



Radiología Forense y su Importancia en las Investigaciones Médico-Legales

Forensic Radiology and Its Importance in Medicolegal Investigations

Radiologia Forense e sua Importância nas Investigações Médicas Legais

Comendador e Dr.h.c Vergara, Clayton Sidney de Almeida^{1*} 

¹ Sociedade Brasileira de Ciências Forenses (SBCF), Brasil. claytonvergara@hotmail.com

*Autor de correspondencia: claytonvergara@hotmail.com

Resumen: La Radiología Forense desempeña un papel crucial en las investigaciones medicolegales, proporcionando un soporte esencial en la identificación de individuos, el análisis de lesiones traumáticas y la detección de alteraciones óseas. El avance de las tecnologías de imagen, como la tomografía computarizada y la resonancia magnética, ha posibilitado enfoques más precisos y menos invasivos en el análisis post-mortem, incluyendo la exploración tridimensional de superficie y las biopsias guiadas por imagen. Además, la odontología forense, mediante el análisis radiográfico y la autopsia dental virtual, se ha consolidado como un método eficaz en la identificación humana. Herramientas como la autopsia digital remota amplían las posibilidades de investigación, permitiendo el examen a distancia de estructuras dentarias y facilitando la documentación de características anatómicas únicas. La integración entre la Radiología y la Medicina Legal ofrece una visión más amplia de las estructuras anatómicas, mejorando la calidad de los análisis forenses y contribuyendo a la resolución de casos criminales y civiles. La incorporación de tecnologías tridimensionales y digitales ha revolucionado esta área, permitiendo un nivel de detalle sin precedentes en la identificación y documentación de vestigios anatómicos.

Palabras clave: *investigación criminal, identificación humana, radiología forense, resonancia magnética, tomografía computarizada.*

Abstract: Forensic Radiology plays a crucial role in medico-legal investigations, providing essential support in the identification of individuals, the analysis of traumatic injuries, and the detection of bone alterations. Advances in imaging technologies, such as computed tomography and magnetic resonance imaging, have enabled more precise and less invasive approaches to post-mortem analysis, including 3D surface scanning and image-guided biopsies. Furthermore, forensic dentistry, through radiographic analysis and virtual dental autopsy, has been established as an effective method for human identification. Tools such as digital remote autopsy expand the possibilities of investigation, allowing the remote examination of dental structures and facilitating the documentation of unique anatomical features.

Recibido: 19 de abril de 2023. Aceptado: 15 de junio de 2023.

Publicado como artículo científico el 20 de junio de 2023.

Cómo citar: Vergara, Clayton Sidney de Almeida (2023). Radiologia Forense e sua Importância nas Investigações Médicas Legais. *Revista Con-Ciencia Forense Volumen 1*(1), 28-40. <https://doi.org/10.63804/ccf.1.1.3>

The integration of Radiology and Legal Medicine provides a broader view of anatomical structures, enhancing the quality of forensic analyses and assisting in the resolution of criminal and civil cases. The incorporation of three-dimensional and digital technologies has revolutionized this field, allowing an unprecedented level of detail in the identification and documentation of anatomical evidence.

Keywords: criminal investigation, human identification, forensic radiology, magnetic resonance imaging, computed tomography.

Resumo: A Radiologia Forense desempenha um papel crucial nas investigações médico-legais, fornecendo suporte essencial na identificação de indivíduos, análise de lesões traumáticas e detecção de alterações ósseas. O avanço das tecnologias de imagem, como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, possibilitou abordagens mais precisas e menos invasivas na análise post-mortem, incluindo varredura 3D de superfície e biópsias guiadas por imagem. Além disso, a odontologia forense, por meio da análise radiográfica e da autópsia dentária virtual, tem se consolidado como um método eficaz na identificação humana. Ferramentas como a autópsia tele digital ampliam as possibilidades de investigação, permitindo o exame remoto de estruturas dentárias e facilitando a documentação de características anatômicas únicas. A integração entre a Radiologia e a Medicina Legal promove uma visão mais abrangente das estruturas anatômicas, aprimorando a qualidade das análises forenses e auxiliando na elucidação de casos criminais e civis. A incorporação de tecnologias tridimensionais e digitais têm revolucionado essa área, permitindo um nível de detalhamento sem precedentes na identificação e documentação de vestígios anatômicos.

Palavras-chave: investigação criminal, identificação humana, radiologia forense, ressonância magnética, tomografia computadorizada.

Vergara, Clayton Sidney de Almeida: <https://orcid.org/0000-0002-3339-358X>

1. Introdução

A Radiologia Forense teve início com o Prof. Arthur Schuster do Owens College que já em 1896 usou pela primeira vez uma tomada radiográfica para contribuir na investigação de um crime: um homem que teve ferimento por arma de fogo, e com objetivo de descobrir o culpado nasceu a Radiologia Forense (Decker, S. J., et al 2019).

