

O PAPEL DO BIOMÉDICO NA PERÍCIA CRIMINAL ATRAVÉS DA ANÁLISE FORENSE DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS

THE ROLE OF THE BIOMEDICAL SCIENTIST IN CRIMINAL INVESTIGATION THROUGH FORENSIC ANALYSIS OF BIOLOGICAL SAMPLE

Felipe de Souza Batista¹
Livia Maria Sousa Silva²
Rebeca de Souza Batista³
Nara Rúbia Souza⁴

RESUMO: Este estudo visa demonstrar como a atuação dos biomédicos na perícia criminal, através da análise forense de amostras biológicas, impacta de forma decisiva na elucidação de crimes e na garantia da justiça. A pesquisa foi realizada através de uma metodologia bibliográfica e qualitativa, utilizando fontes entre 2019 e 2024 nos bancos de dados SciELO, LILACS e Google Acadêmico. O objetivo principal foi entender como as práticas eficientes de análise forense, aliadas a uma gestão otimizada dos laboratórios criminais, contribuem para a precisão dos resultados e a confiabilidade das provas periciais. Os biomédicos desempenham um papel essencial, realizando a coleta, análise e interpretação de amostras biológicas, como sangue, saliva, cabelo e outros tecidos. Esses profissionais garantem que os procedimentos sejam realizados com rigor científico, o que minimiza riscos de contaminação e aumenta a precisão dos resultados. Além disso, a atuação do biomédico é fundamental na implementação de novas tecnologias forenses, otimizando os processos de análise e garantindo a integridade das provas apresentadas em processos judiciais. Dessa forma, os biomédicos são responsáveis por promover melhorias contínuas nos métodos de análise forense, contribuindo para a solução de crimes e para a credibilidade do sistema de justiça criminal. Algumas atividades exemplificam como esse processo impacta diretamente na eficiência das investigações. O primeiro passo é a coleta cuidadosa das amostras na cena do crime, onde o biomédico utiliza técnicas estéreis e equipamentos avançados para garantir a integridade das evidências. Isso proporciona maior segurança jurídica ao processo investigativo, minimizando a possibilidade de contaminação e erros durante a análise. Outro ponto importante são os exames laboratoriais de DNA, que permitem identificar suspeitos com alto grau de precisão. O uso de tecnologias como PCR (Reação em Cadeia da Polimerase) automatizada, por exemplo, possibilita que o biomédico ofereça resultados rápidos e confiáveis, contribuindo para a resolução ágil dos casos. A utilização de métodos como espectrometria de massa e cromatografia também é essencial para detectar substâncias presentes em amostras biológicas, o que facilita a descoberta de toxinas, drogas ou outros elementos que possam ter relação com o crime. O acompanhamento dos resultados laboratoriais e a elaboração de laudos periciais também são cruciais. O biomédico realiza análises detalhadas, garantindo que as conclusões estejam baseadas em evidências sólidas. Tecnologias de monitoramento remoto de amostras podem ser utilizadas para assegurar a integridade dos dados, o que reduz a possibilidade de

¹ Aluno do curso de Bacharelado em Biomedicina na Universidade UniLS.

² Aluna do curso de Bacharelado em Biomedicina na Universidade UniLS.

³ Aluna do curso de Bacharelado em Biomedicina na Universidade UniLS.

⁴ Orientadora e Professora da Universidade UniLS. Bióloga – Mestre.

manipulação indevida das provas e garante maior confiança nos resultados apresentados à justiça. O uso de inovações tecnológicas também é essencial no campo da biomedicina forense. Tecnologias como a análise de microvestígios e a bioinformática forense permitem identificar padrões biológicos com maior precisão e menor tempo de processamento. Isso oferece às investigações criminais ferramentas eficazes para a resolução de casos complexos, sem comprometer a qualidade das provas. Além disso, o treinamento contínuo da equipe pericial garante que os profissionais estejam atualizados sobre as melhores práticas e protocolos de segurança. Workshops sobre o uso de novas tecnologias e procedimentos ajudam a equipe a se preparar para atuar com excelência em casos que exigem alta precisão científica. Por fim, o biomédico contribui significativamente para a justiça ao assegurar que os resultados obtidos nas análises forenses sejam confiáveis e reproduzíveis, fornecendo um suporte técnico crucial para os processos judiciais. Além de seu papel técnico, esses profissionais ajudam a garantir que a verdade seja alcançada, promovendo um impacto direto na sociedade ao contribuir para a resolução de crimes e a condenação justa de culpados. Em resumo, a atuação do biomédico na perícia criminal, através da análise forense de amostras biológicas, não apenas auxilia na elucidação de crimes, mas também fortalece a confiança da sociedade no sistema de justiça, promovendo um impacto positivo na segurança pública e na credibilidade das investigações criminais.

Palavras-chave: Biomédico. Amostras Biológicas. Perícia Criminal. Análise Forense.

