

Aplicação da manufatura aditiva em Ciências Forenses: novas tecnologias a serviço da justiça e da sociedade

Application of additive manufacturing in Forensic Sciences: new technologies at the service of justice and society

Aplicación de la fabricación aditiva en Ciencias Forenses: nuevas tecnologías al servicio de la justicia y la sociedad

Recebido: 26/12/2022 | Revisado: 09/01/2023 | Aceitado: 10/01/2023 | Publicado: 12/01/2023

Iolanda Augusta Fernandes de Matos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4347-5431>
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil
E-mail: iolanda.matos@unesp.br

Vitoria Bonan Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3570-6639>
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil
E-mail: vitoria.bonan@unesp.br

Mariely Araújo de Godoi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9068-0948>
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil
E-mail: mariely.a.godoy@unesp.br

Clemente Maia da Silva Fernandes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5401-6265>
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil
E-mail: cms.fernandes@unesp.br

Mônica da Costa Serra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8820-2982>
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil
E-mail: monica.serra@unesp.br

Resumo

Nas Ciências Forenses, a tecnologia da manufatura aditiva vem sendo utilizada há alguns anos como ferramenta para auxiliar no processo de identificação humana. A possibilidade de imprimir provas importantes, como armas empregadas em crimes, objetos, ossos, dentes e restos corporais, torna-se interessante, uma vez que diminui a necessidade de movimentação e manuseio das provas originais. No entanto, por ser um método recente, são necessárias análises e padronizações para verificar qual a melhor técnica de impressão para cada caso. Com o objetivo de verificar o que há na literatura sobre o uso da manufatura aditiva em Ciências Forenses e no processo de identificação humana, foi realizada uma revisão integrativa da literatura em diferentes bases de dados sobre o uso da impressão 3D em Ciências Forenses e no processo de identificação humana, utilizando os termos “3D print and forensic sciences”, “3D print and forensics”, “addictive manufacture and forensics”, “3D print and human identification” e “addictive manufacture and human identification”; foi estabelecido o período de 2017 a 2022. Embora a impressão 3D pareça ser obtida de forma singular, sua confecção pode ser realizada de diversas formas, mas essa diversidade não afeta a fidedignidade da impressão. Armas, ossos, dentes, feridas, trajetórias de projéteis, impressões digitais ou de órgãos, entre outros são reproduzidos tridimensionalmente, e utilizados comumente em tribunais para auxiliar a Justiça. Os resultados encontrados apontam a grande precisão das réplicas obtidas a partir da impressão 3D, tanto quantitativamente (avaliação métrica) como qualitativamente (avaliação morfológica), indicando a validação da aplicação da manufatura aditiva em Ciências Forenses, assim auxiliando a Justiça e a sociedade.

Palavras-chave: Impressão em 3D; Identificação humana; Ciências forenses.

Abstract

In Forensic Sciences, additive manufacturing technology has been used for some years as a tool to assist in the process of human identification. The possibility of printing important evidence, such as weapons used in crimes, objects, bones, teeth and body remains, becomes interesting, as it reduces the need to move and handle the original evidence. However, as it is a recent method, analyzes and standardization are necessary to verify the best printing technique for each case. In order to verify what is in literature about the use of additive manufacturing in Forensic Sciences and in the process of human identification, an integrative literature review was carried out in different databases on the use of 3D printing in Forensic Sciences and in the human identification process, using the terms “3D

print and forensic sciences”, “3D print and forensics”, additive manufacturing and forensics”, “3D print and human identification” and “addictive manufacture and human identification”; the period from 2017 to 2022 was established. Although 3D printing seems to be obtained in a singular way, its manufacture can be carried out in different ways, but this diversity does not affect the reliability of the print. Weapons, bones, teeth, wounds, projectile trajectories, fingerprints or organs, among others, are reproduced three-dimensionally, and are commonly used in courts to assist Justice. The results found point to the great precision of the replicas obtained from 3D printing, both quantitatively (metric evaluation) and qualitatively (morphological evaluation), indicating the validation of the application of additive manufacturing in Forensic Sciences, thus helping Justice and society.