Embora ainda pouco conhecida e utilizada, esta vertente da Radiologia se mostra muito eficiente nas investigações forense. Médicos Legistas e Antropólogos Forenses são menos versados nos detalhes nas tomadas de imagem do que, claro, Radiologistas; no entanto eles são encarregados de interpretar os resultados destes estudos imagiológicos

para futuras investigações médico-legais. O Investigador Forense deve frequentemente recorrer ao Radiologista cuja experiência pode ser inestimável em consultas forenses.

O profissional da área deve estar ciente da importância de armazenar radiografias por períodos prolongados e da manutenção eficiente desses registros, pois várias situações ou problemas, legalmente podem exigir que as radiografias sejam acessadas, interpretadas ou até mesmo apresentadas em tribunal, a identificação de corpos humanos é particularmente difícil, mas também uma das tarefas mais valiosas da medicina forense.

O seu principal objetivo baseia-se na recuperação factual, o que requer a utilização de diversas técnicas científicas estabelecidas

que permitem a recolha de dados únicos para fornecer informação qualitativa e específica o suficiente para distinguir os indivíduos.

Mudanças profundas em nível social, tecnológico e climático exigem uma adaptação constante da ciência forense à diversidade da ciência forense em todo o mundo, seja ela natural ou prejudicial, e ao aumento dos assassinatos, dos conflitos armados e do terrorismo.

Em geral, o corpo humano em todas as suas partes apresenta algumas características anatômicas nas quais os especialistas se baseiam para determinar a identidade de cadáveres ou restos mortais quando sua identificação é difícil devido a fatores externos. O tecido ósseo, que é particularmente resistente a efeitos destrutivos, também é conhecido por ser um local vantajoso para detectar alterações estranhas.

As doenças ósseas primárias e as reações osteogênicas a doenças gerais, especialmente aquelas comprovadas por métodos radiológicos, são causas muito confiáveis (Pereira, M.F., G. 2018).

Nas últimas décadas, a tecnologia voltada para as Ciências Radiológicas teve um avanço significativo, surgiram ferramentas para obter melhor visualização dos detalhes estruturais e anatômicos com análise multiparamétrica das alterações fisiopatológicas, evidenciando a evolução em direção a um conceito mais amplo das imagens, reunindo assim duas disciplinas aparentemente distantes: a Radiologia e a Medicina Legal.

Embora partilhem os mesmos princípios o estudo e a interpretação dos achados anatômicos e a cooperação entre as duas áreas limitou-se durante muito tempo à utilização da radiologia convencional no estudo e detecção de corpos estranhos em cadáveres, especialmente projéteis (PAF) em óbitos por armas de fogo (Clemente, M. A., La Tegola, L., Mattera, M., & Guglielmi, G. 2017).

Apesar de a radiologia convencional ainda ser uma ferramenta valiosa na identificação de portadores de drogas que escondem embalagens cheias de drogas no seu trato gastrointestinal, ela é na verdade classificada como um sistema de identificação secundário na investigação post-mortem e, com exceção de investigações de fatalidades em massa, a radiografia convencional foi substancialmente substituída pela Tomografia Computadorizada com múltiplos detectores.

Esta poderosa técnica proporciona um estudo multiplanar de corpo inteiro, melhorado por diversas técnicas avançadas de pós-processamento de imagem e tem se provado muito útil na avaliação de estruturas ósseas, detecção de hemorragias interna, maiores massas de tecidos moles e corpos estranhos.

2. Metodologia

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão sistemática da literatura, utilizando as bases de dados PubMed, SciELO e Google Acadêmico. A seleção dos artigos foi baseada nos descritores Radiologia Forense, Investigação com Utilização de Imagens,

Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética, abrangendo o período de 1982 a 2023.

Os critérios de inclusão consideraram estudos que abordassem a aplicação de técnicas radiológicas na investigação forense, com ênfase na identificação humana, avaliação de lesões traumáticas e análise de restos mortais.

Foram priorizados artigos publicados em periódicos científicos indexados, revisados por pares e que apresentassem metodologia clara e dados replicáveis. Foram excluídos estudos com amostras limitadas, relatos de caso sem fundamentação metodológica robusta e publicações que não apresentavam relação direta com os objetivos da pesquisa.

A análise dos dados foi realizada de maneira qualitativa, explorando os avanços tecnológicos, as aplicações forenses e os desafios enfrentados na prática radiológica forense.

Essa abordagem permitiu reunir um panorama atualizado e abrangente sobre o papel da radiologia forense na investigação criminal e na medicina legal, destacando suas contribuições, limitações e perspectivas futuras.