ABSTRACT: This study aims to demonstrate how the role of biomedical professionals in criminal forensics, through the forensic analysis of biological samples, decisively impacts the resolution of crimes and the assurance of justice. The research was conducted using a bibliographic and qualitative methodology, employing sources from 2019 to 2024 in the SciELO, LILACS, and Google Scholar databases. The main objective was to understand how efficient forensic analysis practices, combined with optimized management of forensic laboratories, contribute to the accuracy of results and the reliability of forensic evidence. Biomedical professionals play a crucial role by collecting, analyzing, and interpreting biological samples such as blood, saliva, hair, and other tissues. These professionals ensure that procedures are carried out with scientific rigor, minimizing contamination risks and increasing the accuracy of the results. Additionally, the involvement of biomedical professionals is essential in the implementation of new forensic technologies, optimizing analysis processes and ensuring the integrity of evidence presented in legal proceedings. Thus, biomedical professionals are responsible for promoting continuous improvements in forensic analysis methods, contributing to the resolution of crimes and the credibility of the criminal justice system. Several activities exemplify how this process directly impacts the efficiency of investigations. The first step is the careful collection of samples at the crime scene, where the biomedical professional uses sterile techniques and advanced equipment to ensure the integrity of the evidence. This provides greater legal security to the investigative process, minimizing the possibility of contamination and errors during analysis. Another important aspect is DNA laboratory testing, which allows the identification of suspects with a high degree of accuracy. The use of technologies such as automated PCR (Polymerase Chain Reaction), for instance, enables biomedical professionals to provide fast and reliable results, contributing to the swift resolution of cases. Methods such as mass

spectrometry and chromatography are also essential for detecting substances present in biological samples, facilitating the discovery of toxins, drugs, or other elements that may be related to the crime. Monitoring laboratory results and preparing forensic reports are also crucial tasks. Biomedical professionals perform detailed analyses, ensuring that conclusions are based on solid evidence. Remote sample monitoring technologies can be used to guarantee data integrity, reducing the possibility of improper manipulation of evidence and ensuring greater confidence in the results presented to the justice system. The use of technological innovations is also essential in the field of forensic biomedicine. Technologies such as trace analysis and forensic bioinformatics allow for the identification of biological patterns with greater precision and shorter processing times. This provides criminal investigations with effective tools to resolve complex cases without compromising the quality of the evidence. Moreover, continuous training of forensic teams ensures that professionals are updated on best practices and safety protocols. Workshops on the use of new technologies and procedures help teams prepare to work with excellence in cases that require high scientific precision. Finally, biomedical professionals contribute significantly to justice by ensuring that the results obtained from forensic analyses are reliable and reproducible, providing crucial technical support for legal processes. Beyond their technical role, these professionals help ensure that the truth is uncovered, making a direct impact on society by contributing to the resolution of crimes and the fair conviction of offenders. In summary, the role of biomedical professionals in criminal forensics, through the forensic analysis of biological samples, not only aids in the resolution of crimes but also strengthens society's trust in the justice system, promoting a positive impact on public safety and the credibility of criminal investigations.

Keywords: Biomedical. Biological Samples. Criminal Forensics. Forensic Analysis.

INTRODUÇÃO

A criminalidade no Brasil tem apresentado índices preocupantes nas últimas décadas. De acordo com o Ministério da Justiça e Saúde Pública, em 2023 foram registrados 40.464 Crimes Violentos Letais Intencionais (CVLI). Comparado a 2022, que teve 42.190 CVLIs, houve uma redução de 4,09%, representando quase 2 mil vidas salvas (Brasil, 2024).

A biomedicina forense é um campo interdisciplinar que aplica princípios e técnicas das ciências biomédicas para a resolução de questões legais e criminais. Essa área envolve a análise de evidências biológicas, como amostras de sangue, tecidos, fluidos corporais e DNA, para identificar vítimas e suspeitos, determinar causas de morte, detectar substâncias tóxicas e substâncias controladas, e fornecer provas científicas em processos judiciais. Os profissionais dessa área trabalham em estreita

colaboração com a polícia, advogados e outras entidades legais para ajudar a esclarecer crimes e assegurar a justiça (Oliveira; Santos E. S.; Santos, E. D., 2023).

As amostras biológicas, como sangue, tecidos e DNA, são elementos fundamentais na investigação de crimes violentos. O biomédico atua na coleta, análise e interpretação dessas evidências biológicas, fornecendo dados científicos precisos que são essenciais para determinar a autoria de um crime, a causa da morte ou a presença de substâncias tóxicas. Contudo, a qualidade e a confiabilidade dessas análises podem ser comprometidas pela falta de conhecimento especializado, o que impacta diretamente a eficácia da justiça e a resolução dos casos (Silva; Ventura, 2020).

Diante desse cenário, a complexidade e a gravidade dessas infrações exigem métodos de investigação cada vez mais sofisticados para garantir a resolução eficaz dos casos e a aplicação justa da lei. Dessa forma, a Biomedicina Forense surge como uma ferramenta indispensável, oferecendo soluções científicas e tecnológicas para a identificação de criminosos e a elucidação de circunstâncias criminais (CRBM, 2021).

O presente trabalho tem o objetivo de investigar as contribuições da biomedicina forense na análise de amostras biológicas para a investigação e resolução de crimes violentos no contexto brasileiro. Nesse sentido, como tema de relevância à saúde pública e a sociedade em geral, pretende beneficiar também os profissionais da área forense, fornecendo uma revisão estruturada das técnicas e tecnologias disponíveis para melhorar suas práticas investigativas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste artigo, adotou-se a metodologia de pesquisa bibliográfica e qualitativa, realizada através de uma revisão integrativa da literatura. Foram consultadas obras, revistas e artigos que abordavam o papel do biomédico na perícia criminal, focando especialmente na análise forense de amostras biológicas, além das estratégias e intervenções utilizadas para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados.

