

MESTRADO MEDICINA LEGAL

# **A importância da Imagiologia na área da Medicina Legal**

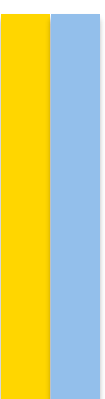
Joana Filipa Teixeira Alves

**M**

2024



**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS ABEL SALAZAR**



JOANA FILIPA TEIXEIRA ALVES

## **A IMPORTÂNCIA DA IMAGIOLOGIA NA ÁREA DA MEDICINA LEGAL**

Dissertação de Candidatura ao grau de Mestre em Medicina Legal submetida ao Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto.

Orientador – Doutora Ana Mafalda  
Fontes Pinto dos Reis

Categoria – Professor Associado  
Convidado

Afiliação – Instituto de Ciências  
Biomédicas Abel Salazar da  
Universidade do Porto

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Doutora Ana Mafalda Reis, por todo o acompanhamento que me deu ao longo desta jornada, pela compreensão e pela paciência. Agradeço-lhe todos os ensinamentos teóricos que me ajudaram a escrever a tese e que me elucidaram sobre o tema de uma maneira geral.

À Doutora Maria José, por todas as aulas e pelas importantes orientações que nos deu ao longo destes dois anos.

Aos meus amigos, por me ouvirem, por se rirem comigo e por me incentivarem a não desistir e a ser cada vez melhor. Estou-lhes eternamente grata por todo o apoio numa das fases mais difíceis da minha vida e por entenderem que nem sempre estive no meu melhor. Em especial à Catarina e à Tininha por todo o apoio incondicional, por serem as melhores amigas a calhar-me na rifa e pelo amor que me deram e continuam a dar em todos os momentos.

À Ana e ao Tony, por fazerem esta jornada comigo e por serem um grande apoio nesta parte tão importante das nossas vidas. Agradeço-lhes a paciência, as noites mal dormidas e as aventuras que partilhámos.

Ao meu namorado, por todas as palavras de incentivo que eu precisava de ouvir e pelo carinho. Por todas as vezes que me viu a quase desistir e sorriu para me dar vontade de seguir em frente. Agradeço-lhe muito pelo amor e por toda a compreensão.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional que demonstraram ao longo de vários anos e nestas alturas ainda mais, por toda a paciência e pelo amor sem medida.

Um agradecimento especial ao meu pai, que me ensinou a ser sincera comigo mesma, mesmo que isso fosse visto de forma estranha por outros. Ensinou-me a bondade e a empatia que se deve sempre ter pelas pessoas, ensinou-me a amar tudo o que me faz feliz e as pessoas que me fazem bem, de uma forma tão carinhosa que nem eu sabia ser possível. Tenho a agradecer-lhe todos os ensinamentos, mesmo os menos bons, que me fizeram aprender qual o caminho a seguir, ou a não seguir, no caso. Agradeço-lhe o orgulho que me tinha, pois isso motivou-me muito a seguir esta área e a não desistir dos meus sonhos, fossem eles quais fossem. Esteja ele onde estiver, quero agradecer-lhe por ser o melhor pai do mundo e um dos amores da minha vida, para toda a vida.

## ÍNDICE

<b>RESUMO.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>9</b>
1. A Imagiologia.....	9
1.1. Exames imagiológicos.....	11
1.2. Aplicações da Imagem médica .....	13
2. A relação da Imagem médica com a Medicina Legal.....	15
<i>Antropologia Forense</i> .....	17
<i>Balística Forense</i> .....	18
<i>Patologia Forense</i> .....	19
2.1. A aplicação da Imagem médica às autópsias .....	20
3. O futuro da Medicina Legal através da Imagem médica.....	22
3.1. As virtópsias .....	25
3.2. As virtópsias em Portugal .....	29
<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>35</b>

## RESUMO

A presente dissertação de mestrado, componente de avaliação final do Mestrado em Medicina Legal, teve como objetivo uma maior aprendizagem sobre a Imagiologia e a sua aplicação na área da Medicina Legal.

Através de uma pesquisa detalhada e minuciosa de vários artigos científicos e teses de mestrado sobre os temas referidos, foi possível perceber a origem da Imagiologia, quais os métodos usados antigamente e como ela evoluiu ao longo dos tempos.

Foi também avaliada a sua aplicabilidade no campo da Medicina Legal, nas suas diferentes vertentes, como Antropologia Forense, Biologia Forense, Clínica Forense, Patologia Forense e Toxicologia Forense, bem como esses métodos podem auxiliar esta área para a obtenção de melhores resultados.

A dissertação proporcionou-me a oportunidade de aprofundar conhecimentos sobre a área da Imagiologia e as diferentes técnicas de imagem como meios auxiliares de diagnóstico.

Ressalvou a importância e interesse científico da sua aplicabilidade, em particular na Medicina Legal, e as vantagens técnico-científicas da associação das duas áreas científicas, que potenciam um futuro promissor e um relevante crescimento e diferenciação.

## **ABSTRACT**

The present master's thesis, final evaluation component of the MasterDegree in Legal Medicine, aimed to provide greater learning about Imaging and its application in the area of Forensic Medicine.

Through a detailed and meticulous research of several scientific articles and master dissertations on the aforementioned topics, it was possible to learn about the origin of imaging and how it evolved over time.

It was also evaluated its applicability in the field of Forensic Medicine, in its different aspects, such as Forensic Anthropology, Forensic Biology, Forensic Clinic, Forensic Pathology and Forensic Toxicology, as well as how these methods can be used to obtain better results.

The dissertation provided me the opportunity to deepen my knowledge about the field of Imaging and the different imaging techniques as diagnostic tools.

It highlighted the importance and scientific interest of its applicability, particularly in Forensic Medicine, and the technical-scientific advantages of the association of the two scientific areas that enhance a promising future and relevant growth and differentiation.

## LISTA DE ABREVIATURAS

2D – 2 Dimensões

3D – 3 Dimensões

4D – 4 Dimensões

AC – Autópsia Convencional

DO – Densitometria Óssea

EUA – Estados Unidos da América

IMC – Índice de Massa Corporal

INMLCF – Instituto Nacional de Medicina Legal e Ciências Forenses

PACS - *Picture Archiving and Communication System*

RM – Ressonância Magnética

RX – Raio-X

TC – Tomografia Computorizada

VT – Virtópsia

## INTRODUÇÃO

Esta dissertação de mestrado teve como principal objetivo aliar uma das áreas que mais me tem fascinado nos últimos tempos, que é a Imagiologia, com outra que me fascina desde que me lembro, que é a Medicina Legal. Desde 2022 que a minha profissão enquanto assistente de consultório numa clínica de diagnóstico médico me desperta a curiosidade e me revela a importância da imagem aplicada à área da Medicina em geral. De facto, os exames imagiológicos, como meios auxiliares de diagnóstico, são de extrema relevância e fornecem inúmeros detalhes sobre um único indivíduo. Desta forma, e tendo em conta que na Medicina Legal os detalhes são um ponto chave para a resolução de diversos casos, aliar estas duas áreas e perceber de que forma se podem complementar pareceu-me o mote certo para a minha dissertação.

Através de uma acurada revisão, estarão descritos nesta dissertação alguns pontos importantes referentes à Imagiologia Médica, nomeadamente para contextualizar o tema, não só no que concerne à sua evolução ao longo dos anos, mas também face às metodologias usadas atualmente, considerando vantagens e desvantagens. Para além desta abordagem geral, encontram-se resumidos alguns aspetos da relação das duas áreas acima referidas, a aplicação da Imagiologia às autópsias e o que o futuro reserva ao aliar ambas as áreas, bem como esta simbiose pode aplicar-se a Portugal.

A Imagiologia revela ser uma excelente complementaridade para a área da Medicina Legal, auxiliando-a em vários casos e principalmente nas autópsias convencionais através da realização de autópsias virtuais, contornando assim alguns problemas que as primeiras possam apresentar, bem como acrescentar informações que contribuem de forma relevante para a análise final.

Nesta dissertação foram descritos e analisados os pontos referidos, de modo a ressaltar a importância da Imagiologia na Medicina Legal.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foi elaborada uma pesquisa bibliográfica com base em artigos científicos escritos em inglês, referentes às áreas de Imagiologia e Medicina Legal, publicados em revistas indexadas com revisão por pares, no intervalo de tempo de 20 anos, entre 2002 e 2022.

Primeiramente foi realizada uma associação de palavras entre as palavras dos tópicos abordados nesta dissertação e possíveis palavras sinónimas ou relacionadas, incluindo a sua tradução para inglês. De seguida, estas últimas, foram agrupadas de modo a se obter artigos científicos relevantes para esta revisão [Tabela 1].

Por fim, realizou-se uma pesquisa bibliográfica extensa no motor de busca “PubMed®”, usando as palavras-chave: *Advantages; Applications; Autopsy; Death; Disadvantages; Evolution; History; Imaging Exam; Imaging Technology; Legal Medicine; Medical Imaging; Methods; Past; Postmortem; Radiofrequency; Radiology; Time; Ultrassound; Virtopsy*, agrupadas entre si em grupos de 3 e 4 palavras-chave, perfazendo um total de 513 referências. Os artigos resultantes desta pesquisa foram avaliados, sendo que alguns se encontravam repetidos, e foram selecionados 217 artigos, considerados relevantes para este trabalho, dos quais apenas cerca de 1/5 se tornaram de facto pertinentes para o tema da dissertação.

Para complementar e contextualizar o tema da dissertação, foi realizada uma pesquisa nos sites oficiais de diversos hospitais e clínicas, de modo a definir as diferentes técnicas, bem como foram consultadas duas dissertações de mestrado sobre as virtópsias em Portugal e a bibliografia de apoio às aulas de “Imagiologia na Patologia Forense” do Mestrado de Medicina Legal – ICBAS – UP.

*Tabela 1 – Tradução e associação de palavras*

Palavra principal	1 palavra	2 palavras
Imagiologia	Imaging	Imaging Exam; Imaging Technology; Medical Imaging
História	Evolution; History; Past; Time	
Exames	Methods; Radiofrequency; Radiology; Ultrassound	Imaging Exam; Imaging Uses; Medical Imaging
Medicina Legal	Death; Forensic; Health	Legal Medicine
Autópsias	Autopsy; Death; <i>Postmortem</i>	
Virtópsias	Future; Evolution; Virtopsy	

## RESULTADOS

### 1. A Imagiologia

A Imagem médica é a área que possibilita a obtenção de imagens, utilizando variadas técnicas como radiologia convencional, ultrassonografia, tomografia computadorizada ou ressonância magnética.

