

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA NO USO DE FILTRAÇÃO ADICIONAL PARA EXAMES RADIOGRÁFICOS DE PELVE: UM ESTUDO COMFANTOMA ANTROPOMÓRFICO

EVALUATION OF THE INFLUENCE ON THE USE OF ADDITIONAL FILTRATION FOR PELVIS RADIOGRAPHIC EXAMINATION: A STUDY WITH ANTHROPOMORPHIC PHANTOM¹

**Tobias Soares Gomes¹, Jéssica Fetzer da Costa Rosa¹,
Thiago Victorino Claus² e Flávio Augusto Soares³**

RESUMO

Neste estudo verificou-se a influência da filtração adicional na qualidade de imagem (QI) e na redução de dose em exames radiográficos de pelve. Para simular as condições clínicas do exame foi utilizado um fantoma antropomórfico. Foram inseridos filtros de espessura de Alumínio (Al), Cobre (Cu) e composições de Cu e Al na caixa de colimação do equipamento radiográfico, o mesmo foi usado para obtenção das imagens do fantoma e um sistema de radiologia computadorizada (CR) para digitalização das imagens. As medidas de KERMA no ar incidente (INAK), foram obtidas com o uso de câmara de ionização. Utilizando o programa computacional ImageJ, a qualidade das imagens foi avaliada a partir de regiões de interesse (ROI) definidas na anatomia da imagem e quantificadas pelos valores de sinal e ruído. Com os resultados obtidos, calculou-se a relação sinal-ruído (RSR). Optou-se pelo desvio percentual para comparar as imagens adquiridas com combinações diferentes filtrações em relação à imagem de referência adquirida com a técnica de referência sem filtração. A fim de encontrar a técnica ótima ao considerar ambas as doses de radiação e QI, uma Figura de mérito (FM) foi desenvolvida. Verificou-se pela FM que mantendo fixo os fatores elétricos do tubo de raios X (90 kVp e 20 mAs) e uso de filtração adicional de 0,29mm Cu + 2,5 mm Al o INAK para o exame de pelve foi reduzido em 80,8% (3,8 para 0,73) mGy no paciente com melhoria da qualidade de imagem (RSR) em 7,7% (17,09 para 18,40).

Palavras-chave: Raios X, Filtração, Radiografia Digital, Segurança do Paciente, Dose de Radiação.

ABSTRACT

In this study the influence of additional filtration on image quality (IQ) and dose reduction in pelvis radiographic examinations was verified. An anthropomorphic phantom was used to simulate the clinical conditions of the examination. Thickness filters of Aluminum (Al), Copper (Cu) and Cu and Al compositions were inserted into the collimation box of the radiographic equipment, the same was used to obtain the images of the phantom and a computed radiology (CR) system to digitize the images. The measurements of KERMA in incident air (INAK), were obtained with the use of an ionization chamber. Using the ImageJ computer program, the quality of the images was evaluated from regions of interest (ROI) defined in the image anatomy and quantified by the signal and noise values. With the results obtained, the signal-to-noise ratio (SNR) was calculated. The percentage deviation was chosen to compare the images acquired with different filtering combinations against the reference image acquired with the reference technique without filtration. In order to find the optimal technique when considering both radiation doses and IQ, a Figure of Merit (FOM) was developed. It was found by FM that by keeping the X-ray tube electrical factors fixed (90 kVp and 20 mAs) and use of additional

¹ Acadêmicos da Física Médica.

² Professor da Universidade Franciscana - UFN. E-mail: clausrx@gmail.com

³ Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Radiológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC. E-mail: flavio@ifsc.edu.br

filtration of 0.29mm Cu + 2.5 mm Al the INAK for the pelvis examination was reduced by 80.8% (3.8 to 0.73) mGy in the patient with improvement of image quality (RSR) by 7.7% (17.09 to 18.40).

Keywords: X-Rays, Digital Radiography, Signal-to-Noise Ratio, Radiation Dose.

INTRODUÇÃO

A radiografia de pelve é um dos exames mais frequentemente solicitados pelos médicos para os pacientes vítimas de trauma ou acidente de trânsito. Essa região abriga grande parte da medula óssea (40%) e as gônadas (100%), que são altamente radiosensíveis (CHAN; FUNG, 2015). Recentemente, Alzyoud *et al.* (2019), e Hamid (2020), citaram que o exame radiográfico de pelve representa o segundo que mais contribui com a dose de radiação para o paciente.

