BRAZILIAN JOURNAL OF RADIATION TECHNOLOGY RESEARCH

ISSN 2966-4292
Braz J Rad Tec Res., 2024;1:1-13.e0004
Recebido em: 25/09/2024
Aprovado em:14/10/2024
DOI: https://doi.org/10.70745/bjrtr.v1i.23

Fatores que influenciam na execução de exames radiográficos: Como as novas tecnologias transformam a rotina clínica

Factors that influence the execution of radiographic exams: How new technologies transform clinical routine

Débora Fernanda Souto[1,a,*], Valnir de Paula[2,b], Edinéia de Castro[3,c]

[1]Universidade Federal de Santa Maria
[a]https://orcid.org/0000-0002-7556-7736

[2]Universidade Franciscana, Santa Maria, Brasil.
[b]https://orcid.org/0009-0004-4284-1024

[3]Universidade Franciscana, Santa Maria, Brasil.
[c]https://orcid.org/0009-0008-5741-4972

***Correspondência:** deborafsouto@gmail.com

RESUMO

Atualmente o método de diagnóstico por radiografia conta com diferentes tecnologias como a radiografia convencional, computadorizada e digital. Com o passar do tempo, uma tecnologia substitui a outra, impactando a rotina de execução de exames, devido as especificidades de cada equipamento. O presente estudo têm por objetivo demonstrar fatores que impactam na conduta de execução de exames radiográficos por ocasião da substituição das tecnologias de detecção de imagens radiológicas. O trabalho se configura em um estudo bibliográfico, cuja pesquisa foi realizada nas bases de dados acadêmicos, utilizando fontes bibliográficas pertinentes a temática. Assim, as tecnologias estudadas foram a radiografia convencional ou analógica, que utiliza um sistema de tela e filme para a detecção dos raios X e geração da imagem radiológica, a radiografia computadorizada, que utiliza placas de imagem (image plates) e a radiografia digital que utiliza placa eletrônica que converte diretamente o feixe de radiação em imagem digital. Os resultados demonstram que esses progressos tecnológicos, principalmente quando se substituem os sistemas de detecção, resultam na alteração de fatores inerentes aos protocolos de exames, visto que possuem características técnicas específicas com relação a quantidadede radiação necessária, tamanho de detectores, posicionamento do paciente, dose de radiação recebida pelo paciente e fluxo de trabalho. Considera-se a radiografia digital como a melhor opção para execução dos exames radiográficos, pois possibilita rápido fluxo de trabalho, edição das imagens e menores doses de radiação.

Palavras-chave: Radiografia Convencional; Radiografia Computadorizada; Radiografia Digital.

ABSTRACT

Currently, the radiography diagnostic method relies on different technologies such as conventional radiography, computerized radiography and digital radiography. Over time, one technology replaces another, impacting the exam routine, due to the specificities of each piece of equipment. The present study aims to demonstrate the factors that impact the conduct of performing radiographic examinations when replacing radiological image detection technologies. The work is a bibliographic study, whose research was carried out in academic databases, using various bibliographic sources relevant to the topic. Thus, the technologies studied were conventional radiography, which uses a screen and film system to detect X-rays and generate radiological images, computerized radiography, which uses image plates, and direct digital radiography, which uses an electronic board that directly converts the radiation beam into a digital image. The results demonstrate that these technological advances, especially when replacing detection systems, result in changes to factors inherent to exam protocols, as they have specific technical characteristics in relation to the amount of radiation required, size of detectors, patient positioning, radiation dose received by the patient and workflow. Direct digital radiography is considered the best option for performing radiographic examinations, as it allows for a fast workflow, image editing and lower radiation doses.

Keywords: Conventional Radiography; Computerized Radiography; Direct Digital Radiography.

1. INTRODUÇÃO

O diagnóstico de doenças por meio de imagens radiográficas teve início em 1895, com a descoberta dos raios X pelo físico alemão Wilhelm Roentgen. Este método permite que as estruturas internas do corpo sejam projetadas em um detector de imagens após serem atravessadas por um feixe de radiação X. Nas últimas décadas, outros métodos de diagnóstico por imagem emergiram, como ultrassonografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética [1]. Apesar do surgimento dessas novas tecnologias, a radiografia continua a ocupar lugar de destaque [1, 2].