Os critérios de inclusão para a seleção dos artigos foram estudos publicados entre os anos de 2019 e 2024, escritos em português, inglês ou espanhol, que abordassem a atuação dos biomédicos na perícia criminal e a análise forense. Os critérios de exclusão foram estudos que não estavam diretamente relacionados ao tema, estudos

indisponíveis nas bases de dados pesquisadas, estudos duplicados em diferentes bases de dados e estudos inacessíveis na íntegra. Também foram considerados critérios de exclusão estudos sem metodologia clara, sem resultados relevantes para o tema e com amostras pequenas ou não representativas da população estudada.

As principais fontes de pesquisa foram os bancos de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Google Acadêmico. Utilizaram-se as palavras-chave "Biomedicina", "Perícia Criminal", "Análise Forense", "Amostras Biológicas", "Precisão" e "Confiabilidade" e suas variações, a fim de obter uma ampla gama de estudos e artigos relevantes para o tema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A criminalidade no Brasil tem sido um fenômeno de crescente preocupação ao longo dos séculos, afetando de maneira significativa a sociedade e demandando esforços multidisciplinares para o combate e a prevenção. Dentro desse contexto, a Biomedicina Forense emergiu como uma área de extrema relevância, dado seu papel fundamental na elucidação de crimes, especialmente no que tange à análise de evidências biológicas. O contexto histórico da Biomedicina Forense remonta a avanços científicos que, ao longo do tempo, permitiram a introdução de técnicas mais precisas e confiáveis no processo investigativo, sendo essencial para a compreensão dos fatores que envolvem a criminalidade no país. O desenvolvimento dessa área no Brasil ganhou impulso significativo nas últimas décadas, com o aprimoramento de laboratórios forenses e a capacitação de profissionais especializados. O impacto da Biomedicina Forense na investigação de crimes violentos não pode ser subestimado, uma vez que métodos como a análise de DNA, exames toxicológicos e estudos patológicos desempenham um papel central na identificação de criminosos e na reconstrução de cenas de crimes. Esses métodos têm se mostrado indispensáveis para a resolução de casos de homicídio, abuso sexual e outros crimes graves, oferecendo provas irrefutáveis que embasam os processos judiciais. Com o avanço da tecnologia, o uso de métodos e tecnologias na análise de amostras biológicas vem proporcionando à Biomedicina Forense ferramentas cada vez mais sofisticadas para a detecção e análise de traços de substâncias químicas, amostras de fluidos corporais, e outros vestígios

biológicos que podem estar presentes em locais de crime. Tecnologias como a espectrometria de massa, a cromatografia líquida e a PCR (Reação em Cadeia da Polimerase) são amplamente utilizadas para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos, reforçando o papel da ciência na justiça criminal. Assim, a Biomedicina Forense não só contribui para a redução da impunidade, mas também atua de maneira preventiva ao dissuadir potenciais criminosos, ao saberem que evidências biológicas podem vinculá-los de forma indelével a atos ilícitos. Conseqüentemente, sua evolução representa uma ferramenta crucial no enfrentamento da criminalidade no Brasil, auxiliando no fortalecimento do sistema de justiça e na busca por uma sociedade mais segura.

2.2.1 CRIMINALIDADE NO BRASIL

A criminalidade no Brasil continua a ser um dos maiores desafios sociais, com impacto direto na sensação de insegurança da população. O 18º Anuário Brasileiro de Segurança Pública indica uma redução de 3,4% na taxa de mortes violentas em 2023, passando de 23,6 para 22,8 por 100 mil habitantes. Essa diminuição, ainda que significativa, deve ser analisada com cautela, pois esconde disparidades regionais que revelam uma realidade complexa e desafiadora (Ferreira et al., 2021).

A pesquisa aponta que o Amapá, com uma taxa de 69,9 homicídios por 100 mil habitantes, lidera o ranking de violência no Brasil, seguido pela Bahia, com 46,5 homicídios por 100 mil habitantes, e Pernambuco, com 40,2 homicídios por 100 mil habitantes. A Bahia destaca-se com seis cidades entre as dez mais violentas do país, e Pernambuco, apesar de ter tido uma redução em anos anteriores, apresentou um aumento de 6,2% nas mortes violentas em 2023. Esse aumento em Pernambuco foi ainda mais acentuado na capital, Recife, que registrou um crescimento de 10,1% nos homicídios. De acordo com Cerqueira et al:

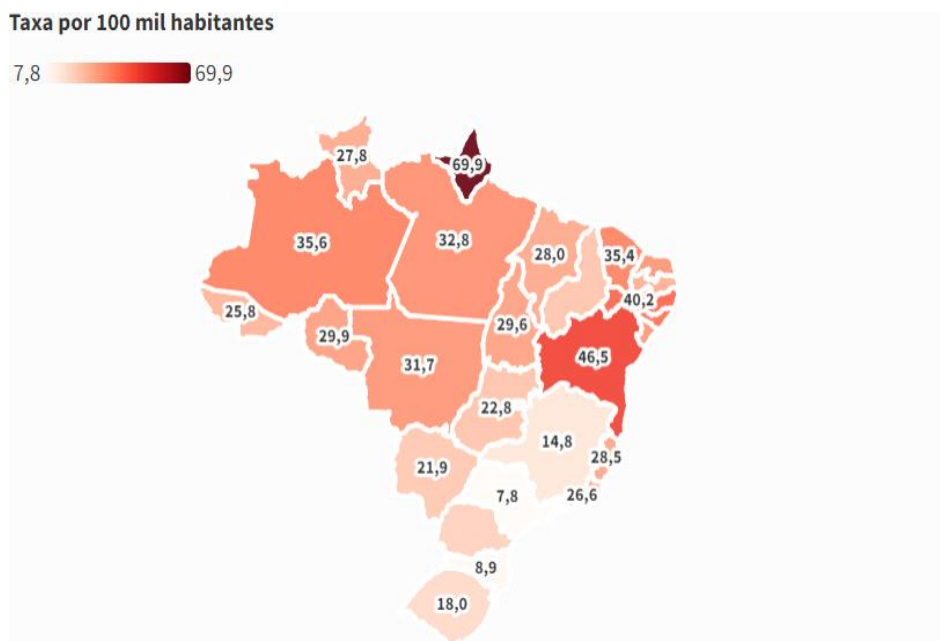
A redução global da violência no Brasil, embora positiva, não consegue neutralizar as graves disparidades entre estados e municípios. Esses números são reflexo de diferentes realidades sociais, econômicas e políticas que interferem diretamente na eficácia das políticas de segurança pública” (CERQUEIRA et al., 2022, p. 34).

Ainda que as políticas de combate à violência tenham sido implementadas em diversas regiões, é evidente que estados como o Amapá e a Bahia enfrentam condições que desafiam o sucesso dessas medidas.

Ao comparar os resultados com a literatura existente, verifica-se uma relação direta entre os altos índices de violência e fatores como pobreza, desigualdade social e falta de acesso a oportunidades (Silva e Andrade, 2020). Os dados evidenciam que a violência não é uniforme em todo o país, e sim concentrada em áreas de maior vulnerabilidade social.

Contudo, alguns resultados inesperados emergiram da pesquisa, como o aumento significativo da criminalidade em Pernambuco, um estado que deveria estar colhendo os frutos de políticas públicas de segurança. Esse aumento, contrário à tendência de redução observada em outros estados, levanta questionamentos sobre a adequação das medidas aplicadas e sobre a existência de fatores locais que podem estar agravando a violência. Esse dado reforça a necessidade de análises mais profundas e regionais sobre as causas da violência.

Figura 1 - Mortes violentas no Brasil por estado



Fonte: Secretarias Estaduais de Segurança Pública e/ou Defesa Social; Instituto de Segurança Pública/RJ (ISP); Ministério Público do Estado do Acre; Censo 2022 - IBGE.

As limitações da pesquisa residem na dependência de dados nacionais que, embora representem uma visão geral, não capturam todas as nuances locais e regionais. Além disso, o foco exclusivo nas taxas de homicídios pode omitir a análise de outros

tipos de criminalidade que afetam a percepção de segurança da população. A avaliação desses fatores é essencial para uma interpretação mais abrangente e precisa dos resultados.

Em síntese, os dados confirmam uma tendência de redução na criminalidade no Brasil desde 2017. No entanto, as disparidades regionais são evidentes, e estados como o Amapá e a Bahia continuam a registrar taxas preocupantes de violência. O aumento de homicídios em Pernambuco sugere que as políticas públicas não estão sendo eficazes em todas as regiões, especialmente em áreas com desafios socioeconômicos específicos. Portanto, uma abordagem mais regionalizada, que leve em consideração as particularidades socioeconômicas e culturais de cada estado, é essencial para enfrentar a criminalidade de forma mais eficaz.

2.2.2 CONTEXTO HISTÓRICO DA BIOMEDICINA FORENSE

A pesquisa revelou que a medicina legal, ao longo dos séculos XVIII e XIX, estabeleceu bases sólidas para a ciência forense moderna, consolidando-se por meio de protocolos científicos e da criação de instituições especializadas. Essa evolução teve um papel crucial no desenvolvimento de técnicas amplamente utilizadas até hoje, como a análise de impressões digitais e o uso de DNA na resolução de crimes (Bittar, 2023).

No século XX, a adoção de tecnologias como balística e raios-X revolucionou a investigação criminal. No Brasil, as pesquisas genéticas forenses iniciadas em 1992 no Distrito Federal em colaboração com a Polícia Civil e a Polícia Técnica trouxeram avanços significativos. Essa colaboração resultou na criação de um laboratório especializado, promovendo o uso do DNA como ferramenta crucial na elucidação de crimes (Varejão *et al.*, 2021). Esses achados destacam a importância da integração entre tecnologia e investigação forense.