Para Peacock; Steward; Riley (2020), ressaltaram a preocupação das organizações internacionais de proteção radiológica em relação ao aumento das exposições médicas em sistemas digitais (SD). Os autores atribuíram que uma dose mais alta no paciente geralmente significa melhor qualidade de imagem (QI) e consideraram que os recursos de pós-processamento podem ser usados para minimizar a dose de radiação no paciente, enquanto produz imagens com qualidade diagnóstica.

Tradicionalmente, o uso de filtração adicional está associado à diminuição do contraste radiográfico e da QI. Embora, em SD não existe uma relação fixa entre a dose de radiação e a densidade óptica resultante na imagem como no sistema tela-filme, assim, o contraste radiográfico é otimizado por recursos de pós-processamento de imagem (BARBA; CULP, 2015; JANG *et al.*, 2018; PEACOCK; STEWARD; RILEY, 2020).

Entretanto, qualquer variação de apresentação da imagem tem um limite devido ao ruído nela contido que será aceito sem degradar a capacidade diagnóstica. Contudo, estudos de Kawashima *et al.* (2017), e Jang *et al.* (2018), validaram a capacidade de redução da dose usando filtros adicionais de Alumínio (Al) e Cobre (Cu) sem degradar a qualidade de imagem (QI) em exames radiográficos.

Tendo em vista a adequação da nova tecnologia digital, assim como, a maior exposição dos tecidos a radiação, a redução da dose de radiação pretendida neste trabalho está apoiada na utilização de filtração adicional colocada diante de um campo de raios X para diminuir a quantidade de fótons de baixa energia.

O presente estudo tem como objetivos avaliar a melhor combinação de filtração adicional, a qualidade da imagem e a redução do KERMA no ar incidente (INAK) do paciente para região da pelve em procedimento utilizando o Sistema RC.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no laboratório de radiodiagnóstico do curso de graduação de Física Médica e Radiologia da Universidade Franciscana (UFN).

EQUIPAMENTOS

Na Tabela 1, estão relacionados os sistemas com a marca e modelo usados na pesquisa.

Tabela 1 - Descritivo dos sistemas usados na pesquisa.

Sistema	Marca	Modelo
Radiográfico	Intecal	MAAF
Detector de radiação	RADICAL	9015
Radiologia computadorizada (RC)	Carestream	Vita Flex
Placa de Imagem (PI) (35X43)	Carestream	-
Computadorizado	ImageJ	Ver. 1.8.0_112

Fonte: do Autor (2022).

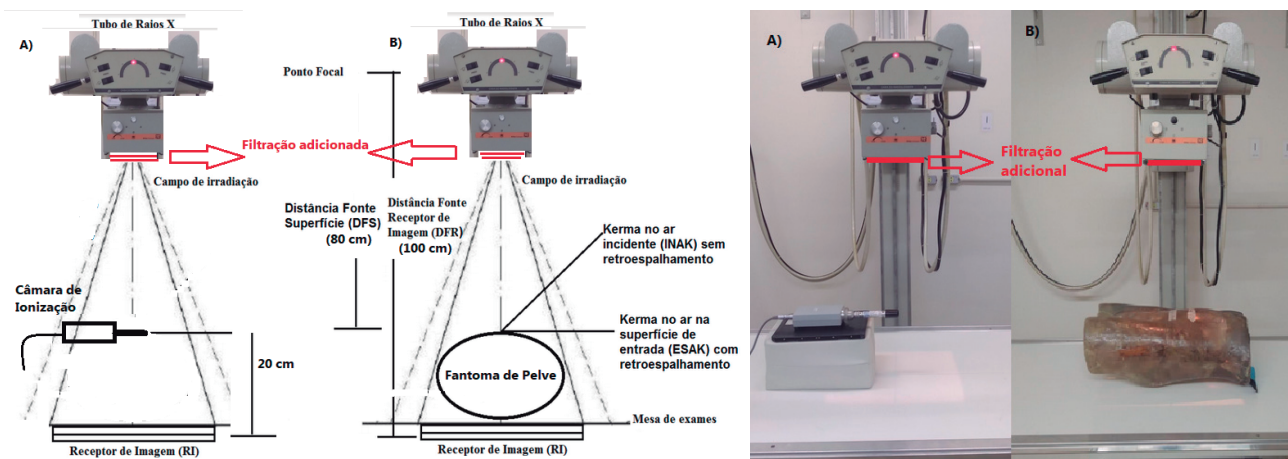
AQUISIÇÃO DAS IMAGENS E MEDIDA DE DOSE DE RADIAÇÃO

