Artigo Original

Revista Brasileira de Física Médica (2026) 20:873

Avaliação de processo de otimização de protocolo tomográfico para exames de tórax e crânio em um hospital universitário

Evaluation of the optimization process of the CT protocol for chest and brain examinations in a university hospital

Amorim P. S.[1], Jornada T. S.[2], Oliveira B. F.[1], Souza D. N.[3] Caldas L. V. E[1]

[1]Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil
[2]Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil
[3]Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Brasil

Resumo

A tomografia computadorizada (TC) é um método de diagnóstico por imagem que utiliza radiação ionizante, sendo uma das principais fontes de exposição à radiação a que se pode estar exposta na atualidade. Apesar de seus benefícios, como a alta qualidade de imagens e diagnósticos mais precisos, a TC envolve doses consideráveis de radiação. O trabalho aborda a otimização dos protocolos de tomografia computadorizada para exames de tórax e crânio em pacientes adultos, com foco na redução da dose de radiação sem comprometer a qualidade das imagens. O estudo foi realizado no Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (HC-UFPE), utilizando um tomógrafo Philips Incisive CT. A otimização dos protocolos foi feita através de modificações em parâmetros técnicos como produto corrente-tempo (mAs) e pitch. Essas alterações foram testadas utilizando um objeto simulador (fantoma) para avaliar as variações no CDTIvol, ruído e razão contraste ruído - RCR. Para o protocolo de TC para exames de tórax foram feitas 5 sugestões, comparando às demais sugestões realizadas; a de número cinco destacou-se como a mais eficiente, apresentando o menor valor de dose por volume (CTDIvol) e melhor qualidade de imagem em termos de RCR e ruído. No entanto, em comparação ao protocolo original, a sugestão cinco não foi a melhor opção para a utilização em ambientes clínicos. No caso do protocolo de TC para exames de crânio, também foram feitas 5 sugestões de protocolos e a que mais teve destaque foi o protocolo de número 1, sendo a melhor opção para o ambiente clínico. Um dos desafios enfrentados foi a necessidade de equilibrar a redução da dose de radiação com a manutenção da qualidade da imagem, o que é fundamental para a eficácia clínica dos exames de TC. O estudo seguiu as regulamentações da ANVISA e as recomendações internacionais para o controle de qualidade em tomografia computadorizada.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada, Controle de qualidade, Otimização, Protocolos.

Abstract

Computed tomography (CT) is an imaging diagnostic method that uses ionizing radiation,being one of the main sources of radiation exposure to which one can be subjected today. Despite its benefits, such as high-quality images and more accurate diagnoses, CT involves considerable doses of radiation. This work addresses the optimization of computed tomography (CT) protocols for chest and brain examinations in adult patients, focusing on reducing the radiation dose without compromising the image quality. The study was conducted at the Hospital das Clínicas of the Federal University of Pernambuco (HC-UFPE), using a Philips Incisive CT scanner. Protocol optimization was carried out through modifications in technical parameters such as current-time product (mAs) and pitch. These changes were tested using a phantom to evaluate variations in CTDIvol, noise, and contrast-to-noise ratio (CNR). For the CT protocol for chest examinations, five suggestions were made. Among them, suggestion number five stood out as the most efficient, presenting the lowest dose per volume (CTDIvol) and the best image quality in terms of CNR and noise. However, compared to the original protocol, suggestion five is not the best option for clinical use. In the case of the CT protocol for brain examinations, five protocol suggestions were also made, and the most prominent one was the protocol number 1, considered the best option for the clinical setting. One of the challenges faced was the need to balance radiation dose reduction with maintaining image quality, which is essential for the clinical effectiveness of CT exams. The study followed ANVISA regulations and international recommendations for quality control in computed tomography.

Keywords*: Computed tomography, Quality control, Optimization, Protocols.*

1. Introdução

A Tomografia Computadorizada (TC) é um método de diagnóstico por imagem que utiliza a radiação ionizante para adquirir imagens em cortes, sendo um método de imagem criado por Hounsfield em 1972 (1). Entre as numerosas técnicas de radiodiagnóstico que empregam radiação ionizante, a TC se destaca como uma das principais fontes de exposição à radiação em escala global, contribuindo com 62% da exposição coletiva à radiação em todo o mundo (2).