Uma das primeiras técnicas de Imagem médica a ser realizada foi através da radiologia convencional após a descoberta da radiação X em 1895, na Alemanha, pelo físico Wilhelm Konrad Röntgen. Foi primeiramente aplicada à área industrial e só depois à Medicina, onde teve especial importância no diagnóstico de doenças como a tuberculose e a pneumonia. Wilhelm escreveu o primeiro relatório médico descrevendo esta tecnologia como “visível através da carne humana” – acontecimento que mudou drasticamente o futuro do diagnóstico médico. O físico deduziu que, durante as suas experiências, houve radiação invisível que emitiu uma fluorescência e que acoplada a um ecrã podia produzir uma imagem. Essa radiação foi denominada de Radiação X porque na altura não se sabia a sua origem [1, 2, 3, 4].

A aplicabilidade e importância da Imagiologia na Medicina foi documentada cedo, logo alguns meses após a sua descoberta, por Francis Henry Williams, que é considerado o pai da radiologia médica, e que usou o RX para investigar um paciente com uma severa cardiopatia. Também durante esse período, Edwin Frost, um professor de física na América, a pedido do seu irmão (que era médico) produziu uma imagem de uma fratura no pulso de um paciente. Na mesma altura, o professor John Cox usou a mesma técnica para localizar um projétil na perna de uma vítima e vários exemplos como estes se seguiram. Foi esta tecnologia de base que deu origem à Tomografia Computorizada (TC) e à Ressonância Magnética (RM).

Os princípios da TC foram originalmente inventados pelo britânico Godfrey Hounsfield, tendo sido o primeiro *scan* apresentado em 1972. No final do século IX, os estudos que derivaram da descoberta do RX, aplicado ao campo da Medicina, levaram à evolução desta através das áreas de diagnóstico e terapêutica, bem como, por exemplo, à monitorização e à radioterapia no século XX [3, 4].

Em 1970 surgiu um ótimo período de consolidação da área como especialidade médica, bem como para a expansão do ultrassom e da TC. Sendo que esta última começou no início dos anos 90 e avançou de uma tecnologia 2D para 3D. Apesar destes avanços, o mais importante foi a persistência da atividade científica da comunidade de radiologia e a

evidência de que a radiologia clínica não era só um conceito, mas um projeto com futuro. Em 1980 a radiologia de diagnóstico já era reconhecida e respeitada como especialidade médica. Já em 1990, o seguimento do RX e da TC foi através da RM e do desenvolvimento dos procedimentos médicos de intervenção através de exames guiados por imagem. Por esta década, a difusão da informação e do conhecimento dos avanços imagiológicos era homogênea no mundo todo, sendo que nos anos 2000 a Imagiologia era uma especialidade médica em constante evolução, tanto em Espanha como no resto do mundo [5].

Conforme referido anteriormente, a TC e a RM fizeram com que o diagnóstico anatómico fosse possível e mais preciso e abriram portas para a deteção de várias doenças. Esta última técnica aliada à técnica nuclear permite avaliar a composição química dos tumores, reduzindo a necessidade de se realizar biópsias para chegar ao diagnóstico correto. Como indicam os estudos realizados e destacados nesta dissertação, o diagnóstico, através das técnicas de radiação, avançou rapidamente desde os trabalhos iniciais até aos dias de hoje. O RX, apesar da sua simplicidade, em relação a outros exames mais avançados e específicos, continua a ser o exame mais comumente utilizado para um primeiro diagnóstico, nomeadamente em situações de urgência e trauma [1].

Os ultrassons usam a tecnologia do efeito piezoelétrico – propriedade que alguns cristais apresentam por gerarem tensão elétrica por resposta a uma pressão mecânica – que foi demonstrado pela primeira vez em 1880 por Jacques e Pierre Curie. Apesar desta demonstração, a existência de ultrassons foi primeiramente reconhecida pelo cientista italiano Lazzaro Spallanzani, que demonstrou que os morcegos podiam voar na escuridão por meios de reflexão de ecos através dos sons emitidos [3, 4]. A Imagiologia por ultrassons evoluiu de tecnologias em modo A (unidimensional) para modo B (bidimensional) e posteriormente para imagens em modo B em tempo real, seguindo-se o Doppler e o Doppler a cores, para finalmente as tecnologias 3D e 4D [6]. Este método, usado em tempo real, revolucionou os aspetos técnicos das cirurgias. Em 1951 foram publicados os primeiros resultados do uso da ultrassonografia em modo A para a diferenciação de tecidos nodulares na mama, através do uso de equipamentos baseados em tecnologia de radiofrequência da Segunda Grande Guerra [7]. A evolução da tecnologia, por Richard R. Ernst, proporcionou o uso da ultrassonografia de forma mais sensível e fácil de interpretar, e, com algumas alterações, foi possível chegar-se aos princípios da RM, obviamente de uma forma mais básica de como hoje a conhecemos. Este feito deve-se também aos pioneiros na descoberta dos átomos e da sua potencialidade. Com esta técnica disponível era possível comparar-se as imagens obtidas

por ultrassom aquando da operação com as obtidas por radiação nos momentos pré-operatórios, de forma a melhorar o planeamento da cirurgia [8].

No geral, a Imagiologia e as suas diversas técnicas existem desde há vários anos, complementando-se entre si e tendo sempre evoluído no sentido de melhorar a sua aplicação no campo da Medicina. Também a Medicina Legal pôde evoluir com o uso da Imagiologia para os seus diversos exames. Por exemplo, foi pouco tempo após a descoberta dos RX que se descobriu que os linfomas eram radiosensíveis. Através deste exame, no ano de 1832, Sir Thomas Hodgkin descreveu vários casos de autópsias com semelhanças em relação a este problema [9].

## **1.1. Exames imagiológicos**

Conforme referido anteriormente, a Imagiologia é uma especialidade médica que possibilita a obtenção de imagens, utilizando variadas técnicas como radiologia convencional, ultrassonografia, tomografia computadorizada ou ressonância magnética.

Podemos então definir o RX como um método de imagem em que esta é obtida através da emissão de radiações. O RX tem como vantagem a sua praticidade, rapidez e acessibilidade geral, para além de não ser um exame dispendioso, permitindo avaliar ossos partidos, acumulação de gás e a localização de corpos estranhos. Apesar destas vantagens, tem a desvantagem de ser um exame com radiação, embora seja baixa comparado com outros exames. Apesar do seu vasto uso, também há desvantagens associadas, como é o caso da especificidade do exame e da qualidade das imagens obtidas, em comparação com outros como a TC ou a RM, só que estes utilizam um grau de radiação substancialmente maior e/ou são exames mais demorados na sua realização [1,10].

No caso das ecografias, a técnica utilizada são os ultrassons e a imagem é obtida por meio de sondas ecográficas. Os ultrassons atingem os diferentes tecidos humanos e fazem eco de retorno, sendo posteriormente transformados em imagens e estas são lidas através de um monitor, em tempo real. Existe ainda a possibilidade de realizar as ecografias com a técnica de Doppler, o que permite avaliar estruturas vasculares e estudar o fluxo nos vasos sanguíneos. As ecografias, na sua maioria, são exames não invasivos, e de prática confortável para os pacientes, sendo indolores e de realização relativamente rápida, para além do baixo custo associado à sua realização. Têm uma vasta utilização pois permitem avaliar vários órgãos, tanto internos como superficiais, e tecidos. Também permitem guiar

as agulhas de citologias ou biópsias, nos casos em que é necessário obter material biológico de um determinado órgão ou glândula. Para além dos benefícios referidos, este tipo de exame permite perceber a evolução clínica de determinadas patologias. O aparelho utilizado para a realização das ecografias denomina-se de ecógrafo e acoplado a ele podem estar diversas sondas, utilizadas consoante a ecografia que se pretende realizar e o objetivo do exame, tornando esta versatilidade uma vantagem. Como desvantagens existe o facto de não ser um exame tão específico e determinante como o caso da TC ou da RM e o facto de a técnica de ultrassom não penetrar partes ósseas, podendo por vezes criar dificuldades para se observar estruturas que estejam resguardadas por essas, como é o caso da zona torácica, com as costelas.

Outros exames imagiológicos são, por exemplo, a mamografia – que também utiliza técnicas de radiação e que permite obter imagens das mamas e avaliar o tecido mamário, providenciando um excelente diagnóstico em casos de cancro da mama [11] – e o ecocardiograma – que utiliza técnicas de ultrassons para avaliar o coração estruturalmente e funcionalmente, avaliando as cavidades cardíacas e as estruturas valvulares.

A densitometria óssea é usada para diagnosticar osteoporose, risco de fratura e monitorizar alterações na densidade mineral óssea ao longo do tempo. Os primeiros desenvolvimentos surgiram em 1980, mas ainda hoje é uma técnica muito utilizada para medir a densidade óssea na prática clínica. Tem como vantagens o facto de ter uma excelente precisão e uma baixa exposição à radiação, bem como ter um curto período de tempo de realização e ainda permite avaliar o grau de calcificação da aorta, usando imagens da coluna, obtidas lateralmente, prevenindo assim riscos de eventos cardiovasculares [12].

A TC utiliza radiação X de vários ângulos para gerar dados baseados na densidade que estes últimos refletem nos diferentes materiais, criando imagens de alta resolução: materiais mais densos absorvem mais radiação e, por sua vez, materiais menos densos absorvem menos radiação. As imagens obtidas surgem numa escala de cinzentos, conforme a maior ou menor densidade dos materiais.

As imagens de RM baseiam-se na utilização de campo magnético forte e pulsos de radiofrequência para medir as diferentes propriedades dos tecidos, tendo a capacidade de criar imagens com bastante detalhe dos diferentes órgãos e tecidos do corpo [13]. Existem vantagens da TC, comparativamente à RM, tais como um menor tempo de realização e menor complexidade técnica e interpretativa de resultados [14]. A RM é a técnica de imagem mais apropriada para se visualizar com bastante detalhe as partes neuronais, vasculares, de cartilagem, de tendões e ligamentos, para além de ser uma técnica sensível

para detetar edemas na medula óssea e inflamações nas articulações, tendo ainda a vantagem de ser um exame sem radiação ionizante [15, 16].

Outro aspeto relevante prende-se com o biótipo dos pacientes, que inevitavelmente influencia os resultados do exame, pois pode não permitir avaliar corretamente os órgãos e dessa forma dificultar a observação daquilo que se pretende para o diagnóstico correto do problema. Todos os exames imagiológicos estão dependentes do paciente, existindo as desvantagens associadas ao seu biótipo ou ao comportamento aquando da realização dos exames, influenciando os resultados obtidos. No caso do RX: um biótipo com IMC elevado, a posição do paciente, o grau de inspiração e objetos externos, podem influenciar negativamente a obtenção correta das imagens e conseqüentemente a sua interpretação. Já no caso da mamografia, uma limitação é a densidade mamária de cada indivíduo, sendo que quanto mais tecido mamário houver, menor é a sensibilidade do exame para a deteção de certos problemas, como o caso de tumores.