3. Resultados e discussão

As investigações forenses modernas utilizam tecnologia avançada para resolver casos criminais e civis. Está claro que a imagem

forense é uma ferramenta poderosa nesta nova era. Graças aos raios X, à tomografia computadorizada, à ressonância magnética e a outras técnicas de imagem médica, foi lançada uma base sólida para o desenvolvimento da imagem forense (Zhang, M.2022). Este aspecto utiliza imagens para esclarecer e documentar descobertas de imagens para fins médicos e legais.

Estas incluem técnicas minimamente invasivas complementadas por tomografia computadorizada e ressonância magnética, como angiografia, biópsias e varredura tridimensional (3D) de superfície, que complementam ou substituem a dissecação invasiva tradicional (Grabherr, S., et al 2017).

O desenvolvimento da tomografia e da ressonância magnética na medicina inaugurou o apogeu da melhoria da imagem forense. A TC provou ser uma excelente ferramenta de visualização com grande potencial para documentação forense e avaliação de cadáveres em decomposição. Isto é útil para encontrar gases no fígado de pessoas falecidas, exceto em cadáveres apodrecidos ou queimados. Também fornece confiança na estimativa do volume sanguíneo abdominal.

A utilidade da tomografia computadorizada e da ressonância magnética tem sido usada para auxiliar no exame de restos mortais carbonizados e também mostrou potencial como ferramenta de diagnóstico forense para hemorragia extra-axial traumática. Estudos demonstraram que a ressonância magnética é ainda mais sensível que a tomografia

computadorizada na detecção de evidências de hemorragia subaracnóidea.

Por exemplo, esses testes podem medir com precisão o peso post-mortem do fígado e do baço, e a TC pode superar as limitações da putrefação e da embolia gasosa venosa porque o gás na congestão pode ser excluído. De acordo com (Ebert LC et al., 2010), a imagem pode ser ainda mais precisa do que a dissecação na medição do peso do fígado.

A imagem forense evoluiu para a era do 3D e da micromorfologia com o advento de novas abordagens que permitem a realização de varreduras de superfície 3D e biópsias ósseas e de tecidos moles guiadas por imagem post mortem. Em 2010, o Virtobot, um sistema robótico multifuncional para digitalização 3D e biópsia post-mortem automatizada, foi introduzido pela primeira vez no campo de pesquisa. Em 2014, o segundo protótipo do Virtobot atualizou o anterior. Atualmente com sua nova versão atualizada, o Virtobot melhorou a precisão da biópsia e está focado em agilizar o fluxo de trabalho e aumentar o nível de automação.

Recentemente, técnicas mais avançadas de digitalização 3D foram introduzidas, permitindo imagens multiespectrais de corpo inteiro. A imagem utilizou fotogrametria multiespectral de 365 nm a 960 nm usando uma câmera digital com melhorias nas fontes de luz ultravioleta e infravermelha próxima e filtros de lente para revelar possíveis traços dentro do corpo, como fluidos corporais e hematomas.

Para detectar cadáveres através da arcada dentária (Crânio Facial), é utilizada outra ferramenta de radiologia forense a virtual autópsia dentária, a mesma foi projetada para melhor atender às necessidades dos setores judicial e criminal.

O Instituto de Identificação Humana da Universidade de Turim e o Gabinete de Assuntos Médicos e Jurídicos lançaram um projeto de pesquisa em 2020 com base na hipótese de que o processo de identificação de corpos não identificados deve sempre seguir os melhores protocolos para esclarecer a identificação de corpos, disse, (Nuzzolese, E. 2021). Deve sempre incluir um exame odontológico completo para complementar e documentar a autópsia mesmo quando um dentista forense não estiver no local (Figura 1).

Além disso, ferramentas virtuais em medicina e odontologia também podem ser utilizadas em medicina forense, especialmente para identificação pessoal, após a pandemia de COVID-19 e o risco potencial de infecção obrigou as instituições forenses a realizarem autópsias virtuais sem comprometer as informações técnicas fornecidas pelo dentista forense.

Atualmente, poucos departamentos ao redor do mundo reconhecem a viabilidade da autópsia tele dental, mas algumas instituições oferecem consultas remotas em odontologia legal para identificação pessoal ou oferecem este serviço por motivos humanitários. O projeto reúne temas de pesquisa como