Keywords: Three-Dimensional Printing; Human identification; Forensic sciences.

Resumen

En Ciencias Forenses, la tecnología de fabricación aditiva se ha utilizado durante algunos años como una herramienta para ayudar en el proceso de identificación humana. La posibilidad de imprimir pruebas importantes, como armas utilizadas en delitos, objetos, huesos, dientes y restos corporales, se vuelve interesante, ya que reduce la necesidad de mover y manipular las pruebas originales. Sin embargo, al tratarse de un método reciente, son necesarios análisis y estandarización para verificar la mejor técnica de impresión para cada caso. Con el fin de verificar lo que hay en la literatura sobre el uso de la fabricación aditiva en Ciencias Forenses y en el proceso de identificación humana, se realizó una revisión integrativa de la literatura en diferentes bases de datos sobre el uso de la impresión 3D en Ciencias Forenses y en el proceso de identificación humana, utilizando los términos “impresión 3D y ciencias forenses”, “impresión 3D y ciencia forense”, fabricación adictiva y medicina forense”, “impresión 3D e identificación humana” y “fabricación adictiva e identificación humana”; se estableció el período de 2017 a 2022. Si bien la impresión 3D parece obtenerse de una manera singular, su fabricación puede llevarse a cabo de diferentes maneras, pero esta diversidad no afecta la confiabilidad de la impresión. Armas, huesos, dientes, heridas, trayectorias de proyectiles, huellas dactilares u órganos, entre otros, se reproducen tridimensionalmente, y son de uso común en los tribunales para auxiliar a la Justicia. Los resultados encontrados apuntan a la gran precisión de las réplicas obtenidas a partir de la impresión 3D, tanto cuantitativamente (evaluación métrica) como cualitativamente (evaluación morfológica), indicando la validación de la aplicación de la fabricación aditiva en Ciencias Forenses, ayudando así a la Justicia y a la sociedad.

Palabras clave: Impresión 3D; Identificación humana, Ciencias forenses.

1. Introdução

Identificação humana

Na seara das Ciências Forenses, várias disciplinas possuem a identificação humana como tarefa. Destacam-se a Medicina Legal, a Odontologia Legal e a Antropologia Forense, entre outras.

A necessidade de identificar pessoas ocorre em diversas situações, como em desastres em massa, acidentes com meios de transporte, incêndios e crimes bárbaros (Smitha et al., 2019). Entende-se por identificação humana o processo no qual se determina a identidade de um indivíduo por meio de métodos adequados, não podendo se confundir com o termo identidade, pois este é definido como o conjunto de características que individualizam o indivíduo, tornando-o único. Desta forma, quando se fala em identificação, é preciso considerar alguns requisitos que preenchem as condições necessárias para que o método de identificação seja aceitável. Tais requisitos são: perenidade (capacidade do elemento resistir à ação do tempo), unicidade (individualidade, exclusividade), praticabilidade (o método deve ser prático), imutabilidade (características não mudam ao longo do tempo), classificabilidade (facilidade e rapidez na busca dos registros) (França, 2017).

Levando-se em consideração tais fundamentos, é possível realizar o processo de identificação através da análise de diferentes estruturas. Os métodos de identificação considerados primários são datiloscopia, registros odontológicos e análise de DNA. Porém, é importante destacar que métodos de identificação são comparativos – é preciso haver um “suspeito”, e um primeiro registro de determinada característica do mesmo, para poder compará-la com a mesma característica presente no corpo/esqueleto que se necessita identificar (Barros et al., 2022a; Gioster-Ramos et al., 2021; Interpol, 2018). A Odontologia Forense possui diversas técnicas que podem ser utilizadas em processos de identificação, como como queiloscopia, rugoscopia palatina, e histórico de radiografias/odontograma do paciente, entre outras. Porém, com o advento de tecnologias avançadas, estão cada vez mais presentes técnicas que fazem uso de exames imagiológico, como tomografia computadorizada multislice

(TC), tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), microtomografias computadorizadas (micro CT), softwares e equipamentos sofisticados como impressoras 3D para auxiliar nos casos de identificação, facilitando assim as análises das provas existentes (Barros et al., 2022b; Gioster-Ramos et al., 2021; Jayakrishnan et al., 2021; Santos-Junior et al., 2022; Silva et al., 2015; Tavares et al., 2022).