A evolução do armazenamento das imagens obtidas é também uma vantagem para estas técnicas. As imagens em formato digital são mais facilmente armazenadas do que as películas que antigamente (e ainda hoje) se obtinham, têm maior resolução e são de contraste ajustável, permitindo ao radiologista manipular a imagem de forma a favorecer a observação da mesma para realizar o diagnóstico correto e sem que seja necessário submeter o paciente a mais radiação [11].

Como vantagens gerais temos a miniaturização dos equipamentos, o melhoramento da deteção, a revolução na obtenção da imagem e na sua resolução, transmissão e manipulação, bem como a constante tentativa de redução da radiação [3, 17].

No fundo, o que torna a realização de um exame radiológico apropriada, ou não, é o balanço entre os riscos e os benefícios: se os benefícios excedem os riscos, é apropriada a realização; se os riscos são superiores aos benefícios, não é apropriada a realização do exame imagiológico. Este balanço é variável de pessoa para pessoa e esta avaliação depende das vantagens e desvantagens apresentadas, para além do bom senso do médico prescritor [17].

## **1.2. Aplicações da Imagem médica**

As aplicações da Imagem médica são diversas, desde o diagnóstico ao tratamento e à avaliação pós-operatória. O RX, por exemplo, é o exame globalmente aplicado como a

primeira técnica para avaliação torácica, permitindo diagnosticar pneumonia e tuberculose, que são problemas respiratórios graves. A integração das técnicas de imagem representam uma grande descoberta no desenvolvimento da prática clínica, principalmente pelo seu aspecto não-invasivo e pela maior valia que apresentam, pois são clinicamente mais úteis que a avaliação humana, tendo em conta que podem descobrir várias patologias simultaneamente [1, 4]. No caso das ecografias, as tecnologias atuais já permitem avaliar o tamanho e a densidade de um nódulo, bem como realizar um mapa de calor, sem grandes erros associados [18].

Um caso, remetido às urgências, em que através de uma ecografia pélvica foi possível detetar uma gravidez devido a uma rutura ectópica intersticial, revelou a importância de uma deteção precoce por ultrassonografia. Desta forma consegue-se avaliar e definir qual o tratamento a seguir, preferencialmente menos invasivo, pois quanto mais tarde for a deteção destes problemas, maior a implicação do tratamento para o paciente e mais complicações poderá haver para o mesmo. Neste caso em específico, o exame revelou um útero vazio de dimensões normais, mas o exame à urina revelou uma gravidez. Através da avaliação ecográfica, o saco gestacional apareceu e revelou um embrião sem batimentos cardíacos. Recentemente, foi sugerido usar-se ultrassons-3D para um melhor diagnóstico ou até uma RM como exame complementar, para este tipo de casos. A importância de uma deteção mais precoce, através da ecografia, permite um tratamento menos invasivo para o paciente, tornando-se uma maior valia para a área da Medicina no geral [18].

Atualmente, com o uso das técnicas de ultrassom, já são realizados exames ecográficos a astronautas que estão no espaço, em missão, de modo a avaliar-se as suas alterações fisiológicas, e possíveis adaptações, ao longo do período em que estão sujeitos a condições específicas. Estes exames pressupõe a comunicação via internet entre um ecógrafo, adaptado para o efeito, presente na nave e tecnologias controladas por um radiologista na Terra. É um sistema com tecnologia remotamente guiada em que o médico auxilia e orienta o astronauta sobre o posicionamento das sondas ecográficas para a melhor realização do exame. Apesar de algumas desvantagens, como o consumo de tempo ou a dificuldade de realização, tendo em conta a falta de conhecimento científico nesta área por parte dos astronautas, as vantagens são superiores, podendo avaliar-se as condições físicas dos astronautas e havendo a possibilidade de se visualizar estruturas como: as artérias carótidas, as veias jugulares, a tiroide, o fígado, ou o trato biliar. Com a ajuda de um radiologista, é possível que o astronauta coloque a sua identificação no ecógrafo, coloque a sonda no local de interesse e a oriente para uma melhor observação desse mesmo local, ative certas funções, como Doppler, e “fotografe” a imagem, de modo a que esta seja armazenada e avaliada mais tarde pelos radiologistas [19].

Já no caso da TC, com o seu contínuo desenvolvimento, o seu impacto para efeitos de diagnóstico é notório e a sua aplicação ao tratamento também. Atualmente, com o auxílio desta técnica, a Imagem médica também contribui para o planeamento cirúrgico, por exemplo, em estimar o volume do fígado para uma hepatectomia – cirurgia realizada para retirar parte do fígado ou a totalidade [16, 20]. A TC é comumente usada como modalidade de imagem nas urgências devido à sua disponibilidade e utilidade para o diagnóstico. Em casos de trauma, a história é mínima e o paciente é sempre presente a TC para determinar a necessidade de adicionar outros exames imagiológicos à sua avaliação geral [21].

A RM, desde a sua descoberta, tem auxiliado no diagnóstico clínico, inclusive no pré-operatório, ajudando na localização e caracterização dos achados imagiológicos, bem como no planeamento operatório, por exemplo, no caso das cirurgias de remoção de tumores no cérebro e na medula, locais de necessidade de extrema minuciosidade operatória. Esta intervenção técnica permite aos pacientes beneficiar de um acompanhamento mais detalhado durante todo o procedimento [8].

A Imagem médica, para além da sua grande aplicação *antemortem*, e das notórias vantagens associadas, já é usada em casos *postmortem*, para o auxílio da Medicina Legal.

## 2. A relação da Imagem médica com a Medicina Legal

A área da Medicina Legal tem como principal objetivo auxiliar a Justiça na resolução dos seus diversos casos. Este caminho pode ser seguido para elucidar vários assuntos *antemortem* e também *postmortem*. Pensando nas várias áreas da Medicina Legal, aquelas em que a Imagiologia mais pode contribuir são: a Patologia Forense – avaliação do cadáver – e a Clínica Forense – avaliação do indivíduo vivo.

O método maioritariamente escolhido para a realização das várias perícias na área da Medicina Legal é o método comparativo, que é facilmente aplicado, pois maior parte dos indivíduos tem registos imagiológicos *antemortem* porque por alguma razão médica tiveram de realizar algum tipo de exame. A seguir apresentam-se alguns casos onde esse método foi aplicado, usando o auxílio da Imagiologia, nomeadamente da Radiologia Forense, que no fundo é a aquisição, a interpretação e o relatório de radiografias através de diversos métodos de imagem com o propósito de auxiliar as investigações forenses, permitindo, por exemplo, confirmar a identidade de um indivíduo, identificar causas de morte, identificar fraturas e objetos estranhos no corpo, para uma melhor conclusão pericial.

A Paleopatologia foi uma das primeiras áreas a beneficiar com o uso do RX, com radiografias de múmias egípcias pouco tempo após a descoberta de Röntgen em 1895. As imagens em 3D são uma ferramenta essencial para a Antropologia, tanto na vertente Biológica como na Forense. Estas imagens permitem reconstruir virtualmente a localização de fraturas e até de processos infecciosos, bem como a sua localização inicial e o aspeto do processo infeccioso, a sua extensão e a possibilidade de difusão para outros tecidos. A sua aplicação nestes casos específicos serve para se poder entender a evolução de infeções humanas, não só atuais, mas também antigas, como é o caso da tuberculose. Na maioria das vezes, o diagnóstico é realizado através de imagens 2D obtidas por RX ou por TC, mas esta avaliação só permite que se obtenha informação “estática”, ou seja, no momento da morte. Desde o início dos anos 80 que a Imagiologia em 3D se tornou essencial para os antropólogos. Um exemplo desta tecnologia é o VIRCOPAL (*Virtual Collection of Paleo-specimens*), um aparelho que permite adquirir, reconstruir, segmentar e imprimir imagens e que tem sido usado para propósitos arqueológicos [22].

Estudos realizados em Portugal, através de um projeto entre o Museu Nacional de Arqueologia de Lisboa e Imagens Médicas Integradas, denominado de “The Lisbon Mummy Project”, que como o nome indica, incide sobre avaliações a esqueletos mumificados, revelou inúmeras vantagens no que concerne ao uso da Imagiologia para a área da Medicina Legal. O objetivo principal era avaliar de forma não-destrutiva múmias da coleção do museu, sendo este um projeto pioneiro nesse aspeto. Em abril de 2007 começaram as investigações através de imagens obtidas de animais mumificados, realizadas através de RX e TC, que posteriormente foram processadas num software de tecnologias 2D e 3D, e em agosto de 2010 teve início a segunda fase do projeto com a criação de protocolos para estudar múmias humanas. Os resultados obtidos foram, no geral, excecionais e as informações em 2D revelaram detalhes mais relevantes para o diagnóstico.

Numa das múmias estudadas foi possível identificar o seu sexo, idade e estatura, bem como várias fraturas *postmortem* nos braços, vértebras e costelas, no osso ilíaco, fémures e tíbias, para além do diagnóstico de cancro da próstata. Esta descoberta permitiu inferir que este tipo de cancro, sendo um dos mais comuns atualmente, estava presente também na antiguidade dos povos. Noutra múmia, através dos métodos imagiológicos, foi possível perceber-se a presença de tuberculose renal. Este tipo de investigação, a múmias, não tinha ainda sido documentada até à data e pode indicar ser o registo mais antigo destas doenças e até ser admitido como a causa da morte [23,24].

Atualmente, e com o contínuo desenvolvimento da área da Imagiologia Forense, existem vários lugares no mundo que apostam nestes métodos imagiológicos como um passo muito importante a seguir nas investigações forenses. O centro universitário de Medicina Legal Lausanne-Geneva e as Universidades de Berne e de Zurique implementaram TC e RM nas suas pesquisas, no Gabinete Médico-Legal de Maryland (EUA) e nos Institutos de Medicina Legal Australiano e Dinamarquês é usada TC como um método auxiliar das autópsias, o Instituto Americano de Patologia Radiológica realiza TC especialmente para casos de afogamentos ou que envolvam armas de fogo, no Japão há pelo menos um centro imagiológico para as autópsias com *scanners* apenas para casos *postmortem* [25].

