

ESCOLA DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA LTDA  
FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA – FACENE

**TONE RAMOS EVANGELISTA DE SOUZA**

**MÉTODOS DE ANÁLISE DE IMAGENS DE TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA DE BALEADOS PARA CIÊNCIA FORENSE**

JOÃO PESSOA

2024

TONE RAMOS EVANGELISTA DE SOUZA

**MÉTODOS DE ANÁLISE DE IMAGENS DE TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA DE BALEADOS PARA CIÊNCIA FORENSE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança –  
FACENE, como exigência para obtenção do  
título de Tecnólogo em Radiologia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Alex Cristóvão  
Holanda de Oliveira

JOÃO PESSOA

2024

TONE RAMOS EVANGELISTA DE SOUZA

**MÉTODOS DE ANÁLISE DE IMAGENS DE TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA DE BALEADOS PARA CIÊNCIA FORENSE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado pelo aluno Tone Ramos Evangelista de Souza, do curso de Tecnologia em Radiologia da Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE, tendo obtido o conceito de \_\_\_\_\_, conforme a apreciação da banca examinadora constituída pelos professores:

Aprovado em: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Alex Cristóvão Holanda de Oliveira  
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Poliane Angelo de Lucena Santos  
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE

---

Prof. Dr. Morise de Gusmão Malheiros  
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE

S719m

Souza, Tone Ramos Evangelista de  
Métodos de análise de imagens de tomografia  
computadorizada de baleados para ciência forense / Tone Ramos  
Evangelista de Souza. – João Pessoa, 2024.

11f.

Orientador: Prof. D<sup>o</sup>. Alex Cristóvão Holanda de Oliveira.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Radiologia)  
– Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Radiologia Forense. 2. Diagnóstico por Imagem. 3. Armas  
de Fogo. 4. Medicina Legal. I. Título.

CDU: 615.849:340.6

## **MÉTODOS DE ANÁLISE DE IMAGENS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE BALEADOS PARA CIÊNCIA FORENSE**

SOUZA, T. R. E.; OLIVEIRA, A. C. H.

### **RESUMO**

A radiologia forense contribui nas investigações de assassinatos por armas de fogo através do uso de técnicas de imagem, como radiografia e tomografia computadorizada (CT – *Computed Tomography*). A CT oferece várias vantagens em relação à radiografia, especialmente em termos de visualização tridimensional e resolução de contraste. O objetivo desse trabalho é descrever os métodos de análise de imagens CT de baleados para ciência forense, por meio de uma revisão narrativa. A análise digital de imagens CT de vítimas baleadas desempenha um papel significativo, fornecendo informações detalhadas sobre os ferimentos causados por armas de fogo e auxiliando na reconstrução dos eventos que levaram à lesão ou morte da vítima. Os artigos abordam a aplicação da CT em investigações forenses, destacando sua utilidade e desafios. A CT é uma ferramenta valiosa que complementa a autópsia tradicional, proporcionando uma avaliação detalhada de lesões e facilitando a investigação forense, especialmente em casos complexos e de difícil diagnóstico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Radiologia Forense; Diagnóstico por Imagem; Armas de Fogo; Medicina Legal.

## **ANALYSIS METHODS OF COMPUTERIZED TOMOGRAPHY IMAGES OF GUNSHOT WOUNDED FOR FORENSIC SCIENCE**

SOUZA, T. R. E.; OLIVEIRA, A. C. H.

### **ABSTRACT**

Forensic radiology contributes to the investigation of firearms murders through the use of imaging techniques, such as radiography and computed tomography (CT – Computed Tomography). CT offers several advantages over radiography, especially in terms of three-dimensional visualization and contrast resolution. The objective of this work is to describe the methods of analyzing CT images of people shot for forensic science, through a narrative review. Digital analysis of CT images of gunshot victims plays a significant role in providing detailed information about gunshot wounds and assisting in the reconstruction of the events that led to the victim's injury or death. The articles address the application of CT in forensic investigations, highlighting its usefulness and challenges. CT is a valuable tool that complements traditional autopsy, providing a detailed assessment of injuries and facilitating forensic investigation, especially in complex and difficult-to-diagnose cases.

**KEYWORDS:** Forensic Radiology; Imaging Diagnosis; Firearms; Legal Medicine.

## INTRODUÇÃO

Os assassinatos por armas de fogo representam uma das formas mais comuns de homicídio em muitas partes do mundo (UNODC, 2013), e a ciência forense desempenha um papel crucial na investigação desses crimes. A análise forense de uma cena de crime envolvendo armas de fogo pode abranger várias disciplinas, incluindo medicina legal, criminalística e radiologia forense, cada uma desempenhando um papel importante na coleta de evidências e na determinação das circunstâncias da morte (KOBILINSKY, 2019).