Manufatura aditiva

O ato de imprimir objetos está presente em nossa sociedade desde os anos 80, com a fotopolimerização de uma resina fotossensível por uma luz ultravioleta no Japão, e alguns anos mais tarde, com a criação do primeiro equipamento de impressão 3D nos Estados Unidos. No Brasil, a popularização desse processo iniciou-se efetivamente em 2015, quando os brasileiros passaram a desenvolver seus próprios modelos de impressora 3D, popularizando e barateando assim os custos (História da Impressão 3D, 2021).

Na Odontologia, essa tecnologia vem sendo implementada na rotina dos cirurgiões-dentistas nos últimos 10 anos de maneira efetiva; seu uso vai desde a confecção de alinhadores ortodônticos transparentes, coroas dentárias, cirurgias guiadas para colocação de implantes, bem como a confecção de modelos dentários que facilitam o planejamento odontológico, por oferecer maior precisão de detalhes (Johnson et al., 2021; Tian et al., 2021). Para além disso, a aplicabilidade da manufatura aditiva está presente em diversas outras áreas, como a engenharia tecidual, fabricação de automóveis, Arquitetura, área da saúde com o uso de bioimpressoras, Ciências Forenses e Arqueologia, entre outras (Bezzi et al., 2018; Johnson et al., 2021; Silva et al., 2017).

De forma simplificada, a impressora 3D funciona através do princípio básico de manufatura aditiva, que consiste na adição (empilhamento) de materiais de conexão como camadas para dar forma a um modelo tridimensional. Deste modo, algumas etapas estão envolvidas no processo de confecção do objeto desejado: modelagem do objeto, com o uso de softwares ligados a um computador (CAD) que geram um modelo 3D de alta resolução. O arquivo então gerado, para ser submetido ao processo final de impressão, é segmentado em seções imprimíveis, em que é possível assim ser ‘empilhado’ construindo finalmente o modelo 3D (Johnson et al., 2021; Pavan Kalyan & Kumar, 2022).

Nas Ciências Forenses, a tecnologia da impressão 3D vem sendo utilizada há alguns anos como ferramenta para auxiliar no processo de identificação humana. A possibilidade de imprimir provas importantes, como armas empregadas em crimes, objetos, ossos, dentes e restos corporais, torna-se interessante, uma vez que diminui a necessidade de movimentação e manuseio das provas originais, além de ser uma tecnologia que permite a reprodução fiel dos detalhes. No entanto, por ser um método recente, são necessárias análises e padronizações para verificar qual a melhor técnica de impressão para cada caso (Bezzi et al., 2018; Carew et al., 2021; Johnson et al., 2021; Nagi et al., 2019; Silva et al., 2017).

Com isso, sendo uma tecnologia promissora na área forense, foi realizado um levantamento em diferentes bases de dados, com o objetivo de verificar o que há na literatura sobre o uso da manufatura aditiva em Ciências Forenses e no processo de identificação humana.

2. Metodologia

Uma revisão integrativa da literatura foi realizada por meio de uma busca abrangente nas bases de dados PubMed, Medline, Scopus, Web of Science e Google Scholar, utilizando uma combinação de palavras-chave “3D print and forensic sciences”, “3D print and forensics”, “additive manufacture and forensics”, “3D print and human identification” e “additive manufacture and human identification”. Foi determinado o período de 2017 até 2022 para verificarmos o que há de mais recente na literatura, tendo sido selecionados artigos que discorriam sobre o uso da manufatura aditiva (impressão 3D) como