### **Antropologia Forense**

A aplicação da Imagiologia na área forense já acontece, por exemplo, para a área de Antropologia. Em casos em que as estruturas anatómicas dos esqueletos sofrem variações, naturais ou não, é necessário perceber quais as que menos sofrem de forma a usá-las para traçar a história de uma população. O ouvido interno é um bom indicador para essa análise, pois é um osso totalmente formado à nascença e está bem preservado no meio de osso denso cortical, mesmo em espécies arqueológicas, tornando-se uma boa fonte de informação, até sobre populações antepassadas. As informações obtidas constituem um arquivo importante sobre as variações morfológicas ocorridas desde o passado até agora e permitem comparações de fenótipo e genótipo dos indivíduos. Neste estudo em específico, efetuaram-se estudos de TC-3D antes de se efetuar qualquer procedimento invasivo, de forma a preservar as estruturas anatómicas numa primeira fase [26].

Através da realização de TC, houve vários estudos desenvolvidos na área da Antropologia Forense. Em 1981, Wong conseguiu identificar a doença de Hirschsprung – anomalia congénita que afeta o intestino grosso – em restos mortais dissecados. Em 1993, Haglund e Fligner compararam registos do crânio *antemortem* e *postmortem*. Em 1996, para propósitos de reconstrução facial, Phillips e Smuts descobriram a variação da espessura do tecido facial para a população racial mista da África do Sul. Em 2006, Turner et al. publicaram a primeira representação matemática da face associada a um determinado crânio, permitindo criar uma reconstrução da face, de modo a auxiliar os casos de identificação de pessoa desaparecida ou vítimas de um crime violento [25].

Também na área da Odontologia Forense a Imagem médica está presente, onde, de forma comparativa, através de exames *antemortem* e *postmortem*, se tentam identificar corpos

de identidade desconhecida (seja por catástrofes ou em casos de incêndios), pois a integridade dentária mantém-se apesar das alterações que possam ter ocorrido no corpo do indivíduo [27]. Através de registos imagiológicos de RX e TC, foram realizados estudos comparativos de coleções de esqueletos que podem ser usados para estudar a evolução humana ao longo dos tempos. Por exemplo, em esqueletos datados de 1770 a 1830, das guerras napoleónicas, e outros de 1870 até ao fim da Primeira Guerra Mundial, os estudos revelaram que as classes sociais mais baixas tinham uma maior taxa de morte. O objetivo do estudo era observar registos dentários do desenvolvimento de duas coleções de esqueletos e perceber qual a influência do meio envolvente ao longo da sua vida. Foram usados registos de mandíbulas de crianças com o objetivo de explorar o crescimento e os padrões de maturação nos primeiros 3 anos de vida. Os resultados obtidos revelaram o seguinte: desde a nascença até ao primeiro ano de idade, o desenvolvimento dentário é parecido em qualquer população, mas após essa idade, os indivíduos estudados tinham um atraso significativo comparado com dados registados de esqueletos modernos. Este estudo demonstrou a diferença do desenvolvimento dentário entre populações de um período histórico de stress e populações contemporâneas, consideradas mais saudáveis no que concerne ao stress vivido. Para além dos achados descobertos, através das técnicas de imagem, também foi possível chegar à conclusão de que coleções de esqueletos dessas épocas não são bons indicadores para o normal desenvolvimento dentário atual, sendo também por isso importante saber escolher a população de esqueletos para as comparações que se pretendem efetuar [28].

Em 2005, Jackowski et al. introduziram a aplicação da TC para identificação dentária de um corpo queimado, provando que um *scanner* dentário transportável seria uma ótima ajuda para identificar vítimas de desastres de massa. Em 2009, Basset and Hill utilizaram a mesma técnica para determinar a idade de crianças vítimas dos incêndios no estado de Victoria na Austrália [25].

## **Balística Forense**

Na área da Balística Forense, os métodos imagiológicos são primeiramente realizados para estudar resíduos do disparo, a distância a que foi feito, a localização de corpos estranhos, nomeadamente projéteis, e qual a trajetória dos projéteis. Em 1896, um homicídio em Inglaterra fez surgir uma das primeiras aplicações de imagiologia para localizar e documentar projéteis. Normalmente, os projéteis estão localizados distantes do seu ponto de entrada e a sua trajetória pode mudar dependendo do tipo de tecido que encontram na

sua passagem. Através destes métodos pode confirmar-se a localização e o número de projéteis, poupando tempo ao patologista para a recuperação dos mesmos [29].

Em 2003, Thali et al. realizaram estudos, através de técnicas de imagem como TC e RM, em 8 casos de fatalidade com armas de fogo e comprovaram, através de uma forma não destrutiva, que através destas técnicas é possível visualizar o padrão da fratura causada pelos projéteis, a trajetória e a localização do projétil, o trauma causado, as alterações patológicas do corpo e a deposição dos resíduos. Em 2019, Gascho et al. comprovaram que há micro lesões provocadas pelos projéteis que são reveladas em RM e que numa autópsia macroscópica poderiam ser facilmente ignoradas [25].

### ***Patologia Forense***

Num estudo, relativo à idade do bronze na China, foram observados alguns esqueletos, tanto de forma macroscópica como através de RX, nos quais se verificou o aparecimento de algumas lesões, sendo estas identificadas maioritariamente como mieloma múltiplo – cancro de plasmócitos que afeta a medula óssea. Esta descoberta baseou-se nas imagens obtidas por RX, através de um aparelho portátil, próprio para o efeito, onde se identificaram várias pequenas lesões, uniformemente distribuídas, de formas redonda e oval, no esqueleto axial, apesar da deterioração natural do tempo, e que correspondem a lesões similares observadas em casos de doença neoplásica. Este estudo, que vem comprovar a mais valia de aliar as técnicas de imagem à área da Medicina Legal, permitiu identificar casos de cancro em eras muito antigas e dessa forma perceber como seriam as condições dessas mesmas épocas, bem como reconstruir a história e a evolução do cancro [30].

Alguns casos onde a RM é um excelente método auxiliar de diagnóstico é em casos de abusos de crianças, onde certas fraturas são indicadoras desse problema e através dos métodos imagiológicos pode-se suportar o diagnóstico mais correto de abuso, como é o caso de fraturas nas costelas ou nas vértebras, bem como o facto de serem múltiplas e em diferentes estados de cura. No caso de enforcamentos, a RM pode ser um ótimo auxílio, juntamente com fotos da cena do crime e o relatório dos investigadores, para demonstrar os tecidos moles e as micro fraturas no pescoço, bem como enfisemas subcutâneos, lesões na artéria carótida, na traqueia e na laringe, fraturas do osso hioide e da cervical. Em casos de afogamento, pode revelar fluidos nos seios perinasais e no trato pulmonar, bem como pode revelar materiais de maior densidade nas vias respiratórias ou no estômago, como é o caso de lama ou areia e em casos de corpos queimados, não revela inalação de fumo, mas pode indicar fraturas ou lesões nos órgãos vitais que estão

escondidos pela queimadura do corpo. Este método permite visualizar padrões lesionais e com a reconstrução 3D consegue-se entender os mecanismos que envolveram as diversas lesões e tudo isto sem ser necessário dissecar o corpo [29].

## 2.1. A aplicação da Imagem médica às autópsias

Uma autópsia é um exame médico realizado a um cadáver, de forma cuidada e detalhada, para ajudar a estabelecer as causas da morte. A sua origem deriva das palavras gregas “*auto*”, que significa “próprio”, e “*optos*”, que significa “observar”, expressando no geral a ideia de “observar por si próprio”. Após este exame, é efetuado um relatório final que descreve os achados macroscópicos e microscópicos, e que inclui a revisão das notas do caso, a descrição detalhada da examinação externa, bem como a examinação sistemática dos órgãos, e, nos casos em que se aplica, as descobertas da examinação através de técnicas de imagem [31]. Apresenta-se a seguir alguns casos da aplicação dos métodos de imagem a autópsias, onde as imagens obtidas por TC e RM podem ser usadas para orientar a autópsia sobre uma alteração específica, analisar padrões lesionais, detetar doenças ocultas ou avaliar áreas anatómicas de mais difícil acesso sem ser necessário fazer a disseção anatómica.

Atualmente, o uso da Imagem médica é aplicado na Medicina para a anestesia, através de uma ecografia guiada, de forma a visualizar-se o local exato onde a agulha irá incidir, tornando o processo mais preciso e melhorado [32]. Este método também pode ser aplicado no cadáver para colher amostras biológicas de forma menos invasiva. As técnicas de biópsias guiadas por imagem podem ser usadas para remover amostras de tecidos ou fluidos de um cadáver para avaliações histológicas e/ou toxicológicas nas investigações forenses. Existe um robot (B-Robot II) para este efeito e alguns estudos realizados com a intervenção do mesmo incidiram essencialmente sobre o posicionamento das agulhas que ele efetua. É uma técnica rápida, tendo o estudo registado um tempo máximo de 2 minutos e 21 segundos, e uma técnica de diagnóstico pouco invasiva que facilita a colheita de amostras de forma mais prática e precisa, através de pequenas perfurações, quase não-notórias a olho nu [33].

A Entomologia – ciência que estuda os insetos – também é uma área que já beneficia do auxílio da Imagem médica, sendo uma área que está há muito associada aos casos forenses, principalmente no objetivo de concluir o intervalo de tempo mais preciso desde a morte de um indivíduo. Foram realizados estudos a moscas (primeiro inseto a habitar um cadáver, na sequência temporal de insetos que o fazem), mais precisamente à sua

metamorfose, através de exames imagiológicos. A avaliação da metamorfose – ovo para larva para adulto – permitiu inferir sobre a duração deste fenómeno, associando este período ao período que poderá ter passado desde a morte de um indivíduo, ou seja, de forma a inferir o intervalo *postmortem*. As principais vantagens são a rapidez e o facto de serem métodos não-destrutivos. Apesar destes estudos não terem como objetivo a aplicação forense, os métodos comumente usados são destrutivos e pode desta forma evitar-se essa destruição e manter-se a integridade do inseto, podendo este ser usado várias vezes em diferentes técnicas e aplicá-las posteriormente à área forense. As informações reveladas pelas alterações internas, através destes métodos, podem complementar as informações obtidas pelas mudanças externas normalmente observadas e usadas para os estudos da Medicina Legal. Assim, tornam-se métodos complementares o uso da Imagiologia e a avaliação externa destes animais. Os métodos imagiológicos que podem ser aplicados aos cadáveres, explicados mais à frente nesta dissertação, também podem ser realizados nas moscas habitantes desses mesmos cadáveres de forma a se estabelecer o seu desenvolvimento e envelhecimento, fornecendo um intervalo *postmortem* – parâmetro importantíssimo para a Medicina Legal – mais preciso [34].