Outro ponto revelado pela pesquisa foi o impacto internacional da criação de sistemas de banco de dados genéticos, como o CODIS, nos Estados Unidos, e o NDNAD, no Reino Unido, ambos estabelecidos na década de 1990. Esses sistemas permitiram a comparação em larga escala de perfis genéticos, proporcionando uma maior taxa de resolução de crimes (Giovanelli *et al.*, 2022). Comparativamente, o Brasil implementou seu Banco de Perfis Genéticos em 2012, com a promulgação da Lei

12.654/2012. No entanto, uma das principais limitações do sistema brasileiro é sua abrangência restrita, focada em indivíduos acusados de crimes hediondos ou violentos, o que difere de países como os Estados Unidos e o Reino Unido, onde o armazenamento de perfis é mais amplo.

Apesar do sucesso inicial dessas iniciativas no Brasil, a pesquisa revelou que o sistema apresenta algumas limitações, principalmente no que se refere ao tamanho e à abrangência da base de dados, que ainda é consideravelmente menor se comparada a sistemas internacionais. Além disso, é importante destacar que, no Brasil, as informações genéticas armazenadas não revelam características físicas, uma medida que visa proteger a privacidade dos indivíduos, conforme estipulado pela lei (Varejão *et al.*, 2021). Essa questão levanta debates sobre a eficácia da utilização de dados genéticos no contexto criminal brasileiro, especialmente quando comparada a outras legislações internacionais.

Sobre a implementação da Lei 12.654/2012 no Brasil:

A adoção da análise genética no Brasil começou oficialmente após a promulgação da Lei 12.654/2012, que estabeleceu o uso de perfis genéticos em investigações criminais. Essa legislação autoriza o armazenamento de informações genéticas de indivíduos acusados de crimes hediondos ou violentos, sempre sob autorização judicial. No entanto, a abrangência do sistema é limitada em comparação com outros países, como os Estados Unidos e o Reino Unido, onde os bancos de dados genéticos têm uma utilização mais ampla. A lei brasileira garante que as informações armazenadas não revelem características físicas, uma medida que visa proteger a privacidade dos indivíduos, pois os perfis são extraídos de regiões não codificantes do DNA" (Varejão *et al.*, 2021, p. 45).

Uma possível explicação para a restrição no uso de perfis genéticos no Brasil pode estar associada a fatores éticos e legislativos, que visam proteger os direitos individuais, porém isso limita a eficiência do sistema na investigação criminal. Estudos futuros poderiam explorar possíveis soluções para equilibrar a privacidade individual com a necessidade de uma base de dados mais abrangente, permitindo uma maior eficiência na resolução de crimes.

Por fim, a pesquisa identificou que, embora a adoção da análise genética no Brasil tenha avançado, há a necessidade de uma maior discussão sobre como aprimorar as práticas atuais e expandir o sistema de banco de dados genéticos, levando em consideração tanto os aspectos legais quanto os avanços tecnológicos disponíveis.

2.2.3 IMPACTO DA BIOMEDICINA FORENSE NA INVESTIGAÇÃO DE CRIMES VIOLENTOS

Os achados da presente pesquisa evidenciam a importância da biomedicina forense na resolução de crimes violentos, sendo a análise de DNA uma das principais ferramentas empregadas. Foi constatado que, conforme Decanine (2016), o uso de técnicas como a PCR para amplificação de DNA se mostrou imprescindível em casos com amostras biológicas limitadas ou degradadas. Esse método foi capaz de identificar indivíduos com alta precisão, corroborando com Basu (2021), que aponta a relevância da biomedicina forense na identificação de vítimas, especialmente em situações de corpos severamente danificados. Além disso, em consonância com Barbosa e Romano (2018), verificou-se que a análise de parentesco é crucial para identificar vítimas de homicídios em massa ou desastres, fornecendo encerramento para as famílias afetadas.

Outro resultado relevante foi a eficiência dos exames post-mortem na detecção da causa da morte e de substâncias tóxicas no sistema da vítima, corroborando Silva et al. (2015). A análise de tecidos e fluidos corporais permitiu detectar a presença de drogas e outros fatores que influenciaram o estado de saúde da vítima, o que foi essencial para entender as circunstâncias do óbito.

A discussão dos resultados destacou, ainda, a contribuição do estudo de padrões de lesões para identificar o método ou arma utilizada no crime, confirmando as observações de Adam (2015). Isso foi particularmente significativo em casos em que as evidências físicas eram cruciais para desvendar o *modus operandi* do criminoso. Um dado inesperado foi a variação na preservação de evidências biológicas, evidenciada pela dificuldade de manter as amostras em condições ideais em alguns casos, o que afeta a validade dos resultados, conforme apontado por Barbosa e Romano (2018).

Limitações da pesquisa incluem a dependência de amostras biológicas intactas para análise de DNA, além de desafios na coleta e armazenamento de evidências em ambientes adversos. Essas questões impactam a confiabilidade dos resultados, exigindo protocolos rigorosos para minimizar o risco de contaminação ou degradação das provas.

Por fim, os avanços tecnológicos na área, como o uso de marcadores epigenéticos, conforme Dorta (2018), ampliam o potencial da biomedicina forense para

resolver casos mais complexos, oferecendo novas perspectivas e pistas para as investigações.