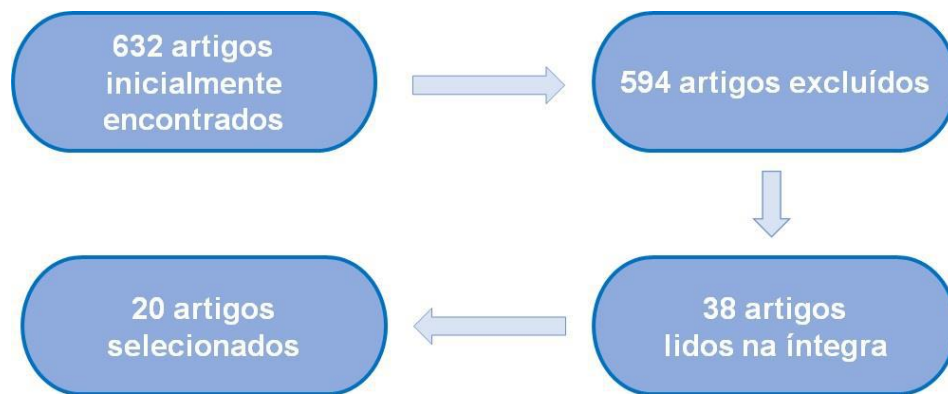
ferramenta nos processos de identificação humana. Foi empregada a análise de conteúdo; a metodologia utilizada foi a mesma descrita por Roncato et al. (2022).

Como critérios de inclusão, foram selecionados artigos científicos publicados em revistas nacionais e internacionais sobre o tema, disponibilizados na íntegra. Como critérios de exclusão, foram descartados artigos que não estivessem redigidos em inglês (não foram encontrados artigos em português) e/ou que não fizessem a correlação entre manufatura aditiva 3D e identificação humana.

3. Resultados e Discussão

Na busca inicial foram encontrados 632 artigos. Destes, 594 artigos foram excluídos por duplicata, idioma diferentes do inglês, testes em animais, artigos que não envolviam simultaneamente manufatura aditiva 3D e identificação humana, restando então 38 artigos que foram lidos na íntegra, e selecionados 20 artigos (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma da seleção dos artigos.



Fonte: Autoria própria.

Na área das Ciências Forenses, o emprego da manufatura aditiva pode beneficiar diferentes áreas. Porém, é preciso a validação métrica e morfológica das réplicas impressas de diferentes materiais, como ossos, dentes e objetos (Bezzi et al., 2018; Johnson et al., 2021; Silva et al., 2017). Nesse contexto, a reprodução 3D tem sido mais explorada em áreas como Medicina e Odontologia, em casos de exames forenses postmortem sendo capaz de reconstruir os objetos-alvo da investigação em 3D em diversas modalidades de aquisição de imagens, como tomografias computadorizadas e outras variações (Vargas et al., 2021).

O uso da impressão 3D tem como um dos maiores objetivos, se não o maior, usar dessa tecnologia a fim de reconstruir de maneira fidedigna peças que sejam capazes de substituir as reais, de maneira rápida, prática e eficaz. No âmbito antropológico, essas reconstruções se fazem importantes devido à fragilidade das peças verdadeiras, sejam elas ossos, dentes, faces ou órgãos, entre outros. Levando essa ideia em consideração e às atuais limitações tecnológicas, Fiorenza et al. (2018) compararam a precisão de quatro modelos de impressão 3D (estereolitografia; modelagem de deposição fundida; jateamento de ligantes; e jateamento de materiais) para estabelecer se a prototipagem rápida pode ser usada com a finalidade de reproduzir coleções antropológicas dentárias. Observaram que todos os modelos analisados atingiram um bom nível de precisão e reprodução de detalhes, sendo uma opção viável para preservar materiais esqueléticos e dentários frágeis de coleções paleoantropológicas.

Dentre diversas réplicas possíveis de órgãos e objetos, as impressões 3D de lesões ósseas podem auxiliar na definição etiológica dos traumatismos, e do modo como as lesões foram produzidas, e então apresentadas como provas. Os objetos advindos dessa tecnologia facilitam a visualização pelos jurados, quando comparadas com fotografias, sendo então utilizados em tribunais em diversos países. Estudos vêm sendo feitos a fim de estabelecer evidências concretas que validam ossos impressos em 3D como prova demonstrativa. Carew et al. (2019) escanearam e imprimiram estruturas ósseas, e subsequentemente compararam as estruturas originais com as suas réplicas, da mesma forma que Fiorenza et al. (2018); ambos os estudos verificaram que é possível obter réplicas precisas, através da impressão em 3D.