A TC é amplamente utilizada em diversos contextos, variando desde o diagnóstico de câncer até aplicações como a avaliação de infecções, o monitoramento de doenças crônicas, a avaliação de lesões traumáticas e o suporte a tratamentos em radioterapia, com avanços significativos nesses contextos nos últimos anos (3).

No entanto, quando comparada com outros procedimentos de diagnóstico por imagem que utilizam radiação ionizante, a TC se mostra como um dos métodos que resultam em doses mais elevadas de radiação para o paciente, sendo superada apenas pela

fluoroscopia (4). Essa consideração é crucial, pois destaca a importância do equilíbrio entre a qualidade da imagem obtida e a exposição do paciente à radiação. Ela incentiva o desenvolvimento contínuo de tecnologias que minimizem a exposição à radiação sem comprometer a eficácia diagnóstica.

A Instrução Normativa nº 93 (IN 93), de 27 de maio de 2021 (5), especifica os valores de tolerância e os níveis de restrição para o controle de qualidade (CQ) relacionado à modulação da corrente elétrica. A modulação da corrente é um recurso de controle automático dos tomógrafos que ajusta a corrente fornecida aos tubos de raios X, com base no tamanho/atenuação do paciente (6).

Diversas organizações internacionais regulamentam metodologias e estabelecem critérios para a aceitação de equipamentos emissores de radiação ionizante por meio de testes de qualidade. Dentre as organizações, destacam-sea International Atomic Energy Agency (IAEA) (7), a American Association of Physicists in Medicine (AAPM) (8), a International Commission on Radiological Protection (ICRP) (9) e a International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) (10). Entre os documentos específicos sobre controle de qualidade estão o Task Group 220 Report (11), o Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe (7), a ICRP Publication 87 Managing Patient Dose in Computed Tomography (12) e o Radiation Dose and Image Quality Assessment in Computed Tomography: Report 87 (10). Esses documentos fornecem recomendações concisas sobre metodologias para garantir a qualidade e a segurança dos exames de tomografia computadorizada. No entanto, até o momento, não há, em documentos nacionais oficiais, um protocolo ou uma metodologia detalhada que descreva como os testes de CQ para TC devem ser conduzidos ou avaliados (13).

O objetivo deste estudo é apresentar um processo de otimização dos protocolos de tomografia computadorizada para exames de crânio e tórax em pacientes adultos, desenvolvido no Hospital das Clínicas de Pernambuco (HC-UFPE).

2. Materiais e Métodos

Os dados dos protocolos utilizados foram obtidos a partir das avaliações de otimização dos protocolos de tórax e crânio, considerando o índice de dose na TC ($CTDI_{vol}$), o ruído e a razão contraste/ruido (RCR) em exames simulados em um objeto simulador (Figura 1), fornecido pelo fabricante para controle da qualidade do tomógrafo Philips modelo Incisive CT (Figura 2), instalado no HC-UFPE.

2.1. Objeto simulador e Tomógrafo

O objeto simulador (Figura 1) é composto por duas partes, que abrangem os aspectos das varreduras da cabeça e do corpo. Sua camada externa é feita de PMMA. Esta seção detalha as especificações de ambas as partes do fantoma, visando garantir uma compreensão do objeto antes do seu uso.



Figura 1. Objeto simulador do equipamento de tomografia da Philips modelo Incisive CT do HC-UFPE.
Fonte: Os autores (2026).

O objeto simulador de corpo, que é uma cápsula de PMMA preenchida com água, tem 300 mm de diâmetro. Apenas uma camada do objeto é utilizada para medir o ruído, os números de TC e sua uniformidade.

O objeto simulador de cabeça, que também é uma cápsula de PMMA preenchida com água, tem um diâmetro de 200 mm e é composto por duas camadas. A camada de PMMA é utilizada para medições da resposta ao impulso e a espessura da seção tomográfica, enquanto a camada de água é utilizada para medir o ruído, os números de TC e a uniformidade.