Durante a aquisição das imagens e medida de dose de radiação (Figura 1), manteve-se constante os fatores de exposição, tensão de pico (90) kVp e produto corrente pelo tempo 20 (mA.s). Para verificar a influência da filtração, um conjunto de 6 filtros foram utilizados, dispostos na seguinte combinação (Tabela 2). Foram usadas 5 placas de alumínio de 10 x 10 cm² com 0,5 mm de espessura e 1 placa de cobre de 10 x 10 cm² com 0,29 mm de espessura inseridas na caixa de colimação do equipamento radiográfico. Para cada conjunto de placas foi definido o Índice de Filtração (IF). A denominação IF1 representa o feixe original, sem filtração, apenas com a filtração total do cabeçote, de 2,7 mm Al conforme obtido durante os testes de controle de qualidade.

Tabela 2 - Identificação do IF, quantidade de placas e espessura final do material adicionado

Filtração adicional		
IF	Placas	Espessura final
1	-	sem filtração
2	1 x Al	0,5mm Al
3	2 x Al	1,0mm Al
4	3 x Al	1,5mm Al
5	4 x Al	2,0mm Al
6	5 x Al	2,5mm Al
7	1 x Cu	0,29mm Cu
8	1 x Cu + 1 x Al	0,29mm Cu+0,5mm Al
9	1 x Cu + 2 x Al	0,29mm Cu+1,0mm Al
10	1 x Cu + 3 x Al	0,29mm Cu+1,5mm Al
11	1 x Cu + 4 x Al	0,29mm Cu+2,0mm Al
12	1 x Cu + 5 x Al	0,29mm Cu+2,5mm Al

Fonte: do Autor (2022).

Figura 1 - A geometria de exposição para aquisição de imagens do Fantoma e medida de dose de radiação.

A Figura (1a) ilustra a geometria de irradiação para obtenção de imagem do Fantoma, onde a distância fonte-receptor de imagem (DFR) de 100 cm e a distância fonte superfície (DFS) do Fantoma de 20 cm. Figura (1b) ilustra a geometria de irradiação para obtenção do INAK. A área sensível da câmara de ionização está posicionada a 20 cm acima da mesa para avaliar a dose na superfície. Fonte: Do próprio autor (2022).

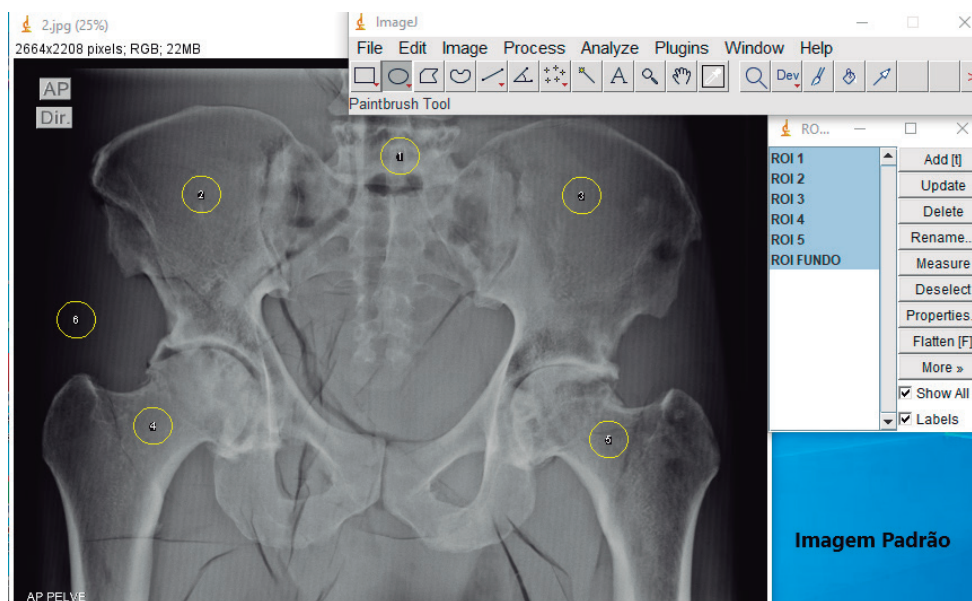
Inicialmente, com a técnica selecionada mediu-se, conforme ilustrado na Figura (1a), os valores de INAK (mGy), para cada IF. Para a medida da radiação, foi necessário posicionar e alinhar o sistema de detecção da radiação com a cúpula acima da mesa a 80 cm de distância (representando a superfície do fantoma). O é o obtido com a câmara de ionização na distância de 20cm representando a superfície do paciente. Conforme apresentado na Figura (1A), foram realizadas um total de 48 exposições, para cada grupo de quatro medidas do INAK para cada IF, foi calculado o valor médio para reduzir o erro aleatório.