Ao longo dos anos, tanto os equipamentos de raios X quanto os detectores de imagem evoluíram significativamente, proporcionando imagens de qualidade superior e reduzindo a quantidade de radiação necessária nos exames [1, 3]. A radiografia convencional, técnica tradicional, utiliza um sistema de tela e filme para a captura de imagens radiológicas [4]. Em seguida, surgiu a radiografia computadorizada, que emprega placas de imagem para a detecção e digitalização das imagens, facilitando seu arquivamento e compartilhamento. Mais recentemente, a radiografia digital, que utiliza placas eletrônicas para converter a radiação diretamente em sinais digitais, trouxe ainda mais avanços [4].

Na radiografia convencional, a revelação do filme envolve um processo químico longo, incluindo etapas de fixação, lavagem e secagem, limitando as possibilidades de manipulação da imagem [2]. Por outro lado, a radiografia computadorizada utiliza placas de fósforo fotoestimulável, permitindo a conversão da imagem latente em sinal digital que é transferido para um computador. A radiografia digital, por sua vez, utiliza tecnologia (por exemplo,

transistor de filme fino de a-Se), que interage diretamente com os raios X, produzindo imagem digital sem o uso de cintiladores [4].

Tendo em vista as características dos diferentes tipos de detectores radiográficos, é fundamental compreender os fatores como densidade óptica, ruído quântico e radiação espalhada, que influenciam a rotina dos exames radiológicos durante a transição entre diferentes tecnologias. Este estudo objetivou analisar esses fatores e suas implicações na execução de exames radiográficos, visando minimização da exposição radiológica do paciente e a maximização da qualidade das imagens.

2. PERCURSO METODOLÓGICO

O presente estudo se configura em um estudo bibliográfico, que possibilita um amplo alcance de informações, permitindo a utilização de explanações dispersas em inúmeras publicações, auxiliando na construção, ou na melhor definição do quadro conceitual que envolve o objeto de estudo [5]. De acordo com Lima e Mioto (2007), a pesquisa bibliográfica é realizada por meio da leitura de publicações selecionadas, a fim de identificar dados de interesse, que permitam verificar as relações e consistência das informações acerca da temática pesquisada. Cabe destacar que a pesquisa bibliográfica restringi-se à investigação de um problema, com objetivo de apontar possíveis resoluções, diferentemente da revisão de literatura que intenciona a apresentação de bases teóricas e/ou metodológicas para consecução de uma determinada pesquisa [6].

Neste sentido, realizou-se a busca por publicações em bases de pesquisa científica como a PubMed, SciELO e Google Acadêmico, onde foram identificadas diversas fontes bibliográficas pertinentes à temática, sendo selecionadas prioritarimente, publicações dos últimos dez anos. O critério do estudo seguiu o objetivo geral, a fim de demonstrar os fatores que impactam na conduta de execução de exames radiográficos por ocasião da substituição da tecnologia de detecção de imagem. Sendo assim, após leitura cuidadosa do material identificado, buscou-se descrever os sistemas de detecção de imagem existentes para a realização de exames radiográficos, suas características técnicas específicas, bem como procedimentos de trabalho e fatores influenciados pelo tipo de sistema de detecção utilizado.

3. RESULTADOS

As informações obtidas foram organizadas e apresentadas nos seguintes tópicos: Gerenciamento das doses de radiação entre os sistemas; Impactos no ajuste do campo de

radiação; Recursos de pós-processamento das imagens digitais; e, Fluxo de trabalho e sobrecarga ao tubo de raios X, apresentadas a seguir.

3.1 GERENCIAMENTO DAS DOSES DE RADIAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS

No sistema convencional ou analógico (tela filme), pelo fato das imagens serem arquivadas no próprio filme utilizado para adquiri-las, os fatores de exposição precisam respeitar uma faixa estreita de valores, condizentes com a anatomia a ser radiografada. Caso o feixe de radiação tenha baixa intensidade, a radiografia irá se apresentar com a densidade óptica baixa, ou seja, muito clara. Se ocorrer o contrário, a densidade óptica será alta, o que significa que a radiografia estará muito escura. Em ambos os casos, a mesma terá que ser repetida, implicando em nova exposição do paciente à radiação.

