

## DIGITALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE RAIOS X: AVANÇOS E BENEFÍCIOS

Kauan Felipe Moreira Telles<sup>1</sup>, Vivian T. S. Gambarato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Email:

kauanfntelles@gmail.com

<sup>2</sup>Docente do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Faculdade de Tecnologia de Botucatu

### RESUMO

Desde a descoberta dos raios X (RX) por Röntgen em 1895, a radiologia teve uma grande evolução. As formas de radiologia digital e digitalizada representam um avanço em relação à convencional, eliminando a necessidade de filmes e produtos químicos, reduzindo tempo e exposição à radiação. Essa, utiliza sensores, como CCD (*Charge-Coupled Device*), e sistemas como PACS (*Picture Archiving and Communication System*) para armazenar e compartilhar imagens com mais qualidade e segurança. Embora a técnica básica permaneça semelhante em alguns aspectos, a digitalização torna o processo mais eficiente, sustentável e integrado. Sistemas como RIS (*Radiology Information System*) e HIS (*Hospital Information System*), complementam essa evolução, tornando os diagnósticos rápidos e organizados. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo comparativo entre o RX convencional e digital, além de analisar avanços e benefícios entre os meios. Portanto, é possível, através deste trabalho, observar que a radiologia digital (DR) e computadorizada (CR) oferecem diversas vantagens em comparação à radiologia convencional.

**Palavras-chave:** Evolução da radiologia. História da radiologia. Radiologia convencional. Radiologia digital.

### 1 INTRODUÇÃO

O equipamento de raios X (RX) é um dos métodos mais amplamente reconhecido e utilizado para diagnosticar fraturas e outros achados, dependendo da modalidade aplicada. Por essa razão, é relevante observar os avanços tecnológicos nos equipamentos desta área. A introdução da radiologia digital trouxe diversos benefícios tanto para os pacientes quanto para os profissionais da saúde. As imagens digitais podem ser armazenadas e transmitidas pela Internet, além de serem modificadas por meio de softwares específicos, permitindo ajustes no brilho e no contraste. Isso evita que o paciente seja submetido a novas exposições à radiação ionizante (Santos; Barros; Santos, 2019).

Com o passar dos anos, o sistema digital passou por aprimoramentos constantes, oferecendo ao mercado médico tecnologias mais modernas, com grande capacidade de armazenamento e ferramentas que otimizam a qualidade da imagem e reduzem em até 90% a dose de radiação aplicada (Albuquerque *et al.*, 2016).

Ainda segundo os autores, a radiografia digital pode ser obtida por meio direto ou indireto e apresenta diversas vantagens em relação ao método convencional. Entre elas,

destacam-se a eliminação do uso de filmes, a dispensa do processamento químico tradicional das radiografias e a geração quase imediata das imagens diretamente no monitor do computador. Essa agilidade contribui para a redução de custos com materiais como soluções químicas e filmes, além de permitir o arquivamento digital das imagens, facilitando a troca de informações entre profissionais e promovendo maior segurança e controle na exposição à radiação tanto para os pacientes quanto para os trabalhadores da saúde (Albuquerque *et al.*, 2016).

Além disso, a radiologia digital substitui os processos manuais, tornando o procedimento mais ágil e eficiente. Ela utiliza o PACS para o armazenamento das imagens, o que facilita o acesso imediato pelos médicos e contribui para a redução da exposição à radiação, minimizando a dose recebida pelo paciente e evitando exposições desnecessárias, tornando a prática diagnóstica mais segura e eficaz. Essa evolução representa um avanço significativo na medicina diagnóstica, beneficiando tanto os pacientes quanto os profissionais de saúde. Em contraste, na radiologia convencional, o processo de captura e revelação das imagens é demorado. Os cassetes, que contêm sensores (tela intensificadora ou ecran), exigem maior exposição à radiação, e o processo de revelação é lento e envolve o uso de produtos químicos, expondo tanto o paciente quanto o tecnólogo a riscos adicionais. Embora a radiologia convencional ainda tenha seu valor, a radiologia digital oferece uma alternativa mais eficiente e segura, com armazenamento em PACS e acesso rápido às imagens, o que reduz consideravelmente o tempo de espera do paciente pelo laudo (Melo; Freitas, 2024).