Na Figura (1B), o Fantoma foi posicionado e radiografado com a mesma técnica de 90 kVp e 20 mAs para cada IF, gerando um total de 12 imagens do Fantoma que foram identificadas na borda inferior de cada imagem.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA IMAGEM (QI)

A qualidade das imagens foi avaliada por meio de software de domínio público, *ImageJ* (WAYNE, 2022). Para determinar entre as regiões de interesse (do inglês - regions of interest - ROI), o sinal e o ruído das imagens obtidas, foram selecionados em cada imagem 6 ROIs para cada IF. O primeiro centralizado no osso sacro (S1), o segundo na Asa Ilíaca Dir., o terceiro na Asa Ilíaca Esq., o quarto no Colo do Fêmur Dir., o quinto no Colo do Fêmur Esq. e o sexto na borda lateral da da imagem sem anatomia, este representando o fundo de imagem, todos redondos de mesma área (13.684 mm²).

Figura 2 - Localização dos ROIs na imagem de referência, no programa ImageJ.



Fonte: Do próprio autor (2022).

Para cada imagem será avaliado o valor do sinal (média do valor de pixels) de cada ROI e o ruído (respectivo desvio padrão). Para se obter uma melhor análise da qualidade de imagem foi calculado a RSR conforme Mraity e HAAB *et al.* (2016) para obtenção de um valor de qualidade por imagem, conforme a equação 1.

$$RSR = \frac{\text{Sinal médio retirado do ROI 1; 2; 3,4 e 5}}{\text{Ruido de ROI 6}} \quad (1)$$

CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Por não existirem valores de referência para definir os limites dos descritores de QI, considerou-se os valores “de referência”, aqueles medidos no feixe de raios X (INAK), nas imagens (Sinal, Ruído, RSR), adquirida sem filtração (IF1). Optou-se pelo desvio percentual (D%) para comparar as características do feixe, imagens adquiridas e INAK com os novos valores obtidos com os demais IF em relação à imagem de referência, conforme a equação 2:

$$D(\%) = \left(\frac{\text{novo valor}}{\text{valor padrão}} \right) - 1 \quad (2)$$

OTIMIZAÇÃO: FIGURA DE MÉRITO (FM)