Já nos sistemas digitais, um feixe de baixa intensidade produzirá imagens com aspecto granulado, devido ao ruído quântico. Entretanto, se a dose de radiação exceder o nível adequado, não haverá diferenças visíveis nas imagens, de forma que radiografias podem ser obtidas com doses até 4 vezes a necessária sem que isso seja visível. Na ausência de um indicador visível referente às doses de radiação utilizadas nos exames, utiliza-se o índice de exposição, determinado pelo próprio fabricante, ou seja, este fornece os valores adequados para utilizar nas configurações de exposição para imagens específicas.

Nesse sentido, segundo Bushong (2010), "para cada sistema de imagem radiográfica deve estar disponível uma carta que descreve métodos padrões para se produzir de forma consistente imagens de alta qualidade" [1]. Assim, essa instrução é denominada de carta de técnica radiográfica. Em relação a isso, para a construção da carta de exposição, considerando uma máquina de raios X automática, os fatores de seleção são a tensão de pico, controle da densidade óptica, colimação e seleção de acessórios. Mello Filho (2016) [7], indica que:

> A utilização de um sistema radiográfico digital pode levar a uma redução significativa da dose quando comparado com os sistemas analógicos e onde a fluoroscopia digital estiver disponível deve ser adotada este potencial de redução de dose considerando as investigações que envolvam exposição da região gonadal [7].

Em relação a eficiência quântica de detecção (DQE), considera-se uma variável física fundamental relacionada à qualidade da imagem radiográfica, e refere-se à eficiência de um detector na conversão de energia de raios X incidente em sinal de imagem. Para Korner *et al*. (2007), valores elevados de DQE indicam uma menor necessidade de radiação para a obtenção de uma qualidade de imagem idêntica, sendo que o detector ideal teria um DQE de 1, o que

significa que toda a energia da radiação é absorvida e convertidos em informações de imagem [8].

Dessa forma, novas tecnologias vêm substituindo os sistemas tradicionais de tela filme e isso constitui um desafio para os radiologistas e demais profissionais de saúde. Do sistema de tela filme para o ambiente digital não é uma questão simples, são necessários cuidados com fatores técnicos relativos à aquisição de imagens, o gerenciamento da dose do paciente e a qualidade da imagem diagnóstica, que são determinantes no processo de execução das radiografias.

3.2 IMPACTO NO AJUSTE DO CAMPO DE RADIAÇÃO

Colimar significa delimitar o campo que será irradiado, através da referência de um campo de luz emitida por uma lâmpada do colimador. De acordo com Froner *et al*. (2016), a colimação irá determinar qual será o tamanho do campo de radiação que atinge o paciente, os autores reforçam que "ela deve estar ajustada apenas para a região de interesse para o estudo, pois uma colimação maior implica, além da exposição desnecessária do paciente à radiação, prejuízo para a qualidade das imagens" [9]. Para Bontrager e Lampignano (2006), é necessário o cuidado para que o enquadramento seja realizado corretamente, de maneira que fique entre o raio central do feixe de raios X com o centro da estrutura anatômica interessante para o exame realizado [1].

Caso o enquadramento esteja impreciso, poderá resultar na alteração da geometria da projeção da anatomia de interesse. O colimador serve para reduzir a radiação espalhada, o que melhora a qualidade de imagem. Em outras palavras, para Bushong (2010), "a colimação adequada reduz a dose para o paciente por restringir o volume de tecido irradiado. Mais importante ainda é a melhora do contraste da imagem por limitar a radiação espalhada [3]. Logo, na radiografia convencional, apenas um colimador é montado no cabeçote do tubo de raios X.

Ocorre que, em sistemas digitais de radiografia, os limites reais do campo de radiação podem ser ocultados durante a edição das imagens. Embora os sistemas permitam recuperar a imagem original no console de edição. Portanto, as imagens digitais deixaram de apresentar os limites da região irradiada do paciente, de forma que o ajuste correto da colimação do feixe de radiação é dependente do rigor técnico do profissional da radiologia. Ainda, os fatores-chave que fornecem a melhor visibilidade do detalhe da imagem inclui a colimação, além do uso de grades e outros métodos que previnem a radiação espalhada de alcançar o receptor de imagem [3].