O início desta validação de amostras antropológicas forenses impressas em 3D como prova demonstrativa em tribunal necessitou de amplas pesquisas que comprovassem tal precisão e reprodutibilidade, grandes dificuldades tiveram que ser encaradas com o objetivo de se obter uma amostra precisa em detalhes finos de suas superfícies. Neste sentido, Carew et al. (2022) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a qualidade da superfície de impressões 3D que apresentassem alterações micromorfológicas decorrentes de processos de trauma, taxonomia e patologia. Utilizaram ossos arqueológicos, escaneados com o emprego de micro CT. Os autores verificaram que as cópias tridimensionais eram precisas, no que diz respeito à mensuração das peças, além de apresentarem boa representação de características das superfícies ósseas. Os achados deste estudo oferecem dados que também sustentam o uso de reconstruções impressas em 3D para uso em tribunais, corroborando com os resultados obtidos nas pesquisas de Fiorenza et al. (2018) e Carew et al. (2018).

Mesmo com a aplicação forense da tecnologia de impressão 3D ganhando forças devido à sua utilização em tribunais, existe a necessidade de avaliações rigorosas para garantir que estejam de acordo com padrões legais relevantes. Com esse objetivo, Baier et al. (2021) realizaram um estudo para quantificar as taxas de erro associadas a modelos forenses impressos em 3D usando três tecnologias de impressão diferentes com base em dados de microtomografias computadorizadas. O estudo demonstrou que os modelos impressos replicaram a geometria da superfície óssea com precisão submilimétrica, no entanto, houve diferenças significativas entre a tecnologia de impressão empregada. Os autores recomendaram que, sempre que possível, imagens de micro CT devem ser usadas para a produção de modelos ósseos forenses impressos em 3D, os trabalhos de (Carew et al. 2022) endossam essa metodologia.

Como podemos observar, o fenômeno da impressão 3D revolucionou o mundo da fabricação e inovação da comunidade forense. Dentro desta comunidade existem muitas discussões sobre a utilização da nova tecnologia não apenas na reconstrução de peças biológicas, mas também para o auxílio em casos judiciais, para explicar fatos encontrados em cenas de crimes, como impressões digitais, e mostrar fisicamente como uma cena de crime se parecia quando os peritos chegaram. Além disso, impressões 3D podem mostrar como um criminoso utilizou a arma para um crime e como era essa arma, podem ser utilizadas, como exemplo, impressão de marcas de pneus. Em suma - atualmente impressões 3D possuem diversas funções que podem auxiliar nas atividades judiciais (Baier et al., 2021). Essas técnicas tridimensionais, podem ser imagens ou impressões, estão sendo empregadas em diversos níveis no processo das Ciências Forenses, sobejamente as abordagens estão sendo utilizadas atualmente para alcançar a reconstrução de crimes e interpretar/apresentar evidências (Carew & Errickson, 2020; Li et al., 2021; Vagac et al., 2019).

Uma forma muito comum de se utilizar impressões 3D para o âmbito criminal está relacionada a diversas fatalidades, dentre elas o esfaqueamento. Simon et al. (2022) observaram que a impressão tridimensional conferiu facilidade em comparar lâminas com feridas produzidas, e determinar trilhas de feridas, o que se torna útil para identificar armas e determinar a direção precisa da facada em um incidente, sem comprometer as evidências de rastreamento ou os resultados da autópsia. O método utilizado, combinando a impressão tridimensional com a fotogrametria, alcançou bons resultados para demonstração em tribunal e também para fins educacionais (Simon et al., 2022). Podemos observar que outras tecnologias associadas permitem a obtenção de um melhor resultado, como observado também por Carew et al. (2022) e Baier et al. (2021).

Um outro exemplo do uso de impressões 3D em âmbito criminal são evidências de impressões relacionadas aos pés recuperadas em cenas de crimes, na forma de pés descalços, pegadas de meias ou impressões dentro de sapatos, que podem ser informações importantes na ligação de uma pessoa ao calçado/pegada. Crowther et al. (2021) desenvolveram um estudo com o objetivo de verificar se dispositivos de captura de dados tridimensionais podem ser aplicados em palmilhas. Os autores empregaram o método de Gunn, que é usado em casos de podologia forense. Como resultado descobriram que as imagens 3D das palmilhas, capturadas por um scanner de luz estruturado, podem ser usadas com sucesso.