A radiologia forense é uma área da ciência forense que se concentra na aplicação de técnicas de imagem radiológica para ajudar na investigação criminal e na determinação de causas de morte. Envolve o uso de diversas modalidades de imagem, como radiografias, tomografia computadorizada (CT – *Computed Tomography*), ressonância magnética (RM) e ultrassonografia, para analisar evidências físicas, como lesões, fraturas, projéteis de armas de fogo e objetos estranhos dentro do corpo (BROGDON, 2006).

No caso de investigações de assassinatos por armas de fogo, geralmente utiliza-se radiografia e, mais recentemente, CT. Essas técnicas podem ser usadas para localizar projéteis dentro do corpo da vítima, determinar a extensão dos danos causados pelos tiros e identificar possíveis evidências ocultas, como fraturas ósseas ou fragmentos de projéteis. A radiologia forense também pode ajudar a estabelecer a trajetória dos projéteis dentro do corpo da vítima, o que é crucial para determinar a natureza do ferimento e sua compatibilidade com a versão dos eventos apresentada pelos envolvidos (THALI et al., 2015).

Tradicionalmente, utiliza-se a radiografia nas investigações de assassinatos por armas de fogo (DIOSO, 2013). Contudo, apresenta algumas desvantagens nesses casos, como por exemplo: limitação na visualização tridimensional, que dificulta a detecção de fragmentos e a determinação das trajetórias de projéteis; e baixa resolução de contraste, tornando as interpretações de lesões internas menos precisas.

A CT oferece várias vantagens em relação à radiografia, especialmente em termos de visualização tridimensional e resolução de contraste. Em ciência forense, é uma ferramenta valiosa, oferecendo detalhes tridimensionais precisos dos tecidos e estruturas do corpo. A análise digital de imagens CT de vítimas baleadas desempenha um papel significativo, fornecendo informações detalhadas sobre os ferimentos causados por armas

de fogo e auxiliando na reconstrução dos eventos que levaram à lesão ou morte da vítima (BOLLIGER et al., 2007; DiMAIO, 2015).

O objetivo desse trabalho é descrever os métodos de análise de imagens CT de baleados para ciência forense, por meio de uma revisão narrativa.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os trabalhos encontrados e considerados que tratam sobre o uso das imagens CT de baleados em investigações são apresentados e discutidos a seguir.

Ampanozi e colaboradores (2013) relatam o caso de uma mulher de 59 anos cujo corpo foi submetido a uma PMCT antes da autópsia. A PMCT revelou um grande pneumotórax hipertensivo no lado esquerdo, considerado a provável causa da morte, e confirmou um antigo ferimento por arma de fogo no rosto, passando pela órbita direita, ossos faciais e seio frontal. Esses achados, especialmente o ferimento de bala, não teriam sido detectados sem a PMCT. O caso destaca a importância da PMCT em autópsias forenses para identificar causas de morte e outros achados relevantes que podem passar despercebidos em autópsias convencionais.

Breeze e colaboradores (2013) avaliaram o uso da CT para melhorar a seleção de projéteis simulando fragmentos (FSPs) usados em testes de materiais de proteção balística. Em um experimento com 75 FSPs de diferentes tamanhos disparados em seis porcos, a CT foi comparada com a dissecação cirúrgica para avaliar a precisão na determinação das dimensões dos fragmentos e da profundidade de penetração. Os resultados mostraram que a CT identificou com precisão os locais das feridas de entrada, embora as dimensões dos FSPs medidas radiologicamente fossem consistentemente maiores devido ao efeito de ampliação. A CT foi tão eficaz quanto à dissecação na medição da profundidade de penetração quando o projétil não atingiu o osso, mas apresentou diferença significativa quando o osso foi atingido. O estudo conclui que a TC tem potencial para melhorar a seleção de FSPs representativos, beneficiando o desenvolvimento de futuros materiais de proteção balística.

Wojciechowski e colaboradores (2016) analisam a aplicação da CT post-mortem (PMCT) em investigações forenses. A PMCT é destacada como uma ferramenta crucial para avaliar lesões ósseas, identificar corpos estranhos como fragmentos de balas e fornecer reconstruções tridimensionais detalhadas, especialmente útil em casos de

decomposição avançada onde as autópsias tradicionais são limitadas. O estudo descreve um caso específico de um cadáver exumado com dois ferimentos de bala na cabeça, onde a PMCT permitiu a localização precisa dos projéteis e a avaliação dos danos ósseos.

Segundos os autores, a PMCT complementa as autópsias tradicionais ao fornecer uma avaliação detalhada e precisa de lesões e corpos estranhos em casos de decomposição avançada, onde métodos convencionais são limitados. A capacidade de realizar reconstruções tridimensionais e identificar a localização exata de projéteis e fraturas ósseas melhora significativamente a análise do mecanismo e causa da morte. O artigo demonstra que a integração da PMCT na prática forense é crucial para superar os desafios associados à autópsia de cadáveres em condições deterioradas, promovendo uma investigação mais completa e precisa em casos complexos de morte por arma de fogo.