Quando se realiza exames radiográficos digitais, se torna essencial que o técnico/tecnólogo de radiologia use de maneira cuidadosa a colimação com a anatomia

apropriada de interesse a fim de diminuir a exposição do paciente, evitando erros de processamento de dados da imagem digital. Logo, se reduz a dose do paciente e minimiza a dispersão da radiação no receptor de imagem ao limitar a anatomia que recebe a radiação. Assim, se expõe uma área menor do tecido do paciente [10]. Nos softwares, é possível selecionar somente da área desejada na imagem radiográfica. Não é correto irradiar para além da região de interesse. Por isso, Seeram *et al*. (2016) indicam que a atividade exige atenção do técnico/tecnólogo em radiologia para realizar um serviço de qualidade e precisão, poupando o paciente de radiação indevida, seguindo as normas habituais de segurança e legislações vigentes [11].

O mascaramento eletrônico ou colimação é fornecido pelos sistemas de radiografia digital no qual reconhece as bordas da área exposta do receptor da imagem. Estes sistemas possuem software, que podem ser manuseados a fim de ajustá-lo de acordo com o campo de exposição. No entanto, as condições de visualização são afetadas pela aparência brilhante da área não exposta da imagem que se localiza fora do campo de exposição colimada. Portanto, os altos níveis de brilho podem ser reduzidos pela máscara, que ajuda a reduzir o cansaço visual de quem observa [10].

Os profissionais devem manter os campos de exposição ajustados quando diversos campos são incluídos no mesmo receptor de imagem, evitando campos sobrepostos e em todas as áreas não expostas pelo feixe de raios X. Deve-se utilizar uma blindagem flexível de chumbo, não importando a tecnologia do receptor da imagem. Em relação a isso, diversos relatos da literatura salientam que utilizar colimação de tamanho de campo menor, ajuda a minimizar as doses de radiação nos pacientes [12].

Uma colimação precisa reduz a exposição do paciente limitando o tamanho e a forma do campo de raios X na área de interesse clínico [1]. A colimação precisa e fechada à área de interesse resulta numa queda drástica da dose do tecido, uma vez que a borda do campo de raios X colimados cresce. O volume de tecido diretamente irradiado é diminuído. A quantidade de radiação dispersa agregada diminui, a radiação dispersa produzida por tecido adicional no campo de raios X, por colimação imprópria ou falta de proteção, não apenas expõe o paciente a uma dose maior desnecessariamente, mas também degrada a ampola de raios X (duração de vida útil diminui), diminui a qualidade da imagem comefeito “enevoado” da radiação dispersa, as bordas de colimação devem ser visíveis no RI(receptor de imagem) em todos os quatro cantos se o tamanho do RI for grande o suficiente para permitir esse tipo de colimação sem “cortar” a anatomia essencial [12].

3.3 RECURSOS DE PÓS PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DIGITAIS

Nos casos de sistemas digitais, como a radiografia computadorizada e a radiografia digital, as imagens podem ser editadas no respectivo software de processamento, permitindo manipular as imagens radiográficas, mudar os tons de cinza e aplicar filtros de processamento que modificam o aspecto das imagens. Com este recurso, para cada região anatômica, algumas ferramentas específicas são aplicadas de forma a enfatizar a parte da anatomia de interesse que foi capturada na imagem, como por exemplo a demonstração de contornos mais nítidos das estruturas radiografadas e as interfaces entre os tecidos.

Sucintamente, o pós processamento agrega inúmeras funções tais como realçar os contornos, aumentar a resolução espacial, inverter o contraste, realçar regiões de interesse, suavizar a imagem e corrigir distorções. Além disso, pode-se utilizar o janelamento, no qual se utiliza parte da escala de níveis de cinza, além da possibilidade de dividir os pixels em dois grupos conforme os níveis de cinza. O processamento de imagem é uma das principais características da radiografia digital, influenciando muito a forma como a imagem aparece para o radiologista, o software ajuda no aprimoramento de borda, redução de ruído e aprimoramento de contraste para alterar a aparência da imagem. O processamento de imagem é usado para melhorar a qualidade da imagem reduzindo o ruído, removendo artefatos técnicos e otimizando o contraste para visualização, restaurar a nitidez das bordas, aumentar o contraste de detalhes para imagens com uma ampla gama de exposição de entrada e reduzir ruído.