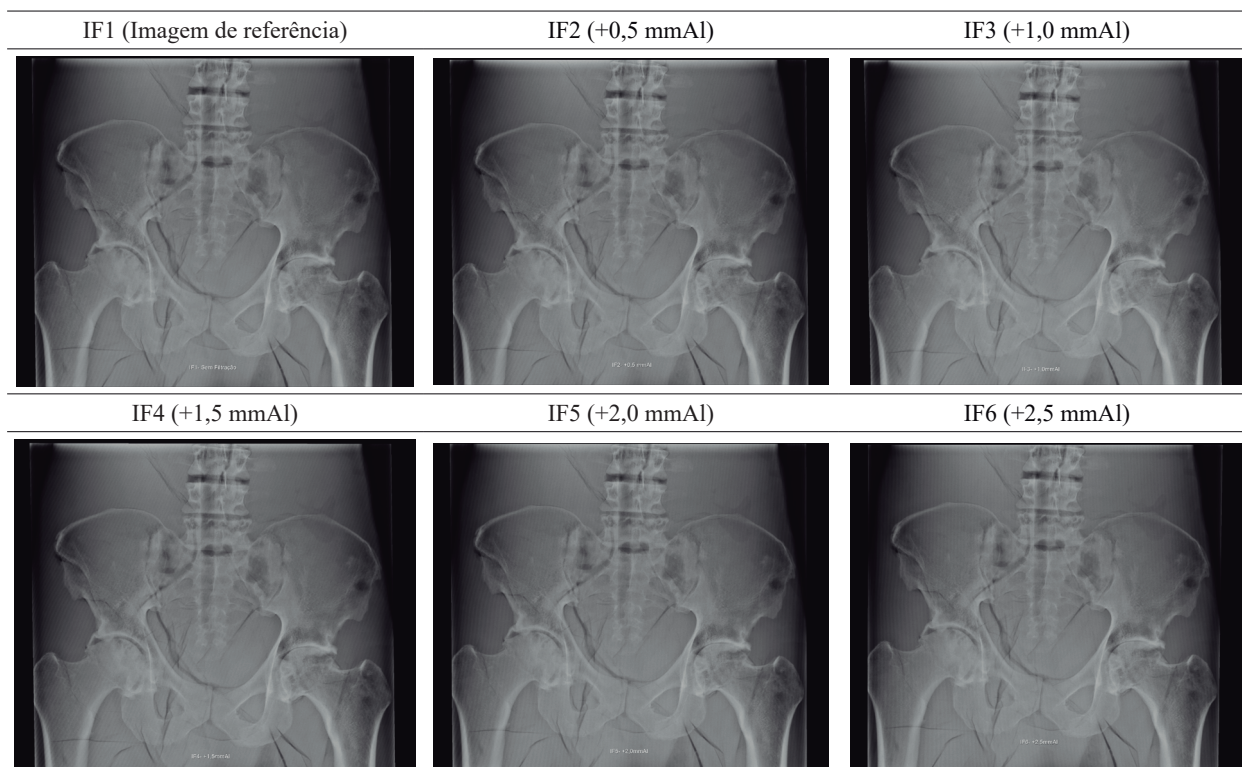
A FM quantifica a relação entre a QI, aqui tomada como RSR, e o *INAK*, e é aplicado a fim de ajudar a verificar a influência da técnica ao se considerar os dois parâmetros simultaneamente, conforme a equação 3.

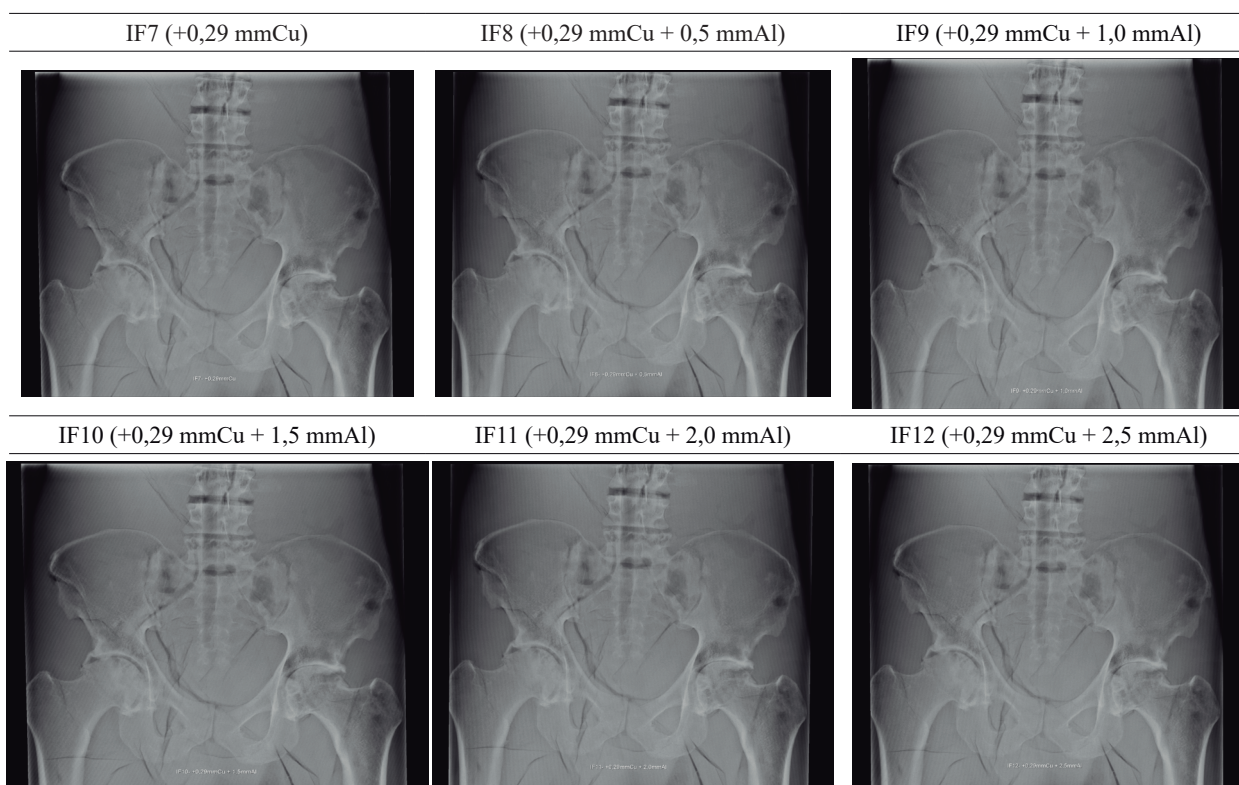
$$FM = \frac{RSR}{INAK} \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3, estão apresentadas as 12 radiografias obtidas do Fantoma, para cada IF. Nota-se que, visualmente, a influência da filtração não alterou a visualização do exame/anatomia. No geral, nota-se pouca diferença entre as radiografias obtidas com dose de 3,8 mGy (IF1) até uma dose mínima de 0,73 mGy (IF12).