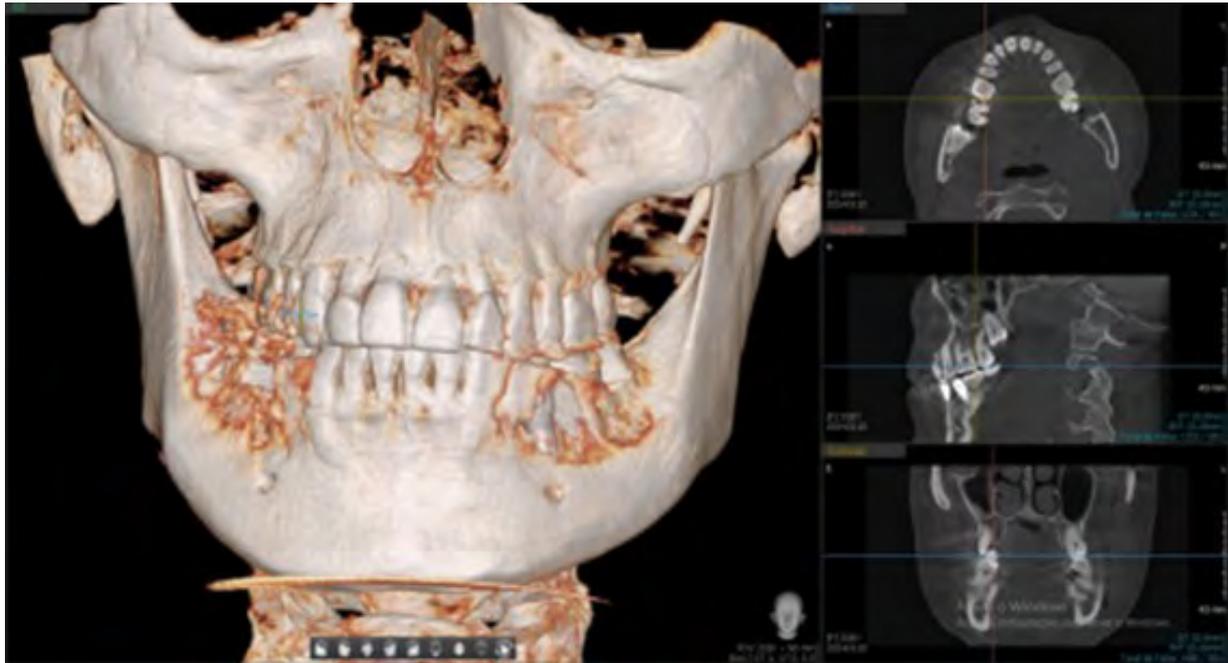


Figura 1. Tomografia Computadorizada de feixe cônico (TCFC), (banco de dados do próprio autor).

patologia, odontologia, antropologia e arqueologia, sob a égide dos direitos humanos dos mortos e da odontologia forense humanitária.

O termo VIRDENTOPSY é uma combinação dos termos “virtual” e “anatomia dentária”. Esta é uma marca registrada de um site dedicado a fornecer avaliação odontológica forense remota de dados dentários post-mortem de restos mortais não identificados.

O uso de radiografias em odontologia legal visa facilitar a identificação de corpos por meio do exame de detalhes anatômicos que podem ser utilizados como parâmetros. Isso inclui o formato dos dentes e raízes, dentes ausentes e existentes, raízes remanescentes, dentes supranumerários, fricção e desgaste e fraturas radiculares, grau de reabsorção óssea devido à periodontite, lesões ósseas, diastema, formato e linha da cavidade, cáries, terapia endodôntica, pinos intrarradiculares e

próteses dentárias (Eastman, R., Raibley, et al 1982).

O processo de identificação de restos mortais não identificados deve respeitar os mais elevados padrões forenses e deve incluir sempre a recolha de todos os dados de identificação post-mortem.

A tomografia cone beam (TCFC) é um método radiológico caracterizado por alta resolução espacial e baixa dose de radiação, adequados para diagnóstico prognóstico quando são identificados resíduos desconhecidos. Esses métodos permitem obter imagens precisas e detalhadas das estruturas dentárias e craniofaciais, essenciais para a identificação post mortem de indivíduos. Este processo requer a comparação de pessoas desaparecidas correspondentes com dados ante-mortem documentadas e a reconciliação final de todos os protocolos (Da Luz Silva, W., Dias, R. S., Vergara, C. S., & De Sá, L. L. 2023).

Neste contexto, uma autópsia dentária completa e uma avaliação adicional de todos os achados dentários por um dentista legista são essenciais para obter um perfil biológico geral e um exame geral. Simples exames dentários e recolha de dados dentários sem avaliação por especialistas em odontologia forense e identificação de vítimas não podem dar um contributo tangível para uma identificação pessoal atempada e eficaz.

É necessária uma recolha e análise mais abrangentes de dados post-mortem quando se consideram os fenómenos migratórios. Em Itália, o Projecto Migrantes Desaparecidos estima que houve 124 mortes e desaparecimentos de migrantes desde 2014, e mais de 60 dessas vítimas não foram identificadas.

As avaliações odontológicas forenses, por outro lado, limitam-se a exames odontológicos de não vítimas. Dentistas forenses experientes parecem estar rotineiramente envolvidos nas aplicações de anatomia virtual em odontologia forense incluem a coleta de dados dentários e a comparação de ortopantomografias post-mortem.