O uso das impressões 3D tem avançado também para outras áreas, como por exemplo, impressão de traumas cranianos, seja para apoiar testemunhos em tribunais quanto para laudos médicos. Carew et al. (2021) avaliaram três réplicas impressas de crânios humanos que possuíam traumatismos por arma de fogo ou por força contundente, com o objetivo de verificar se as impressões eram precisas o suficiente para apresentar feridas traumáticas. A pesquisa obteve como resultado uma indicação favorável, tanto quantitativamente (avaliação métrica) como qualitativamente (avaliação de macromorfologia do trauma). Os autores observaram ainda que é possível obter dados precisos de ferimentos de armas de fogo, bem como estabelecer a trajetória traçada pelo projétil.

Outras pesquisas foram realizadas também com o objetivo de estudar a relação de impressões 3D com lesões cranianas. Edwards & Rogers (2018) desenvolveram um estudo para determinar fatores que afetam a precisão dos modelos tridimensionais e de impressões 3D em traumatismos cranianos contusos determinados a fim de avaliar a aplicabilidade e as limitações da modelagem de tais lesões. Para esse estudo, três tipos de lesões foram avaliados: dobradiça, deprimida e cominutiva. Foram utilizadas três formas de varredura de superfície: laser, scanner de luz estruturada e fotogrametria, com as configurações de qualidade padrão e alta qualidade. Como resultado, as análises indicaram que existem algumas diferenças significantes das lesões ósseas reais, entretanto os detalhes das lesões podem ser reproduzidos com precisão de 2mm.

Infelizmente não podemos dizer que essa alta tecnologia da reprodutibilidade através de impressões tridimensionais é utilizada apenas para o bem. Um estudo conduzido por Almheiri et al. (2022) mostrou como a falsificação a partir de impressões digitais, reproduzidas com moldes de gelatina e glicerina, é realizada. Os autores apresentaram a reprodutibilidade em alta qualidade, que possibilitou que essas impressões fossem capazes de desbloquear telefones e portas de áreas restritas. Os resultados foram extremamente importantes e chocantes, o que enfatiza a gravidade e o impacto no setor de segurança biométrica das reproduções tridimensionais.

Por último, é válido lembrar da importância da identificação humana a partir de evidências dentárias. Em desastres de massa, onde restos humanos são decompostos, os dentes podem sair de sua posição original, desta maneira, o processo de identificação é dificultado por perdas de evidências odontológicas, e nesses casos a reconstrução dentária forense se faz importante. Atualmente, estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de inovar as reconstruções 3D de dentes, para que as réplicas dentárias sejam cada vez mais fiéis. Como resultados dos estudos, foi determinado que a perda dos dentes não invalida necessariamente o processo de identificação, já que as reconstruções 3D dos dentes ausentes apresentam resultados favoráveis (Johnson et al., 2021).

Tanto na área da Engenharia, quanto da saúde e Odontologia, o rápido desenvolvimento das reconstruções tridimensionais trouxe técnicas capazes de serem incorporadas às Ciências Forenses. A área forense lida com o manuseio, exame e avaliação de registros, sejam dentários, esqueléticos, faciais e de objetos, entre outros, de interesse para a justiça. É importante que estudos como os citados acima sejam realizados para validarem a tecnologia de impressões 3D, seja para identificação de indivíduos falecidos que não conseguem ser identificados ou por desastres em massa e até mesmo crimes, sendo reconhecidos nas várias subdisciplinas das Ciências Forenses, além de sugerir áreas para aplicações futuras. As metodologias aplicadas demonstraram que exames de imagem 3D e outros auxiliam no processo de confecção por manufatura aditiva.