Um exemplo da aplicação destes métodos está explicado em estudos realizados a um cadáver que demonstraram a presença de lesões internas e a sua relação com as estruturas anatómicas (osteoartrite). O RX revelou a fusão do ligamento sacro-ilíaco e uma imagem no meio da área do ligamento. A TC revelou a presença de uma cavidade com forma de quisto localizada centralmente, bem definida e de contornos escleróticos, apresentando-se no ligamento e maioritariamente desenvolvida no lado do ilium. Estes dados revelaram uma forte probabilidade de o indivíduo apresentar uma osteoartrite tuberculosa no ligamento sacro-ilíaco. Apesar destas descobertas, a interpretação apenas através das imagens em 2D não foi fácil, tendo sido necessário avaliar as reconstruções em 3D, que permitiram avaliar melhor as relações volumétricas dos achados imagiológicos. A visualização em 3D permite a reconstrução do processo inicial da infeção, podendo seguir-se o seu desenvolvimento focal, que, neste caso em específico, poderá ter atingido o ligamento e, num segundo passo, o osso. Apesar destas vantagens, nem sempre é possível avaliar-se diretamente um cadáver, percebendo a localização da infeção e o seu desenvolvimento local e também para outros tecidos, como é o caso dos corpos mumificados, sendo por isso necessária a reconstrução 3D referida [22].

Apesar das vantagens apresentadas para o *postmortem*, também no *antemortem* a reconstrução 3D apresenta vantagens, principalmente nos casos de violência, em que o corpo, e em especial o crânio, podem sofrer várias lesões e é necessário proceder a cirurgias de urgência, seja para reconstrução ou, mais importante, para salvamento da

pessoa. De forma a se preservar as evidências da agressão ou do ato violento sofrido, antes de qualquer intervenção que comprometa a investigação, realiza-se primeiramente um exame imagiológico, de forma rápida e obviamente sem pôr em risco a vida da pessoa [35].

Como referido, existe uma vasta aplicabilidade da Imagem médica à área forense, e, nomeadamente, às autópsias, mas é necessário investir um pouco mais, tanto a nível financeiro como a nível educacional, para que se torne uma prática mais recorrente no futuro.

### 3. O futuro da Medicina Legal através da Imagem médica

Na Medicina Legal, metodologias de imagem *postmortem*, como TC e RM, estão a ser realizadas como métodos não invasivos para a abordagem da examinação de um cadáver. Estes métodos podem ser usados para realizar uma triagem antes da realização da autópsia convencional (AC), para a realização de uma autópsia parcial, ou para confirmar causas da morte identificadas na AC. Estas técnicas permitem visualizar macropatologias, como traumas no esqueleto e lesões internas nos órgãos, hemorragias intracraniais ou doenças cardiovasculares, sendo normalmente concordantes com os achados através da AC. Apesar destes benefícios, falham em fornecer informações microscópicas e também sobre os tecidos a um nível celular devido à limitada resolução e especificidade, sendo por isso necessário aliar várias técnicas. Nestas metodologias, a TC apresenta vantagens em relação à RM, tais como: o tempo de aquisição da imagem, a disponibilidade dos aparelhos e o detalhe das estruturas ósseas. Quanto à avaliação das imagens obtidas, estas podem ser interpretadas por um patologista que é, por norma, suficiente para o reconhecimento das lesões mais importantes, embora as imagens possam ser interpretadas por um radiologista, melhor conhecedor da área imagiológica, e dessa forma conseguir-se-á realizar um melhor relatório final da autópsia, aliando assim as várias áreas e os vários técnicos envolvidos na simbiose da Imagiologia com a Medicina Legal [31, 33, 36].

Um exemplo de uma desvantagem da AC em relação às metodologias imagiológicas é o método utilizado para examinar neuropatologias, que passa por remover o cérebro, fixá-lo numa solução própria para o efeito, para posterior disseção do mesmo e recolha de amostras. Isto faz com que o relatório da autópsia demore mais tempo a ser escrito e disponibilizado, seja para os familiares ou para as investigações. Nestes casos, a Imagiologia vai auxiliar na obtenção mais rápida de um relatório, providenciando com precisão detalhes anatómicos das várias estruturas cerebrais e das suas anomalias [31].

A sofisticação da Imagem médica nos dias de hoje, com a habilidade de resolver problemas da anatomia de uma forma não-destrutiva, é de facto uma grande mais valia para a Medicina Legal. Esta sofisticação, que usa a base da TC, pode ser a peça fundamental que faltava para abrir novos horizontes e conhecimentos inexplorados nesta área. Mesmo em caso de corpos mumificados, quando o RX e a TC não são conclusivos, as técnicas 3D permitem localizar as lesões de uma forma precisa e determinar a sua forma e estado, bem como identificar o foco inicial de uma infeção e como esta se poderá ter espalhado pelo corpo [22]. Um estudo realizado numa unidade de Medicina legal, entre 2013 e 2017, demonstrou que o uso da TC para o auxílio das autópsias era uma grande mais valia, principalmente no que concerne à deteção e descrição de lesões traumáticas. A realização de uma TC *postmortem* acrescenta valor na identificação das lesões que, de outra forma, e apenas através da AC, poderiam não ter sido detetadas, criando um registo dos vários traumas muito mais detalhado. Este método permitiu identificar lesões que não iam ser detetadas pela forma convencional e criar um relatório mais completo, pois a TC permitiu identificar inúmeras lesões adicionais que a AC não revelou [37]. Com o aumento do uso da Imagiologia na Medicina Legal, através de metodologias como a TC ou a RM, acopladas à impressão-3D, podem criar-se modelos das estruturas anatómicas de fraturas, veias, problemas cardíacos, órgãos com ruturas, bem como de marcas de mordidas ou de ferimentos provocados por projéteis. Estes modelos podem ainda ser coloridos e dessa forma consegue-se diferenciar tecidos moles de ossos ou outras estruturas anatómicas, e podem ser apresentados em tribunal, facilitando a interpretação das evidências encontradas, ou até servir para propósitos educacionais. Usar a impressão-3D em combinação com as técnicas de imagem permite mostrar corretamente os ossos, os órgãos e as veias, bem como as suas patologias e pode ainda usar-se a RM em conjunto com a impressão-3D, tornando possível distinguir as diferentes propriedades num mesmo órgão [13].

Apesar de haver várias aplicações destas metodologias na Medicina, o potencial da sua aplicação à área forense está ainda por desvendar na sua totalidade. Este acontecimento advém do facto de a AC ainda ser o procedimento maioritariamente adotado na Medicina Legal e de haver poucos casos documentados com o uso das novas tecnologias. As maiores vantagens são o facto de serem pouco invasivas e a possibilidade de detetarem patologias de uma forma mais “limpa” e de forma a se perceber mais facilmente o que se sucedeu, sendo possível levar as imagens a tribunal e até mesmo mostrando-as aos parentes da vítima, pois as imagens da AC podem ser perturbadoras. Para além disso, por questões religiosas ou culturais, pode não se conseguir realizar uma AC [13, 37].

Apesar de todas estas vantagens, existe ainda a questão de uniformizar os protocolos e o armazenamento das informações e das imagens. O futuro do uso da Imagiologia, também no campo da Medicina Legal, requer o armazenamento das imagens obtidas, não só para que se possa recorrer, em vários momentos diferentes, às informações adquiridas aquando da realização das autópsias, mas também com o objetivo de estudo, tanto académico, como profissional, por parte de outros profissionais desta área, de modo a melhorar conhecimentos e esclarecer dúvidas que possam eventualmente surgir sobre um mesmo caso ou outros com trâmites parecidos. A criação de uma base de dados seria uma mais valia para a área forense, tendo esta, para além das vantagens apresentadas acima, o intuito de protocolar os métodos imagiológicos escolhidos para a realização das autópsias, de criar uma ferramenta de comparação (ponto chave nesta área) entre várias autópsias e métodos, e de ser um meio de armazenar informação médica, mantendo sempre a confidencialidade dos dados, tanto online como offline [38, 39]. Um exemplo deste armazenamento surgiu primeiramente nos EUA, entre 1970 e 1980, e é denominado por PACS (*picture archiving and communication system*), sendo atualmente usado essencialmente para a área da Medicina, apresentando um enorme potencial para a área da Medicina Legal. É baseado na obtenção da imagem, no seu armazenamento, nas tecnologias de comunicação de informação e no fluxo de trabalho melhorado, tendo revolucionado a Imagiologia aplicada à Medicina. No fundo, o PACS, consiste em vários componentes técnicos e clínicos relacionados com a Imagiologia de forma a criar um sistema de comunicação prático e de uso simples, melhorando a troca de informação entre diferentes postos de trabalho e até em diferentes localizações. É, por isso, uma tecnologia largamente desenvolvida, essencialmente nos EUA, podendo ser aplicada em Portugal ou noutros países, que está a ser usada nos serviços de saúde e a sua contribuição para a revolução da prática médica com vários propósitos, nomeadamente para um melhor tratamento dos pacientes, não pode ser ignorada, para além da simplicidade que potencia ao armazenamento de informações e da mais valia que demonstra ser na área da Imagiologia [29, 38].

O futuro reserva o uso de mais tecnologia para detetar vários problemas clínicos simultaneamente e de forma a gerar relatórios em menor tempo [2]. Sabe-se que a engenharia aliada à Medicina já deu mais que provas do seu sucesso, tornando-se indispensável atualmente [3]. Para além destas vantagens, a diminuição do tempo dispensado para a realização das autópsias e a redução da radiação das técnicas apresentadas acima, constituem uma mais valia para a adoção destes exames na prática da Medicina Legal [14]. No fundo, o futuro da Imagiologia aplicada à Medicina Legal passa pelo investimento nas tecnologias de imagem, na formação de profissionais e na criação

de protocolos universais para a realização das autópsias, tornando-as mais simples, práticas e rápidas.

### 3.1. As virtópsias

Pode definir-se como virtópsia (VT) a autópsia virtual, realizada através de métodos imagiológicos, que permite complementar a AC, usada para o diagnóstico de informações *postmortem*, de forma a que se mantenha a integridade do corpo, devendo ser realizada, por esse motivo, antes da AC, enquanto o corpo está intacto [40, 41]. A VT é no fundo um projeto multidisciplinar que envolve as ciências forenses, o diagnóstico por imagem, ciências computacionais, tecnologias automatizadas e a área da biomecânica, com o objetivo de desenvolver novas técnicas para melhorar o resultado geral das investigações forenses e em particular das autópsias médico-legais [42].