O processo de virdentopsia não apenas integra a dissecação virtual na prática da odontologia forense, mas também depende de vídeo 2D e 3D, fotografia e fotogrametria, bem como imagens de raios X e tomografia computadorizada documentação. A dissecação virtual permite que os dentistas examinem mandíbulas e dentes sem realizar uma dissecação dentária tradicional.

Ao envolver dentistas remotos de vários países sem a necessidade de estarem fisicamente presentes, a Virdentopsia expande os horizontes desta abordagem virtual e tem o potencial de se tornar o padrão para todos os restos mortais não identificados recuperados (Nuzzolese, E. 2021).

Uma radiografia típica é baseada na comparação de radiografias ante-mortem e post-mortem mantidas em um consultório ou centro de pesquisa odontológica. Esses raios X fornecem muitas informações sobre a pessoa. Dessa forma, podem ser observadas características anatômicas como o tamanho e formato da coroa, a anatomia da polpa, a posição e formato da crista alveolar e características únicas e pessoais decorrentes do tratamento odontológico (Gruber, J., & Kameyama, M. M. 2001).

Até recentemente, a maioria dos materiais utilizados para restaurações dentárias eram metálicos e, portanto, radiopacos. As características únicas de cada restauração podem ser facilmente observadas em radiografias convencionais. No entanto, o uso generalizado de tratamento odontológico preventivo reduziu significativamente a incidência de cárie dentária, especialmente nos países desenvolvidos, complicando o processo de identificação baseado em técnicas radiográficas comuns (Figura 2).

Ao mesmo tempo, relata-se que avanços notáveis na microeletrônica e na tecnologia da informação, bem como reduções no custo de equipamentos de informática, permitiram

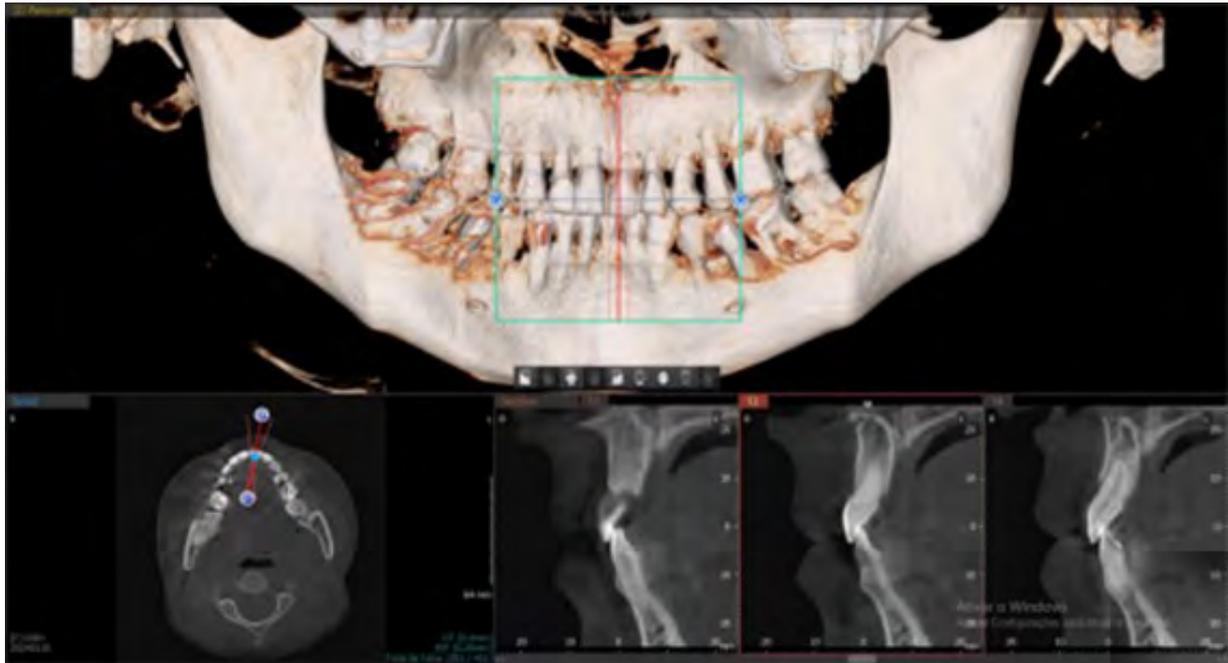


Figura 2. Reconstrução panorâmica 3D simulando cortes axial e sagital (TCFC), (banco de dados do próprio autor).

o desenvolvimento de técnicas confiáveis e de alta qualidade para comparação de imagens radiológicas que podem ser aplicadas em odontologia legal.