O gantry do tomógrafo fornece suporte e meios para a rotação do tubo de raios X, dos elementos de feixe, dos detectores e do FEE (sistema central de eletrônica). A abertura do gantry é de (72±1) cm. Ele oferece suporte a varreduras de sobreposição frontal e lateral. O tubo de raios X montado nele apresenta um ânodo de rotação de 8 MHU com tamanho de ponto focal de 0,5 mm x 1,0 mm e 1,0 mm x 1,0 mm (conforme normas da IEC), e 64 canais detectores.



Figura 2. Tomógrafo Philips modelo Incisive CT do HC-UFPE.
Fonte: Incisive CT 459801855486_A, 2024.

2.2. Aplicativo MicroDicom

O software utilizado permite modificar parâmetros relacionados à aquisição de imagens, como a seleção de pitch, colimação, tensão do tubo (kVp), corrente do tubo (mAs), espessura do corte e entre outros. Após a modificação dos parâmetros sugeridos (pitch e produto corrente-tempo), as imagens foram analisadas utilizando o software MicroDicom (14), disponível no HC-UFPE. O software permite ajustes detalhados de contraste e brilho e oferece ferramentas avançadas para a medição e anotação das imagens, facilitando uma análise mais aprofundada e precisa. Isso contribui significativamente para a validação dos parâmetros simulados e para a otimização dos protocolos de imagem.

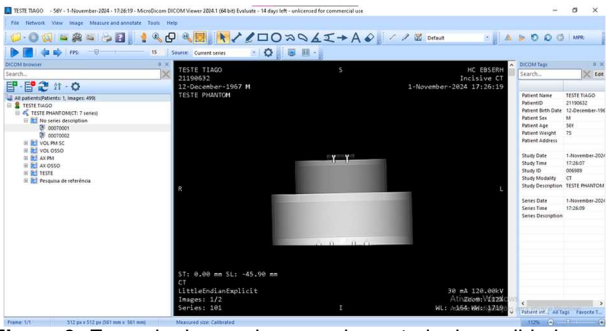


Figura 3: Exemplo de uma imagem de controle de qualidade com um objeto simulador.
Fonte: Os autores, com base em imagens de tomografia analisadas no software MicroDicom.

No aplicativo é possível visualizar as imagens obtidas na otimização dos protocolos de tórax e crânio. Todos os cálculos necessários para a pesquisa também foram realizados nele. Como a Instrução Normativa nº 93 (IN 93) não fornece instruções sobre como realizar esses cálculos, foi necessário adotar um manual de CQ. O escolhido foi o guia espanhol - *Manual de Procedimientos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico* (15).

2.3. Cálculos de Ruído e RCR

Os ruídos são quantificados com base na flutuação estatística no número de TC para os elementos de imagem em uma região de interesse (ROI) homogênea. A magnitude que avalia o ruído é dada pelo desvio padrão normalizado segundo a Equação (1).

$$S = \left(\frac{\sigma_{media}}{1000}\right).100 \qquad (1)$$

onde: S é o ruído da imagem, σ é o desvio médio dos números de TC.

O valor do CTDIvol fornecido pelo equipamento é determinado pela razão entre o índice ponderado de dose em TC (CTDIw) e o pitch. Esse valor é referenciado no resumo do aplicativo pela tag DICOM (0018,9345), tornando desnecessários cálculos adicionais.

A RCR é quantificada pela diferença entre o número de TC de uma estrutura selecionada nas imagens do fantoma e o número de TC de "background" (fundo) da mesma imagem escolhida, sendo essa diferença dividida pelo ruído do número de TC de background, conforme a Equação (2).

$$RCR = \left(\frac{nº\,TC_{estrutura} - nº\,TC_{background}}{\sigma_{background}}\right) \qquad (2)$$

onde nº $TC_{estrutura}$ é o valor médio da ROI da estrutura, nº $TC_{background}$ é o valor médio da ROI da região de fora e $\sigma_{background}$ é o desvio médio da região externa.