Como referido anteriormente, o futuro da Medicina Legal passa pela examinação *postmortem* em combinação com as técnicas de Imagiologia. No caso das mortes fetais e em crianças, a autópsia é um dos passos mais importantes da investigação, mas alguns entraves como pais pouco recetivos e crenças religiosas podem não permitir uma abordagem comum e é aqui que entra a VT. Combinando as técnicas existentes com a tecnologia imagiológica, e com o seu constante desenvolvimento para exames menos invasivos, pode mudar-se a visão da forma como estas mortes são investigadas. A VT, através de uma RM *postmortem*, já é realizada em alguns países e mostra ser uma grande promessa como uma abordagem claramente menos invasiva que a AC e onde os resultados descritos são concordantes com os de uma AC, para além de quem em humanos tão pequenos, com estruturas tão pequenas e frágeis, a realização de uma AC pode danificar os tecidos e torna-se uma abordagem pouco prática e até menos eficaz. Esta abordagem imagiológica permite, tal como a AC, determinar a causa da morte e os aspetos relevantes em que a mesma se desenvolveu, para além de contribuir para a educação de Medicina, a identificação de novas doenças e a avaliação de novas terapias para elas. Apesar desta técnica fornecer imagens detalhadas das estruturas internas do corpo humano, algumas investigações ainda precisam da recolha de amostras biológicas. Nestes casos, os desenvolvimentos na ultrassonografia para realizar as biópsias guiadas de forma menos invasiva está a ser desenvolvido. Apesar das várias vantagens associadas às VT, esta técnica de autópsia ainda é considerada dispendiosa e, por isso, pouco abordada mundialmente [43, 44, 45, 46]. Apesar do ainda reduzido uso das VT, há alguns casos documentados, com o auxílio da Imagiologia, de julgamentos efetuados na área

forense que foram resolvidos com sucesso. Apresentam-se a seguir alguns estudos sobre a mais valia de realizar uma VT ou de aliar os exames imagiológicos a uma AC.

A Imagem médica é útil para estimar a idade de um corpo, detetar corpos estranhos e chegar a áreas anatómicas mais difíceis de atingir durante uma AC. Um estudo realizado no Japão revelou que alguns dos diagnósticos realizados pós-AC foram diferentes quando realizada a VT por TC (cerca de 25%). Este estudo foi efetuado com um aparelho de TC móvel, o que se torna importante e até uma vantagem, pois à medida que o tempo avança após a morte, o rácio de qualidade dos achados diminui e a distância entre o local da morte e o local onde a autópsia vai ser realizada (hospital ou instituto) tem influência nisso mesmo. Uma desvantagem deste método é a não deteção de morte por envenenamento e nesse caso é apropriado realizar-se na mesma um exame toxicológico. Ou seja, neste momento, a VT é uma boa complementaridade às autópsias, mas não uma substituição [47].

Foi através de uma ecografia de gravidez às 20 semanas que se descobriu que os gémeos que a mulher carregava eram siameses, unidos pela zona pélvica, e tendo o casal optado pelo fim da gravidez, foi realizada uma VT, até com o intuito de melhor planear a AC. A TC revelou ser mais precisa na descrição das componentes ósseas, demonstrando que não havia junção óssea entre os gémeos, e a RM permitiu uma melhor avaliação dos órgãos viscerais. A VT confirmou os achados do ultrassom, acrescentando informação sobre a anatomia do esqueleto dos bebés. Esta forma menos convencional de realizar uma autópsia foi menos invasiva e permitiu preservar o fenótipo dos gémeos, bem como permitiu uma descrição topográfica mais precisa da anatomia dos fetos, evidenciando quais as malformações e as estruturas normais existentes. Apesar das técnicas aplicadas, foi necessário realizar uma AC, onde se verificou a presença de duas zonas viscerais e o aspeto dos genitais (aspetos que a VT não conseguiu esclarecer) [48]. Mais uma vez percebe-se que ainda não é lógico substituir as AC por VT, mas a complementaridade entre ambas já é documentada como um bom caminho a seguir para a Medicina Legal.

As técnicas de imagem *postmortem* têm vindo a ser cada vez mais aplicadas à Medicina Legal e à área forense. A obtenção de amostras através de técnicas pouco invasivas usando agulhas de biópsias sob guia de imagens pode melhorar o potencial das VT. Esta técnica pode ser realizada por um robot, automatizando o processo e acelerando-o. Este método, combinado com a histologia, pode ser usado como complemento da VT e revelar assim informações adicionais sobre o cadáver. Por ser uma técnica pouco invasiva, pode também ser usada nos casos em que a AC não está ao alcance da investigação, devido a razões religiosas ou culturais ou até de crianças, bem como de restos mortais derivados

de uma catástrofe natural ou cadáveres carbonizados. Esta técnica é realizada com uma agulha de biópsia que é introduzida no corpo e através da qual as amostras biológicas são “sugadas” e posteriormente retiradas da agulha para frascos ou lâminas, de modo a serem usadas para se aferir o seu valor toxicológico ou microbiológico. Outra vantagem é a menor probabilidade de se contaminar a amostra recolhida, bem como a segurança para o operador de forma a não ser infetado pelas amostras recolhidas (muito útil em casos de infeções virais). Comparando com as biópsias realizadas *antemortem*, esta técnica tem a vantagem de não estar dependente da estabilidade do indivíduo, pois nos casos *postmortem*, estes já não têm mobilidade, nem há problema com a exposição à radiação [29, 37]. Esta técnica já está a ser testada, até de forma a se automatizar o processo de posicionamento das agulhas, para que se possa aumentar a precisão e a rapidez do processo e de forma a tornar a recolha de amostras biológicas, de líquidos ou tecidos, mais fiável e prática nas rotinas das autópsias. Tem como vantagens o facto de ser mais fácil que *in vivo*, de ter uma melhor qualidade de imagem, menores requisitos de precisão e sem artefactos de movimento [49].

O diagnóstico de abuso físico em crianças passa frequentemente pela documentação das lesões no esqueleto. As fraturas mais comuns e mais específicas nestes casos são normalmente subtis e requerem uma avaliação rigorosa das imagens. As crianças com múltiplas fraturas, por norma, não demonstram evidências externas dessas lesões, sendo que os estudos imagiológicos do esqueleto são a única forma de identificar a prova de abuso. A VT permite avaliar o esqueleto de forma individual e rodar a imagem dos ossos para uma posição onde melhor se avaliem as fraturas, como é o caso das costelas, permitindo que se vejam as fraturas através de vários ângulos para uma melhor descrição das mesmas [50].

Ao usar as últimas tecnologias para as VT, é possível estudar em detalhe várias partes do corpo que foram digitalizadas. O utilizador pode interagir com as imagens e até remover certas camadas do corpo para ver outras mais detalhadamente, como o cérebro, o esqueleto, o coração ou a própria pele. Apesar de o equipamento estar para além do protótipo e totalmente operacional, o fluxo do trabalho ainda está a ser otimizado. Assim sendo, estes casos são maioritariamente usados para propósitos de pesquisa e não para a resolução de casos forenses. Na maioria dos casos, o patologista investiga o local do crime juntamente com a polícia e lida com o corpo, que é colocado num saco próprio (*body bag*) antes de ser transportado para o departamento forense, onde é armazenado numa arca fria. Depois, uma VT é realizada através dos exames de TC ou RM, dependendo dos casos. As imagens ficam prontas horas depois para que o patologista as possa analisar. Uma vantagem é que as imagens obtidas ficam armazenadas e podem ser manipuladas

para proveito do caso, caso surja uma nova circunstância ou alguma dúvida, e podem ser visualizadas novamente, que comparando com a AC torna-se num aspeto um pouco melhor, pois neste último caso só se tem uma chance de fotografar antes de se adulterar o corpo para a realização da AC. Há casos em que a VT revelou achados que durante a AC não foram detetados, por exemplo, no caso do cérebro de crianças houve a possibilidade de se visualizar traumatismos de abuso ou a síndrome do bebé abanado (*shaken baby*) que na AC iriam passar despercebidos. Também partículas de metal de tamanhos pequenos puderam ser visualizadas, pois brilharam durante a realização dos exames imagiológicos e no caso da AC isso não aconteceu, bem como pequenas fraturas. O que também acontece, e que a VT permite, é a descoberta de corpos estranhos ou fraturas muito tempo após os casos terem sido encerrados, levando a uma nova abordagem e à reabertura dos mesmos [47].

A VT, através da realização de uma TC, pode ser usada comparando exames *antemortem* com exames *postmortem*. Um caso específico de um indivíduo que morreu num acidente de viação e no qual era impossível realizar a análise às impressões digitais, para propósitos de identificação, foi resolvido através destes métodos. O caso: um indivíduo adulto, do sexo masculino, inicialmente não identificado, morreu devido a um acidente de viação. O corpo foi transferido para o Instituto de Medicina Legal da região para se proceder à identificação e à autópsia, para se determinar em concreto a causa da morte, as circunstâncias em que ocorreu e o instrumento que a causou. Como a identificação da vítima por métodos convencionais não foi possível, foi necessária outra metodologia para o efeito. Após algum tempo de o indivíduo se encontrar desaparecido, os familiares começaram a procurar nos hospitais e nos institutos médico-legais. Ao perceberem que o indivíduo que procuravam podia corresponder a um caso arquivado no instituto, dirigiram-se ao mesmo e foi-lhes pedido que tentassem encontrar exames imagiológicos feitos pelo familiar durante a sua vida. Membros da família tiveram de procurar exames anteriores de tratamentos dentários, por exemplo, e fotografias da pessoa desaparecida. Esta procura revelou uma TC cerebral realizada *antemortem*, bem como radiografias às costelas e ao abdómen, com cerca de 6 anos antes da morte depois de um traumatismo craniano, também resultante de um acidente de viação na altura. Esta comparação permitiu que se fizesse a identificação do cadáver, pois as lesões sofridas em vida anos antes eram coincidentes com as apresentadas na TC *postmortem* que foi realizada [51].

Há institutos que já possuem TC exclusivamente para casos *postmortem*, demonstrando assim a importância do investimento nas tecnologias de Imagiologia para o uso forense. O uso da TC antes da AC é relevante para analisar lesões, no caso de corpos decompostos, na identificação das circunstâncias e da causa da morte e ainda para avaliar melhor

estruturas anatómicas que podem ser de difícil acesso. É um exame no seu geral de grande qualidade, objetivo, preciso e de geral aceitação pela comunidade científica. Com o avanço da tecnologia, a TC pode ser usada para se ganhar uma visão mais profunda sobre a causa da morte. Esta técnica é mais vantajosa para detetar fraturas, fluidos nas vias respiratórias, gás nos órgãos internos, hemorragias *major*, fígado gordo, pedras e fragmentos de projéteis. Apesar das vantagens, pode deixar escapar lesões cardiovasculares e lesões vasculares *minor* [40, 47].