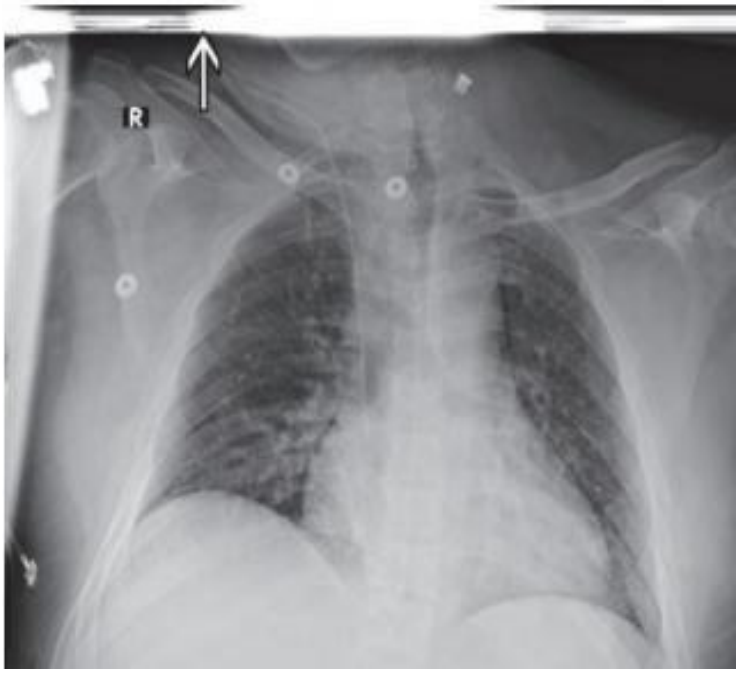
3.4 FLUXO DE TRABALHO E SOBRECARGA AO TUBO DE RAIOS X

Os tubos de raios X eventualmente devem ser substituídos, mas uma longa vida útil pode ser alcançada com o cuidado e o seu uso apropriado. Determinantes importantes da intensidade do feixe de raio X são a escolha da corrente do tubo (mA) e o tempo de exposição do feixe de raios X correspondente [12]. Como por exemplo evitar a operação prolongada ou repetida do tubo de raios X com fatores de alta técnica (kV e mAs) porque, mesmo que o gerador tenha dispositivo para bloquear tais configurações, exposições múltiplas podem gravar a faixa focal, resultando em menos produção de radiação; transmitir calor excessivo ao sistema; e causar o desgaste da estrutura do ânodo que fará com que o tubo se torneinstável. Limite as operações de início e paragem do rotor, que podem gerar aquecimento significativo e pontos quentes dentro dos enrolamentos do estator, e quando possível, deve ser usado um atraso de 30 a 40 segundos entre as exposições.

3.5 ARTEFATOS DE ACIDENTES COM O DETECTOR

Cabe uma indicação acerca de possíveis problemas que podem ocorrer devido a queda de um detector, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Queda do Detector.



Fonte: Walz-Flannigan *et al*. (2018) [14].

Na Figura 1, pode-se perceber que devido ao impacto por queda da placa detectora, "a radiografia de tórax obtida com uma unidade radiográfica portátil mostra uma faixa branca (seta) no topo da imagem". Essa "faixa branca" apareceu em decorrência da queda [14]. Além disso, outros cuidados são importantes a fim de evitar artefatos gerados a partir de falha técnica, limitações ou falhas na calibração do detector, e outros artefatos relacionados ao processamento das imagens.

4. DISCUSSÃO

Nos últimos anos, tanto os equipamentos de raios X quanto os detectores de imagem tiveram grandes saltos de evolução tecnológica, resultando em imagens de melhor qualidade e alterando a quantidade de radiação necessária para a realização dos exames radiográficos. A rotina de trabalho foi alterada mediante as novas tecnologias de detecção, gerando novas práticas profissionais. Também, destaca-se vantagens ao paciente como, por exemplo, menor tempo de espera para realização dos exames, visto que as tecnologias mais recentes

proporcionam maior agilidade e qualidade do processo de execução de exames radiográficos.

Na radiologia digital, ocorre menos etapas de trabalho em relação as outras tecnologias de detecção de imagem (radiologia convencional e computadorizada), visto não ser necessário o uso de chassi com carregamento de filme, tampouco processamento da placa de imagem, respectivamente. Logo, se percebe que a radiografia digital apresenta o melhor fluxo de trabalho por diminuir suas etapas no processo radiológico.