Os demais dados mencionados foram coletados por meio do aplicativo Micro Dicom, na seção de relatórios de cada exame.

2.4. Parâmetros

Os ajustes sugeridos nas Tabelas 1 e 2 para as modificações dos parâmetros do protocolo de tórax e crânio foram selecionados pelo físico médico clínico, com base em sua experiência hospitalar e nas normas da ANVISA (13) para o controle de qualidade em equipamentos de TC no HC-UFPE.

Com base no protocolo padrão para exames de tórax e crânio, foram propostas variações nos parâmetros de pitch e de produto corrente-tempo (mAs), conforme mostrado nas Tabelas 1 e 2. Os demais parâmetros, como espessura de corte, tempo de rotação e tensão, foram mantidos constantes. É importante destacar que a tensão foi mantida em 120 kVp, pois esse é o valor padrão para TC no HC-UFPE. Embora o equipamento permita ajustes de tensão de até 140 kVp, outras configurações são utilizadas apenas em casos específicos ou atípicos.

Tabela 1. Sugestões de parâmetros para o protocolo de TC em exames de crânio.

Exame: Crânio						
		Sugestão				
Parâm.	**Padrão**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Tempo de rotação (min)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Tensão (kVp)	120	120	120	120	120	120
PITCH	0,4	0,7	0,4	0,6	0,6	0,7
Produto Corrente-tempo (mAs)	300	300	201	201	150	150
Espessura de corte (mm)	2	2	2	2	2	2

Fonte: Os autores (2026).

Tabela 2. Sugestões de parâmetros para o protocolo de TC em exames de tórax.

Exame: Tórax						
		Sugestão				
Parâm.	**Padrão**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Tempo de rotação (min)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Tensão (kVp)	120	120	120	120	120	120
PITCH	0,8	0,8	0,65	0,65	0,8	0,65
Produto Corrente-tempo (mAs)	103	100	103	100	94	94
Espessura de corte (mm)	2	2	2	2	2	2

Fonte: Os autores (2026).

Para o cálculo do ruído, tanto no protocolo original de tórax quanto no de crânio, foram selecionadas cinco imagens sequenciais, semelhantes à Figura 4 e, empregando a Equação 1, os cálculos relativos às respectivas regiões de interesse foram efetuados. A média dos valores obtidos a partir dos cincos cálculos das imagens sequenciais resultou no valor final de ruído para o protocolo. Essa etapa foi fundamental para a

validação da qualidade da imagem e a adequação dos parâmetros utilizados.



Figura 4. Avaliação de ruído para o protocolo original de tórax.
Fonte: Os autores (2026), com base em imagens de tomografia analisadas no software MicroDicom.

Para o cálculo da RCR, é necessário selecionar uma estrutura de referência. Nesse caso, a estrutura em questão se trata de outro material com densidade equivalente, para simular tecido ósseo, conforme ilustrado na Figura 5. Na imagem selecionada, foram definidas duas ROIs: uma dentro da estrutura, com densidade equivalente ao tecido ósseo, e outra fora da estrutura, representando a imagem de fundo. Essa metodologia permitiu obter o valor da RCR para o protocolo original e para os protocolos alternativos sugeridos, possibilitando uma comparação efetiva entre as diferentes configurações e seu impacto na qualidade da imagem e na definição do contraste.



Figura 5. Delimitação de ROIs na estrutura que simula osso e na região de background para a avaliação do RCR para o protocolo original de tórax.
Fonte: Os autores (2026), com base em imagens de tomografia analisadas no software MicroDicom.

O valor de $CTDI_{vol}$ é disponibilizado no relatório final de cada protocolo de TC como mostra a Figura 5.

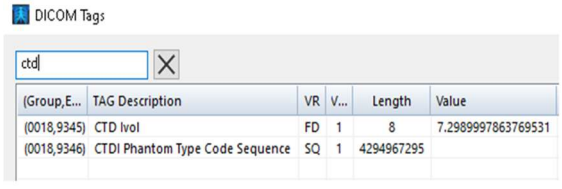


Figura 6. Resumo disponibilizado pelo aplicativo Micro Dicom que corresponde ao valor de CTDIvol para o protocolo original de tórax.
Fonte: Software MicroDicom, 2024.