Apesar dos inúmeros benefícios, as desvantagens deste exame prendem-se com a falta de uma perspectiva forense na busca por anomalias, a falha na deteção de alguns problemas e a ainda não-existência de protocolos para as VT, bem como o facto de ainda ser considerado um exame dispendioso. Algumas lesões nos tecidos moles não conseguem ser detetadas, bem como lacerações no sistema cardiovascular, rins, fígado e ruturas nas veias. Estes achados podem ser posteriormente descobertos na AC. No fundo, e como já foi referido anteriormente, é um exame que pode complementar as autópsias e que demonstra uma elevada precisão na deteção das evidências, não sendo um exame substituto [47].

### **3.2. As virtópsias em Portugal**

Em Portugal, as autópsias realizadas dividem-se em dois grandes grupos: autópsia clínica e autópsia médico-legal. A autópsia clínica acontece no âmbito de mortes de causa natural, em que há um provável diagnóstico clínico indicativo da causa da morte, e que serve para esclarecer os processos patológicos e a evolução da doença do indivíduo. A autópsia médico-legal é realizada sempre que haja suspeitas de uma morte de natureza violenta, de uma morte em circunstâncias suspeitas, ou de uma morte de causa indeterminada, e tem o propósito de esclarecer a causa da morte, podendo esta ser natural, suicídio, homicídio ou acidente [52].

As autópsias médico-legais em Portugal podem ser realizadas no Instituto Nacional de Medicina Legal e Ciências Forenses (INMLCF), nas suas delegações ou nos gabinetes médico-legais. O protocolo a seguir em relação a um cadáver é sempre o mesmo e não seria difícil introduzir os métodos imagiológicos nesse processo, assim sendo:

- Primeiramente é dada a entrada do cadáver;
- Seguindo-se a observação do seu hábito externo (corpo e espólio);
- Depois segue-se a fotografia do cadáver conforme foi encontrado;

- De seguida despe-se o cadáver e volta-se a fotografar;
- Depois procede-se à recolha dos fluidos necessários para análises de toxicologia e genética;
- **Os exames de Imagem médica introduziam-se neste momento;**
- Depois realiza-se a autópsia convencional;
- Por fim, outros exames complementares de diagnóstico que sejam necessários.

Em Portugal, embora não seja comum o uso de Imagiologia para a realização das autópsias, os métodos imagiológicos podem melhorar a qualidade das AC, havendo obviamente a necessidade de acompanhar os avanços tecnológicos da Medicina. Não é ainda favorável substituir as AC por VT, mas acrescentar a Imagiologia como um ponto de exames complementares de diagnóstico seria a melhor escolha. Com esta abordagem pode poupar-se algumas disseções como o caso da face ou dos membros, que normalmente estão mais expostos durante as celebrações religiosas. Também devido a crenças religiosas, que cada vez mais diferem em Portugal, as VT podem vir a ser uma mais valia para a realização de autópsias, de forma a cumprir os objetivos de ambos os lados interessados e sem ferir a suscetibilidade dos familiares. Com estes métodos também se consegue evitar riscos no caso de doenças infecciosas, como o caso de tuberculose, hepatite C, HIV e COVID.

Segundo os profissionais entrevistados pela autora da dissertação aqui citada, a abordagem imagiológica das autópsias era uma mais valia para o serviço de Patologia Forense, mas a sua implementação envolveria custos que talvez fossem difíceis de conseguir ultrapassar, mesmo com todas as vantagens associadas a estes métodos. Existe também a componente prática do trabalho de radiologista forense, que em Portugal não existe, nem é comum haver profissionais de radiologia treinados para a avaliação *postmortem*. Isto poderia indicar um novo emprego e uma área imergente. Noutros países, são realizadas TC *postmortem* em hospitais e só depois o corpo é encaminhado para o INMLCF, mas em Portugal esse cenário é praticamente impossível, pois os hospitais não têm como assegurar os serviços mínimos de radiologia aos utentes, quanto mais acrescentar um novo serviço, mesmo que estejam equipados para o fazer.

No caso do INMLCF de Santa Maria da Feira, inserido num hospital, a criação de protocolos para a realização de TC *postmortem* foi uma ideia que surgiu e pela qual foi demonstrada interesse por parte dos responsáveis, tanto do hospital como do instituto. Há assim 3 hipóteses para implementar um protocolo onde a Imagiologia pudesse ser rotina: existir um *scanner* no INMLCF; no caso de um gabinete médico-legal, recorrer ao serviço de Imagiologia do complexo hospitalar; no caso das delegações, o cadáver ser movido até um

hospital público ou privado [53]. Cada uma das hipóteses apresenta vantagens e desvantagens [Tabela 2]. A esperança é que daqui a uns anos a prática de VT em Portugal seja algo mais recorrente e que seja uma estratégia reconhecida para a resolução de vários casos.

*Tabela 2 – Vantagens e Desvantagens de ter um scanner nos diferentes locais do INMLCF*

Local	Vantagens	Desvantagens
INMLCF	Fluxo de trabalho eficiente Serviço apenas para cadáveres Scanner sempre disponível Protocolos únicos do INMLCF	Custo elevado de construção Custo de treinamento dos profissionais
Gabinete médico-legal	Nenhum investimento de construção Acesso fácil, geologicamente Pessoal especializado	Acesso limitado, horários específicos Maior probabilidade de contaminação Menor discrição e privacidade
Delegação	Nenhum investimento de construção Pessoal especializado	Acesso limitado, horários específicos Transporte do cadáver Maior probabilidade de contaminação Menor discrição e privacidade

A título de curiosidade, em Portugal, segundo uma notícia adiantada pelo Correio da Manhã, em setembro de 2021, já tinham sido realizadas 45 VT. Estas aconteceram em corpos infetados com COVID e de forma a evitar o contágio dos profissionais e em que não havia necessidade de se realizar uma AC.

## DISCUSSÃO

Ao longo dos anos, a Imagem médica, utilizada há vários anos no âmbito do diagnóstico e terapêutica em Medicina, revelou ser de grande importância na sua aplicação à área forense. A AC pode apresentar alguns entraves, como questões religiosas, pois pouco recetivos no que concerne a autópsias em crianças, ou até mesmo locais do corpo de mais difícil acesso para os patologistas, e, por isso, vários avanços estão a ser feitos nas investigações *postmortem*, especialmente incorporando a Imagem médica e a recolha de amostras menos invasiva [40, 43]. Existe ainda a eventualidade de a AC não poder ser realizada porque de alguma forma está ameaçada a segurança e a saúde dos técnicos envolvidos, por exemplo devido a doenças infecciosas. Nestes casos, a VT é um ótimo método para contornar todos os aspetos referidos [41, 47]. Graças à Imagiologia, os cadáveres podem ser virtualmente analisados e a causa da morte apurada. A TC e a RM *postmortem* representam novas oportunidades para a Medicina Legal, especialmente para as autópsias e as imagens obtidas por estas técnicas podem ainda ser processadas com técnicas de Imagiologia 3D para fornecer um melhor diagnóstico [47].

A autópsia por meio de uma VT pode aumentar a quantidade e a qualidade da informação que se pode retirar de um cadáver. Apesar do seu crescimento ao longo dos anos, ainda é melhor usada como exame complementar e não como método único. As maiores vantagens em comparação com a AC são: um método menos invasivo, um menor tempo de realização, uma maior eficiência, o facto de não alterar as evidências, o armazenamento mais duradouro dos resultados [51]. Existe ainda a vantagem de a recolha das amostras, no caso da colheita das amostras por biópsia guiada, ser realizada de forma mais precisa para as análises toxicológicas e/ou genéticas com um menor risco de contaminação [33].

Apesar das vantagens associadas à interação entre a Medicina Legal e a Imagem médica, a sua prática ainda não é recorrente e no futuro será necessário criar *guidelines* de forma a se ter um bom fluxo de trabalho e para que os protocolos sejam gerais nos vários pontos de um país e nos diferentes países, uniformizando assim o seu uso. Outro aspeto importante é a presença de radiologistas nas instalações forenses, trabalhando em conjunto com os patologistas, de forma a melhorar a interpretação das imagens e os resultados [47].

Em Portugal seria oportuno a introdução dos métodos imagiológicos e a realização de mais VT ou de exames complementares à AC, não só pela vasta utilidade dos mesmos, mas também pela praticidade e pela melhoria do fluxo de trabalho que iria criar no INMLCF,

para além de que não seria muito complicado de introduzir essa prática no fluxo de trabalho atual, apesar dos custos associados ainda serem elevados.

## CONCLUSÃO

Através da realização desta dissertação foi possível perceber a enorme importância de aliar a Imagem médica à Medicina Legal. Os vários estudos apresentados nesta dissertação revelaram diversos aspetos em que a Medicina Legal poderá beneficiar com o auxílio dos exames imagiológicos, principalmente nos exames *postmortem*, nomeadamente nas autópsias. Estas, embora ainda não possam ser totalmente substituídas por autópsias virtuais, podem beneficiar em larga escala com a introdução da Imagiologia de uma forma mais recorrente. Para que isso aconteça é imperativo que se criem estruturas e protocolos para uma melhor prática e um bom fluxo de trabalho, avaliando sempre as vantagens que existem e a forma mais eficaz de ultrapassar as desvantagens associadas à realização desses exames.

De forma a que o futuro da Medicina Legal venha a ser mais promissor, através do uso da Imagiologia, é necessário continuar-se a realizar estudos nesse sentido, pois ainda são considerados poucos e não permitem dessa forma validar os métodos na comunidade científica, e aplicar os resultados em casos reais na área forense. Esta dissertação reuniu alguns estudos através de uma vasta pesquisa, mas é indispensável continuar a investigar mais e perceber quais as condições necessárias para que a prática de exames imagiológicos ocorra de forma natural nas investigações forenses, tanto no mundo em geral, como em Portugal particularmente.

Através da pesquisa realizada para esta dissertação, consegui perceber em que medida a Imagiologia pode ser aplicada à Medicina Legal e quais os benefícios da simbiose entre estes dois campos, para além de me ter apaixonado ainda mais por duas áreas que já me fascinavam antes.