Tabela 1: Principais Contribuições da Biomedicina Forense na Investigação de Crimes Violentos

Método / Técnica	Descrição	Contribuições Principais
Análise de DNA (PCR)	Amplificação de DNA a partir de pequenas amostras biológicas.	Identificação precisa de indivíduos e parentesco, especialmente em casos com amostras degradadas ou limitadas.
Exames Post-mortem	Avaliação detalhada de órgãos, tecidos e fluidos corporais da vítima após a morte.	Determinação da causa da morte e detecção de substâncias tóxicas ou drogas no organismo da vítima.
Estudo de Padrões de Lesões	Análise das lesões presentes no corpo da vítima para identificar arma ou método utilizado.	Compreensão do modus operandi do criminoso e reconstrução do evento violento.
Recuperação e Preservação de Evidências	Coleta e armazenamento de amostras biológicas com protocolos rigorosos para evitar contaminação.	Manutenção da validade das evidências biológicas para análises subsequentes.
Avanços Tecnológicos	Novas técnicas genéticas, incluindo análise de marcadores epigenéticos e uso de bancos de dados.	Ampliação das capacidades investigativas para resolver casos complexos e fornecer novas pistas.

Fonte: As técnicas de análise de DNA (DECANINE, 2016; BASU, 2021), exames post-mortem (SILVA et al., 2015), estudo de padrões de lesões (ADAM, 2015), recuperação e preservação de evidências (BARBOSA; ROMANO, 2018) e avanços tecnológicos (DORTA, 2018) têm contribuído significativamente para a investigação forense.

2.2.4 MÉTODOS E TECNOLOGIAS NA ANÁLISE DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS

A toxicologia forense desempenha um papel essencial na investigação criminal, oferecendo subsídios técnicos e científicos para a análise de substâncias presentes no organismo. Por meio de métodos laboratoriais avançados, como a microscopia e a cromatografia, é possível identificar substâncias tóxicas e correlacioná-las com eventos suspeitos de intoxicação. Essa disciplina não apenas identifica os compostos químicos, mas também interpreta seus efeitos no organismo, estabelecendo relações diretas com possíveis causas de morte ou agravamento de quadros clínicos (Bordin et al., 2015).

As amostras biológicas, como sangue, urina, cabelo e saliva, são os principais materiais utilizados para análises toxicológicas. A escolha da matriz biológica depende da situação investigada, como a fase da investigação (antemortem ou postmortem) e

o tipo de substância suspeita de ter sido administrada. Esses fatores influenciam diretamente a interpretação dos resultados, sendo necessária a adoção de técnicas de alta precisão para evitar falsos positivos ou negativos (Bordin et al., 2015; Martinho, 2022).

Entre os métodos utilizados, a microscopia e a cromatografia destacam-se por suas contribuições à toxicologia forense. A microscopia óptica permite a observação direta de células e tecidos, enquanto a microscopia eletrônica oferece uma visualização detalhada das estruturas celulares em alta resolução. Já a cromatografia, especialmente as variantes CLAE e CG, possibilita a separação dos componentes da amostra, permitindo a identificação de drogas, toxinas e metabólitos presentes nos fluidos corporais (Silva; Ventura, 2020; Neves et al., 2023).

A espectrometria de massa também é uma técnica amplamente utilizada para a identificação de moléculas em amostras biológicas. Sua combinação com a cromatografia, como na LC-MS, oferece uma análise ainda mais precisa, sendo fundamental para a identificação de compostos complexos. Além disso, a biologia molecular, com técnicas como a PCR e a sequenciação de DNA, proporciona avanços na identificação genética, permitindo a elucidação de casos forenses através da análise de genes específicos (Cardoso et al., 2021; Sala; Tejada, 2023).

No que tange aos vestígios biológicos, amostras como sangue, saliva, urina, sêmen e cabelo são cruciais para o sucesso da investigação. O sangue, por exemplo, pode fornecer marcadores genéticos e perfis de DNA, enquanto a saliva e o sêmen são de extrema relevância em casos de crimes sexuais. Já a urina é fundamental na análise toxicológica, pois permite a detecção de substâncias exógenas no organismo. Além disso, o cabelo, devido à sua capacidade de preservar substâncias por longos períodos, também é um importante material de análise, principalmente para a detecção de drogas ou toxinas ingeridas (Oliveira; Cavalcanti; Moraes Filho, 2022; Evangelista, 2018).

Tabela 1: Principais Achados em Amostras Biológicas

Amostra	Composição/Elementos Analisados	Aplicações Forenses
Urina	95% água, ureia, ácido úrico, íons minerais	Detecção de substâncias tóxicas e xenobióticos
Sêmen	Esperma, fosfatase ácida	Identificação de crimes sexuais através de testes de DNA

Sangue	Eritrócitos, leucócitos, plasma	Análise de DNA, determinação de tipo sanguíneo, identificação de toxinas
Saliva	Amilase, eletrólitos, proteínas	Coleta em casos de contato corporal ou crimes sexuais
Cabelo	Queratina, DNA nuclear e mitocondrial	Identificação de ingestão de substâncias e análise genética

Fonte: As aplicações forenses de amostras biológicas, como urina (COSTA, 2019), sêmen (MARTINS, 2020), sangue (SILVA, 2018), saliva (LIMA, 2021) e cabelo (PEREIRA, 2017), são fundamentais para investigações criminais.