3. Resultados

3.1. Protocolo de Tórax

Os dados resultantes relacionados ao cálculo de ruído para o protocolo de tórax estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de desvio padrão (σ) das imagens da Figura 4.

	Sugestão				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
$\sigma_{padrão}$	19,76	19,86	19,80	19,40	19,31
u_A	$19{,}63 \pm 0{,}11$				

Fonte: Os autores (2026).

A análise dos valores de ruído e de RCR dos protocolos sugeridos de 1 a 5 foi realizada de maneira consistente, utilizando o mesmo método empregado para o protocolo original. Para o cálculo da RCR, conforme a Equação 2, é necessário obter os valores da média da intensidade da estrutura analisada e do background, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Valores de média e desvio padrão (σ) da imagem da Figura 5.

	Osso	**Background**
$\sigma_{padrão}$	-	6,84
Média	142	10
u_A	-	-

Fonte: Os autores (2026).

A RCR reflete a capacidade de distinguir entre uma estrutura de interesse e o ruído de fundo na imagem. A Tabela 5 apresenta a comparação entre o protocolo original de tomografia de tórax e os cinco protocolos alternativos sugeridos. Foram avaliados diversos parâmetros técnicos, como o tempo de rotação, a tensão aplicada (kVp), o pitch, mAs e a espessura de corte (mm). Além disso, são mostrados os valores de colimação, a dose de radiação medida por meio do $CTDI_{vol}$ (mGy) e a RCR para cada protocolo sugerido.

Tabela 5: Sugestões de parâmetros para protocolo de TC em exames de tórax.

Exame: Tórax						
		Sugestão				
Parâm.	**Padrão**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
$CTDI_{vol}$	8,67	7,29	4,74	5,72	10,09	3,34
Ruído	1,96	9,58	2,46	8,78	2,39	2,43
RCR	19,30	3,12	12,15	3,90	11,15	12,29

Fonte: Os autores (2026).

4.2. Protocolo de Crânio

Para os protocolos de crânio foi usada a mesma lógica de cálculo de ruído e a RCR empregada nos protocolos de tórax. Foram avaliados os mesmos parâmetros; no entanto, foram testadas 5 sugestões para o protocolo de crânio a fim de observar uma maior variedade, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6: Sugestões de parâmetros para protocolo de TC em exames de crânio.

Exame: Crânio						
		Sugestão				
Parâm.	**Padrão**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
$CTDI_{vol}$	41,21	42,03	28,23	28,14	20,93	20,95
Ruído	0,89	0,88	1,13	1,09	1,30	1,30
RCR	41,54	45,48	35,00	33,67	33,76	29,55

Fonte: Os autores (2026).

4. Discussão

Em relação aos resultados para os protocolos de tórax sugeridos, o de número 5 na Tabela 5 foi o que mais se destacou. Ao comparar o protocolo 5 com o protocolo original, observa-se uma redução de 61,4% no valor de $CTDI_{vol}$. No entanto, houve um aumento de 24,0% no ruído e uma redução de 36,3% no RCR. O protocolo 2 também apresentou um valor de RCR baixo em comparação ao protocolo original, mas o valor do ruído aumentou de 25,4.

Os protocolos 2 e 3 possibilitaram reduções no valor de $CTDI_{vol}$ de 45,3% e 34,0%, e reduziram a RCR em 37,0% e 79,8%, respectivamente. O protocolo 2 resultou em um valor alto de RCR em relação aos protocolos 1, 3 e 4. Nos exames de TC, os protocolos 1 e 4 resultam em uma diferença de valores de RCR de 83,8% e 42,2%, respectivamente, em relação ao protocolo original. Dessa forma, de acordo com as sugestões analisadas, foi possível observar que, apesar das alterações realizadas no protocolo de tórax, o protocolo original permanece sendo a melhor opção para a realização de exames de tórax.