## BIBLIOGRAFIA

1. Jones CM, Buchlak QD, Hachey B et al., 2021, *Chest radiographs and machine learning – Past, present and future*, Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology, 65 (538-544)
2. Reiner BI, Knight N, Siegel E, 2007, *Radiology Reporting, Past, Present, and Future: The Radiologist's Perspective*, Journal of the American College of Radiology, 4 n.5 (313-319)
3. Laufman H, 2002, *Are Engineers Unsung Heroes of Medical Progress?: The Historic Bond Between Physics, Engineering, and Medicine*, Biomedical Instrumentation & Technology, 36 (325-334)
4. Cervellin G, Lippi G, 2014, *Of MIs and Men – A Historical Perspective on the Diagnostics of Acute Myocardial Infarction*, Seminars in Thrombosis & Hemostasis, 40 n.5 (535-543)
5. Bonmatí J, 2008, *Spanish Radiology in the second half of the XX Century: A view from inside*, European Journal of Radiology, 67 (378-383)
6. Merz E, Evand DH, Dietrich C et al., 2022, *History of ultrasound in obstetrics and gynaecology from 1971 to 2021 on occasion of the 50 years anniversary of EFSUMB*, Med Ultrason, 0 (1-14)
7. Laurent D, Lucke-Wold B, Hoh BL et al., 2022, *The Evolution of Endovascular Therapy for Intracranial Aneurysms: Historical Perspective and Next Frontiers*, Neuroscience Insights, 17 (1-3)
8. Sciubba DM, Liang D, Jallo GI et al., 2009, *The Evolution of Intramedullary Spinal Cord Tumor Surgery*, Operative Neurosurgery, 65 n.1 (84-92)
9. Hoppe RT, 2013, *Evolution of the techniques of radiation therapy in the management of lymphoma*, Internaciona Journal of Clinical Oncology, 18 (359-363)
10. Miele V, Piccolo CL, Galuzzo M et al., 2015, *Comparison between MRI and CEUS in the follow-up of patients with blunt abdominal trauma managed conservatively*, Emergency Radiology, 121 (27-37)
11. Linder JMB, Schiska A, 2015, *Progress in diagnosis of breast cancer: Advances in radiology technology*, Asia-Pacific Journal of Oncology Nursing, 2 (186-191)
12. Lewiwcki EM, Binkley N, 2017, *DXA: 30years and counting - introduction to the 30th anniversary issue*, Bone, 104 (1-10)
13. Ebert LC, Thali MJ, Ross S, 2011, *Getting in touch – 3D printing in Forensic Imaging*, Forensic Science International, 211 (e1-e6)
14. Abreu-Gomez J, Udare A, Schieda N et al., 2019, *Update on MR urography (MRU): technique and clinical applications*, Abdom Radiol (NY), 44 (12) (3800-3810)

15. Raval SB, Britton CA, Ibrahim TS et al., 2017, *Ultra-high field upper extremity peripheral nerve and non-contrast enhanced vascular imaging*, PLoS ONE, 12 (6) (1-20)
16. Falowski S, Sayed D, Mehta P et al., 2020, *A Review and Algorithm in the Diagnosis and Treatment of Sacroiliac Joint Pain*, Journal of Pain Research, 13 (3337-3348)
17. Picano E, Vañó E, Bandano LP et al., 2014, *The appropriate and justified use of medical radiation in cardiovascular imaging: a position document of the ESC Associations of Cardiovascular Imaging, Percutaneous Cardiovascular Interventions and Electrophysiology*, European Heart Journal, 35 (665-672)
18. Slaoui A, Slaoui A, Baydada A et al., 2022, *Interstitial pregnancy is one of the most serious and uncommon ectopic pregnancies: Case report*, International Journal of Surgery Case Reports, 95 (1-4)
19. Arbeille P, Chaput D, Barde S et al., 2018, *Remote echography between a ground control center and the international space station using a tele-operated echograph with motorized probe*, Ultrassound in Med. & Biol., 00 (00) (1-7)
20. Sakamoto T, 2014, *Roles of universal three-dimensional image analysis devices that assist surgical operations*, J Hepatobiliary Pancreat Sci, 21 (230-234)
21. Dang W, Stefanski PD, McInnes MD et al., 2018, *Impact of clinical history on choice of abdominal/pelvic CT protocol in the Emergency Department*, PloS ONE, 13 (1-11)
22. Steenburg SD, Spitzer T, Rhodes A, 2018, *Post-mortem computed tomography improves completeness of the trauma registry: a single institution experience*, Emergency Radiology, 26 (5-13)
23. Prates C, Sousa S, Oliveira C, Ikram S, 2011, *Prostate metastatic bone cancer in na Egyptian Ptolemaic mummy, a proposed radiological diagnosis*, Internacional Journal of Paleopathology, 1 (98-103)
24. Prates C, Oliveira C, Sousa S, Ikram S, 2015, *A kidney's ingenious path to trimillennar preservation: Renal tuberculosis in Egyptian mummy?*, International Journey of Paleopathology, 11 (7-11)
25. Zhang M, 2022, *Forensic imaging: a powerful tool in modern forensic investigation*, Forensic Sciences Research, 7 (385-392)
26. Ponce de León MS, Koesbardiati T, Zollikofer CPE, 2018, *Human bony labyrinth is an indicator of population history and dispersal from Africa*, PNAS Latest Articles, x (1-6)
27. Merriam T, Kaufmann R, Sieberth T et al., 2018, *Differentiation of dental restorative materials combining energy-dispersive X-ray fluorescence spectroscopy and post-mortem CT*, Forensic Sci Med Pathology, 14 (163-173)
28. Coqueugniot H, Colombo A, Dutour O, 2021, *Are the identified collections of immature skeletons dating from the Industrial Revolution good references for paleoauxological*

- studies? Cases studies from England & France, *International Journal of Paleopathology*, 34 (142-146)
29. Elifritz JM, Nolte KB, Hatch GM et al., 2014, *Forensic Radiology, Postmortem and Forensic Pathology*, (3448-3458)
  30. Dittmar JM, Berger ES, Yeh H et al., 2020, A probable case of multiple myeloma from Bronze Age China, *International Journal of Paleopathology*, 31 (64-70)
  31. Griffiths T, Sebire N, Brierley J, 2018, Learning From Investigation After Death, *Pediatric Critical Medicine*, 19 n.8 (72-78)
  32. Mariano ER, Marshall ZJ, Kaye AD et al., 2014, Ultrasound and its evolution in perioperative regional anesthesia and analgesia, *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 28 (29-39)
  33. Martinez RM, Ptacek W, Ebert LC et al., 2014, CT-Guided, Minimally Invasive, Postmortem Needle Biopsy Using the B-Rob II (Needle-Positioning Robot), *Journal of Forensic Sciences*, 59 n.2 (517-521)
  34. Hall MJR, Martín-Vega D, 2019, Visualization of insect metamorphosis, *Philosophical Transactions Royal Society B*, 374 (1-11)
  35. Li Z, Zou D, Chen Y et al., 2015, *Use of 3D reconstruction of emergency and postoperative craniocerebral CT images to explore craniocerebraltrauma mechanism*, *Forensic Science International*, 8071 (1-6)
  36. Makino Y, Unuma K, Adolphi NL et al., 2022, *Accuracy of forensic pathologists in incorporating post-mortem CT (PMCT) in forensic death investigation*, *Journal of Forensic Sciences*, 67 (2351-2359)
  37. Coqueugniot H, Dutailly B, Dutour O et al., 2015, *Three-dimensional imaging of past skeletal TB: From lesion to process*, *Tuberculosis*, xxx (1-7)
  38. Huang HK, 2011, *Short history of PACS. Part I: USA*, *European Journal of Radiology*, 78 (163-176)
  39. Aghayev E, Staub L, Thali MJ et al., 2008, *Virtopsy – The concept of a centralized database in forensic medicine for analysis and comparison of radiological and autopsy data*, *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 15 (135-140)
  40. Hutchinson JC, Arthurs OJ, Sebire NJ, 2016, *Postmortem research: innovations and future directions for the perinatal and pediatric autopsy*, *Arch Dis Child Educ Pract Ed*, 101 (54-56)
  41. Uthandi D, Sabarudin A, Karim MKA et al., 2020, *Effectiveness of Post-Mortem Computed Tomograohy (PMCT) in Comparison with Conventional Autopsy: A Systematic Review*, *Current Medical Imaging*, 16 (669-676)

42. Elbert LC, Ptacek W, Thali M et al., 2010, *Virtobot – a multi-functional robotic system for 3D surface scanning and automatic post mortem biopsy*, Int J Med Robotics Comput Assist Surg, 6 (18-27)
43. Hayakawa M, Yamamoto S, Iwase H et al., 2006, *Does imaging technology overcome problems of conventional postmortem examination?*, International Journal of Medicine, 120 (24-26)
44. Hutchinson JC, Arthurs OJ, Sebire NJ et al., 2016, *Clinical utility of postmortem microcomputed tomography of the fetal heart: diagnostic imaging vs macroscopic dissection*, Ultrasound Obstet Gynecol, 47 (58-64)
45. Ben-Sasi K, Chitty LS, Sebire NJ et al., 2013, *Acceptability of a minimally invasive perinatal/paediatric autopsy: healthcare professionals' views and implications for practice*, Prenatal Diagnosis, 33 (307-312)
46. Lewis C, Hill M, Sebire N et al., 2018, *Health professionals' and coroners' views on less invasive perinatal and paediatric autopsy: a qualitative study*, Arch Dis Child, 0 (1-7)
47. Scandurra I, Forsell C, Persson A et al., 2010, *Advancing the State-of-the-Art for Virtual Autopsies – Initial Forensic Workflow Study*, MedInfo, x (639-643)
48. Ebert LC, Furst M, Flach PM et al., 2016, *Automatic entry point planning for robotic post-mortem CTbased needle placement*, Forensic Sci Med Pathology, 12 (336-342)
49. Biso MP, Sala P, Biasio PD et al., 2017, *Virtopsy in conjoined ischiopagus twins*, Clinical and Experimental Obstetrics & Gynecology, 2 (288-291)
50. Kleinman PK, O'Connor B, Karellas A et al., 2002, *Detection of rib fractures in an abused infant using digital radiography: a laboratory study*, Pediatric Radiology, 32 (896-901)
51. Silva RF, Botelho TL, Bérzin F et al., 2011, *Human identification based on cranial computed tomography scan – a case report*, Dentomaxillofacial Radiology, 40 (257-261)
52. Duarte deAndrade, SLM. (2015). *Virtópsia: O adeus ao bisturi?*. [Tese de Mestrado, Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra] Repositório Científico da UC. <https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/30482>
53. Sousa Santos, MS. (2017). *Virtópsia e a sua aplicabilidade em Portugal*. [Tese de Mestrado, Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto] Repositório aberto da UP. [oai:repositorio-aberto.up.pt:10216/108778](https://repositorio-aberto.up.pt/10216/108778)