Diversas variações de técnicas radiológicas digitalizadas foram descritas na literatura. Porém, este método consiste essencialmente no compartilhamento de sequências com outras ferramentas, na digitalização de imagens radiológicas por meio de scanner ou câmera de vídeo, ou mesmo na aquisição de imagem por imagem diretamente (Carvalho, S. P. M., et al 2009).

Segundo Suman, J., et al (2016), os seios frontais não estão presentes no nascimento e começam a se desenvolver entre as idades de 2 e 3 anos o seio frontal não pode ser detectado radiologicamente até os 4 anos de idade. Até 6. O crescimento do seio frontal ocorre mais rapidamente durante a adolescência e para de crescer por volta dos 20 anos, consenso de

todos os autores que o estudaram.

Estudos demonstraram que, estatisticamente, o seio frontal é geralmente mais largo nos homens do que nas mulheres, com as mulheres tendo uma borda superior mais profunda. (Yoshino, M., Miyasaka, S., Sato, H., & Seta, S. 1987) foram relatados. Outros fatores também podem alterar a estrutura normal do seio frontal em adultos, como fraturas, traumas, cirurgias, doenças, cistos mucosos e aumento da idade, mas todos são raros.

A configuração dos seios frontais é única para cada pessoa (Sholl, S. A., & Moody, G. H. 2001). a individualidade dos seios frontais em gêmeos idênticos, característica também confirmada por outros autores. Se não houver antecedentes criminais disponíveis para comparação, poderá ser possível obter o máximo de informações possível do falecido para criar um perfil que facilite a identificação

(Raitz, R., et Al 2005).

A estimativa de gênero e a determinação do grupo étnico com base na anatomia dentária e na radiografia cefalométrica a radiologia fornece uma ajuda inestimável na diferenciação do osso humano do osso animal, analisando a densidade do tecido ósseo, mas é a determinação da idade que determina a sua precisão (Cunha, E. 2017).

Ao longo da vida, o tecido ósseo se desenvolve, cresce e amadurece, partindo do centro de ossificação até estar totalmente desenvolvido. Este processo é contínuo e seu crescimento é totalmente completado pela fusão das epífises. Essa evolução é acompanhada e estudada pela radiologia, o que permite determinar sua idade e, assim, encontrar formas de estimar sua idade. A relação entre idade óssea e idade cronológica depende de variáveis relacionadas ao corpo e ao ambiente do indivíduo. Isso explica que as taxas de erro podem ser maiores ou menores dependendo do método utilizado.

Um método estimativo para se basear na idade da erupção do terceiro molar, dentição e suturas. Outros parâmetros que contribuem para o diagnóstico estimado da idade humana pelos dentes também podem ser mencionados. Erupção dos dentes decíduos, calcificação das coroas e raízes dos dentes, relação entre a área do dente e a área da cavidade pulpar e desgaste e perda dentária.

Essas medições das alterações nos tecidos dentários relacionadas à idade fornecem resultados muito bons na identificação geral, especialmente porque os dentes das crianças são menos suscetíveis a alterações nutricionais, hormonais e patológicas. Portanto, a idade de uma criança pode ser estimada a partir do estudo dos estágios de desenvolvimento dos elementos dentários da dentição permanente, observados em radiografias panorâmicas e classificados de acordo com a cronologia da mineralização dentária, Figura 3 (Carvalho, S. P. M., et al 2009).



Figura 3. Radiografia Panorâmica (banco de dados do próprio autor). - Radiografia muito utilizada em reconhecimento de cadáveres através das arcadas dentárias protocolo padrão.

Em adultos, a idade pode ser estimada medindo-se radiograficamente a redução da cavidade pulpar causada pela deposição secundária de dentina, que é proporcional à idade do indivíduo. O exame físico-químico dos ossos revela um aumento de carbonato com o aumento da idade. A desmineralização também aumenta e a densidade óssea diminui.

Alguns ossos possuem características morfológicas que precisam ser consideradas individualmente. Portanto, a atrofia da mandíbula devido à perda dentária indica que o paciente é idoso. À medida que envelhecemos, as suturas cranianas fundem-se (fusão) e desaparecem. Este é um parâmetro que deve ser levado em consideração na estimativa da idade.

Portanto, a radiologia desempenha um papel muito importante nesta estimativa, com foco nos centros de ossificação epifisária, e o estudo proporciona maior confiabilidade (Figura 4). Identificar uma pessoa, viva ou morta, é extremamente importante para



Figura 5. Telerradiografia frontal (banco de dados do próprio autor).

manter a integridade da sociedade.

Um método simples, confiável e eficaz sempre encontrará uma forma de facilitar a aceitação e a inclusão em qualquer disciplina. Da mesma forma, a identificação humana por meio de padrões radiográficos dos seios frontais é uma técnica simples que enfatiza a realização de estudos com resultados comprovados, Figura 5 (Suman, J., et al 2016).