De acordo com o guia espanhol *Manual de Procedimientos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico* (15), os valores de ruído obtidos para técnicas usuais devem ser inferiores a 0,5%, não devendo exceder em mais de 20% os valores de referência estabelecidos pelo fabricante. Dessa forma, é possível observar que nos protocolos 1 e 3 houve uma ultrapassagem de mais de 20% em relação ao protocolo original. No entanto, para os demais protocolos sugeridos, os valores de ruído estão dentro dos limites recomendados pelo guia.

Apesar de os dados dos protocolos sugeridos indicarem variações esperadas nos parâmetros de dose e qualidade de imagem, no caso específico da sugestão 1, foi observada uma inconsistência relevante entre a alteração mínima no mAs (de 103 para 100 mAs) e o aumento expressivo no ruído, acompanhado de uma queda abrupta na RCR. Essa discrepância pode indicar a influência de outros fatores técnicos não controlados na simulação ou aquisição das imagens, como a variação do algoritmo de reconstrução, ou até mesmo da espessura de corte e de pitch. Embora esses parâmetros não tenham sido modificados intencionalmente neste estudo, eles podem ter sido afetados de maneira não documentada durante a coleta dos dados. Essa limitação reforça a importância de uma documentação mais detalhada e rigorosa de todos os parâmetros técnicos envolvidos em cada sugestão de protocolo, pois pequenas alterações podem impactar significativamente os indicadores de qualidade de imagem. Essa observação será considerada em estudos futuros, a fim de garantir maior rastreabilidade dos dados e melhor compreensão das interações entre os fatores técnicos.

No que se refere ao protocolo de crânio, ao comparar o protocolo original com os cinco protocolos sugeridos (Tabela 6), observa-se que o Protocolo 1 se destaca como a opção mais adequada para aplicação em ambiente clínico. Apesar do aumento modesto nos parâmetros CTDIvol (1,99%) e RCR (9,5%) e da pequena redução no ruído (1,12%), tais alterações indicam uma otimização no desempenho geral do protocolo. Essa melhoria sugere uma possível redução da dose de radiação administrada ao paciente, sem comprometer a qualidade diagnóstica das imagens, o que é um fator essencial para se garantir a segurança e a eficácia dos procedimentos clínicos.

Ao se analisar os resultados obtidos nos protocolos sugeridos, verifica-se que a redução do mAs resultou em uma diminuição significativa da dose de radiação administrada, conforme evidenciado pela redução do $CTDI_{vol}$. Contudo, essa diminuição da dose foi acompanhada por um aumento no ruído das imagens, um efeito esperado devido à menor quantidade de fótons detectados, o que reduz a relação sinal-ruído. Esse comportamento está em conformidade com os princípios da tomografia computadorizada, na qual há um compromisso entre a redução da dose de radiação e a preservação da qualidade da imagem.

Os protocolos sugeridos 4 e 5 demonstram ser mais eficazes na redução da dose de radiação por volume ($CTDI_{vol}$), mas essa redução está associada a um aumento do ruído e a uma diminuição da RCR. As variações nos parâmetros pitch e mAs impactam significativamente os resultados obtidos. Um pitch menor, combinado com valores elevados de mAs, melhora a qualidade da imagem, com menor ruído e maior RCR. Por outro lado, um pitch maior, aliado a mAs reduzidos, resulta em uma diminuição substancial do $CTDI_{vol}$, o que é benéfico para a proteção radiológica do paciente. Contudo, essa configuração leva a um aumento no ruído e a uma redução no RCR, comprometendo a qualidade da imagem diagnóstica. Assim, é essencial equilibrar a redução da dose de radiação com a manutenção da qualidade da imagem, considerando a aplicação clínica e os requisitos diagnósticos específicos.