No entanto, esse fluxo aumentado significativamente na radiologia digital pode impor uma sobrecarga de calor no tubo de raios X, pelo fato do tempo entre os disparos do equipamento ser menor. Com isso, o fluxo de trabalho da radiologia digital agrega taxa de transferência de calor ao sistema, superior em relação às outras tecnologias, pois o ciclo de processamento das imagens é incorporado na tarefa de aquisição do exame. Isso possibilita que as imagens sejam exibidas segundos após a exposição.

Já a radiologia computadorizada abrange mais tempo em seu fluxo de trabalho, devido a necessidade de processamento das placas de imagem. Em suma, o quadro 1 representa as diferenças existentes entre os sistemas de detecção. Já o quadro 2 demonstra as diferenças entre os elementos que compõem as radiografias convencional, computadorizada e digital.

O quadro 2 mostra dados relevantes para a utilização dos diferentes tipos de tecnologias para execução de radiografias. Percebe-se que a radiografia digital apresenta benefícios, como rápido fluxo de trabalho, possibilidade de edição e o baixo ajuste de campo de irradiação, mostrando-se uma ótima opção. Com relação a dose de radiação, os detectores utilizados na radiologia digital, baseados em oxissulfeto de gadolínio e iodeto de césio têm maior eficiência de dose, quando comparado à radiologia computadorizada, pois os sistemas digitais são duas a três vezes mais eficientes na conversão de dose em sinal para produção das imagens radiográficas [15].

Quadro 1: Características específicas principais dos sistemas de detecção.

Radiografia Convencional	Radiografia Computadorizada	Radiografia Digital
- Utiliza um sistema de tela e filme para a detecção dos raios X e geração da imagem radiológica; - A revelação de um filme radiográfico abrange um processo demorado, pois engloba fixação, lavagem e secagem do filme.	- Utiliza placas de imagem (image plates) como tecnologia de detecção de imagem radiográfica.	- Utiliza placa eletrônica que converte diretamente o feixe de radiação em imagem digital; - O elemento a-Se (silício amorfo) é o material fotocondutor que converte raios X em sinais elétricos; - Não envolve a cintilação do fósforo, mas possui o feixe de raios X interage de maneira direta com o a-Se.

Fonte: Dados de pesquisa, 2024.

Quadro 2 – Fatores que são impactados a depender da tecnologia de detecção utilizada, segundo os autores incluídos na presente revisão bibliográfica.

Fatores	Radiografia Convencional	Radiografia Computadorizada	Radiografia Digital
DQE	**Alta**	**Baixa**	**Alta**
Ajuste de Campo (Colimação)	Não pode ser ocultado	Pode ser ocultado por edição de imagem	Pode ser ocultado por edição de imagem
Ferramentas do processamento de imagem	Não se aplica	Sim	Sim
Fluxo de trabalho	Lento	Lento	Rápido

Fonte: Dados de pesquisa, 2024.

Embora, a radiologia computadorizada e a radiologia digital proporcionem imagens que podem ser pós-processadas para eliminar erros e evitar exames repetidos, a radiologia digital "melhora o fluxo de trabalho ao produzir imagens de qualidade superior instantaneamente, ao mesmo tempo que oferece duas a três vezes mais eficiência de dosagem do que a radiografia computadorizada" [16]. Porém, a radiologia digital ainda requer algumas correções, como indica Seibert (2009), que pontua que em alguns casos os equipamentos possuem pouca flexibilidade de posicionamento, dificultando a obtenção da imagem radiográfica necessária, além do alto custo para adquirir o equipamento [15]. Colbeth (2016) ainda apresenta outras diferenças com relação ao fluxo de trabalho, indicando que a radiologia digital oferecerendimento superior em

comparação àradiologia computadorizada, incorporando o ciclo de processamento de imagem na tarefa de aquisição [16].

Ademais, outras vantagens da radiologia digital são a possibilidade de visualizar instantaneamente a imagem após a exposição radiográfica e não haver a exposição de agentes químicos de uma processadora para a revelação das imagens radiográficas [17].