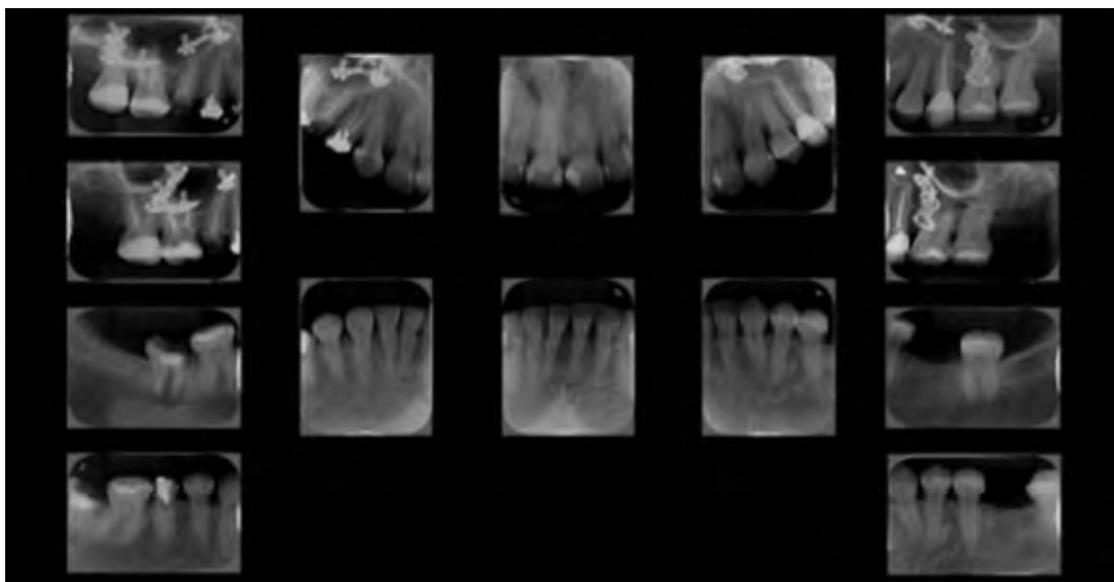


Figura 4. Levantamento periapical (banco de dados do próprio autor).

Na radiologia forense, existem alguns desafios específicos que os profissionais enfrentam. Alguns dos principais desafios incluem:

a. Qualidade das imagens: Em alguns casos, as imagens radiológicas podem ser de qualidade inferior devido às condições do corpo ou à natureza do trauma. Isso pode dificultar a interpretação precisa das imagens.

b. Interpretação complexa: A interpretação de imagens radiológicas em casos forenses pode ser complexa, pois os radiologistas precisam identificar lesões sutis e determinar sua relevância para o caso em questão.

c. Variação individual: As características anatômicas e as variações individuais podem complicar a análise radiológica forense. Cada pessoa é única, e os radiologistas devem levar em consideração essas diferenças ao interpretar as imagens.

d. Pressão do tempo: Em alguns casos, os resultados da radiologia forense são necessários com urgência para auxiliar nas investigações. Isso coloca pressão sobre os profissionais para entregar resultados rápidos e precisos.

e. Avanços tecnológicos: A radiologia forense está em constante evolução, com novas técnicas e tecnologias sendo desenvolvidas. Os profissionais devem se manter atualizados com esses avanços para fornecer diagnósticos precisos e confiáveis. Esses são apenas alguns dos desafios enfrentados na radiologia

forense. Apesar disso, os profissionais dedicados a essa área desempenham um papel crucial na investigação e resolução de casos criminais (Porto, L. L. 2023).

4. Conclusões

EA imagem forense emergiu como uma ferramenta indispensável na investigação de casos criminais e civis, com tecnologias avançadas como tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM) desempenhando um papel fundamental nesse desenvolvimento. Este estudo destacou a evolução da imagem forense ao longo do tempo, desde o uso de técnicas minimamente invasivas até a implementação de varreduras 3D e biópsias guiadas por imagem.

A TC e a RM mostraram-se particularmente valiosas na análise de cadáveres em decomposição, na detecção de lesões traumáticas e na estimativa de volumes sanguíneos abdominais. Além disso, avanços recentes, como o Virtobot, têm melhorado a precisão e a automação dos processos de imagem, enquanto técnicas de digitalização 3D multiespectral ampliam ainda mais as capacidades de análise forense.

A importância da identificação precisa em investigações criminais é enfatizada, com métodos como a autópsia dentária virtual e a análise radiográfica desempenhando um papel essencial na determinação da identidade de restos mortais não identificados. A colaboração entre diferentes disciplinas, incluindo odontologia, medicina

e antropologia, é crucial para alcançar resultados precisos.

Embora os desafios persistam, como a qualidade das imagens e a interpretação complexa, os avanços contínuos na tecnologia e na metodologia estão ajudando a superar esses obstáculos. Os profissionais dedicados à radiologia forense desempenham um papel vital na aplicação da justiça e na resolução de casos complexos, enfrentando os desafios com dedicação e expertise.

