what we need to know. *Pediatr Radiol.* 2014 Suppl 3;44:S460-4. DOI: 10.1007/s00247-014-3061-6. Acesso em: 29 jan 2025.

Reid JR, States LJ. Ionizing radiation use and cancer predisposition syndromes in children. *J Am Coll Radiol.* 2018 Sep;15(9):1238-1239. DOI: 10.1016/j.jacr.2018.04.011. Acesso em: 28 Abr 2025.

World Medical Association (WMA). Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. 2013. Disponível em: <https://www.wma.net/what-we-do/medical-ethics/declaration-of-helsinki/>. Acesso em: 30 jan 2025.