Em razão dos avanços que a radiologia digital proporcionou, é imprescindível que o tecnólogo em radiologia tenha conhecimento sólido sobre as principais evoluções da técnica radiográfica a fim de desempenhar a função com excelência a partir do conhecimento das vantagens e desvantagens e dos avanços e benefícios. Portanto, este trabalho teve por objetivo realizar um estudo comparativo entre o RX convencional e digital, analisar avanços e benefícios entre os meios.

## 2 DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

### 2.1 Breve histórico da Radiologia

Em 8 de novembro de 1895, o físico Wilhelm Conrad Röntgen, ao replicar experimentos com raios catódicos em seu laboratório na cidade de Würzburg, observou um fenômeno inesperado: uma tela revestida com platinocianeto de bário emitia luminescência mesmo posicionada a uma distância considerável da ampola de Crookes. A partir dessa

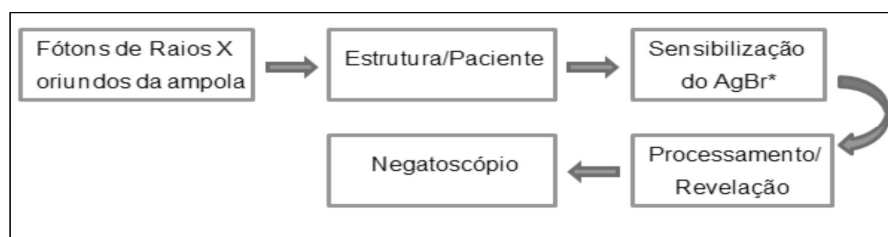
observação, iniciou uma série de experimentos sistemáticos, nos quais verificou que determinados materiais, como chumbo e platina, bloqueavam essa radiação, enquanto outros a deixavam passar com facilidade. Roentgen, ao interpor a própria mão entre o tubo e a tela, visualizou a silhueta de seus ossos, o que o levou à conclusão de que havia descoberto uma nova forma de radiação, invisível ao olho humano. Após semanas de trabalho rigoroso e sigiloso, Röntgen obteve a primeira radiografia da história, ao registrar a imagem da mão de sua esposa, evidenciando ossos e um anel. Esse experimento confirmou a existência dos raios que mais tarde levariam seu nome: os raios X (Francisco et al., 2005).

## **2.2 Princípios físicos da radiologia convencional**

Com a descoberta desse fato, foi desenvolvido o equipamentos de RX convencional, uma técnica médica que utiliza radiação ionizante para produzir imagens bidimensionais das estruturas internas do corpo, dispensando procedimentos cirúrgicos invasivos como incisões, exposição ou dissecação de planos anatômicos. Para gerar a imagem radiográfica no sistema convencional, ocorre uma sequência de etapas. Primeiramente, os fótons de radiação são produzidos no tubo de RX, processo iniciado pelo aquecimento do filamento presente no cátodo, devido à aplicação de corrente elétrica, a miliamperagem (mA). Esse aquecimento libera elétrons que se acumulam ao redor do filamento. Em seguida, uma diferença de potencial (ddp), expressa em quilovoltagem (kVp), é aplicada, acelerando esses elétrons em direção ao alvo no ânodo da ampola. Ao colidirem com o alvo, ocorre intensa liberação de energia, sendo que aproximadamente 99% é convertida em calor e apenas 1% gera os fótons de raios X (Albuquerque *et al.*, 2016).