Foram analisados exclusivamente os parâmetros relacionados ao contraste e ao ruído da imagem, sem incluir métricas referentes à resolução espacial. Embora esta última seja um aspecto fundamental na avaliação abrangente da qualidade da imagem em TC, ela foi excluída devido à limitação de tempo disponível

para a realização da pesquisa. Ressalta-se que a resolução espacial está diretamente relacionada à capacidade do sistema de imagem em distinguir objetos pequenos e próximos, sendo um dos principais indicadores de nitidez e detalhamento estrutural, o que é especialmente relevante em exames com finalidades diagnósticas precisas. Assim, a ausência dessa análise constitui uma limitação metodológica do estudo, mas não invalida os achados obtidos nos parâmetros selecionados, que são igualmente relevantes para a caracterização da qualidade da imagem em protocolos de TC.

Durante a otimização dos protocolos de tomografia computadorizada neste estudo, foram realizados ajustes no parâmetro de pitch com o objetivo de reduzir a dose de radiação e o tempo de varredura, mantendo uma qualidade adequada de imagem para exames de rotina. O pitch, que representa a razão entre o avanço da mesa por rotação e a largura total do feixe colimado, ao ser aumentado, possibilita a redução da dose e do tempo de aquisição, embora possa impactar a resolução espacial. Em situações clínicas que exigem maior detalhamento anatômico, como na avaliação do ouvido interno ou da base do crânio, é comum a utilização de valores de pitch ≤ 0,5. No entanto, nos exames de crânio e tórax de rotina analisados neste trabalho, a utilização de valores mais altos de pitch foi considerada viável, pois prioriza-se a cobertura anatômica eficiente com menor exposição à radiação. As alterações foram realizadas por meio de acesso aos protocolos internos do equipamento, via senha de serviço, o que possibilitou a modificação direta do pitch e de outros parâmetros técnicos necessários.

É importante considerar que as alterações nos valores de mAs foram feitas de forma conservadora e gradual, visando evitar um aumento significativo do ruído que pudesse comprometer a qualidade diagnóstica das imagens. Embora simulações com fantomas ou estudos em ambiente controlado indiquem a possibilidade de reduções mais relevantes, a prática clínica impõe variáveis como a movimentação do paciente, as variações anatômicas e a presença de patologias que requerem maior cautela. Por essa razão, evitou-se a adoção de mudanças bruscas nos valores de mAs, optando-se por uma estratégia de redução controlada que mantivesse a qualidade da imagem dentro dos padrões diagnósticos, sem aumentar o risco de repetição dos exames. Vale ressaltar que o foco principal da otimização neste estudo foi o pitch, dada sua capacidade de reduzir dose sem comprometer significativamente a qualidade em protocolos de rotina.

Os valores de mAs utilizados, como 103, 100 ou 94, correspondem às opções permitidas pelo equipamento no momento da configuração dos protocolos. Esses valores são definidos em incrementos fixos, não havendo disponibilidade de opções intermediárias na atual configuração do aparelho. É importante mencionar também que, para exame de crânio, a corrente do tubo permanece constante durante toda a varredura, uma vez que esse protocolo não utiliza modulação automática. Nos exames de tórax, o equipamento conta com controle automático de exposição (AEC), que ajusta o mA de acordo com a densidade dos tecidos ao longo do eixo z do paciente.

5.Conclusões

O estudo realizado teve como objetivo avaliar os protocolos de tomografia computadorizada para exames de tórax e crânio, buscando identificar estratégias que reduzissem as doses de radiação recebidas pelos pacientes, garantindo, ao mesmo tempo, a qualidade diagnóstica das imagens obtidas. Na avaliação do protocolo de TC para exames de tórax e crânio optou-se por analisar a influência do pitch e do produto corrente-tempo (mAs) sobre os demais parâmetros do protocolo. É importante destacar que, na TC, há um conjunto complexo de parâmetros que influenciam diretamente tanto a qualidade da imagem quanto a dose de radiação recebida pelo paciente. Dentre esses parâmetros, destacam-se a modulação da corrente, que ajusta automaticamente a intensidade da radiação conforme a densidade do material, e as técnicas de reconstrução de imagem, que melhoram a nitidez e reduzem o ruído. Além disso, os índices de modulação, como o controle de dose automática, também são fundamentais para equilibrar a qualidade da imagem com a redução da exposição à radiação.