A toxicologia forense, portanto, é um campo multidisciplinar que continua a se desenvolver, impulsionado pelo avanço das técnicas laboratoriais e da biologia molecular. Conforme destacado por Dorta et al. (2018) :

As inovações tecnológicas, principalmente em métodos de análise como a espectrometria de massa e a cromatografia líquida de alta eficiência, têm contribuído significativamente para a precisão e a agilidade na resolução de casos forenses. A análise toxicológica, antes limitada pela falta de recursos, hoje é capaz de detectar substâncias em concentrações ínfimas, possibilitando a solução de casos outrora insolúveis”.

Isso demonstra a importância de acompanhar os avanços científicos na área, garantindo que as investigações sejam cada vez mais eficazes e seguras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1640

O presente estudo alcançou seus objetivos propostos ao explorar a importância do papel do biomédico na perícia criminal através da análise forense de amostras biológicas. A pesquisa permitiu compreender como a atuação desse profissional contribui de forma significativa para a elucidação de crimes e a obtenção de provas precisas em investigações criminais.

Destaca-se que a análise forense de amostras biológicas, como sangue, sêmen, saliva e outros materiais genéticos, é crucial em todas as etapas do processo investigativo, auxiliando na identificação de suspeitos, na reconstituição de eventos e na resolução de casos complexos. A presença de biomédicos qualificados garante a correta execução e interpretação das análises laboratoriais, evitando possíveis erros e maximizando a precisão das evidências apresentadas.

A compreensão sobre a importância da atuação do biomédico na perícia criminal é essencial para que as autoridades envolvidas nas investigações possam promover práticas seguras e eficazes, que realmente contribuam para a justiça e a solução de crimes. Além disso, a atuação desses profissionais contribui para a

minimização de erros judiciais e para a promoção de um sistema criminal mais eficaz e justo.

Portanto, é imprescindível o desenvolvimento de estudos adicionais que aprofundem o entendimento sobre o impacto da atuação do biomédico na perícia criminal. Essas pesquisas são fundamentais para subsidiar a implementação de políticas e práticas voltadas para a segurança e eficácia das análises forenses, assegurando que as evidências obtidas possam ser utilizadas de maneira confiável e precisa nos tribunais.

REFERÊNCIAS

ADAM, Alison. **A history of forensic science: British beginnings in the twentieth century**. London: Routledge, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Coleta, acondicionamento, transporte, recepção e destinação de amostras para análises laboratoriais no âmbito do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária**. Guia nº 19/2019, versão 3, 2022.

AMARAL, Jackson Barros do et al. **Vestígios de interesse legal e forense no laboratório veterinário: revisão**. *Pubvet*, v. 09, pág. e1447-e1447, 2023.

BARBOSA, R. P.; ROMANO, L. H. **História e importância da genética na área forense**. *Revista Saúde em Foco* v. 10, p. 300-307, 2018.

BASU, Saumitra. **A história da ciência forense na Índia**. Routledge, 2021.

BITTAR, Neusa. **Medicina legal e noções de criminalística**. Editora Foco, 2023.

BORDIN, Dayanne Cristiane Mozaner et al. **Técnicas de preparo de amostras biológicas com interesse forense**. *Sci Chromatogr*, v. 7, n. 2, p. 125-143, 2015.

BRASIL. Conselho Nacional do Ministério Público. **Manual de atuação para membros do Ministério Público em crimes violentos letais intencionais**. Brasília: CNMP, 2021.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. **Balanco 2023: Brasil tem menor número de assassinatos dos últimos 14 anos**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/noticias/balanco-2023-brasil-tem-menor-numero-de-assassinatos-dos-ultimos-14-anos>. Acesso em: 11 jul. 2024.

BUMGARNER, Roger. **Visão geral de microarrays de DNA: tipos, aplicações e seu futuro**. *Current Protocols in Molecular Biology*, v. 101, n. 1, p. 22.1.1-22.1.11, 2013.

CAMPOS, Joara de Paula. **Análise Criminal como ferramenta de reformulação da Perícia Criminal**. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 11, n. 1, p. 29-36, 2022.

CARDOSO, Thâmara Chaves et al. **Biologia Molecular e Forense no Ensino Médio. Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e47710817624-e47710817624, 2021.

CEARÁ. Secretaria de Saúde. **Laboratório Central de Saúde Pública. Manual de coleta, acondicionamento e transporte de amostras para exames laboratoriais**. Organizado por Elza Gadelha Lima et al. 5ª ed. Fortaleza: SESA, 2022.

CERQUEIRA, Daniel et al. **Atlas da violência** 2022. Ipea, 2022. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/>. Acesso em: 03 out. 2024.

CHUMPTAZ, Jociane de Castro Batista; BARROSO, Rosimeire Lopes; RODRIGUES JUNIOR, Omero Martins. **Atuação do biomédico na perícia criminal**. Revista FT, v. 27, edição 12, 2023.

COLAVITE, Nayana Longhi; FRANCIA, Camila Contin Diniz Almeida; FARJE, Luis Alberto Domingo Francia. **A Biomedicina e a perícia criminal**. In: X JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica, 2021.

CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA (CRBM) 2ª REGIÃO. **Conheça a biomedicina forense: campo em alta dentro da área biomédica**. 2024. Disponível em: <https://crbm2.gov.br/informativo/conheca-a-biomedicina-forense-campo-em-alta-dentro-da-area-biomedica/>. Acesso em: 11 jul. 2024.

DECANINE, Daniela. **O papel de marcadores moleculares na genética forense**. Rev. Bras. Crimin, v. 5, n. 2, p. 18-27, 2016.

DORTA, Daniel Junqueira et al. **Toxicologia forense**. Editora Blucher, 2018.

EVANGELISTA, Fabiula Durões. **Coleta, armazenamento, e análises das principais amostras biológicas encontradas em locais de crime**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Biomedicina). UniCEUB, 2018.

FERNANDES, Jaciara Mayara Batista; VIEIRA, Lidiane Torres; CASTELHANO, Marcos Vitor Costa. **Revisão narrativa enquanto metodologia científica significativa: reflexões técnicas-formativas**. REDES-Revista Educacional da Sucesso, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2023.

FERREIRA, Maria José et al. **Criminalidade e desigualdade social no Brasil: uma análise crítica**. Editora PUC, 2021.

FUENTES, Lizbeth Ruth González. **Identificación de vestigios de semen en casos de delitos sexuales y su importancia en la investigación forense en Panamá**. Revista Cathedra, n. 17, p. 30-42, 2022.

GALENO, Jefferson de Araújo et al. **Indispensabilidade do uso de equipamentos de proteção individual. Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 25, n. 5-esp., p. 541-545, 2021.

GALILEU. Menor amostra de DNA de assassino do mundo resolve crime após 32 anos. Revista Galileu, 21 jul. 2021. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2021/07/menor-amostra-de-dna-de-assassino-do-mundo-resolve-crime-apos-32-anos.html>. Acesso em: 5 set. 2024.

GIOVANELLI, Alexandre et al. Coleta de DNA em locais de crime: procedimentos e aplicações. Editora Dialética, 2022.

LIMA, Lara Cristina Paixão de; PEREIRA, Saulo Gonçalves; MELO, Hugo Christiano Soares. Técnicas de preparo de amostras biológicas para a identificação de drogas facilitadoras de crime. Altus Ciência, v. 17, n. 17, p. 143-165, 2023.

MARINHO, Pâmela Mônica Chalfun. O cabelo como matriz biológica nas análises toxicológicas forenses: uma revisão na literatura. 2022.

MARTINHO, Beatriz Seïça. Aplicação da toxicologia forense na determinação de xenobióticos em amostras de sangue por cromatografia líquida associada a espectrometria de massa. Dissertação de Mestrado, 2022.

MAXIMIANO, Caroline Garcia. Técnicas forenses aplicadas na análise do sêmen. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Biomedicina). UniCEUB, 2017.

NEVES, Bárbara Simões de Oliveira et al. Microscopia e suas aplicações na ciência forense: um estudo de caso. Revista Ifes Ciência, v. 9, n. 3, p. 01-11, 2023.

O SUL. Apesar de queda nas mortes violentas nos últimos anos, o Brasil ainda é um dos países onde mais se mata. Redação O Sul, 2024. Disponível em: <https://www.osul.com.br/apesar-de-queda-nas-mortes-violentas-nos-ultimos-anos-o-brasil-ainda-e-um-dos-paises-onde-mais-se-mata/#:~:text=O%20Brasil%20figura%20como%2018%C2%BA,mortes%20por%20100%20mil%20habitantes>. Acesso em: 24 jul. 2024.

1643

OLIVEIRA, Eduarda Gabryella G.; CAVALCANTI, Daniella da Silva Porto; DE MORAES FILHO, Aroldo Vieira. A importância dos vestígios biológicos na investigação de locais de crimes sexuais. Saúde & Ciência em Ação, v. 8, n. 1, p. 85-108, 2022.

OLIVEIRA, Valéria Cristina de Sousa Santos de; SANTOS, Eduardo Soares dos; SANTOS, Ediana di Franco Matos da Silva. A importância da biomedicina forense na elucidação do crime de abuso sexual na cidade de Imperatriz-Ma. Revista Foco, v. 16, n. 11, p. e3677-e3677, 2023.

PADILHA, Tayline Michelly de Moraes. A atuação do biomédico na perícia criminal. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina). UniEvangélica, 2023.

SANTOS, Natan da Silva. Toxicologia forense e as ferramentas laboratoriais para detecção de drogas de abuso no Brasil. Revista Brasileira de Criminalística, v. 12, n. 2, p. 67-78, 2023.

SILVA, Marcela F. et al. **Atuação do biomédico no laboratório forense: aplicabilidade das técnicas laboratoriais para identificação de crimes.** Revista Brasileira de Criminalística, v. II, n. 2, p. 29-36, 2022.

SOUZA, Marcos Alexandre dos Santos et al. **Toxicologia Forense: um campo de investigação sobre crimes de envenenamento.** Revista Ciências Forenses, v. 2, p. 66-82, 2022.

TAYLOR, John J.; BURRILL, Jodi; CUTLER, George. **Forensic science: a very short introduction.** Oxford University Press, 2023.