Esses fótons possuem diferentes níveis de energia, podendo ser classificados como de baixo, médio ou alto potencial energético, de acordo com sua capacidade de penetrar os tecidos. Ao saírem da ampola, os RX atravessam o corpo do paciente e sensibilizam os cristais de prata do filme radiográfico, posicionado após a área examinada. Após essa exposição, o filme é submetido a um processo químico de revelação composto por várias etapas. Inicialmente, o filme é imerso em uma solução reveladora de caráter básico, onde a imagem latente começa a se formar. Em seguida, passa pela fixação com uma solução ácida, que estabiliza a imagem. Depois, o filme é lavado com água corrente para remover resíduos químicos e, por fim, passa pelo processo de secagem, completando a formação da imagem radiográfica (Albuquerque *et al.*, 2016). A Figura 1 mostra um fluxograma responsável por demonstrar a formação da imagem contida no sistema radiográfico convencional.

Figura 1. Etapas de Formação de imagem



Fonte: Albuquerque *et al.* (2016)

### 2.3 Princípios físicos da radiologia digital

A obtenção de imagens médicas digitais pode ocorrer tanto por sistemas de radiografia digital direta (DR) quanto por radiografia computadorizada (CR), cada qual com suas características específicas. Na modalidade direta, os detectores eletrônicos captam e convertem os fótons de raios X em sinais elétricos processados em tempo real, eliminando a necessidade de qualquer etapa intermediária. Já na modalidade computadorizada, a captura é realizada por meio de placas de fósforo fotoestimulável, que armazenam a energia da radiação e necessitam posteriormente de um leitor a laser para transformar essas informações em imagens digitais. Essas duas abordagens representam um avanço expressivo em relação ao modelo analógico, pois oferecem maior eficiência, rapidez e precisão diagnóstica (Morigi; Albertin, 2022).

Do ponto de vista físico, os detectores digitais modernos podem ser classificados em diferentes categorias, dependendo do material utilizado na conversão da radiação. Sistemas que empregam detectores de silício amorfo ou selênio são capazes de fornecer imagens de alta resolução espacial, enquanto receptores baseados em fósforo fotoestimulável se destacam pela flexibilidade e pelo formato semelhante ao filme radiográfico convencional, facilitando sua utilização clínica. Além disso, a integração entre os detectores e softwares avançados de reconstrução permite não apenas a formação da imagem bidimensional, mas também sua aplicação em tomografia computadorizada, ampliando as possibilidades diagnósticas em diferentes especialidades médicas (Morigi; Albertin, 2022).

Embora a radiologia digital represente uma transformação significativa na prática odontológica e médica, seu funcionamento mantém estreita relação com os princípios estabelecidos da radiologia convencional. A técnica de posicionamento, a fonte emissora de radiação e os fatores de exposição continuam a desempenhar papel essencial na formação da imagem, sendo a principal mudança observada na substituição do filme radiográfico pelo receptor digital. Essa transição resultou na eliminação do processamento químico,

oferecendo maior rapidez, praticidade e redução do impacto ambiental, ao mesmo tempo em que mantém a fidelidade diagnóstica (Candeiro; Bringel; Vale, 2009).

Dentro desse contexto, dois sistemas de captação digital se destacam: os sensores de estado sólido, como o CCD, e as placas de fósforo fotoestimulável. O primeiro é composto por um *chip* semiconductor capaz de converter diretamente a radiação em sinal digital, transmitindo a imagem ao computador de forma imediata. Já as placas ópticas funcionam como receptores reutilizáveis, que armazenam a informação e necessitam de leitura posterior em um scanner específico para a conversão digital. Ambos os métodos apresentam vantagens e limitações, mas em conjunto representam uma evolução tecnológica que ampliou a qualidade, a confiabilidade e a acessibilidade das imagens radiográficas (Candeiro; Bringel; Vale, 2009).

## 2.4 Informática em saúde e sua aplicação

Com o avançar da tecnologia na radiologia digital ocorreu o surgimento do sistema de comunicação e armazenamento de imagens ou PACS. Este sistema tem por finalidade armazenar imagens digitais geradas nos exames radiológicos, juntamente com os dados clínicos do paciente, como nome, endereço e tipagem sanguínea. Esses sistemas trazem maior segurança e organização das informações, reduzindo significativamente perdas de dados, otimizando o tempo de acesso aos arquivos e promovendo economia de recursos no gerenciamento dos exames. Além disso, com o sistema PACS é possível armazenar e transmitir imagens médicas obtidas por diferentes equipamentos, como o RX, a tomografia computadorizada, a ressonância magnética, a ultrassonografia, a mamografia e a endoscopia. Esse sistema permite que as imagens e os dados do paciente sejam digitalizados e guardados em formato eletrônico, podendo ser acessados em monitores de alta resolução, mesmo que estejam em locais diferentes, facilitando o acesso à informação e otimizando o trabalho dos profissionais da saúde (Nonato; Gambarato, 2016).