Conflito de Interesse

O autor declara que não existe conflito de interesse financeiro, pessoal ou acadêmico que tenha influenciado de forma inadequada a realização desta pesquisa nem a preparação do presente manuscrito.

Disponibilidade de dados

Os dados utilizados neste estudo estão disponíveis mediante solicitação razoável ao autor de correspondência.

Contribuição dos autores

V.C. participou da conceitualização do estudo, análise formal, investigação, gestão do projeto, validação, visualização, redação do rascunho inicial, revisão, edição e validação final do manuscrito.

5. Referências

Carvalho, S. P. M., Silva, R. H. A. da, Lopes-Júnior, C., & Peres, A. S. (2009). A utilização de imagens na identificação humana em odontologia legal. *Radiologia Brasileira*, 42(2), 125–

130. <https://doi.org/10.1590/s0100-39842009000200012>

Clemente, M. A., La Tegola, L., Mattera, M., & Guglielmi, G. (2017). Forensic radiology: An update. *Journal of the Belgian Society of Radiology*, 101(S2). <https://doi.org/10.5334/jbr-btr.1420>

Cunha, E. (2017). Considerações sobre a antropologia forense na atualidade. *Revista Brasileira de Odontologia Legal*, 110–117. <https://doi.org/10.21117/rbol.v4i2.133>

Da Luz Silva, W., Dias, R. S., Vergara, C. S., & De Sá, L. L. (2023). O papel da *Videntopsy*® no avanço das ciências radiológicas legais. *Revista Remecs: Revista Multidisciplinar de Estudos Científicos em Saúde*, 8(14), 108–119

Decker, S. J., Braileanu, M., Dey, C., Lenchik, L., Pickup, M., Powell, J., Tucker, M., & Probyn, L. (2019). Forensic radiology: A primer. *Academic Radiology*, 26(6), 820–830. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.03.006>

Eastman, J. R., Raibley, S., & Schwartz, L. (1982). Trabecular bone patterns in dental radiographs: A further aid to dentists involved in forensic dentistry. *Illinois Dental Journal*, 51(3), 161–163

Ebert, L. C., Ptacek, W., Naether, S., Fürst, M., Ross, S., Buck, U., Weber, S., & Thali, M. (2010). Virtobot—a multifunctional robotic system for 3D surface scanning and automatic post mortem biopsy. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 6(1), 18–27. <https://doi.org/10.1002/rcs.285>

Grabherr, S., Egger, C., Vilarino, R., Campana, L., Jotterand, M., & Dedouit, F. (2017). Modern post-mortem imaging: An update on recent developments. *Forensic Sciences Research*, 2(2), 52–64. <https://doi.org/10.1080/20961790.2017.1330738>

- Gruber, J., & Kameyama, M. M. (2001). O papel da radiologia em odontologia legal. *Pesquisa Odontológica Brasileira*, 15(3), 263–268. <https://doi.org/10.1590/s1517-74912001000300014>
- Nuzzolese, E. (2021). VIRDENTOPSY: Virtual dental autopsy and remote forensic odontology evaluation. *Dentistry Journal*, 9(9), 102. <https://doi.org/10.3390/dj9090102>
- Pereira, M. (2018). Identificação humana através das particularidades ósseas no exame radiográfico da coluna vertebral e tórax
- Porto, L. L. (2023). Medicina dentária forense na identificação de vítimas em desastres e catástrofes. [Manuscrito inédito o documento institucional, especificar si aplica]
- Raitz, R., Fenyó-Pereira, M., Hayashi, A. S., & Melani, R. (2005). Dento-maxillo facial radiology as an aid to human identification. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 23(2), 55–59
- Sholl, S. A., & Moody, G. H. (2001). Evaluation of dental radiographic identification: An experimental study. *Forensic Science International*, 115(3), 165–169. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(00\)00305-4](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(00)00305-4)
- Suman, J., Jaisanghar, N., Elangovan, S., Mahaboob, N., Senthilkumar, B., Yoithapprabhunath, T., & Srichinthu, K. (2016). Configuration of frontal sinuses: A forensic perspective. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 8(5), 90. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.192031>
- Yoshino, M., Miyasaka, S., Sato, H., & Seta, S. (1987). Classification system of frontal sinus patterns by radiography: Its application to identification of unknown skeletal remains. *Forensic Science International*, 34(4), 289–299. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(87\)90041-7](https://doi.org/10.1016/0379-0738(87)90041-7)
- Zhang, M. (2022). Forensic imaging: A powerful tool in modern forensic investigation. *Forensic Sciences Research*, 7(3), 385–392. <https://doi.org/10.1080/20961790.2021.2008705>