4. Conclusão

Os resultados encontrados apontam a grande precisão das réplicas obtidas a partir da impressão 3D, tanto quantitativamente (avaliação métrica) como qualitativamente (avaliação morfológica), indicando a validação da aplicação da manufatura aditiva em Ciências Forenses, assim auxiliando a Justiça e a sociedade.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Almheiri, A. M. O.; Patel, S. S. & Sharma, B. K. (2022). A Conceptual Study of Forgery of 3D Fingerprints and Its Threat to Biometric Security Systems. *Journal of Positive School Psychology*, 6(4), 4453–4462.
- Baier, W.; Norman, D. G.; Donnelly, M. J. & Williams, M. A. (2021). Forensic 3D printing from micro-CT for court use- process validation. *Forensic Sci Int*, 318(110560). <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110560>
- Barros, F.; Fernandes, C. M. S.; Kuhnen, B.; Scarso Filho, J.; Gonçalves, M.; Gonçalves, V. & Serra, M. C. (2022a). Three-dimensional analysis of the maxillary sinus according to sex, age, skin color, and nutritional status: A study with live Brazilian subjects using cone-beam computed tomography. *Arch Oral Biol.*, 139(105435). <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2022.105435>
- Barros, F.; Fernandes, C. M. S.; Kuhnen, B.; Scarso Filho, J.; Gonçalves, M. & Serra, M. C. (2022b). Maxillary sinuses' height/width/depth of Brazilian subjects and influence of sex, age, skin color, and nutritional status: A CBCT study. *Forensic Imaging*, 31(200522). <https://doi.org/10.1016/j.fri.2022.200522>
- Bezzi, L.; Bezzi, A.; Boscaro, C.; Feistmantl, K.; Gietl, R.; Naponiello, G. & Guzman, M. (2018). Commercial Archaeology and 3D Web Technologies. *Journal of Field Archaeology*, 43(sup1), S45–S59. <https://doi.org/10.1080/00934690.2018.1505410>
- Carew, R. M. & Errickson, D. (2020). An Overview of 3D Printing in Forensic Science: The Tangible Third-Dimension. *J Forensic Sci.*, 65(5), 1752–1760. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14442>
- Carew, R. M.; French, J. & Morgan, R. M. (2021). Suitability of 3D printing cranial trauma: Prospective novel applications and limitations of 3D replicas. *Forensic Sci Int: Reports*, 4(100218). <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2021.100218>
- Carew, R. M.; Morgan, R. M. & Rando, C. (2019). A Preliminary Investigation into the Accuracy of 3D Modeling and 3D Printing in Forensic Anthropology Evidence Reconstruction. *J Forensic Sci.*, 64(2), 342–352. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13917>
- Carew, R. M.; Iacoviello, F.; Rando, C.; Moss, R. M.; Speller, R.; French, J. et al. (2022) A multi-method assessment of 3D printed micromorphological osteological features. *Int J Legal Med* 136(5), 1391-1406. <https://doi.org/10.1007/s00414-022-02789>
- Crowther, M.; Reidy, S.; Walker, J.; Islam, M. & Thompson, T. (2021). Application of non-contact scanning to forensic podiatry: A feasibility study. *Science and Justice*, 61(1), 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2020.08.005>
- Edwards, J. & Rogers, T. (2018). The Accuracy and Applicability of 3D Modeling and Printing Blunt Force Cranial Injuries. *J Forensic Sci.*, 63(3), 683–691. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13627>
- Fiorenza, L.; Yong, R.; Ranjitkar, S.; Hughes, T.; Quayle, M.; McMenamin, P. G. & Adams, J. W. (2018). Technical note: The use of 3D printing in dental anthropology collections. *Am J Phys Anthropol.*, 167(2), 400–406. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23640>
- França, G. V. (2017). *Medicina Legal*. (11.ed.), Guanabara Koogan.
- Gioster-Ramos, M. L.; Silva, E. C. A.; Nascimento, C. R.; Fernandes, C. M. S. & Serra, M. C. (2021). Técnicas de identificação humana em Odontologia Legal. *Research, Society and Development*, 10(3), e20310313200. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13200>
- História da impressão 3D. <https://www.printit3d.com.br/post/impress%C3%A3o-3d-hist%C3%B3ria-das-impressoras-3d>
- Interpol. (2018). *Interpol Disaster Victim Identification Guide*.
- Jayakrishnan, J.M.; Reddy, J. & Vinod Kumar, R. B. (2021). Role of forensic odontology and anthropology in the identification of human remains. *J Oral Maxillofac Pathol.* 25(3), 543–547. <https://doi.org/10.4103/jomfp.JOMFP>
- Johnson, A.; Jani, G.; Carew, R. & Pandey, A. (2021). Assessment of the accuracy of 3D printed teeth by various 3D printers in forensic odontology. *Forensic Sci Int*, 328(111044). <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.111044>
- Li, S. Y.; Turner, J.; Golightly, S.; Zelbst, P. & Yu, J. (2021). Potential impacts of 3D modeling and 3D printing in firearm toolmark examinations. *J Forensic Sci.*, 66(6), 2201–2207. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14790>
- Nagi, R.; Aravinda, K.; Rakesh, N.; Jain, S.; Kaur, N. & Mann, A. (2019). Digitization in forensic odontology: A paradigm shift in forensic investigations. *J Forensic Dent Sci.*, 11(1), 5. https://doi.org/10.4103/jfo.jfds_55_19