Para que ocorra o funcionamento adequado desse sistema é necessário que haja um processo de padronização no formato das imagens e a interligação com a soma de outros dois sistemas sendo estes o: RIS e o HIS. Esses sistemas, quando usados de forma integrada, são a base para um serviço de radiologia *filmless*, ou seja, sem o uso de filmes radiográficos. Nesse modelo, em um ambiente de rede, há uma conexão ampla entre os sistemas, o que permite que o filme tradicional seja substituído, total ou parcialmente, por soluções eletrônicas que adquirem, armazenam e disponibilizam imagens digitais de forma segura e eficiente (Nonato; Gambarato, 2016).

Além disso, para que o fluxo de informações hospitalares ocorra de forma eficiente, é essencial que haja integração adequada entre os diversos sistemas utilizados na instituição. O HIS centraliza os dados clínicos do paciente, incluindo informações registradas no Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP), como consultas, exames realizados e laudos médicos. Por outro lado, os dados específicos da radiologia, como solicitações de exames e laudos, são gerenciados pelo RIS. As imagens de exames radiológicos anteriores permanecem armazenadas no PACS e precisam ser importadas desse sistema para que possam ser acessadas e visualizadas. Segundo Rangel e Struchiner (2021), o uso do PEP no contexto da educação médica proporciona benefícios significativos, como o aprimoramento do raciocínio clínico dos alunos e a possibilidade de receber *feedback* dos preceptores sobre os dados inseridos, contribuindo para a formação de competências e habilidades clínicas. A Figura 2 demonstra o funcionamento operacional de um sistema hospitalar.

Figura 2. Funcionamento operacional de um sistema hospitalar



Fonte: TECSO, 2016

## 2.5 Comparação entre as técnicas: Radiologia Convencional, Radiologia Computadorizada (CR) e Radiologia Digital (DR).

Apesar de ainda ser utilizada, a Radiologia Convencional vem sendo gradualmente substituída por métodos digitais, como a Radiologia Digital (DR) e a Computadorizada (CR), devido à maior eficiência no processamento das imagens e à superior qualidade visual. Entre as limitações do método convencional estão falhas no processamento químico, necessidade de repetição de exames e uso de substâncias tóxicas, com impactos à saúde e ao meio ambiente. Segundo Ozçete *et al.* (2016), os sistemas digitais oferecem vantagens diagnósticas relevantes, especialmente em situações de urgência.



A DR elimina o uso de filmes e produtos químicos ao utilizar sensores eletrônicos, permitindo a captura, o armazenamento e o compartilhamento rápido das imagens. Além de reduzir a exposição do paciente à radiação, essa tecnologia favorece a integração entre profissionais e a sustentabilidade dos serviços de saúde. Mathur *et al.* (2018) destacam esses benefícios como fundamentais para a modernização da prática radiológica. A Figura 3 ilustra imagens radiográficas, sendo a primeira convencional e a segunda digitalizada/ digital.

Figura 3. Radiografia convencional e Radiografia Digitalizada/ Digital (A e B)



Fonte: Belloti *et al.*, 2021

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que a radiologia digital e computadorizada apresentam diversas vantagens em relação à convencional, como a eliminação de filmes e produtos químicos, tornando o processo mais limpo e sustentável. As imagens são processadas rapidamente, com alta qualidade e possibilidade de ajustes, o que reduz a necessidade de repetir exames.

Além disso, o armazenamento digital facilita o acesso remoto e o compartilhamento entre profissionais, além de utilizar doses menores de radiação, aumentando a segurança do paciente e da equipe.

### REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. *et al.* Estudo Comparativo entre sistemas radiográficos convencionais e digitais. **Ciências biológicas e da saúde**, Recife, v. 02, n. 3, p: 99-110, 2016. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/unitsaude/article/view/3173>. Acesso em: 3 abr. 2025.
- BELLOTTI, J. *et al.* Tratamento da consolidação viciosa do rádio distal: Osteotomia corretiva mediante planejamento com prototipagem em impressão 3D. **Rev Bras Ortop**, São Paulo, v. 56, n. 3, p: 384-389, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbort/a/X3hD4X2rMDYFSmXtwnFbdMd->
- Treatment of Distal Radio Vicious Consolidation: Corrective Osteotomy Through 3D Printing

Prototyping Treatment of Distal Radio Vicious Consolidation: Corrective Osteotomy Through 3D Printing Prototyping. Acesso em: 13 jun. 2025

CANDEIRO, G.T. M.; BRINGEL, A. S. F.; VALE, I. S. Radiologia digital: revisão de literatura. **Revista Odontológica de Araçatuba**, Araçatuba, v. 30, n. 2, p: 38-44, 2009. Disponível em: AC-RADIOLOGIA-DIGITAL.pmd-trabalho-7.pdf. Acesso em: 26 maio. 2025.

FRANCISCO, F. C. et al. Radiologia: 110 anos de história. **Rev Imagem**, v. 27, n. 4, p. 281-286, 2005. Disponível em: [https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=Radiologia+-+110+Anos+de+Hist%C3%B3ria&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Radiologia+-+110+Anos+de+Hist%C3%B3ria&btnG=). Acesso em: 25 set. 2025.

MATHUR, H. *et al.* Comparison between conventional and digital radiography in assessing alveolar bone loss. **Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology**, v. 30, n. 2, p. 142-147, abr.-jun. 2018. Disponível em: [https://journals.lww.com/aomr/fulltext/2018/30020/comparison\\_between\\_conventional\\_and\\_digital.11.aspx](https://journals.lww.com/aomr/fulltext/2018/30020/comparison_between_conventional_and_digital.11.aspx). Acesso em: 08 set. 2025.

MELO, G. V; FREITAS, S. A. P. Radiologia digital e suas vantagens. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 07, n. 3, p. 01-10, 2024. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/70525>. Acesso em: 3 abr. 2025.

MORIGI, M. P.; ALBERTIN, F. X ray Digital Radiography and Computed Tomography. **J. Imaging**, [S. l.], v. 8, n. 5, art. 119, 21 abr. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jimaging8050119>. Acesso em: 8 set. 2025.

NONATO, K. B; GAMBARATO, V. T. S. Utilização do PACS (Picture Archiving and Communication System) na unidade de raios X de um hospital escola. **Tekhne e Logos**, v. 11, n. 1, p. 1–9, 2016. Disponível em: 695-4027-1-PB.pdf. Acesso em: 1 jun. 2025.

OZÇETE, E. *et al.* Comparison of Conventional Radiography and and Digital Computerized Radiography in Patients Presenting to Emergency Department. **Turk J Emerg Med**, v. 15, n. 1, p. 8-12, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27331189/>. Acesso em: 08 set. 2025.

RANGEL, A. M. P.; STRUCHINER, M. Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) na Educação Médica: benefícios e preocupações. **Journal of Health Informatics**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 65-70, abr./jun. 2021. Disponível em: <https://jhi.sbis.org.br/index.php/jhi-sbis/article/view/798>. Acesso em: 8 set. 2025.

SANTOS, S. S. dos; BARROS, K. O. de O.; SANTOS, T. C. V. dos. Progresso da radiologia: mudanças tecnológicas dos equipamentos de raios X. **Gep News**, v. 2, n. 2, p. 220–227, ago. 2021. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/gepnews/article/view/12295>. Acesso em: 8 set. 2025.

TECSO. **Funcionamento de um sistema hospitalar**. Disponível em: <http://www.tecsoc.com.br/>. Acesso em: 1 jun. 2025.