Figura 3 - Imagem de referência e imagens obtidas para cada IF





Os valores no pé de cada imagem são respectivamente o kVp, mA, mAs, tipo de filtração adicional e índice de exposição. Fonte: do Autor (2022).

Na Tabela 3, relaciona os valores médios das leituras de Índice de exposição (IE) e INAK (mGy).

Tabela 3 - Relaciona os descritores de dose de radiação e qualidade de imagem, (INAK) e (RSR), respectivamente e valores referente ao desvio percentual (D%) em função do IF.

IF	Filtração adicional Espessura final	INAK		Qualidade de Imagem	
		(mGy)	D% dose	RSR	D% RSR
1	sem filtração	3,8	-	17,09	-
2	0,5mm Al	3,3	-13,2%	17,43	2,0%
3	1,0mm Al	2,9	-23,7%	18,29	7,0%
4	1,5mm Al	2,6	-31,6%	17,36	1,6%
5	2,0mm Al	2,3	-39,5%	17,80	4,2%
6	2,5mm Al	2,1	-44,7%	17,31	1,3%
7	0,29mm Cu	0,95	-75,0%	17,68	3,5%
8	0,29mm Cu+0,5mm Al	0,89	-76,6%	18,13	6,1%
9	0,29mm Cu+1,0mm Al	0,85	-77,6%	18,40	7,7%
10	0,29mm Cu+1,5mm Al	0,8	-78,9%	17,92	4,9%
11	0,29mm Cu+2,0mm Al	0,77	-79,7%	18,25	6,8%
12	0,29mm Cu+2,5mm Al	0,73	-80,8%	18,40	7,7%

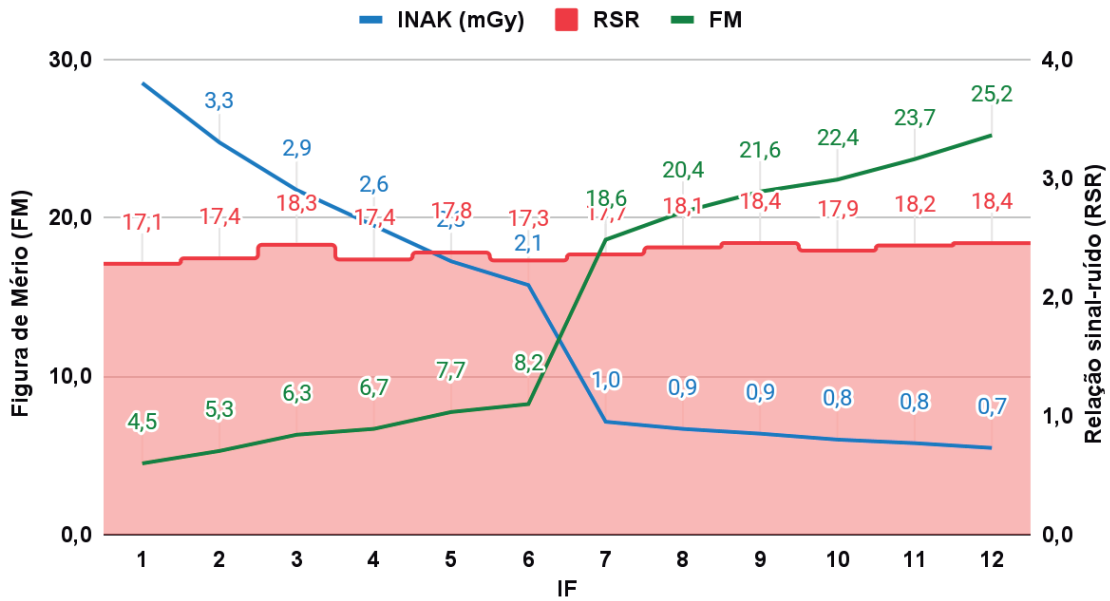
Fonte: do Autor (2022).