- Pavan Kalyan, B. & Kumar, L. (2022). 3D Printing: Applications in Tissue Engineering, Medical Devices, and Drug Delivery. *AAPS Pharm Sci Tech*, 23(4). <https://doi.org/10.1208/s12249-022-02242-8>
- Roncato, P. A.; Serra, M. C.; Capote, T. S. O. & Fernandes, C. M. S. (2022). Uso de tecnologias no ensino de anatomia humana em cursos da área da saúde. *Research, Society and Development*, 11(16), e520111638426. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38426>.
- Santos-Junior, A. O.; Fernandes, C. M. S.; Tavares, K. I. M. C. & Serra, M. C. (2022). Aplicação da tomografia computadorizada de feixe cônico na estimativa de idade. *Research, Society and Development*, 11(11), e112111132861. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.32861>
- Silva J. V. L.; Oliveira M. F.; Bezzi A.; Bezzi L.; Moraes C. A. C.; Dias P. E. M.; Fernandes C. M. S.; Serra M. C.; Sperling D. M.; Fecchio R.; Tavares H. O. R.; Tavares S. A. S. & Rabello R. (2017). *Aplicações da AM em áreas diversas*. In: Volpato N (Org). *Manufatura aditiva. Tecnologias e aplicações da impressão 3D*. Blucher. p. 375-396.
- Simon, G.; Tóth, D.; Heckmann, V. & Poór, V. S. (2022). Application of 3D printing in assessment and demonstration of stab injuries. *Int J Legal Med.*, 136(5), 1431–1442. <https://doi.org/10.1007/s00414-022-02846-6>
- Smitha, T.; Sheethal, H. S.; Hema, K. N. & Franklin, R. (2019). Forensic odontology as a humanitarian tool. *J Oral Maxillofac Pathol.*, 21(3), 244–251. <https://doi.org/10.4103/jomfp.JOMFP>
- Tavares, K. I. M. C.; Fernandes, C. M. S.; Santos-Júnior, A. O. & Serra, M. C. O emprego da microtomografia computadorizada na estimativa da idade. (2022) *Research, Society and Development.*, 11(7), e39711730010. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.730010>
- Tian, Y.; Chen, C.; Xu, X.; Wang, J.; Hou, X.; Li, K. et al. (2021). A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*, 2021(9950131). <https://doi.org/10.1155/2021/9950131> .
- Vagac, M.; Povinsky, M. & Melichercik, M. (2019). Obtaining tire tread model from its real world photo. *INFORMATICS 2019 - IEEE 15th International Scientific Conference on Informatics, Proceedings*, 167–170. <https://doi.org/10.1109/Informatics47936.2019.9119277>
- Vargas, B. F. S.; Coutinho, M. A. & Coutinho, F. S. (2021). Impressão 3D na medicina legal e resolução de crimes: revisão integrativa da literatura. *Revista de Medicina*, 100(1), 62–69. <https://doi.org/10.11606/issn.1679-9836.v100i1p62-69>