Ab Hamid e colaboradores (2019) descrevem um caso de ferimento fatal por arma de fogo no tórax e compara a eficácia da PMCT com a autópsia forense convencional. O caso envolveu um jovem de 19 anos encontrado morto, e a PMCT revelou detalhes precisos sobre as lesões, incluindo um orifício de entrada na oitava costela e uma fratura associada à ferida de saída.

Os autores concluem que a PMCT complementa a autópsia forense convencional, oferecendo uma abordagem não invasiva que pode identificar com precisão os locais de entrada e saída dos projéteis, o trajeto do projétil e as lesões associadas. A pesquisa demonstrou que a PMCT é superior na detecção de acúmulos anormais de ar e fraturas ósseas, enquanto a autópsia convencional é mais eficaz na análise de lesões de órgãos. Assim, a integração da PMCT nas práticas de autópsia forense tem o potencial de aprimorar significativamente a qualidade e a precisão das investigações forenses.

Gascho e colaboradores (2019) analisaram a utilização da CT de dupla energia (DECT) para diferenciar balas de acordo com suas composições metálicas. O estudo analisou balas de chumbo e balas de cobre ou ligas de cobre-zinco (Cu (Zn)) em diferentes níveis de energia (80, 100, 120, 140 kVp), medindo a atenuação dos raios X para calcular o índice de energia dupla (DEI). O estudo demonstrou que cálculos do DEI em níveis de energia de 120 e 140 kVp são particularmente eficazes para essa distinção, enquanto a presença de aço nas jaquetas das balas não afetou significativamente os resultados. Esses achados têm importantes aplicações práticas na medicina forense e no diagnóstico clínico de ferimentos por arma de fogo, proporcionando uma metodologia avançada e precisa para a análise de projéteis.

Elkhateeb e colaboradores (2018) comparam a eficácia da PMCT com a autópsia tradicional na identificação de lesões e causas de morte em vítimas de ferimentos por arma de fogo. O estudo envolveu 30 cadáveres, revelando que a PMCT apresenta alta concordância com a autópsia, especialmente na detecção de lesões como pneumotórax e enfisema cirúrgico, que não foram identificadas pela autópsia. Segundo os autores, a PMCT se destaca por ser uma ferramenta objetiva, não invasiva, e útil para armazenamento e revisão de dados, mostrando-se valiosa como complemento à autópsia tradicional para aprimorar investigações forenses.

Del Fante e colaboradores (2019) destacam a eficácia da PMCT como ferramenta essencial em investigações forenses, apresentando um caso de homicídio onde um jovem foi morto por um tiro disparado por um policial. Utilizando a PMCT antes da autópsia tradicional, foi possível obter imagens detalhadas e reconstruções 3D que revelaram a trajetória do projétil e lesões internas críticas, esclarecendo as circunstâncias da morte. A PMCT provou ser superior na detecção de pneumotórax e lesões ósseas, facilitando a localização de projéteis e fragmentos, e deve ser considerada uma ferramenta complementar vital em casos de mortes violentas, proporcionando análises mais precisas e objetivas.

Áquila e colaboradores (2019) analisaram a utilidade da CT na análise forense de ferimentos por arma de fogo através de três casos de estudo. A CT mostrou-se eficaz na identificação dos orifícios de entrada e saída dos projéteis, além de auxiliar na reconstrução da trajetória dos disparos e na detecção de fragmentos ósseos e corpos estranhos. Embora apresente limitações, como dificuldades na avaliação de danos em tecidos moles e a presença de artefatos metálicos, a CT complementa a autópsia tradicional ao fornecer dados detalhados e preserváveis, contribuindo para uma análise forense mais precisa.

Caicedo e colaboradores (2024) avaliaram o impacto da CT de corpo inteiro (WBCT) na avaliação de pacientes hemodinamicamente instáveis com ferimentos penetrantes por arma de fogo. Com base em uma análise retrospectiva de 200 pacientes, divididos entre 115 que realizaram WBCT e 85 controles, observou-se que a mortalidade intra-hospitalar foi menor no grupo WBCT (3,5%) comparado ao grupo controle (12%). A análise multivariada não mostrou associação significativa entre o uso da WBCT e a mortalidade. Contudo, houve uma redução relativa de 39% na necessidade de cirurgias de grande porte no grupo WBCT, indicando que essa abordagem pode contribuir para

decisões cirúrgicas mais informadas e menos invasivas, desafiando paradigmas tradicionais de manejo do trauma e potencialmente melhorando os desfechos clínicos desses pacientes.