Outros estudos de otimização consideram a dose de radiação e RSR separadamente; no entanto Barba; Culp (2015), propuseram método para combinar dados de QI e dose de radiação, os valores

médios de RSR divididos pela dose de radiação para dar uma Figura de mérito (FM). Na Figura 7 estão representados os valores de FM para escada e para placa em função do IF, observa-se um padrão de duas regiões com pequena variação nos valores, seguido de dois degraus que se destacam devido ao corte na dose pelo filtro de cobre.

Figura 4 - Otimização do exame pelo uso de Filtração adicional para redução de dose de radiação.

IF versus INAK (mGy) RSR e FM



Verificou-se pela FM que mantendo fixo os fatores elétricos do tubo de raios X (90 kVp e 20 mAs) e uso de filtração adicional de 0,29mm Cu + 2,5 mm Al a INAK para o exame de pelve foi reduzido em 80,8% (3,8 para 0,73) mGy no paciente com melhoria da qualidade de imagem (RSR) em 7,7% (17,09 para 18,40).

CONCLUSÕES

Este trabalho possibilitou confirmar que é possível e viável a redução de exposições médicas através da filtração adicional em sistema de RC sem perda de qualidade de imagem para as diferentes espessuras de Al e combinações de Cu e Al utilizadas neste estudo.

Os resultados obtidos neste estudo vão ao encontro de outros estudos, e encoraja o uso de filtração adicional durante o exame radiográfico pelos profissionais da radiologia como forma de proteger o paciente.

REFERÊNCIAS

BARBA, James; CULP, Melissa. Copper Filtration and kVp: Effect on Entrance Skin Exposure. **Radiologic technology**, v. 86, n. 6, p. 603-609, 2015.

CARROLL, Q. B. **Radiography In The Digital Age: Physics - Exposure - Radiation Biology**. Ed. 2. China: Charles C Thomas Publisher, 2014.

CHAN, C. T. P.; FUNG, K. K. L. Dose optimization in pelvic radiography by air gap method on CR and DR systems – A phantom study. **Radiography**, v. 21, n. 3, p. 214-223, 2015.

HAMID, Hamid Osman. Evaluation of patient radiation dose in routine radiographic examinations in Saudi Arabia. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 173, p. 108883, 2020.

HART, D.; HILLIER, M.; SHRIMPTON, P. Doses to patients from radiographic and fluoroscopic X-ray imaging procedures in the UK. **Chilton: Health Protection Agency Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards**, 2010.

JANG, Ji Sung *et al.* Image quality assessment with dose reduction using high kVp and additional filtration for abdominal digital radiography. **Physica Medica**, v. 50, p. 46-51, 2018.

KAWASHIMA, Hiroki *et al.* X-ray dose reduction using additional copper filtration for abdominal digital radiography: evaluation using signal difference-to-noise ratio. **Physica Medica**, v. 34, p. 65-71, 2017.

Mraity HAAB, England A, Cassidy S, Eachus P, Dominguez A, Hogg P. **Development and validation of a visual grading scale for assessing image quality of AP pelvis radiographic images**. *Br J Radiol* 2016; 89: 20150430.

PEACOCK, Nicole E.; STEWARD, Adam L.; RILEY, Peter J. An evaluation of the effect of tube potential on clinical image quality using direct digital detectors for pelvis and lumbar spine radiographs. **Journal of medical radiation sciences**, v. 67, n. 4, p. 260-268, 2020.

WAYNE R. **Software para processamento e análise de imagens**. USA: National Institute of Mental Health, Java. 2021. Disponível em: <http://rsbweb.nih.gov/ij/download.html> Acesso em: 02 de Jun. 2022.