Os resultados obtidos nos protocolos sugeridos para TC de tórax indicaram que eles não são opções mais adequadas para aplicação em ambiente clínico. Em contrapartida, no caso da TC de crânio, o protocolo sugerido 1 destacou-se como a alternativa mais promissora para implementação clínica, por possibilitar equilíbrio entre a qualidade de imagem e uma redução do $CTDI_{vol}$ analisado.

Esses resultados reforçam que o objetivo do estudo não se limita à preservação da qualidade diagnóstica das imagens, mas também busca garantir a segurança dos pacientes, reduzindo ao máximo sua exposição à radiação ionizante. Ademais, destaca-se a importância do monitoramento contínuo das práticas clínicas e da incorporação de inovações tecnológicas para aprimorar os protocolos e garantir um equilíbrio entre eficácia diagnóstica e proteção radiológica.

Reconhece-se que, em contexto clínico, a redução da RCR nem sempre implica inviabilidade diagnóstica, uma vez que a percepção visual e a experiência do radiologista podem permitir a avaliação clínica adequada mesmo em imagens com menor contraste ou maior ruído. No entanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto das modificações nos protocolos sob uma ótica física e quantitativa, sem a pretensão de substituir ou antecipar a validação clínica.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Hospital das Clínicas de Pernambuco, às agências de fomento IPEN/CNEN na bolsa (P.S.A) e CNPq (Projetos nº 305142/2021-6, 407493/2021-2,131466/2023-2, 307008/2022-3) FAPESP (Projeto nº 2018/05982-0).

Referências

1. Mourão AP. Tomografia computadorizada: tecnologias e aplicações. Difusão Editora, 2018.
2. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and effects of ionizing radiation. Scientific Annex A. Report to the General Assembly. Vol. I. United Nations; 2022.
3. Freitas GR. Metodologia de baixo custo para avaliação da dose de radiação ionizante em exames de tomografia computadorizada [dissertação de mestrado]. São Paulo (SP): Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; 2022.
4. Silva PP; Marcones AL. Otimização da dose de radiação ionizante em tomografia computadorizada. Tekhne e Logos, v. 9, n. 1, p. 88-98, 2018
5. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa IN nº 93, de 27 de maio de 2021. Brasília: Diário Oficial da União; 2021 [citado 2024 jul. 02]. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-93-de-27-de-maio-de-2021-323016253.
6. Seeram E. Computed tomography: physical principles, clinical applications and quality control. 4th ed. Missouri: Elsevier; 2015.
7. International Atomic Energy Agency (IAEA). Protocolos de control de calidad para radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe. Vienna: IAEA; 2021.
8. American Association of Physicists in Medicine (AAPM). Performance evaluation of computed tomography systems: report of AAPM Task Group 233. AAPM; 2019.
9. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Diagnostic reference levels in medical imaging: ICRP Publication 135. London: Sage Publications; 2017.
10. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). Radiation dose and image-quality assessment in computed tomography: Report 87. Oxford: Oxford University Press; 2012.
11. American association of physicists in medicine. Use of Water Equivalent Diameter for Calculating Patient Size and Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in CT. The Report of AAPM Task Group 220. AAPM 2014.
12. International commission on radiological protection. Managing Patient Dose in Computed Tomography: ICRP Publication 87. Oxford: Pergamon, 2000..
13. Camargo GE. Desenvolvimento de fantoma para teste de controle de qualidade da modulação de corrente em tomografia computadorizada [dissertação de mestrado]. Curitiba (PR): Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2023.
14. MicroDicom Ltd. *MicroDicom DICOM Viewer*. Sofia, Bulgária. Disponível em: https://www.microdicom.com/. Acesso em: 03 jun. 2026.
15. Sociedad Valenciana de Protección Radiológica y Radiofísica. Manual de procedimientos de control de calidad en radiodiagnóstico. Valencia: Generalitat Valenciana, Conselleria de Sanitat; 2002.

Contato:

Priscila Santos Amorim
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN
Avenida Prof. Lineu Prestes, 2242 - Cidade Universitária – São Paulo, SP.
priscilastamorim@usp.com.br