A transição dos sistemas de radiografia convencional para sistemas inteiramente digitais colocou aos profissionais de radiologia novos desafios, como a necessidade de avaliar, analisar e melhorar continuamente os procedimentos radiológicos quanto à qualidade da imagem e proteção contra radiações no contexto da tecnologia digital. Segundo Lança (2016), para atuar na radiologia digital, é necessário que os profissionais entendam as fases evolutivas da radiologia e estejam preparados para os avanços do setor [18]. A radiologia digital é sem dúvida uma ferramenta de grande valia no diagnóstico médico. Cabe destacar que são necessárias pesquisas no intuito de minimizar ou extinguir as atuais limitações dos sistemas de detecção de imagens comercialmente disponíveis, assim como diminuição no tempo de exposição e quantidade de radiação ionizante utilizada para execução dos exames radiográficos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foram descritos os três sistemas de detecção existentes para a realização de exames radiográficos, bem como das suas características técnicas específicas. Também, destacou-se os procedimentos de trabalho e fatores que são influenciados pelos diferentes tipos de sistema de detecção. De acordo com as informações obtidas, acredita-se que atualmente a radiografia digital é a melhor opção para a execução de exames radiográficos, pois ela demonstra rápido fluxo de trabalho, possibilidade de edição das imagens e menores doses de radiação. Embora os sistemas de radiografias do tipo convencional e computadorizada ainda sejam utilizadas, considera-se que com o passar do tempo deverão ser substituídas, visto que a radiologia digital proporciona exposição otimizada à radiação, mantendo qualidade da imagem e a segurança do paciente.

REFERÊNCIAS

[1] Bontrager KL, Lampignano JP. Tratado de Posicionamento Radiográfico e Anatomia Associada. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2006.

[2] Oliveira DF, et al. Avaliação da qualidade de imagem em sistemas de radiografia

computadorizada e image plates. IV Conferencia Panamericana de END. 2007. Disponível em: <https://www.ndt.net/article/panndt2007/papers/40.pdf>.

[3] Bushong SC. Ciência Radiológica para Tecnólogos. 9. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

[4] Carroll, Q. B. Radiography in the Digital Age: Physics - Exposure - Radiation Biology (Third edition.). Charles C. Thomas Publisher, Limited. 2018.

[5] GIL AC. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1994.

[6] Lima TCS de, Mioto RCT. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. Rev katálysis, 2007;10(spe):37–45. https://doi.org/10.1590/S1414-49802007000300004

[7] Melo GV, Freitas SAP. Radiologia digital e suas vantagens. Brazilian Journal of Health Review, 2024,7(3): e70525-e70525. https://doi.org/10.34119/bjhrv7n3-374

[8] Korner M, et al. Advances in digital radiography: physical principles and system overview. Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc, 2007, 27(3), 675–686. https://doi.org/10.1148/rg.273065075

[9] Froner AM., et al. Iniciação de acadêmicos de Física Médica nas atividades profissionais. Disciplinarum Scientia | Naturais E Tecnológicas, 2017, 17(2), 285–292. https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1882

[10] Herrmann TL, et al. Best practices in digital radiography. Radiologic technology, 2012, 84(1), 83–89.

[11] Seeram, E., et al. Optimizing the Exposure Indicator as a Dose Management Strategy in Computed Radiography. Radiologic technology, 2016, 87(4), 380–391.

[12] Ball, S., et al. Do radiographers collimate? A retrospective analysis of radiographic collimation of common musculoskeletal examinations at an adult trauma centre. Journal of medical radiation sciences, 2023, 70(1), 21–29. https://doi.org/10.1002/jmrs.630

[13] Huda W, Abrahams RB. Radiographic techniques, contrast, and noise in x-ray imaging. AJR. American journal of roentgenology, 2015, 204(2), W126–W131. https://doi.org/10.2214/AJR.14.13116

[14] Walz-Flannigan AI., et al. Pictorial Review of Digital Radiography Artifacts. Radiographics: a review publication of the Radiological Society of North America, Inc, 2018, 38(3):833–846.

https://doi.org/10.1148/rg.2018170038

[15] Seibert JA. Digital radiography: The bottom line comparison of CR and DR technology. Applied Radiology, 2009, 38. 21-28.

[16] Colbeth R. Computed Radiography (CR) and Digital Radiography (DR): Which Should You Choose?, 2016. Disponível em https://www.vareximaging.com/computed radiography-cr-and-digital-radiography-dr-which-should-you-choose.

[17] Candeiro GTDM, Bringel ADSF, Vale, ISD. Radiologia digital: revisão de literatura. Rev. Odontol. Araçatuba, 38-44, 2019.

[18] Lança L. Metodologias para a otimização em radiologia digital. Acta Radiológica Portuguesa, 2016, 93-94. Disponível em: https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/7348