Ao comparar os estudos de Breeze e colaboradores (2013) e Caicedo e colaboradores (2024), observamos abordagens distintas, mas complementares sobre a utilização da CT. Os primeiros focam na aplicação da CT para aprimorar a identificação de projéteis em testes de materiais balísticos, enquanto os segundos avaliam o impacto da CT na redução de intervenções cirúrgicas em pacientes com ferimentos de arma de fogo. Ambos os estudos sublinham a eficácia da CT em diferentes contextos, destacando sua versatilidade e importância em investigações forenses.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os artigos abordam a aplicação da CT em investigações forenses, destacando sua utilidade e desafios. A CT é uma ferramenta eficaz para orientar e melhorar as autópsias forenses, especialmente em casos de lesões complexas, e detectar objetos metálicos que poderiam passar despercebidos em uma autópsia tradicional. A CT não só auxilia na identificação de ferimentos de entrada e saída, mas também na localização de corpos estranhos e na avaliação de danos ósseos.

Em suma, os estudos confirmam que a CT é uma ferramenta valiosa que complementa a autópsia tradicional, proporcionando uma avaliação detalhada de lesões e facilitando a investigação forense, especialmente em casos complexos e de difícil diagnóstico.

Essa análise evidencia a necessidade de integrar a CT de forma mais abrangente nas práticas forenses e clínicas, promovendo investigações mais completas e precisas, e desafiando paradigmas tradicionais de manejo do trauma e investigação criminal.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AB HAMID et al. A Deadly Hole: Postmortem Multislice Computed Tomography of Gunshot Injury. **Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences**, 15, 3, 2019.

AMPANOZI et al. Incidental occult gunshot wound detected by postmortem computed tomography. **Forensic Science, Medicine and Pathology**, 9, 2013.

AQUILA et al. Role of post-mortem multi-slice computed tomography in the evaluation of single gunshot injuries. **Medico-Legal Journal**, 0, 0, 2019.

BOLLIGER et al. Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A review of the Virtopsy and similar projects, **European Radiology**, 18, 2, 2007.

BREEZE et al. Computed Tomography Can Improve the Selection of Fragment Simulating Projectiles From Which to Test Future Body Armor Materials. **Military Medicine**, 178, 2013.

BROGDON, B. G. **Forensic Radiology**. CRC Press, 2006.

CAICEDO et al. Whole-body computed tomography in hemodynamically unstable patients with gunshot wounds: A paradigm shift in trauma management? **Revista Colombiana de Cirugía**, 39, 2024.

DEL FANTE et al. The importance of Post Mortem Computed Tomography (PMCT) in the reconstruction of the bullet trajectory. **La Clinica Terapeutica**, 170, 2, 2019.

DiMAIO, V. J.; DiMAIO, D. **Gunshot Wounds: Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques**, 3<sup>a</sup> Ed. CRC Press, 2016.

DIOSO, L. O. Forensic Radiography in Firearm-Related Deaths: A Comprehensive Review. **Journal of Forensic Sciences**, 58, 3, 2013.

ELKHATEEB et al. Postmortem computed tomography and autopsy for detection of lesions and causes of death in gunshot injury cases: a comparative study. **Egyptian Journal of Forensic Sciences**, 8, 50, 2018.

GASCHO et al. Identification of Bullets Based on Their Metallic Components and X-Ray Attenuation Characteristics at Different Energy Levels on CT. **American Journal of Roentgenology**, 213, 2019.

KOBLINSKY, Lawrence et al. Forensic investigation of firearms-related incidents. In: SAFERSTEIN, Richard (Ed.). **Forensic Science: From the Crime Scene to the Crime Lab**. 4. ed. Boston: Pearson, 2019.

THALI, M. J.; VINER, M. D.; BROGDON, B. G.; YEN, K. (Orgs.). **Brogdon's Forensic Radiology**. 2<sup>a</sup> ed. Imprensa CRC, 2015.

UNODC - United Nations Office on Drugs and Crime. **Estudo Global sobre Homicídios: Sumário Executivo**. UNODC, 2013. Disponível em: [https://www.unodc.org/documents/lpo-brazil/Topics\\_crime/Publicacoes/Estudo-Global-Homicidios/2014/PT\\_SumarioExecutivo\\_-\\_final.pdf](https://www.unodc.org/documents/lpo-brazil/Topics_crime/Publicacoes/Estudo-Global-Homicidios/2014/PT_SumarioExecutivo_-_final.pdf). Acesso em: 08/03/2024.

WOJCIECHOWSKI, A; FUDALEJ, M.; SKOWRONEK, P. Assessment of head gunshot wounds by means of post-mortem computed tomography in exhumed anonymous cadaver. **British Journal of Radiology**, 2, 2016.